

М.Р. Якимов, Ю.А. Попов

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ:

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО СОЗДАНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ
ГОРОДОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
PTV Vision® VISUM**



Москва • Логос • 2014

УДК 656.02
ББК 39.11
Я45

Рецензенты:

О.В. Евсеев, директор ФГУП «Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации», доктор технических наук

В.В. Калинина, начальник отдела транспортного планирования ЗАО «Институт «Стройпроект»

Я45 **Якимов М.Р., Попов Ю.А.**

Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: монография / М.Р. Якимов, Ю.А. Попов. – М.: Логос, 2014. – 200 с.

ISBN 978-5-98704-488-9

В монографии рассмотрены практические аспекты процесса создания прогнозных транспортных моделей городов с использованием программного комплекса PTV Vision® VISUM. Подробно представлены как особенности рассматриваемого программного комплекса, так и общие практические приемы и подходы к созданию, калибровке и последующей работе с транспортными моделями. Даны подробные практические рекомендации по методам и технологиям калибровки транспортной модели. Особое внимание уделено особенностям работы с транспортной моделью: рассмотрены виды прогнозных сценариев, основные подходы к их формированию, приведены примеры реально выполненных работ по моделированию различных прогнозных сценариев. Даны практические рекомендации по анализу и представлению результатов моделирования и обмену данными с другими программными продуктами.

Книга предназначена для специалистов в области транспортного планирования и моделирования, студентов, аспирантов и преподавателей транспортных вузов и специальностей. Данные в книге рекомендации были выработаны в результате восьмилетнего опыта авторов по созданию транспортных моделей ряда российских городов и регионов.

УДК 656.02
ББК 39.11

ISBN 978-5-98704-488-9

© Якимов М.Р.,
Попов Ю.А., 2014
© Логос, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Раздел 1. ЦЕЛИ МОДЕЛИРОВАНИЯ. ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ	9
Раздел 2. СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ	11
2.1. Создание модели транспортного предложения	11
2.1.1. Транспортное предложение индивидуального транспорта	12
2.1.1.1. Узлы.....	12
2.1.1.2. Отрезки	20
2.1.1.3. Транспортные районы.....	26
2.1.1.4. Примыкания.....	29
2.1.2. Транспортное предложение городского пассажирского транспорта общего пользования.....	33
2.1.2.1. Иерархия остановок	34
2.1.2.2. Маршруты, варианты маршрута, расписание.....	38
2.2. Создание модели транспортного спроса	42
2.2.1. Объекты транспортного спроса	43
2.2.1.1. Системы транспорта, режимы, сегменты спроса....	43
2.2.1.2. Слои спроса	47
2.2.1.3. Матрицы затрат.....	50
2.2.1.4. Матрицы корреспонденций	54
2.2.2. Перераспределение транспортного спроса	56
2.2.2.1. Перераспределение индивидуального транспорта	57
2.2.2.2. Перераспределение пассажиропотока на общественном транспорте.....	61
Раздел 3. КАЛИБРОВКА ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ	67
3.1. Привязка натуральных данных об интенсивности движения транспортных потоков.....	67

3.2. Сбор исходных данных о транспортной системе с использованием глобальной сети Интернет.....	71
3.3. Работы по калибровке и верификации модели.....	77
3.3.1. Калибровка транспортной модели по скоростным характеристикам транспортных потоков	77
3.3.1.1. Оценка общего распределения временных затрат при реализации транспортного спроса.....	79
3.3.1.2. Оценка временных затрат между произвольными точками города.....	87
3.3.2. Калибровка транспортной модели по интенсивности движения транспортных потоков.....	90

Раздел 4. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛЬЮ	102
4.1. Виды сценариев.....	102
4.1.1. Развитие транспортной системы в пространстве или во времени.....	102
4.1.1.1. Развитие транспортного спроса	103
4.1.1.2. Развитие транспортного предложения	104
4.1.2. Временной период прогнозирования – краткосрочные и долгосрочные сценарии	104
4.2. Формирование сценариев.....	106
4.2.1. Исходные данные для транспортного предложения	106
4.2.2. Исходные данные для транспортного спроса	109
4.3. Примеры моделирования сценариев	111
4.3.1. Пример 1. Оценка целесообразности перевода в односторонний режим участка улицы	111
4.3.2. Пример 2. Расчет прогнозного пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса	119
4.3.3. Пример 3. Определение очередности реализации первоочередных сценариев оптимизации работы транспортного комплекса	124

Раздел 5. АНАЛИЗ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ	134
5.1. Параметры оценки результатов моделирования	134
5.1.1. Суммарный суточный пробег индивидуального транспорта	135
5.1.2. Суммарный суточный пассажиропоток общественного транспорта	138
5.1.3. Баланс использования индивидуального транспорта и общественного транспорта.....	139
5.1.4. Среднее время реализации транспортных корреспонденций	141

5.1.4.1. Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте в PTV Vision® VISUM	143
5.1.4.2. Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций, реализуемых на общественном транспорте	145
5.2. Обмен данными с другими программными продуктами и приложениями	148
5.2.1. Обмен данными с программным продуктом PTV Vision® VISSIM	148
5.2.2. Обмен данными с программным продуктом PTV Vistro	153
ПРИЛОЖЕНИЯ	165
Приложение 1. «Подключение нового объекта недвижимости (название объекта) к существующей улично-дорожной сети города _____» (<i>Вариант 1</i>)	167
Приложение 2. «Подключение нового объекта недвижимости (название объекта) к существующей улично-дорожной сети города _____» (<i>Вариант 2</i>)	181
Список литературы	198

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все крупные города России испытывают проблемы, связанные с ростом транспортных издержек населения вследствие несбалансированного развития транспортных систем и их несоответствия существующим потребностям городского общества и экономики. В связи с этим в число актуальных задач устойчивого развития городов входят задачи совершенствования методов и технологий транспортного планирования. Качественное решение таких задач невозможно без применения современных методов и технологий. Прежде всего, к таким технологиям относятся инструменты и технологии компьютерного моделирования.

Создание транспортных моделей позволяет качественно и количественно оценить последствия реализации тех или иных сценариев развития транспортных систем городов и регионов. Моделирование позволяет учесть различные гипотезы развития транспортных систем и является довольно гибким инструментом при решении задач транспортного планирования и организации дорожного движения. Подробнее о транспортных моделях, их видах и назначении можно прочитать в [1].

В настоящее время во всем мире, в том числе в России, транспортные модели городов и регионов успешно применяются как системы помощи органам государственной власти и местного самоуправления при выработке и принятии управленческих решений. Области применения транспортных моделей различны – от решения задач транспортного планирования до оперативного управления транспортными системами, в том числе организации дорожного движения.

Одним из лидеров в мире среди разработчиков программного обеспечения является немецкая компания PTV AG. Программный комплекс PTV Vision® включает средства для создания транспорт-

ных моделей как макроуровня (прогнозных транспортных моделей), так и микроуровня (имитационных транспортных моделей). Данное издание посвящено особенностям работы с программным обеспечением, предназначенным для создания макромоделей, а именно – PTV Vision® VISUM.

Программный продукт PTV Vision® VISUM используется более чем в 70 странах мира, его применяют свыше 1100 различных организаций. Кроме того, PTV Vision® VISUM применяет ряд российских компаний. Версия PTV Vision® VISUM для российских клиентов полностью локализована, прошла необходимую сертификацию. Также силами дистрибьютора полностью переведено на русский язык руководство пользователя PTV Vision® VISUM в двух частях – «Методические основы транспортного планирования и транспортного моделирования» и непосредственно «Руководство пользователя при работе с программой».

Авторами настоящего издания накоплен большой опыт использования PTV Vision® VISUM. В течение последних восьми лет авторы создали транспортные модели российских городов Пермь, Самара, Екатеринбург, а также транспортную модель Пермского края. Кроме того, с помощью созданных транспортных моделей выполнено значительное количество проектов в области транспортного планирования различного масштаба.

Как при создании моделей, так и при выполнении проектов авторами была накоплена информация об особенностях выполнения тех или иных этапов работ. Предлагаемое издание посвящено некоторым особенностям создания и применения транспортного моделирования, которые явно не описаны в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM, поскольку, с одной стороны, не относятся к методическим особенностям создания прогнозных транспортных моделей, а с другой стороны, выходят за рамки особенностей работы с интерфейсом программного комплекса.

Таким образом, данное издание занимает промежуточное положение между фундаментальными источниками, такими как [2, 3], и руководством пользователя конкретного программного продукта [4].

Раздел 1

Цели моделирования. Этапы создания модели

Данное издание посвящено некоторым особенностям и практической реализации создания прогнозных транспортных моделей. В связи с этим далее под термином «транспортная модель» будем иметь в виду именно прогнозную транспортную модель. Подробнее о транспортных моделях и их видах можно прочитать в изданиях, посвященных методическим основам их создания [1, 2, 3].

Прогнозные транспортные модели предназначены для моделирования объемов транспортной работы в сетях при известном размещении потокообразующих объектов города. При помощи прогнозных моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети города, происходящих в процессе изменения либо транспортного спроса, либо транспортного предложения.

Модели этого типа применяются для поддержки принятия решений в области транспортного планирования города, для анализа последствий тех или иных альтернативных проектов развития транспортной сети и др. [3].

Прогнозные модели можно разделить на две группы по основным задачам прогнозирования:

- прогнозирование во времени;
- прогнозирование в пространстве.

Основные задачи прогнозирования будут подробнее рассмотрены в разд. 4.

Основные этапы создания транспортной модели:

- создание модели транспортного предложения;
- создание модели транспортного спроса;
- калибровка транспортной модели.

Далее в книге подробно рассмотрены особенности реализации каждого из этапов создания транспортных моделей. Каждый из разделов соответствует одному из этапов создания транспортной модели. Все этапы представлены в том порядке, в котором они должны реализовываться в процессе создания транспортных моделей.

После этапов создания модели подробно рассмотрен непосредственно процесс моделирования, в том числе виды сценариев для моделирования и необходимые исходные данные. Также приведены примеры типичных сценариев для проведения моделирования, способы анализа результатов моделирования.

Раздел 2

Создание транспортной модели

2.1. Создание модели транспортного предложения

Транспортное предложение включает в себя инфраструктуру систем транспорта, которые включены в транспортную модель. Основными системами транспорта в транспортных моделях обычно выступают индивидуальный транспорт и городской пассажирский транспорт общего пользования. Стоит отметить, что в локализованной версии PTV Vision® VISUM вместо термина «городской пассажирский транспорт общего пользования» используется термин «общественный транспорт». В связи с этим далее систему городского пассажирского транспорта общего пользования будем для удобства называть «общественный транспорт».

Основные элементы транспортного предложения для системы индивидуального транспорта [4] (рис. 1):

- «узлы» (nodes) – перекрестки, пересечения;
- «перегоны» (links) – участки улично-дорожной сети;
- «транспортные районы» (zones) – источники и цели совершения корреспонденций;
- «примыкания» (connectors) – соединяют центры транспортных районов с сетью индивидуального и общественного транспорта.

Для системы общественного транспорта дополнительно к данным элементам добавляются:

- *остановки* общественного транспорта (stops);
- *маршруты* движения общественного транспорта (lines).

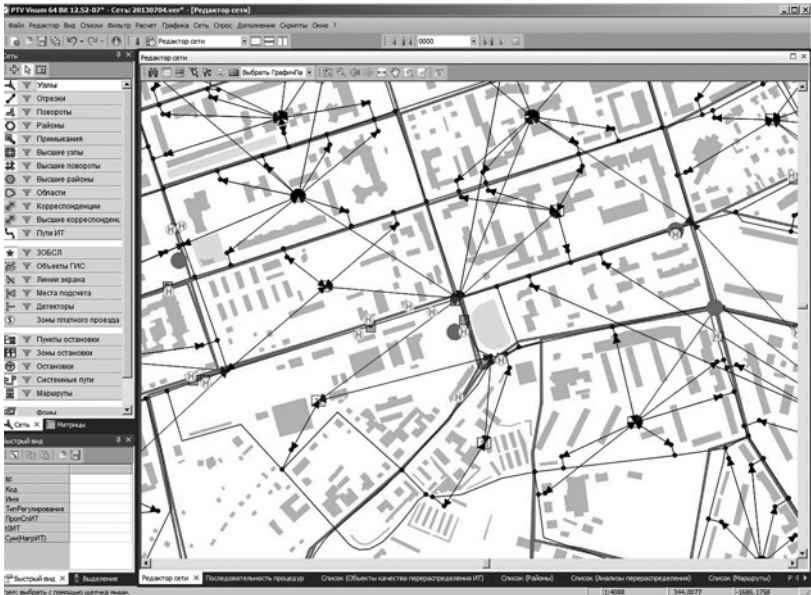


Рис. 1. Транспортное предложение в транспортной модели г. Перми

Далее рассмотрим особенности создания каждого из элементов транспортного предложения.

2.1.1. Транспортное предложение индивидуального транспорта

2.1.1.1. Узлы

«Узлы» (nodes) определяют положение перекрестков, являются начальными и конечными точками перегонов. При создании узлов в транспортной модели в программном комплексе PTV Vision® VISUM задаются следующие характеристики:

- номер узла;
- тип узла – определяется пользователем;
- координаты узла (x, y);
- пропускная способность узла – максимальное количество транспортных средств, способное пройти узел в единицу времени, авт./ч, авт./сут.;
- t_0 – время, затрачиваемое на прохождение узла в незагруженной сети для индивидуального транспорта, с;
- номера отрезков главного потока [4];

- *метод расчета сопротивления* в узле – сопротивление узла, сопротивление поворота, расчет с помощью модуля ICA (Intersection Capacity Analysis) по методике HCM2000 [7];

- *вид регулирования* в узле (в случае если выбран метод расчета сопротивления ICA) – нерегулируемый без знаков приоритета, нерегулируемый со знаками приоритета, регулируемый.

До одиннадцатой версии PTV Vision® Visum имел довольно ограниченный по функционалу редактор узла. Ограничения были связаны прежде всего с отсутствием удобного графического интерфейса для работы с параметрами узла, а также отдельных поворотов и полос движения.

Начиная с одиннадцатой версии в PTV Vision® Visum появился обновленный редактор узла, который имеет существенно более удобный интерфейс для редактирования параметров узла, входящих отрезков, отдельных маневров на перекрестке.

Редактор узла включает в себя следующие вкладки:

Редактор узла (рис. 2): задаются приоритеты движения и способ регулирования перекрестка (нерегулируемый без знаков приоритета, нерегулируемый со знаками приоритета, регулируемый).

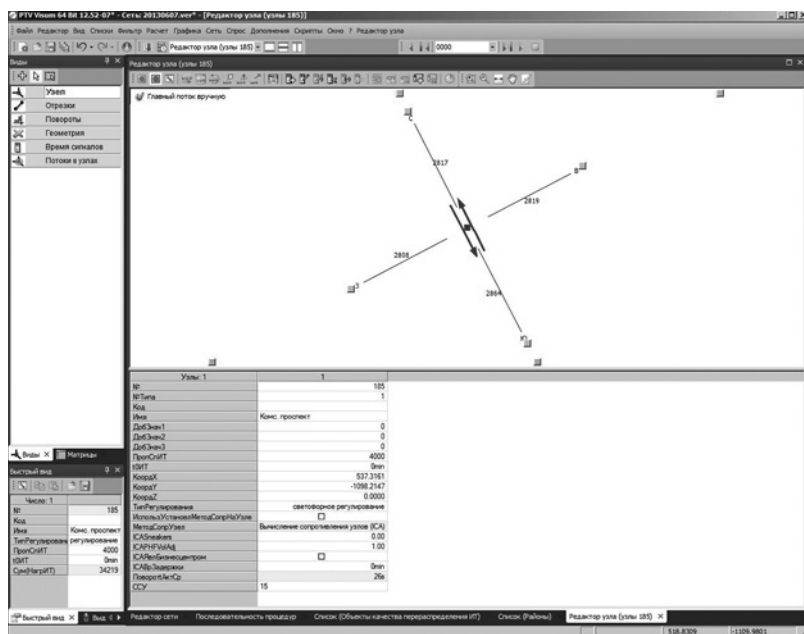


Рис. 2. Окно редактора узла в PTV Vision® VISUM версии 12.5

Редактор входящих отрезков (рис. 3): задаются параметры входящих отрезков (количество полос, пропускная способность, скорость).

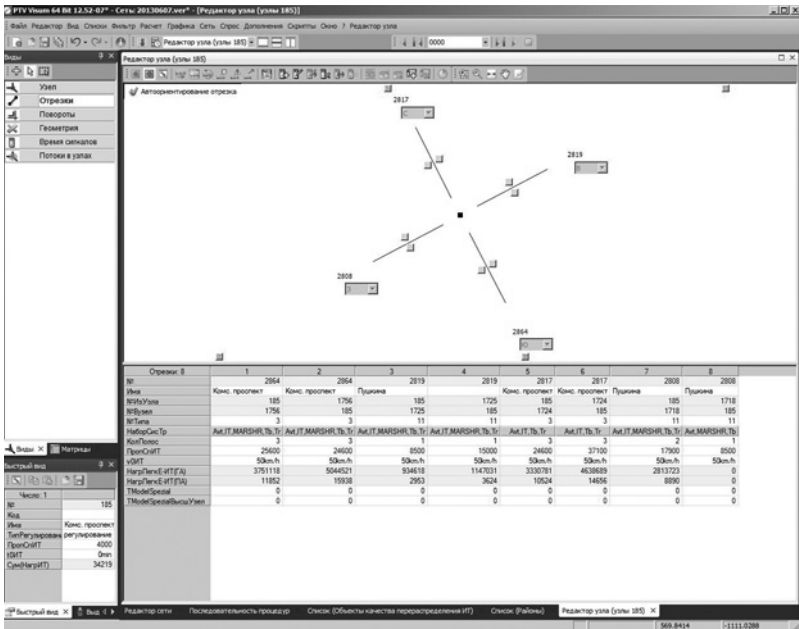


Рис. 3. Окно редактора входящих отрезков в PTV Vision® VISUM версии 12.5

Редактор поворотов (рис. 4): задаются параметры для всех возможных маневров на данном перекрестке.








Для каждого из возможных маневров на перекрестке важно задать величины задержек при совершении данных маневров. В связи с этим при создании транспортного предложения важно правильно назначить типы перекрестков и задать значения задержек для каждого типа возможных маневров (поворотов).

Обычно используются основные типы перекрестков и поворотов, приведенные в классификации, представленной в табл. 1.

Для каждого типа маневров из табл. 1 можно задать значения начальной задержки для расчета *функции сопротивления* в случае отсутствия модуля ICA (Intersection Capacity Analysis). Значения задержек для разных типов узлов и маневров вносятся в меню «Сеть – Стандарты поворота» (рис. 5).

Таблица 1

Классификация узлов и поворотов

Узлы (по типу регулирования)	Повороты		
	По направлению	По видам потоков «из» и «в»	
		Из потока	В поток
			
			
1		—	—
2		—	✓
3		✓	—
4		✓	✓
			
5		—	—
6		—	✓
7		✓	—
8		✓	✓
			
9		—	—
10		—	✓
11		✓	—
12		✓	✓
Нерегулируемые	По направлению	По видам потоков «из» и «в»	
		Из потока	В поток
			
13		—	—
14		—	✓
15		✓	—
16		✓	✓
			
17		—	—
18		—	✓

Окончание табл. 1

Классификация узлов и поворотов

Нерегулируемые	По направлению	По видам потоков «из» и «в»	
		Из потока	В поток
19		✓	—
20		✓	✓
21		—	—
22		—	✓
23		✓	—
24		✓	✓

Используемые в таблице обозначения:

«✓» – главный поток; «—» – второстепенный поток

The screenshot shows the 'Редактор узла (узлы 185)' window in PTV Vision 12.5.2. The main area displays a diagram of a junction with four approaches. Below the diagram is a data table with columns for flow directions and movement types. The table includes numerical values for flow volumes, saturation ratios, and delay metrics.

Поворот: 15	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
	В/В/У/У/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	В/В/Л/Л	
В/В/У/У/Л	1725	1725	1725	1725	1724	1724	1724	1724	1724	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	
В/В/Л/Л	2819	2819	2819	2819	2817	2817	2817	2817	2817	2808	2808	2808	2808	2808	2808	2808	2808	2808	2808	2808	2808	
В/В/Л/Л/Ориентирование/У/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/Л/Л	2817	2808	2864	2819	2808	2864	2817	2864	2817	2864	2819	2817	2808	2817	2864	2819	2817	2808	2817	2808	2808	
В/В/Л/Л/Ориентирование/У/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/У/У/Л	1724	1718	1736	1725	1718	1736	1724	1736	1724	1736	1724	1718	1736	1724	1736	1724	1718	1736	1724	1718	1718	
В/В/Л/Л	1	2	3	4	1	2	4	1	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
В/В/Л/Л/Ориентирование/У/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/Л/Л	1725	1725	1725	1725	1724	1724	1724	1724	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	
В/В/Л/Л	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
В/В/Л/Л	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
В/В/Л/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/Л/Л	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	
В/В/Л/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/Л/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/Л/Л	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
В/В/Л/Л	1725	1725	1725	1725	1724	1724	1724	1724	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	1718	
В/В/Л/Л	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	
В/В/Л/Л	11,447	11,447	11,447	11,447	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	
В/В/Л/Л	11,447	11,447	11,447	11,447	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	14,571	
В/В/Л/Л	13,863	13,863	13,863	13,863	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	17,864	

Рис. 4. Окно редактора поворотов в PTV Vision® VISUM версии 12.5

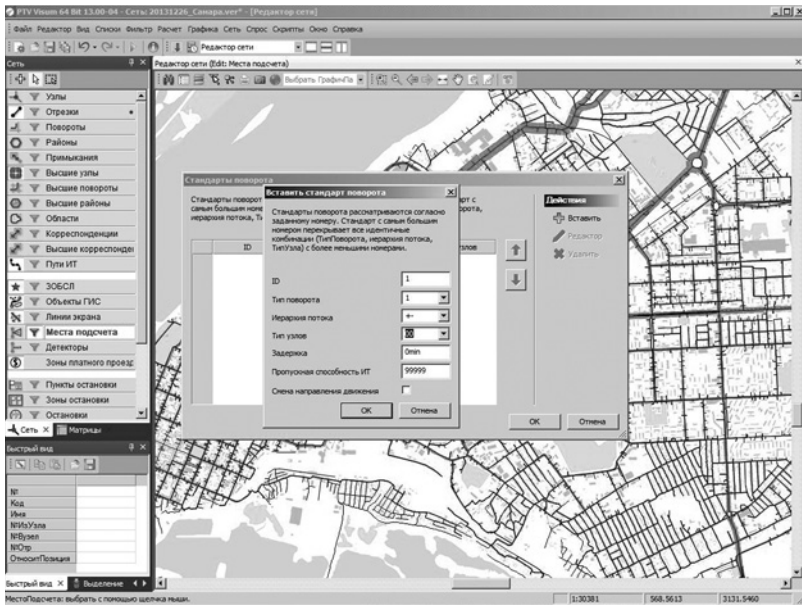


Рис. 5. Переход в меню «Стандарты поворота» в PTV Vision® VISUM версии 13

В открывшемся окне необходимо выбрать (рис. 6):

- *тип поворота* (прямо, направо, налево);
- *тип узла* (определяется пользователем, например: 1 – регулируемые узлы, 2 – нерегулируемые узлы);
- *иерархия потока* (аналогично обозначениям в табл. 1: «✓» – главное направление, «–» – второстепенное направление);
- *задержка* в секундах;
- *пропускная способность*.

Авторы рекомендуют вместо стандартов поворота использовать модуль для детального моделирования перекрестков – ICA. Данный модуль позволяет проводить редактирование геометрии перекрестка, параметров светофорных объектов, а также расчет параметров качества функционирования перекрестков.

Расчет параметров качества функционирования перекрестков в модуле ICA основывается на модели, описанной в [7]. Это издание разработано «US Transportation Research Board» и содержит рекомендации по расчету задержек, длины затора, уровня сервиса (Level of Service, LOS) и других параметров. Расчеты основаны на анализе геометрии перекрестка, вида регулирования на перекрестке, а также интенсивностей транспортных потоков.

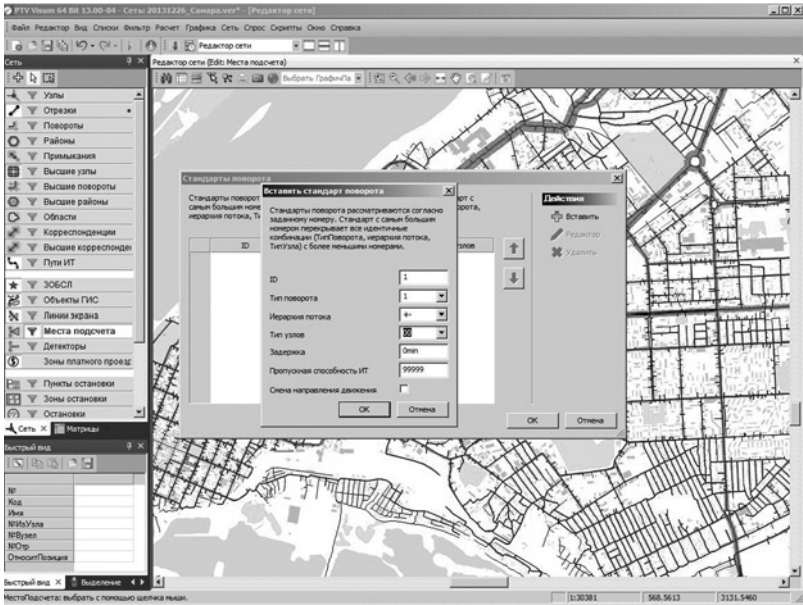


Рис. 6. Меню редактирования «Стандарты поворота» в PTV Vision® VISUM версии 13

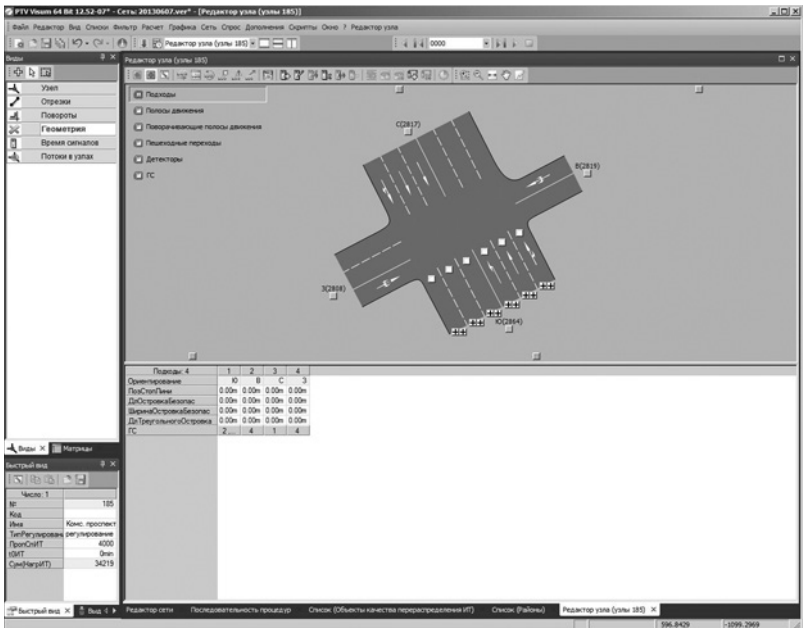


Рис. 7. Окно редактора геометрии узла в PTV Vision® VISUM версии 12.5

При использовании модуля ICA в редакторе узла появляются новые вкладки:

Редактор геометрии узла (рис. 7): задаются полосы движения и разрешенные направления движения по этим полосам. Также есть возможность задать уширения на перекрестке. Полученная геометрия учитывается не только при расчетах задержек на поворотах, но и при экспорте данного перекрестка в другие программные продукты, такие как PTV Vision® Vissim и PTV Vistro.

Редактор светофорного объекта (рис. 8): здесь задаются фазы, сигнальные группы, для каждой сигнальной группы задаются полосы движения, для которых разрешено движение в указанную фазу. В этом же окне редактора возможно провести оптимизацию фаз светофорного регулирования для существующих транспортных потоков.

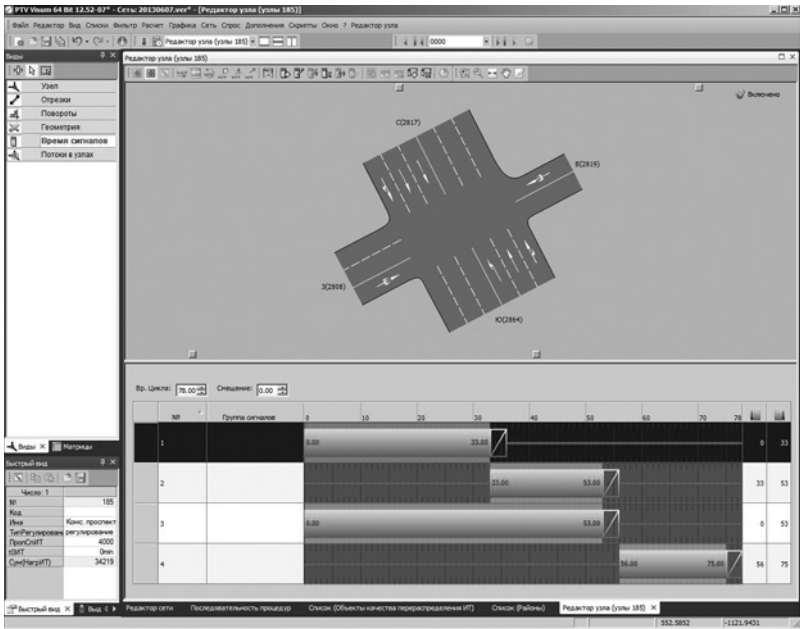


Рис. 8. Редактор светофорного объекта в PTV Vision® VISUM версии 12.5

В результате расчетов в модуле ICA для каждого поворачивающего направления перекрестка, а также для всего перекрестка в целом рассчитываются такие параметры, как *среднее время задержки*, *средняя длина очереди*, *нагрузка*, *LOS (Level of Service)*.

Опыт авторов показывает, что данный способ расчета параметров качества функционирования узлов дает более качественные результаты, чем расчет задержек в узлах и поворотах с помощью обычной функции сопротивления.

Прежде всего, стоит отметить, что лежащая в основе алгоритма расчета модуля ICA методика HCM2000 успешно используется во всем мире. Кроме того, при расчете задержек в узле с помощью модуля ICA, в отличие от обычной функции сопротивления, производится расчет максимальной пропускной способности и задержек для каждого поворота с учетом таких параметров, как геометрия узла, тип регулирования, параметры светофорных объектов, интенсивности транспортных потоков. Особенно важно упомянуть, что при расчете задержек в узле с помощью модуля ICA учитываются интенсивности конфликтующих потоков.

В модуле ICA заложены алгоритмы для 5 видов регулирования на перекрестках:

1. Нерегулируемые перекрестки без знаков приоритета («помеха справа»);
2. Нерегулируемые перекрестки со знаками приоритета;
3. Перекрестки со светофорным регулированием;
4. Перекрестки с круговым движением;
5. Перекрестки с регулированием типа «All way stops» (на всех направлениях висят знаки «движение без остановки запрещено») – широко применяется в Северной Америке.

Важным моментом в использовании детального расчета параметров узла с помощью модуля ICA является возможность более простого экспорта из макромоделли в микромодель для дальнейшей оптимизации участка сети. Экспортировать можно как всю городскую сеть, так и отдельные ее фрагменты. Основное достоинство такого технологического приема заключается в том, что в микромодель экспортируются рассчитанные значения интенсивности транспортных потоков и распределение их по маршрутам движения. Переход на микроуровень моделирования возможен как с суточными значениями интенсивности, так и с интенсивностями в утренний и вечерний часы пик. Для анализа в микромоделли целесообразным представляется моделирование сети с нагрузками, соответствующими часу пик.

2.1.1.2. Отрезки

«Отрезки» (links) – это объекты транспортного предложения, которые описывают улично-дорожную сеть. *Отрезки* соединяют

узлы и имеют направление, при этом, прямое и обратное направления являются самостоятельными объектами сети, которым присваивается общий номер отрезка.

При создании отрезков в транспортной модели в программном комплексе PTV Vision® VISUM задаются следующие характеристики (рис. 9):

- номер отрезка;
- номер ИзУзла (номер узла в начале отрезка);
- номер ВУзел (номер узла в конце отрезка);
- имя отрезка (чаще всего – название улицы);
- тип отрезка (определяется пользователем);
- длина отрезка, км;
- список допущенных систем транспорта;
- пропускная способность индивидуального транспорта (максимальное количество транспортных средств, способное проехать через отрезок в единицу времени), авт./сут., авт./ч;
- допустимая скорость индивидуального транспорта при свободном транспортном потоке (для индивидуального транспорта совпадает с максимально разрешенной скоростью движения), км/ч [4].

Редактировать отрезок

Номер: 2216 Тип: 13 РЗ-3 полосы

Из узла: 134

В узел: 1313 СисТр: Авт,ИТ,МАRSH...

База	ИТ-СисТр	ОТ-СисТр	Затор	DUE	ICA	Опр. пользо
ДлВоздЛин	0.159km	∅0 ИТ			60km/h	
Длина	0.176km	Полосы движения			3	
ДЗнач 1	0	ПропСпос ИТ			30000	
ДЗнач 2	0	Доля ГРУЗТР [%]			0	
ДЗнач 3	0	Загрузка-ИТ			47 %	
№ГПлана	0	Нагрузка ИТ [ТС]			14095	
Надпись балки	<input checked="" type="checkbox"/>	Нагрузка ОТ [чел]			0	
Имя	Ленина					

Туда/Обрат. ОК Отмена

Рис. 9. Окно редактора параметров «отрезка» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

Самый распространенный способ создания транспортного предложения в PTV Vision® VISUM – импорт из геоинформационных систем (ГИС). Наиболее часто используется формат файлов геоинформационной системы ArcGIS – *shape*-файлы. В общем случае *shape*-файл состоит из трех файлов:

- файл формата *.shp* – содержит информацию о геометрических объектах;
- файл формата *.dbf* – содержит атрибутивную информацию геометрических объектов в формате dBase;
- файл формата *.shx* – файл связи между файлами *.shp* и *.dbf* (связь геометрических объектов с атрибутами).

Обычно используется следующий порядок создания транспортного предложения с использованием *shape*-файлов:

1. Создание графа сети или импорт графа сети из *shape*-файла. Есть возможность считывать *shape*-файл как аддитивно к существующим данным, так и с заменой данных (рис. 10);

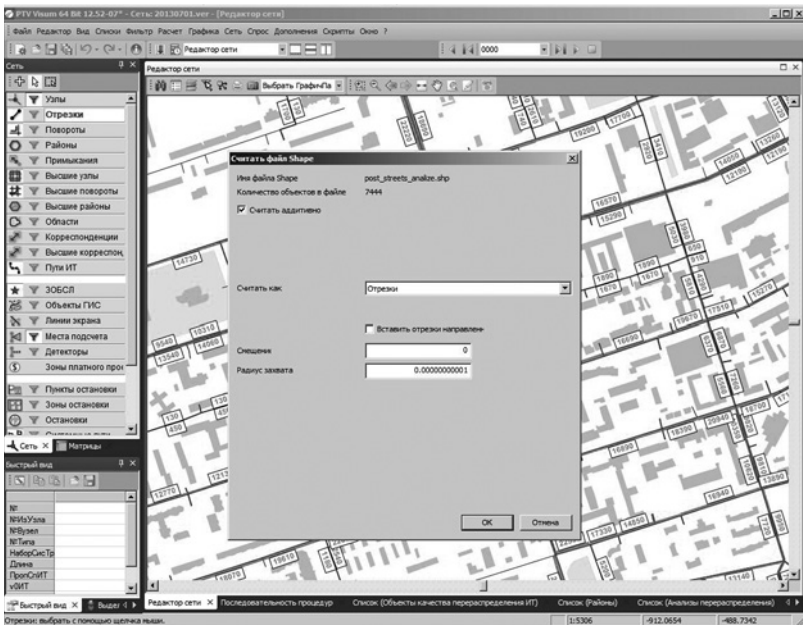


Рис. 10. Интерфейс импорта *shape*-файла улично-дорожной сети в транспортную модель в PTV Vision® VISUM версии 12.5

2. Задание характеристик для всех элементов сети. Обычно необходимые атрибуты и их значения, такие как количество полос движения на отрезке, скорость движения, содержатся в ГИС, кото-

рая служит источником данных для транспортной модели. В связи с этим часть атрибутов обычно уже привязана к импортируемому share-файлу (в файле .dbf). Поэтому при импорте данные атрибуты будут корректно переданы и в PTV Vision® VISUM. Значения остальных атрибутов необходимо привязывать к каждому отдельному элементу сети;

3. Также после импорта из share-файла необходимо заново пересчитать длины перегонів и примыканий. Для этого предусмотрена специальная функция (кнопка) в меню «Сеть – Параметры сети» (рис. 11).

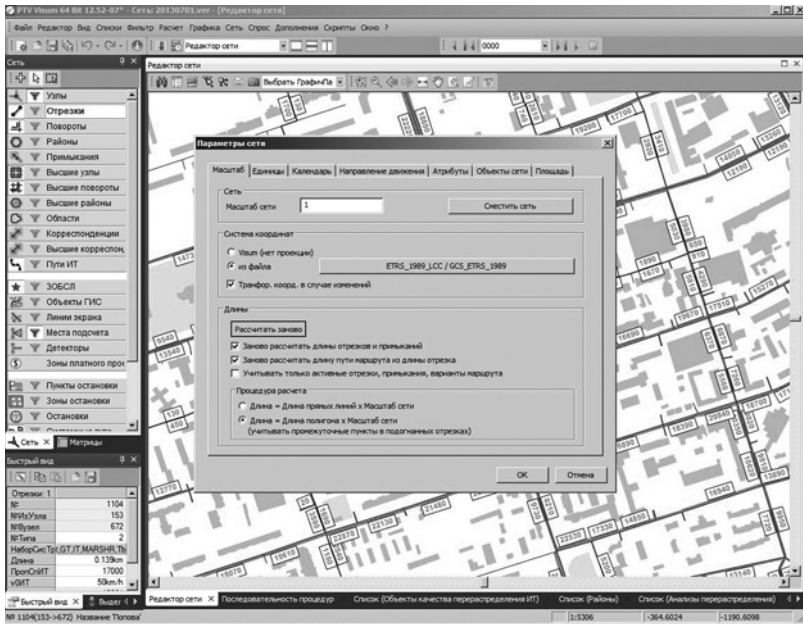


Рис. 11. Окно расчета длин перегонів в PTV Vision® VISUM версии 12.5

После перерасчета длин отрезков и примыканий заполняются значения атрибута «длина» для всех отрезков и примыканий в зависимости от выбранной системы координат и файла проекции.

4. Задание *CR-функций*. Для перегонів, узлов и примыканий необходимо выбрать соответствующий вид функции сопротивления. Подробнее о CR-функциях можно прочитать в [2, 3].

CR-функция (функция сопротивления) указывается для каждого элемента сети. Она указывает зависимость времени прохождения элемента сети t_{akt} от нагрузки q и пропускной способности

q_{\max} , т.е. результат CR-функции – это время прохождения элемента сети t_{akt} .

CR-функцию можно задать для каждого типа узлов, отрезков и примыканий. При вычислении времени прохождения пути суммируются результаты CR-функции для каждого элемента пути. То есть итоговое время в пути вычисляется как:

$$t_{\text{akt}} = t_{\text{akt_примык_источника}} + \sum_i t_{\text{akt_узла}}^i + \sum_j t_{\text{akt_перегона}}^j + t_{\text{akt_примык_цели}}, \quad (1)$$

где

$t_{\text{akt_примык_источника}}$ – актуальное время движения по примыканию из района-источника, с;

$t_{\text{akt_примык_цели}}$ – актуальное время движения по примыканию в район-цель, с;

$t_{\text{akt_узла}}^i$ – задержки в узле i , с;

$t_{\text{akt_перегона}}^j$ – актуальное время движения через перегон j , с;

t_{akt} – итоговое актуальное время в пути, с.

В PTV Vision® VISUM версии 12.5 представлены 19 видов CR-функции (рис. 12). Все они представляют собой полиномы, в которых можно менять коэффициенты и степень, тем самым меняя кривизну графика, т.е. скорость роста t_{akt} с увеличением нагрузки. На рис. 11 выше показано окно редактора CR-функции. В этом окне можно выбрать тип функции, а также задать ее параметры.

Стоит отметить, что функция сопротивления может включать в себя разные затраты, такие как дорожный сбор (плата за проезд через участок дороги), дистанция, эксплуатационные затраты и т.п. Итоговая функция сопротивления является линейной комбинацией данных параметров, причем коэффициенты подбираются таким образом, чтобы каждое слагаемое линейной комбинации и, следовательно, их сумма имели значение, выраженное в одних и тех же единицах, – обычно это время или денежный эквивалент.

Для общественного транспорта временные затраты вычисляются из расписания движения. Кроме того, для общественного транспорта возможно учесть такие затраты, как время пешеходно-

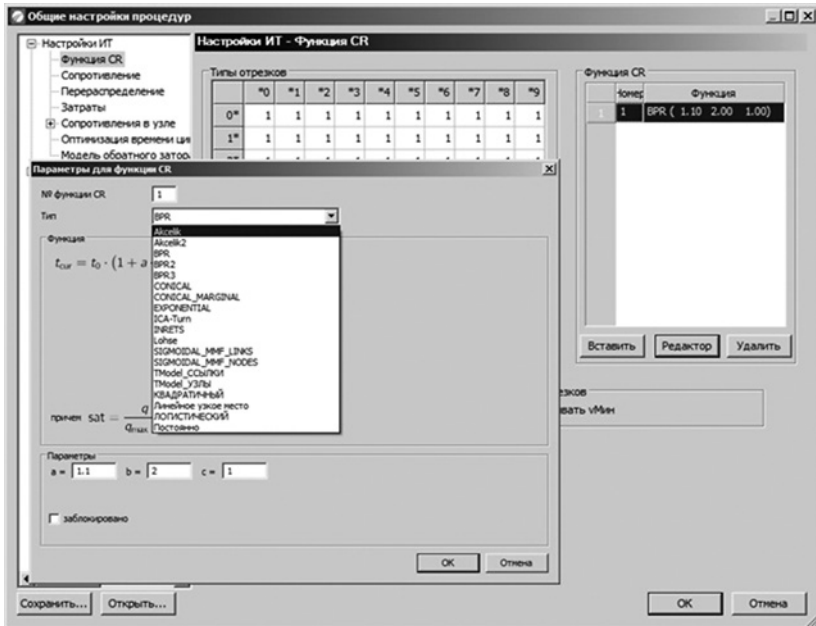


Рис. 12. Окно настройки параметров CR-функций «отрезков» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

го подхода, время ожидания, время пересадки и другие параметры. Итоговые временные затраты будут являться суммой всех затрат, как на доступ к остановке общественного транспорта, так и внутри системы общественного транспорта (движение, пересадка).

Кроме того, возможно также учесть стоимость проезда. PTV Vision® VISUM позволяет учитывать различные тарифные системы, в том числе разовые билеты и зональную систему. В итоге для каждой поездки общественного транспорта рассчитываются суммарные затраты аналогично затратам по индивидуальному транспорту в терминах времени или денежном эквиваленте.

Еще один важный вопрос при создании транспортного предложения – это уровень детализации. Практический опыт разработки транспортных моделей городов позволяет сделать вывод, что для корректного моделирования индивидуального транспорта важна детализация представления улично-дорожной сети до отдельных выездов с прилегающих территорий (рис. 13).

При таком уровне детализации транспортный поток будет корректно входить в сеть.

При учете в модели дворовых выездов важно также помнить о том, что маневры левого поворота при выезде из дворовых терри-



Рис. 13. Детализация транспортного предложения в транспортной модели г. Перми до дворовых выездов

торий и въезде на дворовые территории часто запрещены. В связи с этим авторы советуют обратить внимание на то, что в транспортной модели такие маневры также должны быть запрещены.

Без детализации дворовых выездов места примыкания индивидуального транспорта придется расставлять непосредственно в перекрестки, в результате чего получится некорректный и неправдоподобный результат перераспределения транспортных потоков в узлах. Кроме того, в этом случае будет затруднителен экспорт в имитационную модель микроуровня.

2.1.1.3. Транспортные районы

«Транспортные районы» (zones) являются начальными и конечными пунктами транспортного движения. В транспортной модели каждый *транспортный район* сведен к центру тяжести, который через *примыкания* связан с улично-дорожной сетью. Границы транспортных районов показывают пространственное положение транспортного района, однако влияние на распределение транспорта оказывает только положение его центра.

При создании транспортных районов в транспортной модели в программном комплексе PTV Vision® VISUM задаются следующие характеристики:

- номер района;
- имя района;
- тип района (определяется пользователем);
- координаты (x, y) центра тяжести района;
- способ разделения транспортных потоков источника и цели на примыканиях (абсолютно или долями) [4].

Окно редактора параметров транспортного района показано на рис. 14.

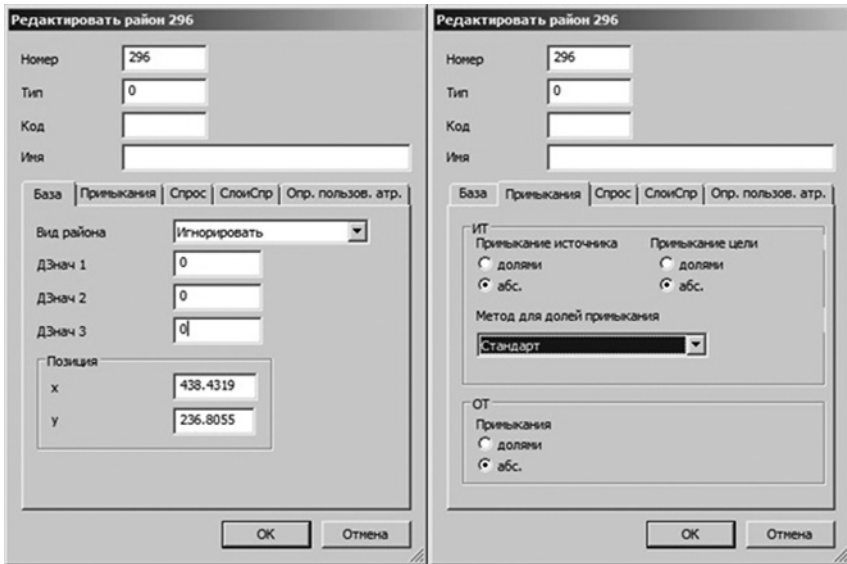


Рис. 14. Окно редактирования параметров «транспортного района» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

Деление на транспортные районы. Необходимо всю территорию города разбить на транспортные районы, причем их количество и размер зависят от размеров города и количества населения.

При задании границ транспортных районов рекомендуется соблюдать следующие принципы:

- использование линий естественных и искусственных преград (реки, линии железных дорог и т.д.);
- соблюдение административного районирования территории;
- учет функционального зонирования территории города;
- сохранение сложившихся кварталов застройки;

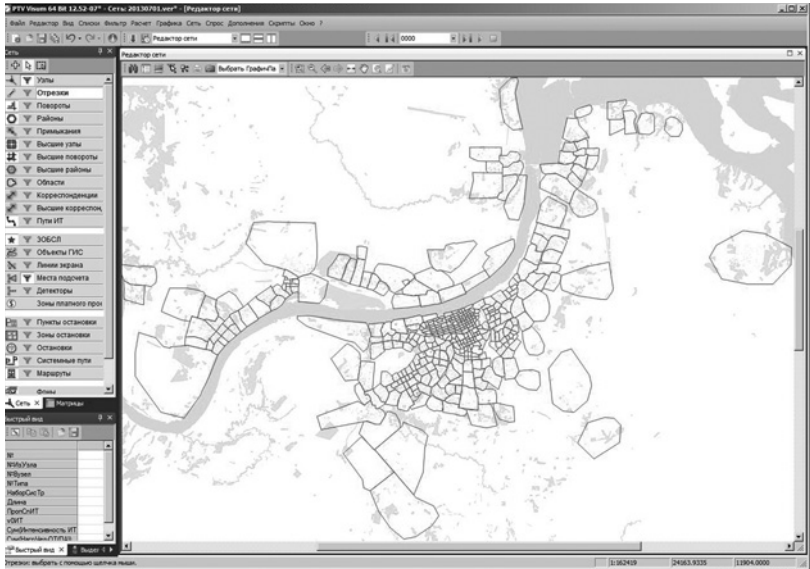


Рис. 15. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Перми

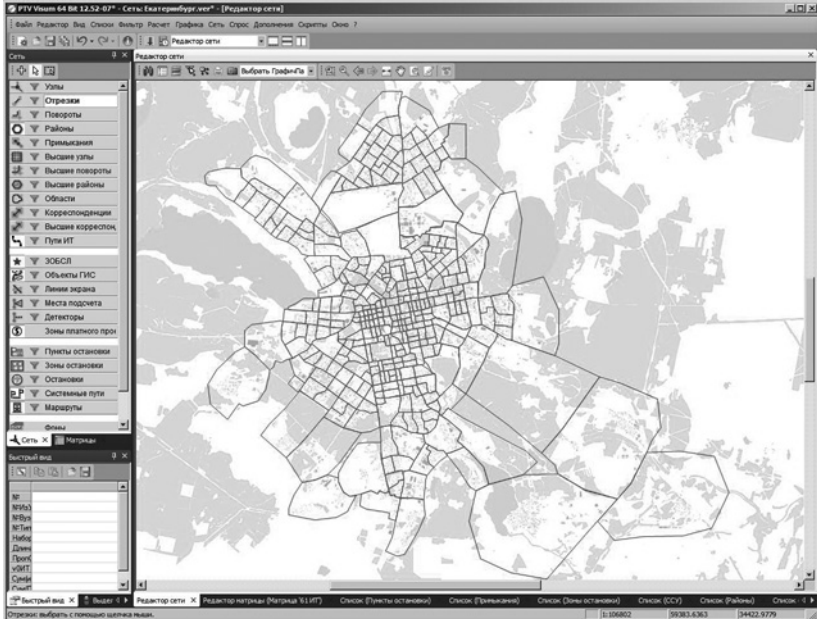


Рис. 16. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Екатеринбурга

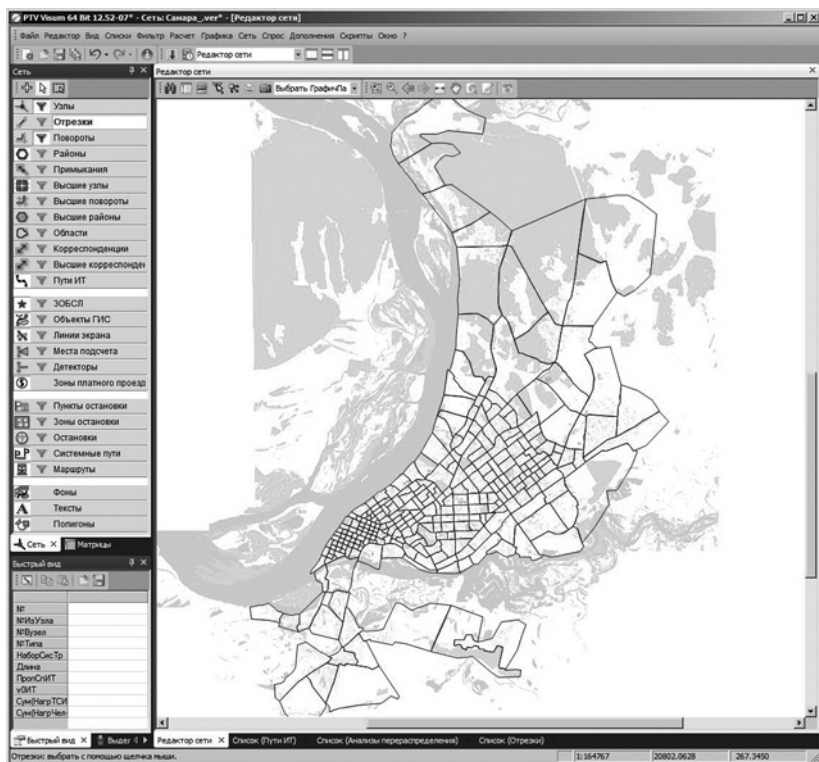


Рис. 17. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Самара

- недопущение образования транспортных районов вытянутой конфигурации [5].

По опыту авторов, в региональных моделях имеет смысл при районировании опираться на границы муниципальных районов, городских и сельских поселений.

На рис. 15–17 приведены картограммы границ транспортных районов в транспортных моделях городов Пермь, Самара, Екатеринбург.

После задания центров тяжести и границ транспортных районов следует создать примыкания.

2.1.1.4. Примыкания

«Примыкания» (connectors, дословно – «соединения») – это объекты сети, которые соединяют центры тяжести транспортных районов с улично-дорожной сетью и содержат информацию о за-

тратах (временных или обобщенных) на доступ от центра тяжести транспортного района к системам транспорта, допущенных на примыкании. Каждый транспортный район в транспортной модели имеет примыкание минимум с одним узлом сети.

Примыкания индивидуального транспорта соединяют центр тяжести транспортного района с дворовыми выездами. Для индивидуального транспорта обычно указывается время поездки из центра тяжести района до выезда из двора, куда включены условные затраты на пешеходный подход к автомобилю и начало движения.

Для пассажиров общественного транспорта примыкание соответствует начальному и конечному пешеходному переходу, для него обычно указывается время движения пешком. Примыкания общественного транспорта соединяют центр района с узлом доступа к остановке.

Пример расстановки примыканий индивидуального и общественного транспорта приведен на рис. 18.

Кроме того, в случае если пешеходы вводятся в виде отдельной системы транспорта, для них открывается движение аналогично индивидуальному транспорту. В этом случае следует соединить примыкание общественного транспорта с выездом из двора и от-

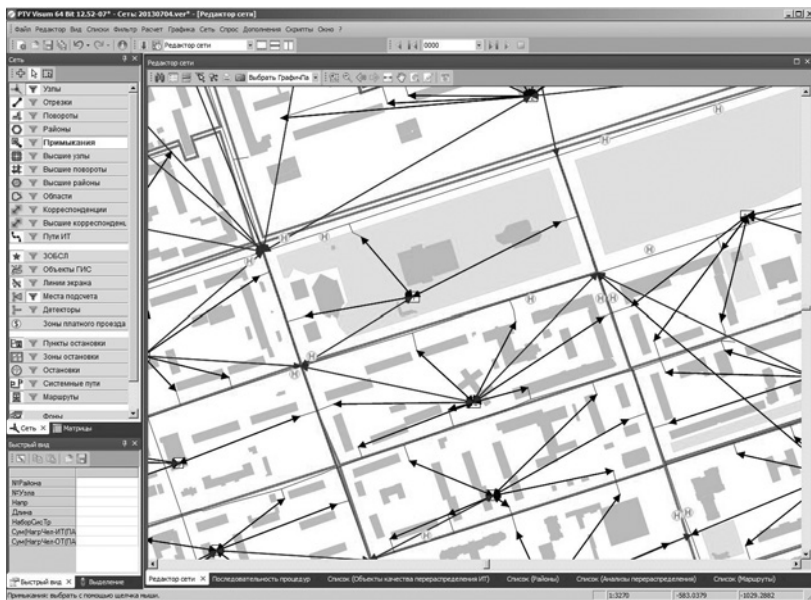


Рис. 18. Расстановка «примыканий» для индивидуального и общественного транспорта на примере транспортной модели города Перми

крыть движение для пешеходов по отрезкам. Однако авторы не рекомендуют использовать данный подход по ряду причин.

Так, для системы транспорта «пешеходы» в масштабах всего города сложно определить параметры транспортной подвижности – коэффициенты создания и притяжения по слоям спроса. Кроме того, существующие модели перераспределения транспортных потоков плохо применимы для моделирования пешеходного движения и требуют серьезной доработки при таком использовании. Также стоит отметить, что расчет движения пешеходов в виде отдельной системы транспорта для всего города требует большей вычислительной мощности, чем для систем транспорта индивидуального и общественного. В связи с этим авторы считают возможным прогнозное моделирование движения пешеходов в виде отдельной системы транспорта для отдельных территорий.

При создании примыканий в транспортной модели в программном комплексе PTV Vision® VISUM задаются следующие характеристики (рис. 19):

- номер района, который присоединяется этим примыканием;
- номер узла, через который примыкание присоединяется к сети;
- тип примыкания (определяется пользователем);
- направление примыкания (Источник или Цель);
- длина примыкания;

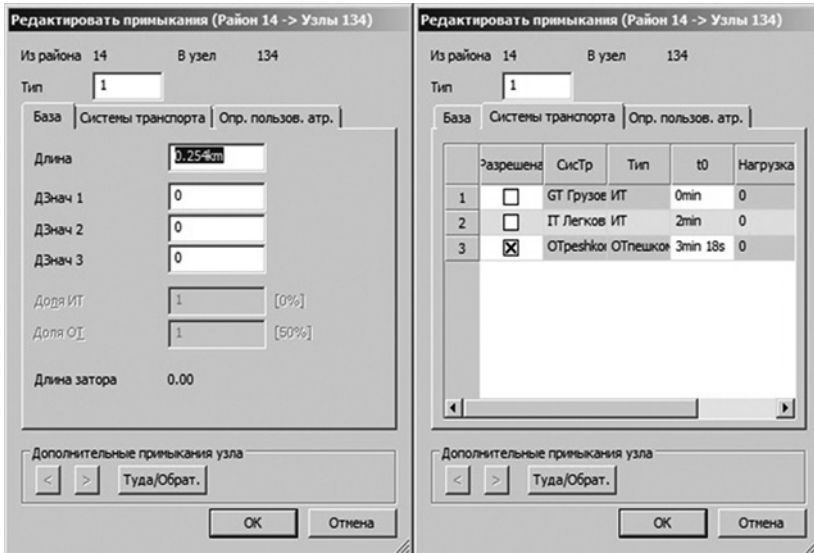


Рис. 19. Окно редактора параметров «Примыкания» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

- *допущенные системы транспорта* для примыкания, время на начальный и конечный пешеходный подход для каждой системы транспорта;
- *доля спроса*, которая выпадает на примыкание (при процентном разделении спроса) [4].

Для корректного процентного разделения транспортного спроса по примыканиям необходимо сначала задать способ разделения в свойствах транспортного района. При этом очень важно выбрать метод расчета долей примыкания (рис. 20, 21).

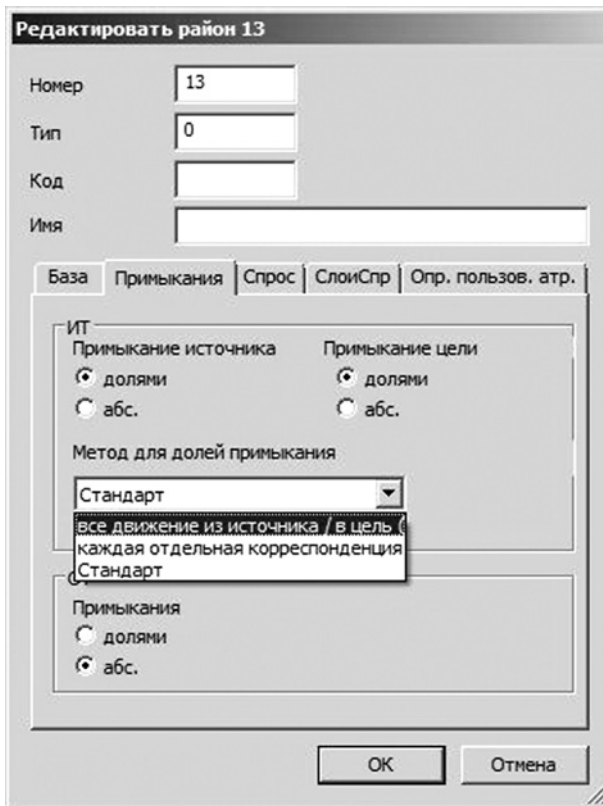


Рис. 20. Окно редактора параметров распределения долей «Примыкания» в PTV Vision@ VISUM версии 12.5

В зависимости от выбранного метода распределение спроса по примыканиям будет производиться с различной точностью относительно заданного значения доли примыкания. Более подробно про методы расчета долей примыкания можно прочитать в [4].

Редактировать примыкания (Район 13 -> Узлы 1304)

Из узла 1304 В район 13

Тип 0

База | Системы транспорта | Опр. пользов. атр.

Длина 0.205km

ДЗнач 1 0

ДЗнач 2 0

ДЗнач 3 0

Доля ИТ 3 [33%]

Доля ОТ 1 [0%]

Длина затора 0.00

Дополнительные примыкания узла

< > Туда/Обрат.

OK Отмена

Рис. 21. Окно редактора параметров доли спроса «Примыкания» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

2.1.2. Транспортное предложение городского пассажирского транспорта общего пользования

Транспортная модель, выполненная в формате PTV Vision® VISUM, позволяет моделировать также систему общественного транспорта. В транспортную модель вводятся системы общественного транспорта, виды подвижного состава с его характеристиками. Далее создается маршрутная сеть общественного транспорта. Маршрутная сеть общественного транспорта прокладывается по улично-дорожной сети, каждый маршрут проходит по отрезкам через узлы и пункты остановок.

Остановки общественного транспорта в PTV Vision® VISUM представляют собой иерархическую структуру. Далее рассмотрим

подробно иерархическую структуру и каждый элемент этой иерархии отдельно.

2.1.2.1. Иерархия остановок

Для более точного и детального моделирования общественного транспорта в PTV Vision® VISUM создается система остановок.

При создании системы остановок общественного транспорта PTV Vision® VISUM требует создания иерархической структуры: «остановка» (stop) – «зона остановки» (stop area) – «пункт остановки» (stop point) (рис. 22–24).

При этом *остановка* – самый крупный элемент иерархии, включающий в себя *зоны* и *пункты остановки*.

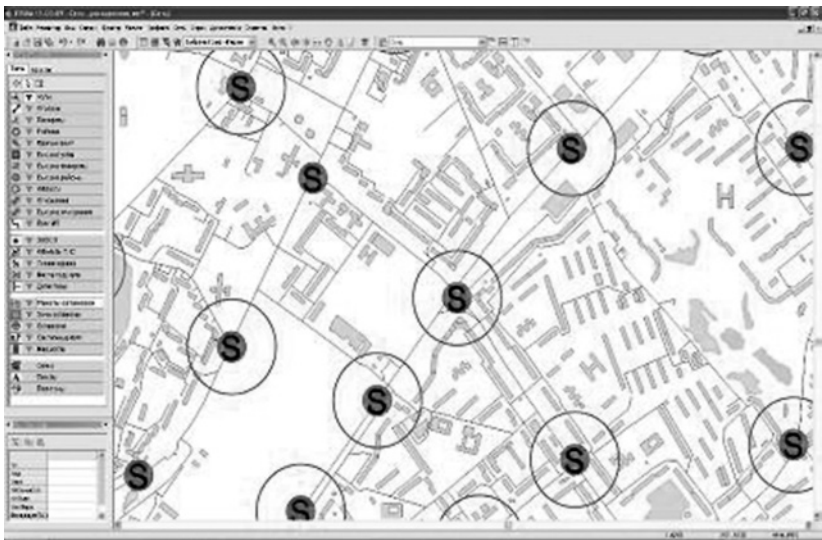


Рис. 22. Отображение «остановок» с радиусами охвата в PTV Vision® VISUM версии 12.5

Зона остановки может объединять несколько *пунктов остановки* разных систем транспорта, а именно таких, временем перехода между которыми можно пренебречь. Для каждой зоны остановки задается *узел доступа*, в который ставится *примыкание* общественного транспорта транспортного района.

Пункт остановки – самый мелкий элемент иерархии, физически означающий площадку для посадки-высадки пассажиров одной или нескольких систем транспорта.

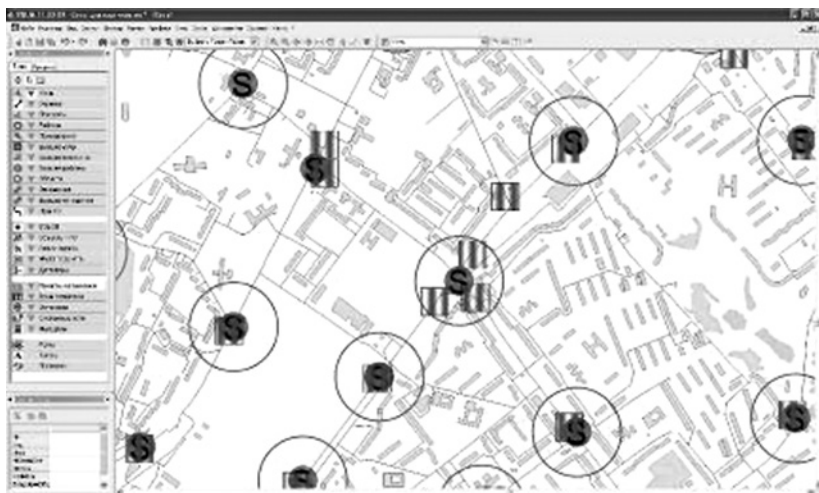


Рис. 23. Отображение «зон остановок» и «остановок» с радиусами охвата в PTV Vision@ VISUM версии 12.5

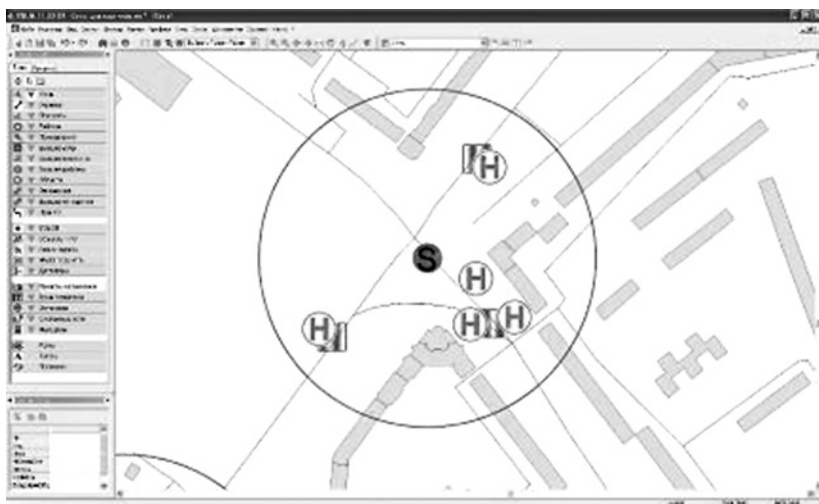


Рис. 24. Отображение «остановок», «зон остановок» и «пунктов остановок» в PTV Vision@ VISUM версии 12.5

Количество остановок, зон остановок и пунктов остановок для транспортных моделей городов Перми, Самары и Екатеринбурга приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Количество остановок, зон остановок и пунктов остановок
для транспортных моделей городов Перми, Самары и Екатеринбурга**

Транспортная модель	Количество остановок	Количество зон остановок	Количество пунктов остановок
Пермь	511	954	980
Самара	455	1102	1214
Екатеринбург	520	1097	1246

Для каждой остановки задается *время перехода между зонами остановки* в виде матрицы времени пересадок (рис. 25). Такая матрица открывается на вкладке «Время пешеходной пересадки зон остановки» в окне редактирования «Остановки».

В данной матрице можно задать время исходя из натурных обследований или из расчета. При создании матриц времени пересадки для транспортных моделей городов Перми, Самары и Екатеринбурга использовали расчетные значения времени пересадки,

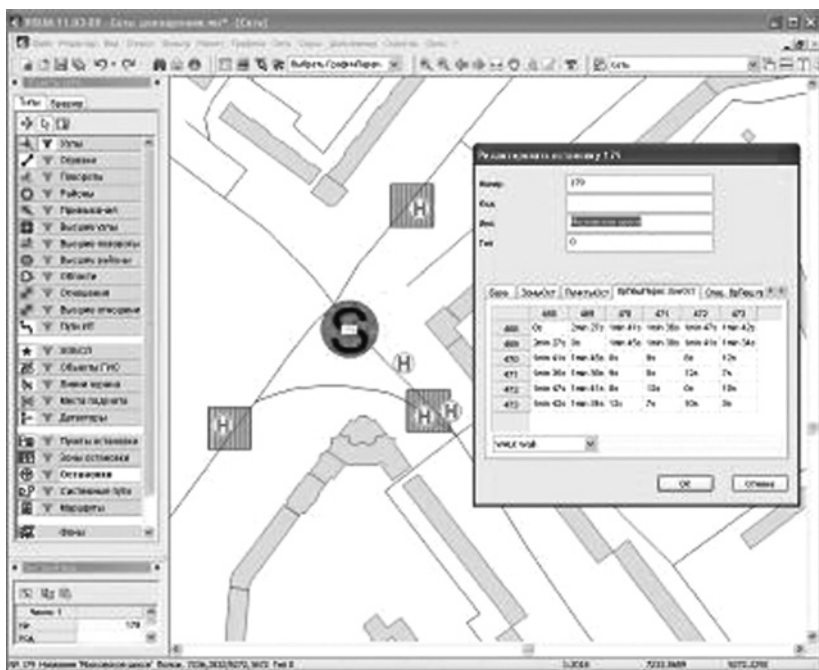


Рис. 25. Окно редактирования матрицы времени пересадок между «зонами остановки»

исходя из скорости движения пешехода и расстояния между *зоной остановки*, рассчитанными по их координатам.

Для каждого пункта остановки определены системы транспорта, для которых разрешена остановка, посадка и высадка пассажиров (рис. 26).

В случае если для пункта остановки запрещена посадка-высадка какой-либо системы транспорта, далее при прокладке маршрутов этой системы транспорта такой остановочный пункт не будет включаться в маршрут.

Редактировать пункт остановки 3355088

Номер: 3355088
Код:
Имя: Попова (ул. Ленина)
Тип: 0
Пункт ост.: на отрезке8334 (5253 => 5254)
Базовый узел: 5254 Ленина направлено

Остановка
Зона остановки: 3355094 ?
Остановка: 5125 Попова (ул. Ленина)

База Системы транспорта Затраты ПрофВрДвиж Опр. польз

- Авт Автобус
- GD ЖД
- MARSHR Маршрутка
- Тб Троллейбус
- Тг Трамвай

OK Отмена

Рис. 26. Окно редактирования набора систем транспорта «пункта остановки» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

2.1.2.2. Маршруты, варианты маршрута, расписание

После создания системы остановок в транспортную модель вводятся «*маршруты*» движения общественного транспорта (lines).

Каждый маршрут в транспортной модели, выполненной в PTV Vision® VISUM, состоит из нескольких (обычно двух) «*вариантов маршрута*» (line routes), каждый из которых является одним из направлений движения *маршрута* (от начального пункта остановки к конечному и обратно). Один из вариантов обычно называется прямым направлением маршрута, второй – обратным (рис. 27).



Рис. 27. Окно редактирования маршрутов и вариантов маршрутов общественного транспорта в PTV Vision® VISUM версии 12.5

В модели также указаны названия направлений – названия обычно присваиваются в соответствии с наименованием конечного *пункта остановки* (рис. 28).

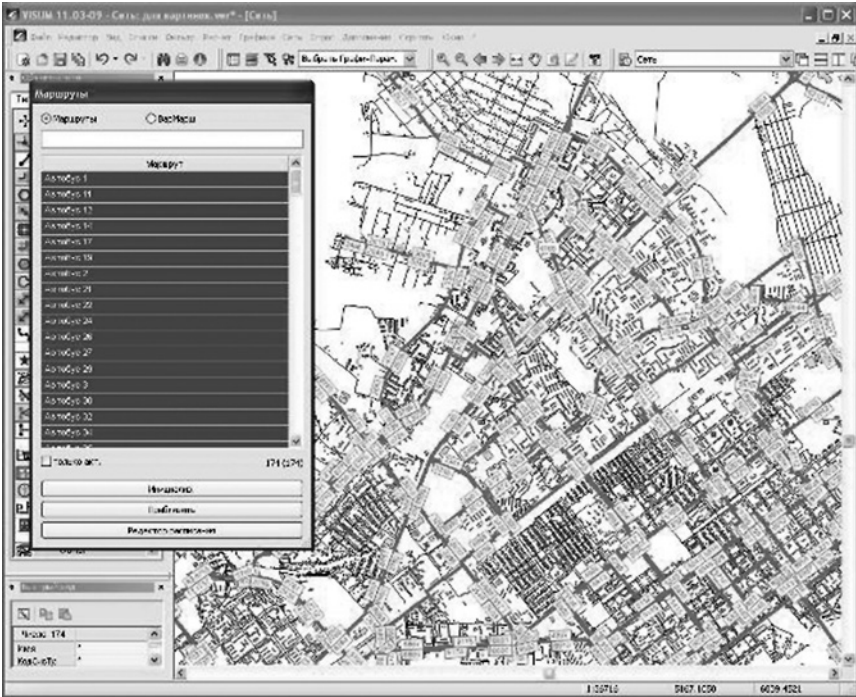


Рис. 28. Трассировки маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования в PTV Vision® VISUM версии 12.5

Далее в транспортную модель вводятся «профили времени движения» (time profiles). Профиль времени движения представляет собой таблицу, содержащую время движения общественного транспорта между остановочными пунктами (рис. 29). При отсутствии подробного расписания возможно использовать значения актуального времени движения индивидуального транспорта.

Далее в транспортную модель в редакторе расписаний вводится «расписание движения» (timetable) (рис. 30).

Расписание движения состоит из «обслуживающих поездок» (vehicle journeys). Можно вводить обслуживающие поездки двумя способами – как каждую отдельную поездку или как интервал движения (рис. 31).

При вводе расписания движения в виде отдельных обслуживающих поездок обычно используют процедуру перераспределения «по расписанию».

С помощью интервального расписания удобно задавать расписания для различных периодов – утро до часа «пик», утренний

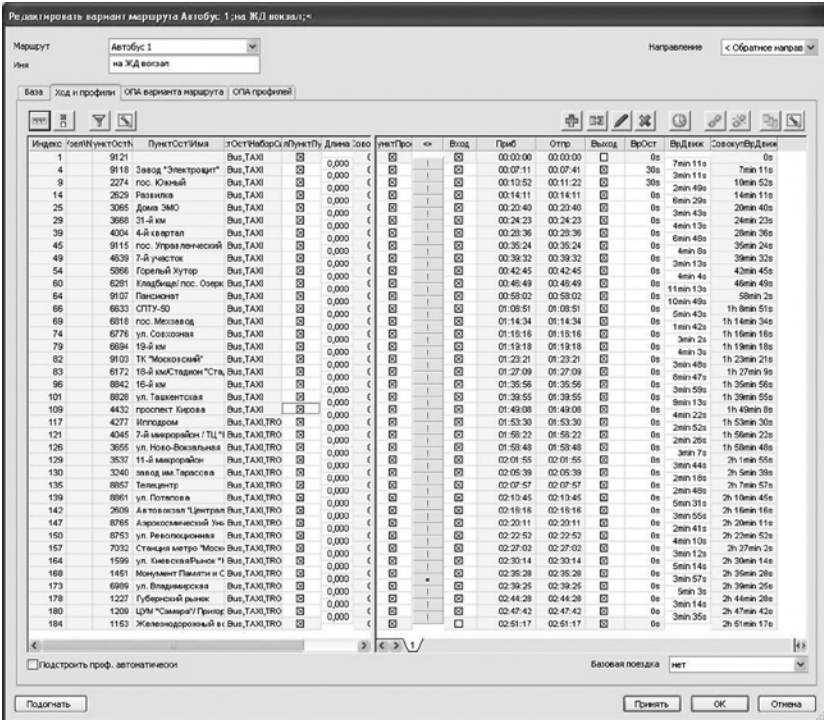


Рис. 29. Окно редактирования «Профиля времени движения» варианта маршрута городского пассажирского транспорта общего пользования в PTV Vision® VISUM версии 12.5

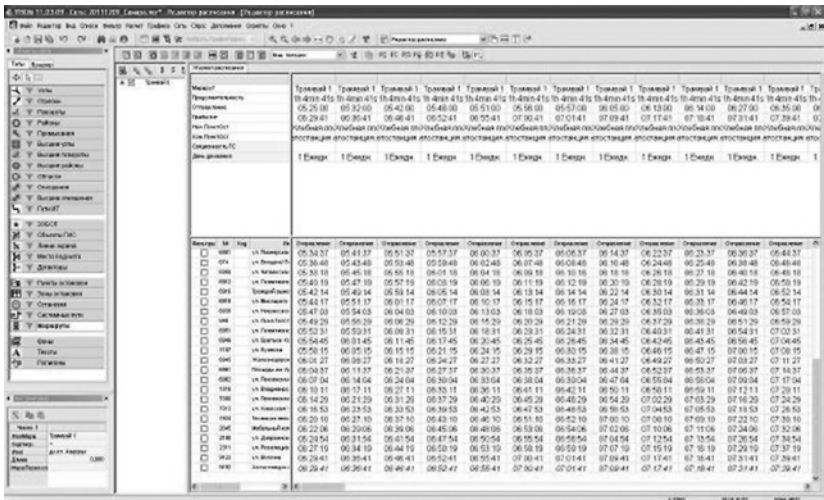


Рис. 30. Окно редактора расписания городского пассажирского транспорта общего пользования в транспортной модели г.о. Самара в PTV Vision® VISUM версии 12.5

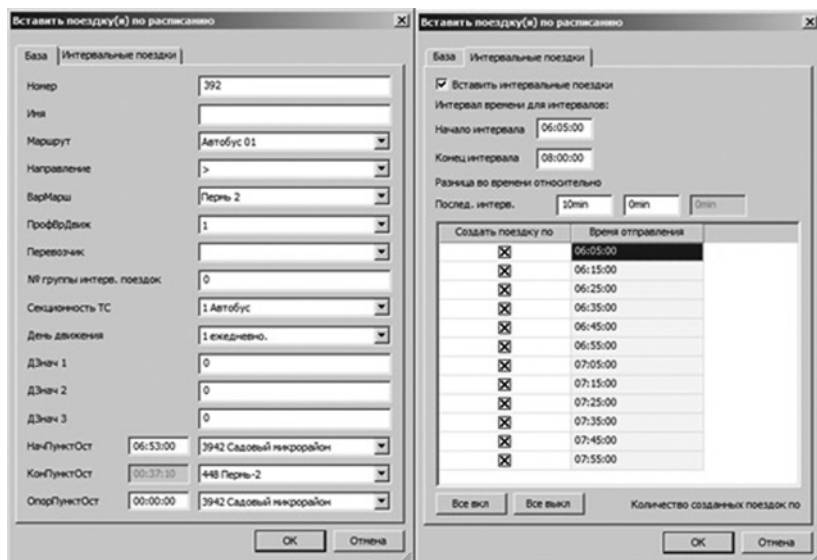


Рис. 31. Окно интерфейса вставки «обслуживающих поездов» по времени отправления и интервально в PTV Vision® VISUM версии 12.5

час «пик», меж «пик», вечерний час «пик», вечер – в случае если нет подробного расписания в течение всего дня, а имеются только средние интервалы в различные периоды. При этом рекомендуется использовать процедуру перераспределения «по интервалам», т.к. при использовании данной процедуры интервал движения усредняется.

Для *маршрутов* общественного транспорта, в которых в течение дня интервал движения постоянный (например, автобус до вокзала ходит каждые 10 минут), интервал движения можно не задавать в редакторе расписания, а задать в виде пользовательского атрибута профиля времени движения.

Для этого нужно создать пользовательский атрибут для каждого из профилей времени движения. Данный атрибут для каждого маршрута должен иметь значения, равные интервалу движения в минутах, для каждого из профилей времени движения.

После этого, при задании расписания движения, в параметрах процедуры перераспределения общественного транспорта необходимо выбрать опцию «Расчет интервала – Тип расчета – Постоянно из атрибута профиля движения» (рис. 32) и затем выбрать созданный пользовательский атрибут (выделено овалом на рис. 32).

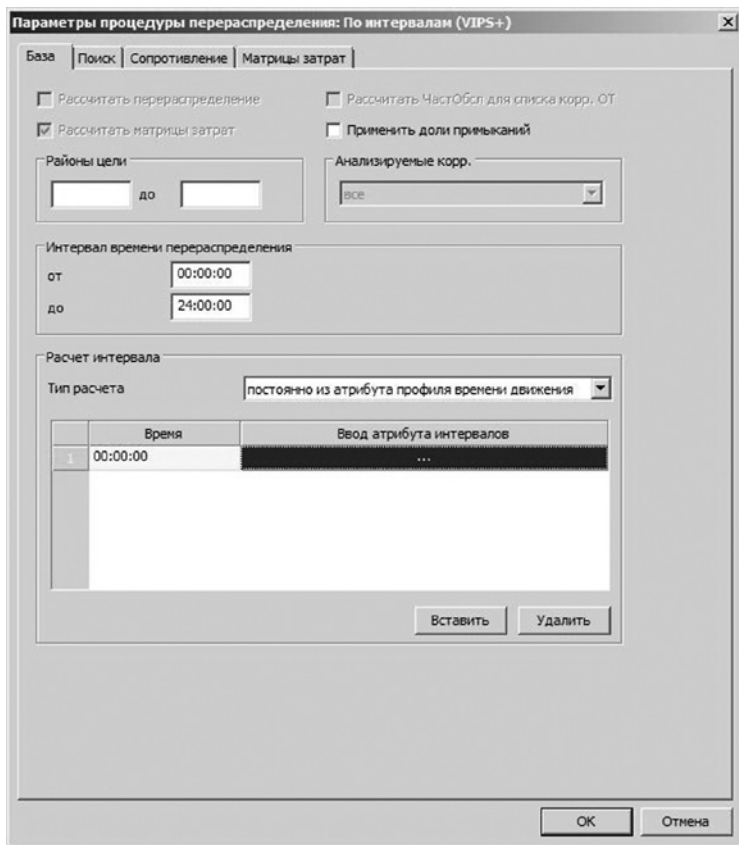


Рис. 32. Окно редактирования интервала движения общественного транспорта с помощью пользовательского атрибута в PTV Vision® VISUM версии 12.5

2.2. Создание модели транспортного спроса

В ходе построения модели транспортного спроса определяются источники и цели транспортного движения, вводятся параметры транспортной подвижности населения, формируются матрицы корреспонденций по видам транспорта и целям совершения транспортных корреспонденций.

Транспортный спрос определяется показателями транспортной подвижности населения. В отличие от транспортного предложения, которое довольно легко формализуется, понятно и может быть детально структурировано, понятия «транспортного спроса»

и «подвижности населения» нуждаются в более глубоком осмыслении.

2.2.1. Объекты транспортного спроса

Модель транспортного спроса в PTV Vision® VISUM имеет сложную структуру. Для построения стандартной четырехшаговой модели транспортного спроса первоначально необходимо ввести в транспортную модель существующие *системы транспорта*.

В PTV Vision® VISUM имеются «*системы транспорта*» (transport systems), которые через «*сегменты спроса*» (demand segments) связываются с «*матрицами корреспонденций*» (OD matrix). Сегмент спроса является определяющим для расчета спроса. Каждый сегмент спроса имеет ровно одну матрицу корреспонденций и может состоять из нескольких систем транспорта.

2.2.1.1. Системы транспорта, режимы, сегменты спроса

Рассмотрим в качестве примера транспортную модель г. Самара. В транспортную модель введены два сегмента спроса – индивидуальный транспорт (ИТ) и общественный транспорт (ОТ) (рис. 33).

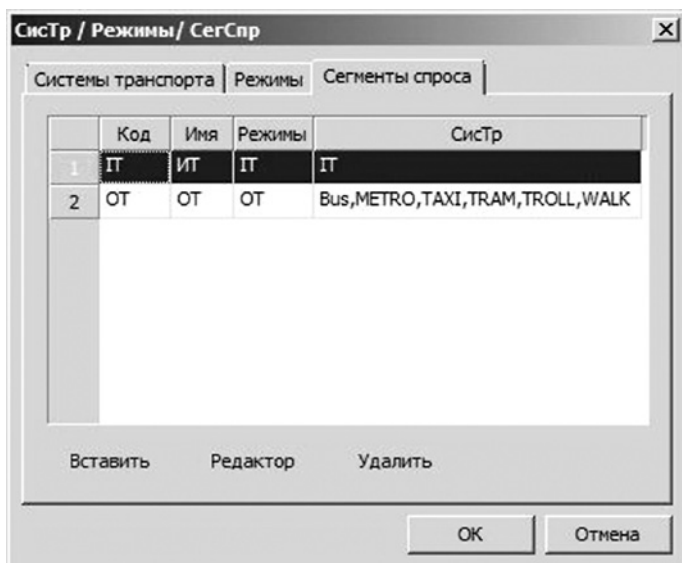


Рис. 33. Окно редактирования «сегментов спроса» в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Самара

Для каждого сегмента спроса создано по одному «режиму» (mode) – также, соответственно, ИТ и ОТ (рис. 34).

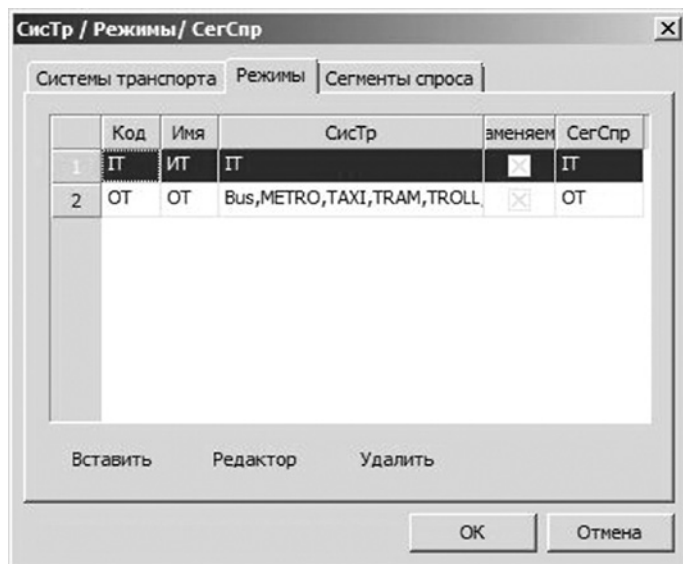


Рис. 34. Окно редактирования «режимов» в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Самара

Для каждого из *режимов* и *сегментов спроса* были введены соответствующие системы транспорта. Для индивидуального транспорта введена система транспорта ИТ. Для общественного транспорта в транспортную модель введены следующие системы транспорта (рис. 35):

- автобус;
- троллейбус;
- трамвай;
- маршрутные такси;
- метро.

Для каждого из этих видов транспорта были введены следующие единицы транспортных средств (подвижной состав) (рис. 36):

- большой автобус;
- средний автобус;
- маршрутное такси;
- троллейбус;
- метро (вагон);
- трамвай (вагон).

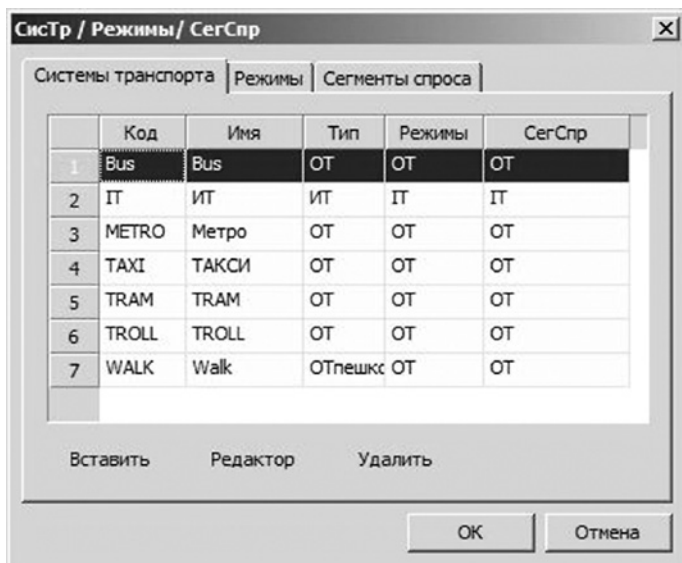


Рис. 35. Окно редактирования систем транспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Самара

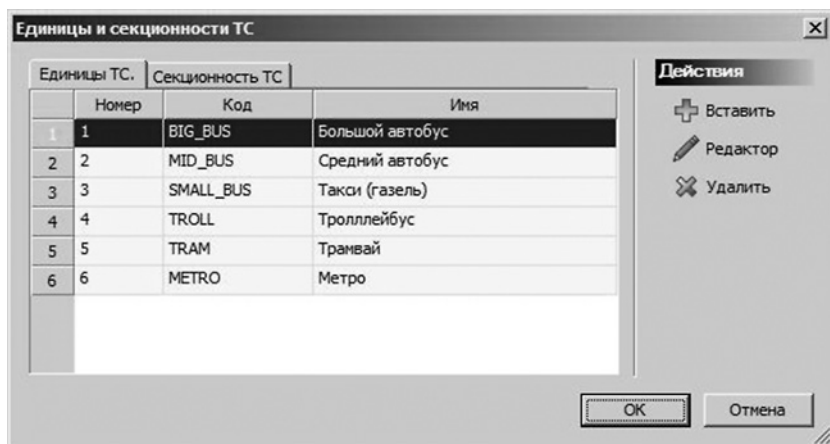


Рис. 36. Окно редактирования видов единиц подвижного состава в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Самара

Для каждого типа единиц транспортных средств были введены параметры подвижного состава – общая вместимость и количество сидячих мест (рис. 37).

Редактировать единицу транспортных средств 1

Номер

Код

Имя

Автоматически создать секционность ТС

База

Систр

Локомотив

Вместимости

Всего мест

Сидячие места

OK Отмена

Рис. 37. Окно ввода параметров вместимости для единицы подвижного состава в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере единицы «большой автобус» в транспортной модели г. Самара

Далее для всех типов единиц транспортных средств была задана «секционность» транспортных средств общественного транспорта (vehicle combination) (рис. 38). *Секционность* – это количество транспортных средств, входящих в состав одной единицы подвижного состава общественного транспорта. Так, например, автобус может иметь только секционность «один автобус». Трамвай может иметь несколько секционностей – «один вагон», «два вагона», «три вагона». Поезд метро обычно имеет одну секционность, состоящую из нескольких вагонов.

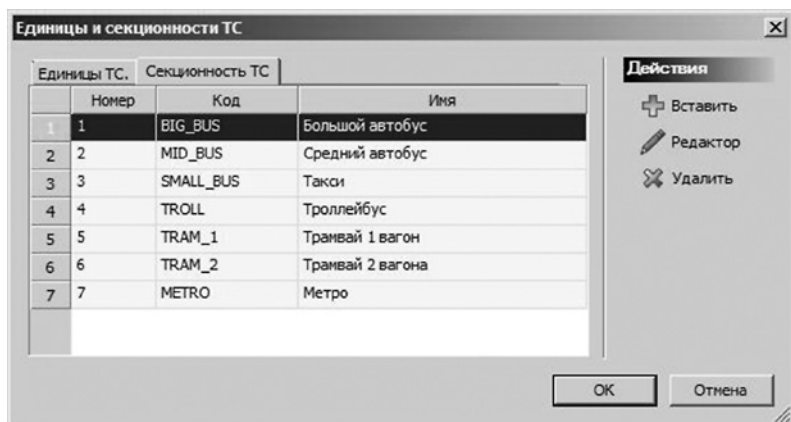


Рис. 38. Окно редактирования видов «Секционности ТС» в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Самара

Таким образом, для всех видов транспорта, кроме рельсового, секционность включает одну единицу транспортных средств. Рельсовый транспорт – трамваи и метро – в своем составе могут иметь несколько единиц подвижного состава (вагонов). Например, в транспортной модели г. Самара для трамвая было задано две секционности («один вагон» и «два вагона»), а для метро одна секционность, состоящая из четырех вагонов.

2.2.1.2. Слои спроса

Необходимым этапом в построении модели транспортного спроса в городах, является создание структуры транспортного спроса. Один из основных структурных элементов транспортного спроса – «*слой спроса*» (demand strata).

Качество итоговой транспортной модели и модели транспортного спроса напрямую зависит от детализации структуры спроса (количества слоев спроса). Минимально возможный набор слоев спроса содержит два слоя. Это спрос на передвижения от дома на работу и с работы домой.

Однако большинство известных и действующих на настоящий момент транспортных моделей городов содержат как минимум восемь слоев спроса.

В транспортных моделях городов Перми, Самары и Екатеринбурга заданы слои спроса, генераторами и потребителями транспортных корреспонденций в которых являются:

- дом;
- работа;
- место учебы (вузы, ССУЗы);
- прочее места притяжения.

Такая детализация приводит к модели спроса, состоящей из набора 15 ($4^2 - 1$) слоев спроса (рис. 39).

	Код	Имя	Группы	Пара действий	Матрица корреспонденции (результат)	СегСтр
1	M01_DP_VSE		VSE	DP дом-прочее	69 VSE_ДП	
2	M02_DR_VSE		VSE	DR дом-работа	65 VSE_ДР	
3	M03_PD_VSE		VSE	PD прочее-дом	71 VSE_ПД	
4	M04_PP_VSE		VSE	PP прочее-прочее	77 VSE_ПП	
5	M05_PR_VSE		VSE	PR прочее-работа	75 VSE_ПР	
6	M06_RD_VSE		VSE	RD работа-дом	67 VSE_РД	
7	M07_RP_VSE		VSE	RP работа-прочее	73 VSE_РП	
8	M08_RR_VSE		VSE	RR работа-работа	79 VSE_РР	
9	M09_DU_VSE		VSE	DU дом-учеба	80 VSE_ДУ	
10	M10_PU_VSE		VSE	PU прочее-учеба	84 VSE_ПУ	
11	M11_RU_VSE		VSE	RU работа-учеба	82 VSE_РУ	
12	M12_UD_VSE		VSE	UD учеба-дом	81 VSE_УД	
13	M13_UP_VSE		VSE	UP учеба-прочее	85 VSE_УП	
14	M14_UR_VSE		VSE	UR учеба-работа	83 VSE_УР	
15	M15_UU_VSE		VSE	UU учеба-учеба	86 VSE_УУ	
16	M16_DSc_VSE		VSE	DSc дом-школа	170 VSE_ДШ	
17	M17_ScD_VSE		VSE	ScD школа-дом	178 VSE_ШД	

Рис. 39. Список «слоев спроса», введенных в транспортную модель г. Самара

На практике не учитывают слой спроса, основанный на передвижениях «от дома и к дому», полагая, что в современном мегаполисе понятия «дом» и «жилище» для человека являются синонимами. Практика показывает, что такой набор слоев спроса оказывается достаточным для учета большинства основных транспортных корреспонденций, совершаемых на территории крупных городов.

Кроме того, по просьбе заказчика, для транспортной модели г. Самара, в отличие от моделей городов Пермь и Екатеринбург, дополнительно были созданы два слоя спроса: «Дом – Школа» и «Школа – Дом», которые полностью реализуются на общественном транспорте.

Подробнее о сборе исходных данных для расчета данных слоев спроса можно прочитать в статье М.Р. Якимова «Расчетный метод

формализации исходных данных для построения модели транспортного спроса на передвижения с учебными целями» [6].

Стоит отметить, что слои спроса, связанные с перемещениями школьников, не обязательны для включения в транспортные модели в связи с небольшим объемом транспортных корреспонденций, совершаемых школьниками. Так, в Самаре поездки школьников на общественном транспорте составляют 3,3% от общего числа таких поездок. В связи с этим проводить трудоемкий процесс сбора и расчета необходимых исходных данных для расчета слоев спроса, связанных с перемещениями школьников, не всегда целесообразно.

На рис. 39 приведены слои спроса, введенные в транспортную модель г. Самара. В этой таблице приведены названия слоев спроса, пары действий, которым они соответствуют, а также матрицы корреспонденций для каждого из слоев спроса.

Источником транспортного движения, а следовательно, необходимыми исходными данными для расчета каждого из слоев спроса, в зависимости от источника и цели поездки, является статистическая информация:

- численность населения;
- численность трудящегося населения;
- количество рабочих мест;
- количество рабочих мест в сфере услуг;
- численность учащихся;
- количество учебных мест в вузах и ССУЗах.

Источниками статистических исходных данных для создания модели транспортного спроса обычно выступают: органы власти (администрации городов, регионов), органы статистики, натурные обследования и опросы. Более подробно про статистические данные, необходимые для расчета генерации транспортного спроса, изложено в [2, 3].

Стоит отметить, что вся статистическая информация должна быть привязана к *транспортным районам* (рис. 40). Так, для каждого транспортного района в транспортной модели можно проверить и править привязанную статистическую информацию.

Однако авторы советуют при создании транспортных моделей собирать исходную статистическую информацию с максимальной дискретизацией – с привязкой к каждому зданию. Такой подход позволит в процессе калибровки модели при необходимости изменять границы транспортных районов, дробить и объединять их, при этом легко получая значения данных статистики путем суммирования значений из зданий, попадающих на территорию транспортного района.

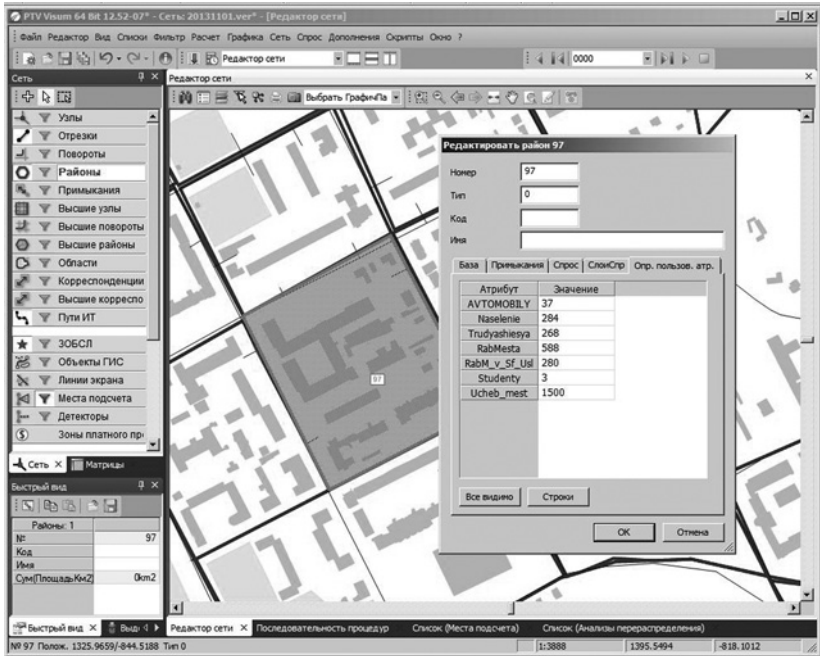


Рис. 40. Суммирование данных статистики из контуров зданий в транспортные районы

Кроме того, возможно обновлять информацию в транспортных районах в случае ее актуализации для отдельных зданий и сооружений.

Так, на рис. 41 приведено окно редактирования атрибутивной информации, привязанной к контуру одного здания. В случае редактирования такой атрибутивной информации для одного или нескольких зданий можно легко обновить данные параметры для транспортных районов.

2.2.1.3. Матрицы затрат

Расчет транспортного спроса производится на основе затрат на перемещение между транспортными районами. Такие затраты рассчитываются и хранятся в виде «*матриц затрат*» (skim matrix). Элементы *матрицы затрат* характеризуют любые затраты, связанные с перемещениями между всеми *транспортными районами* области исследования. Значения затрат используются при расчете *функций предпочтения* (distribution model) для этапов *распределения* (trip distribution) и выбора режима (mode choice) [4].

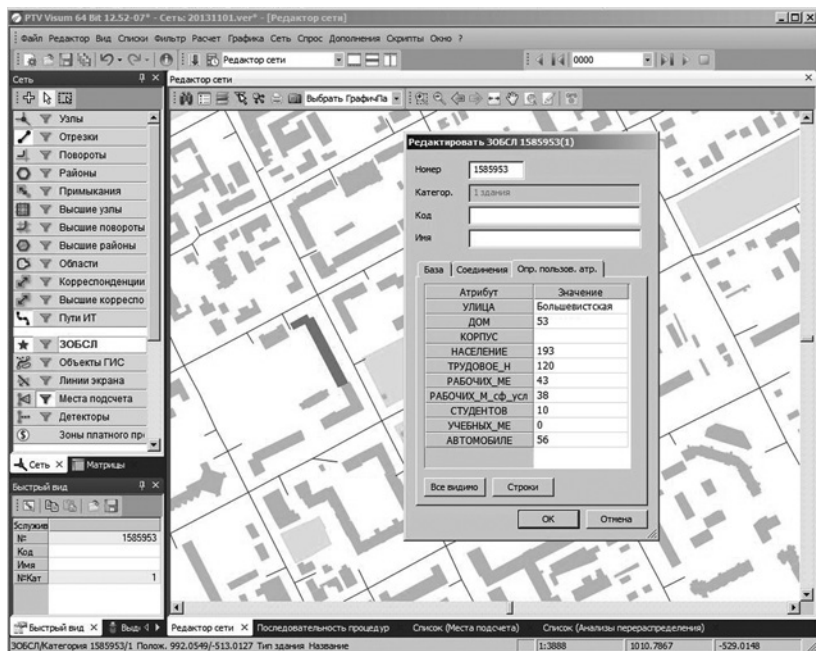


Рис. 41. Окно редактирования атрибутивной информации, привязанной к контурам зданий и сооружений

В качестве параметра для расчета матриц затрат, можно выбрать из ряда параметров. Для индивидуального транспорта это (см. рис. 42):

- время проезда в свободной сети;
- время движения в нагруженной сети;
- длина в пути;
- сопротивление;
- дорожный сбор (плата за проезд по платным дорогам);
- скорость;
- эксплуатационные затраты.

Чаще всего в качестве параметров используются время движения в нагруженной сети и расстояние. При этом с расстоянием обычно используют коэффициент, характеризующий эксплуатационные затраты (на 1 км пробега). В транспортных моделях городов Пермь, Самара и Екатеринбург используется параметр «время движения в нагруженной сети». Использование данного параметра связано с тем, что он является наиболее объективным и простым для оценки.

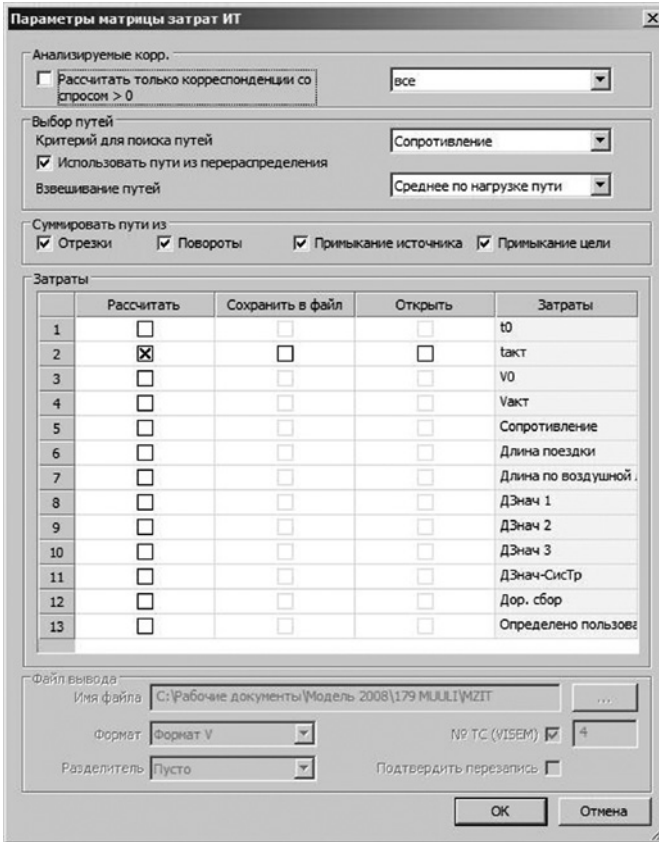


Рис. 42. Виды «матриц затрат» для процедуры «перераспределения» индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM

В настоящее время для России не очень актуально использование комбинированных затрат для индивидуального транспорта, т.к. обычно российский автовладелец отказывается от поездки на индивидуальном транспорте или выбирает общественный транспорт в случае именно больших временных задержек. Это связано, в первую очередь, с низкими эксплуатационными затратами на пользование автомобилем в сравнении с европейскими странами. В случае увеличения стоимости владения и эксплуатации автомобиля, например, ужесточения парковочной политики путем введения обязательной платы за парковку, увеличения стоимости топлива, эксплуатационная составляющая затрат на совершение транспортных корреспонденций может стать более весомой, и их учет при расчете затрат будет более оправдан.

Так, например, в транспортной модели Лондона для индивидуального транспорта затраты рассчитываются как стоимость совершения поездки в фунтах, и представляют собой сумму стоимости времени (стоимость минуты времени, умноженная на актуальное время совершения транспортной корреспонденции) и эксплуатационных затрат (стоимость 1 км пробега автомобиля, умноженная на длину транспортной корреспонденции).

Для общественного транспорта процедура расчета матриц затрат имеет опцию выбора вида процедуры – по расписанию, по интервалам, по системе транспорта. Подробно каждая из процедур описана в [4].

В качестве затрат для общественного транспорта чаще всего используется сумма следующих затрат (рис. 43):

- время начального и конечного пешеходных подходов;
- время ожидания на остановке;
- время движения внутри подвижного состава;
- время ожидания при пересадке;

Параметры процедуры перераспределения: По интервалам (VIP5+)

База Поиск Сопротивление Матрицы затрат

Агрегирование
Функция: Среднее значение
взвешено по нагрузкам
Квантиль: 50 %

Анализируемые корр.: все

Затраты

	Рассчитать	занять в с	Открыть	Затраты
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время поездки
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время перевозки
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время поездки в ТС
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время ОТ Дополнения
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Стартовое время ожидания
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время ожидания при пересадке
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Средневзвешенное стартовое время ожидания
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Средневзвешенное время ожидания при пересадке
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время пешком при пересадке
10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время на начальный пешеходный подход
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время на конечный пешеходный подход
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Воспринимаемое время поездки

Настройки для ЭквивВрПоезд

Файл вывода
Имя файла: ...
Пример:
Формат: Формат V
Разделитель: Пусто
№ ТС (VISEM): 3
Подтвердить перезапись:

OK Отмена

Рис. 43. Виды «матриц затрат» для общественного транспорта в PTV Vision® VISUM

- время пешеходного перехода при пересадке;
- стоимость проезда.

При этом для более корректной оценки затрат пассажиров при суммировании разных видов затрат обычно используются весовые коэффициенты. Конкретные значения коэффициентов следует выявлять в ходе проведения опросов пассажиров общественного транспорта.

Вместе с тем практический мировой опыт, а также опыт авторов показывает, что пассажир более негативно оценивает все временные затраты, кроме непосредственно времени движения внутри подвижного состава. Это связано с тем, что на время движения внутри подвижного состава пассажир воздействовать не может, и это воспринимается им как объективный фактор. В то же время пешеходный подход пассажир может выбрать сам, а такие параметры, как время ожидания на остановке и время ожидания при пересадке воспринимаются пассажиром как зависящий от внешних факторов непостоянный показатель качества функционирования системы общественного транспорта.

В связи с этим при расчете *суммарной матрицы затрат* общественного транспорта имеет смысл использовать коэффициент 1 для матрицы «время движения внутри подвижного состава (JRT)» и значения коэффициента, большие чем 1, для остальных матриц затрат.

В настоящее время в транспортных моделях городов Перми, Самары и Екатеринбурга используются значения коэффициента, равные 1, для матрицы «время движения внутри подвижного состава (JRT)» и значения коэффициентов, равные 2, для остальных матриц затрат.

2.2.1.4. Матрицы корреспонденций

Под термином «*транспортная корреспонденция*» будем подразумевать устойчиво реализуемое при помощи транспорта перемещение человека (единицы груза) из одного места в другое.

В основе расчета «*распределения транспортного спроса*» (trip distribution) обычно лежат гравитационные и энтропийные модели. Подробное описание методик расчета транспортного спроса приведено в [4, 5].

По методике [5] расчет матрицы трудовых корреспонденций выполняется в результате решения задачи математического программирования, известной как модель максимизации энтропии. Расчет

и прогноз матрицы корреспонденций осуществляют в результате максимизации функции:

$$\sum_{i=1, j=1}^N x_{ij} \ln \left(\frac{p_{ij}}{x_{ij}} \right) \quad (2)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = A_i \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = B_j \quad (4)$$

при $x_{ij} > 0$, $i = 1, 2, \dots, N$, $j = 1, 2, \dots, N$,

где N – количество транспортных районов; x_{ij} – величина трудовых корреспонденций из района i в район j , реализующихся с использованием индивидуального легкового транспорта, авт./сут.; A_i , B_j – величины объемов отправок и прибытия трудовых корреспонденций для района i ; P_{ij} – априорные предпочтения участников движения, использующих индивидуальный легковой транспорт.

Более подробно энтропийные модели описаны в [8].

В основе алгоритма расчета матриц корреспонденций в PTV Vision® VISUM лежит гравитационная модель:

$$F_{ij} = k \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot P_{ij}, \quad (5)$$

где F_{ij} – количество корреспонденций из района i в район j ; Q_i , Z_j – величины объемов отправок и прибытия трудовых корреспонденций для района i ; P_{ij} – функция предпочтения.

Стоит отметить, что оба метода (гравитационный и энтропийный) обладают свойством эквивиальности. Эквивиальность означает, что три указанных подхода приводят к одному и тому же практическому методу расчета элементов матрицы корреспонденций, и имеют одинаковый результат.

Также полезно заметить, что в случае если встроенный в PTV Vision® VISUM алгоритм расчета гравитационной модели по каким-то причинам не удовлетворяет потребности пользователя, возможно проведение расчета с помощью любого другого алгорит-

ма с использованием матриц затрат, рассчитанных в PTV Vision® VISUM.

В этом случае авторы рекомендуют для импорта и экспорта матриц затрат и матриц корреспонденций, а также необходимых атрибутов других объектов (например транспортных районов) пользоваться средствами COM-сервера. В этом случае необходимый алгоритм возможно разработать в любой среде разработки (Delphi, C++ и т.п.) или создать в виде скрипта на Python или Visual basic (рис. 44).

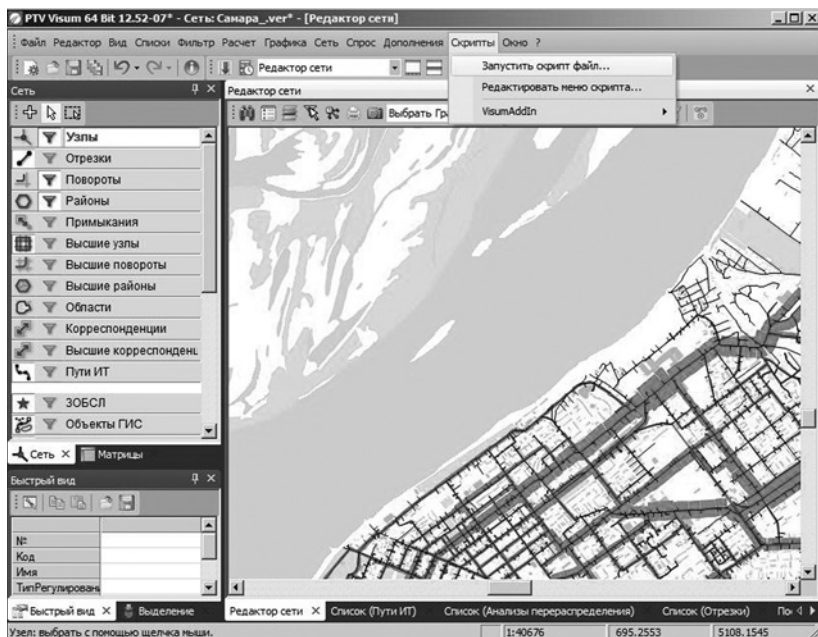


Рис. 44. Запуск скрипт-файла в PTV Vision® VISUM

Подробно возможности работы с COM-сервером описаны в [9].

2.2.2. Перераспределение транспортного спроса

В результате выполнения процедуры «перераспределения» (assignment) происходит распределение суммарной матрицы корреспонденций по графу сети в виде интенсивностей транспортных или пассажирских потоков [2, 3]. На этапе *перераспределения*, кро-

ме интенсивностей, также рассчитываются такие параметры, как актуальное время прохождения этих элементов и коэффициент загрузки элемента сети (отношение интенсивности движения к пропускной способности).

2.2.2.1. Перераспределение индивидуального транспорта

Моделирование перераспределения транспортных потоков индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM происходит исходя из минимизации затрат. Чем короче и менее нагружен путь между двумя районами, тем более вероятно, что именно его выберут водители при реализации своих транспортных потребностей при помощи индивидуальных автомобилей (рис. 45).

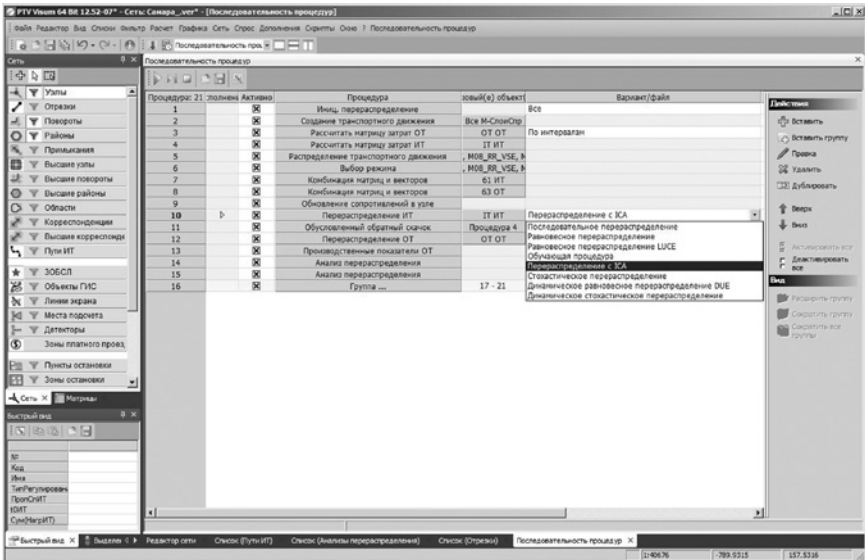


Рис. 45. Виды процедур «перераспределения» индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 12.5

В PTV Vision® VISUM версии 12.5 представлены 8 процедур перераспределения. В каждой из них есть возможность изменять параметры сходимости. Исходя из собственного опыта, авторы рекомендуют использовать процедуры Equilibrium Lohse («обучающая процедура» (Equilibrium Lohse), алгоритм, который разработал профессор Д. Лозе¹) и Equilibrium assignment LUCE, т.к. они дают наиболее реалистичный результат.

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Dieter_Lohse

В случае если при *перераспределении* используется расчет с помощью ICA, стоит использовать процедуру «перераспределение с ICA» (assignment with ICA). В этой ситуации перераспределение будет происходить итерационно – внутри обычной итерации процедуры перераспределения будет выполняться итерационный расчет задержек в узлах по методике HCM2000 и обновление значений сопротивлений в поворотах и узлах для следующих итераций (рис. 46).

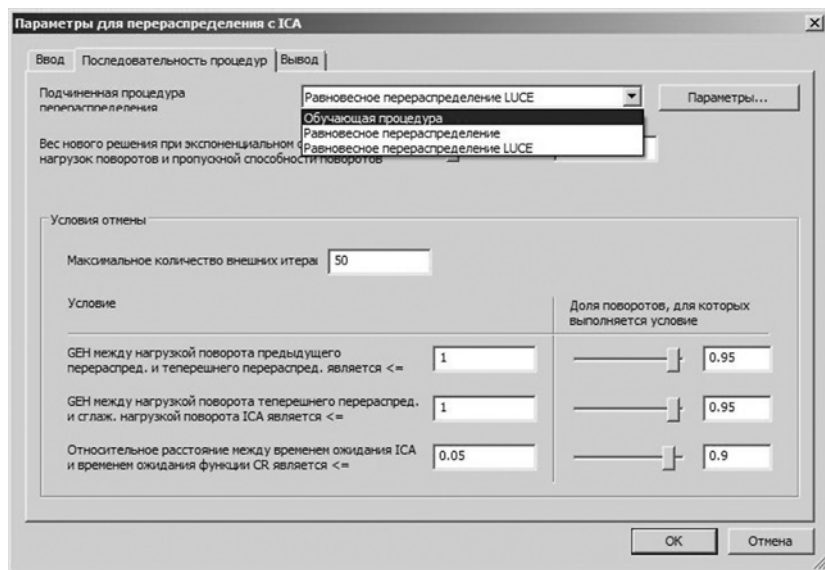


Рис. 46. Выбор вида процедуры перераспределения в настройках процедуры «перераспределение с ICA»

Важно в общих настройках параметров расчета указать способ расчета сопротивлений в узлах. Для моделей крупных городов рекомендуется использовать расчет сопротивлений с использованием процедуры ICA (рис. 47).

В случае использования *перераспределения с ICA* необходимо также задать параметры для каждого типа пересечений. Основные типы пересечений – это перекрестки со светофорным регулированием и нерегулируемые перекрестки. Так, в общих настройках параметров вычисления сопротивлений в узлах с ICA следует задать *интервал времени анализа* (рис. 48).

Авторы рекомендуют указывать значение интервала времени анализа 15 минут. По опыту авторов, в этом случае получаются более реалистичные значения задержек как для всего перекрестка,

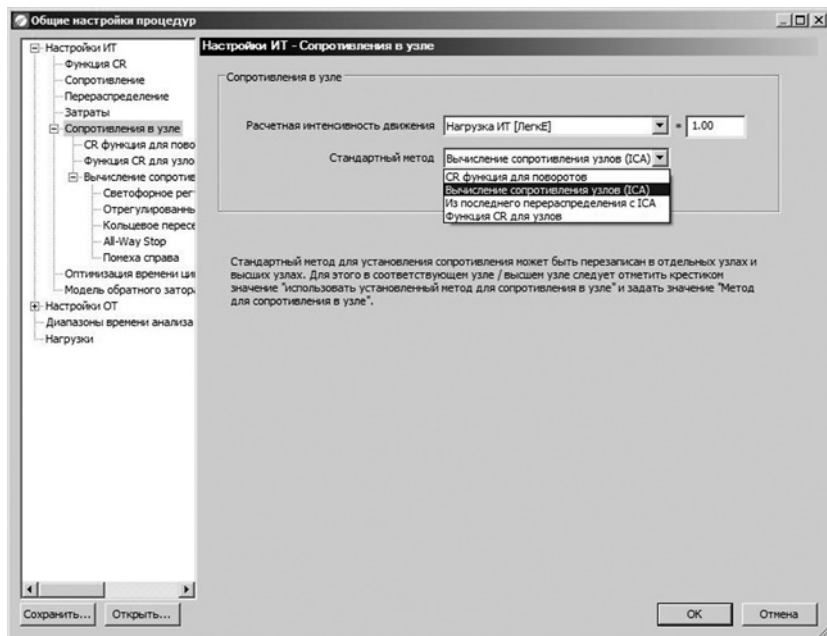


Рис. 47. Выбор метода расчета сопротивления в узлах

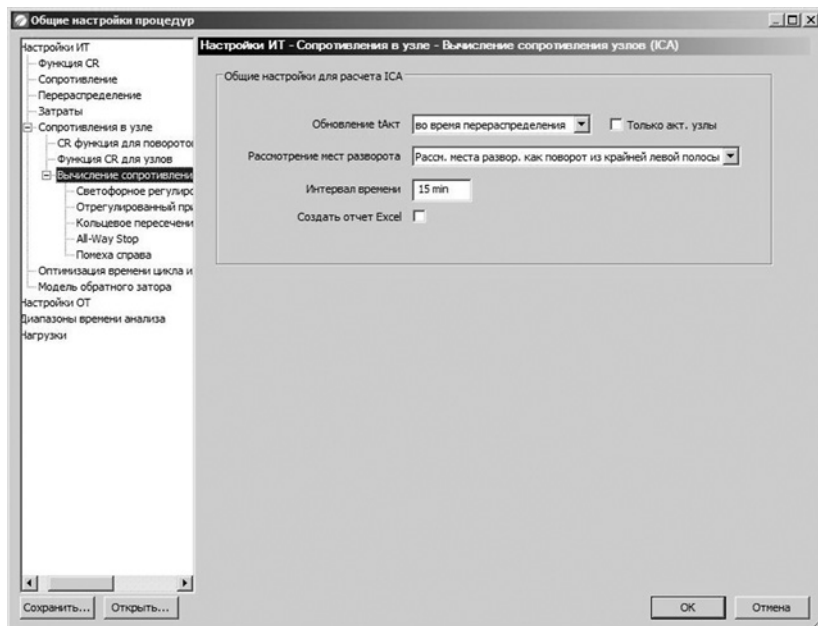


Рис. 48. Окно редактирования общих настроек процедуры ICA

так и при совершении каждого из возможных маневров при смене направления движения.

Далее необходимо задать параметры для расчета каждого вида регулирования перекрестков. При моделировании перекрестков, оборудованных светофорными объектами, важно задать максимальное значение для *задержки* на повороте и *пропускную способность одной полосы* (рис. 49). Кроме того, необходимо выбрать, по какой методике будет проводиться расчет: HCM2000 или HCM2010. Авторы рекомендуют выбирать методику HCM2000.

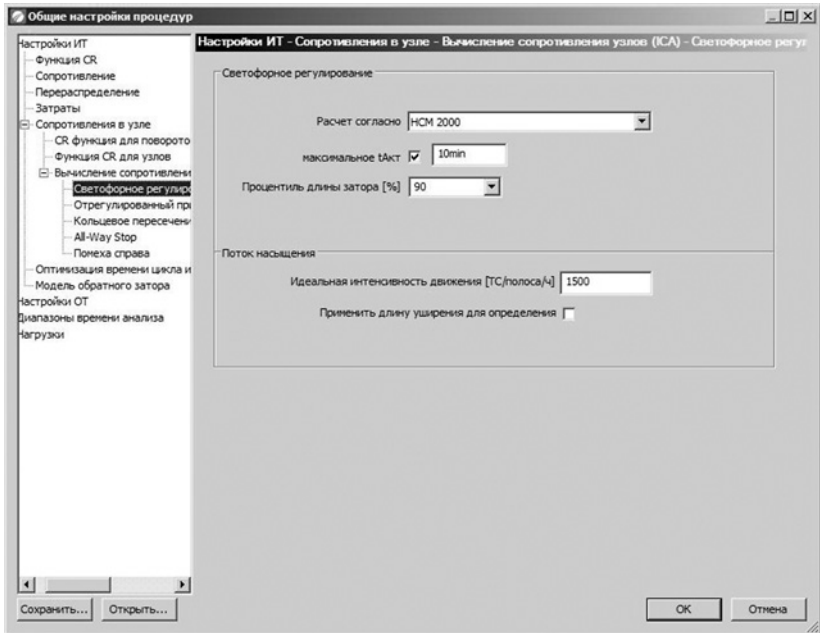


Рис. 49. Окно редактирования параметров расчета ICA для узлов со светофорным регулированием

Для нерегулируемых узлов необходимо выбрать методику расчета сопротивления (HCM2000 или HCM2010) и максимальное значение для *задержки* (рис. 50). Авторы рекомендуют использовать при расчете методику HCM2000. Максимальное значение для задержки рекомендуется задать 10 минут.

В PTV Vision® VISUM версии 13 анонсирована усовершенствованная процедура *перераспределения с ICA*, которая объединит в себе существующую процедуру ICA для узлов и поворотов с реализованной в настоящее время для отрезков процедурой «*модель обратного затора*» (blocking back model). Данная процедура долж-

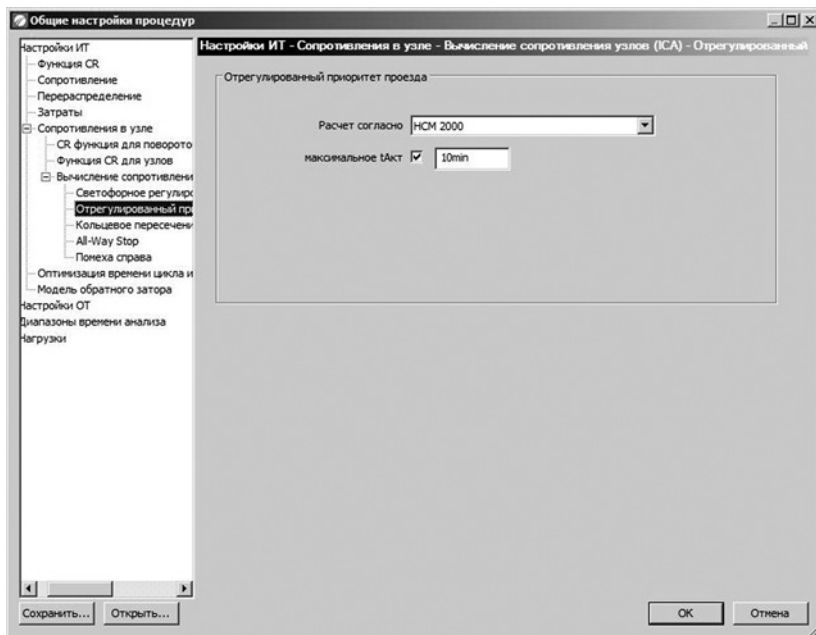


Рис. 50. Окно редактирования параметров расчета ICA для нерегулируемых узлов

на обладать лучшей сходимостью за счет того, что не будет допускать превышения пропускной способности элементов, если рядом есть недогруженные элементы сети.

Остальные процедуры перераспределения индивидуального транспорта, как правило, показывают менее реалистичные результаты расчета.

В табл. 3 приведены результаты сравнения качества расчета разных процедур перераспределения на примерах Самары и Перми.

2.2.2.2. Перераспределение пассажиропотока на общественном транспорте

Процедура моделирования *перераспределения* пассажиропотока на общественном транспорте принципиально отличается от процедуры моделирования *перераспределения* индивидуального транспорта.

Принципиальное отличие между процедурами перераспределения индивидуального и общественного транспорта заключается в том, что при перераспределении пассажиропотока общественного

Таблица 3

**Результаты сравнения качества расчета разных процедур
перераспределения на примерах Самары и Перми**

Процедура перераспределения	Коэффициент корреляции	Средняя абсолютная ошибка	Средняя относительная ошибка, %
Равновесное перераспределение	0,395	10642,8	83,0
Последовательное перераспределение	0,864	2969,9	23,2
Стохастическое перераспределение	0,881	2847,7	23,1
Обучающая процедура Лозе	0,897	2664,8	20,8
LUCE перераспределение	0,882	2818,4	22,0

транспорта затраты оцениваются исходя из расписания движения транспорта, которое является фиксированным. В то же время для индивидуального транспорта значение функции сопротивления изменяется в зависимости от интенсивности движения.

В PTV Vision® VISUM 12.5 существует три процедуры перераспределения пассажиропотока общественного транспорта: по системе транспорта, по интервалу, по расписанию (рис. 51).

- *по системе транспорта* (transport system based). Перераспределение происходит без учета маршрутов и расписаний по всем участкам сети, где допущена данная система транспорта, т.е. по всем участкам сети, где допущено движение той или иной системы общественного транспорта;

- *по интервалу* (headway based). Перераспределение происходит строго в соответствии со средним интервалом движения, заданным для каждого маршрута или рассчитанным из расписания движения;

- *по расписанию* (timetable based). Перераспределение происходит строго в соответствии с расписанием.

Стоит отметить, что для процедур перераспределения по расписанию и по интервалам учитывается кривая изменения спроса по времени (т.е. для каждого часа и каждого слоя спроса определена доля от суточного объема спроса данного слоя) (рис. 52). В связи с этим для каждого часа или более мелкого интервала анализа (для

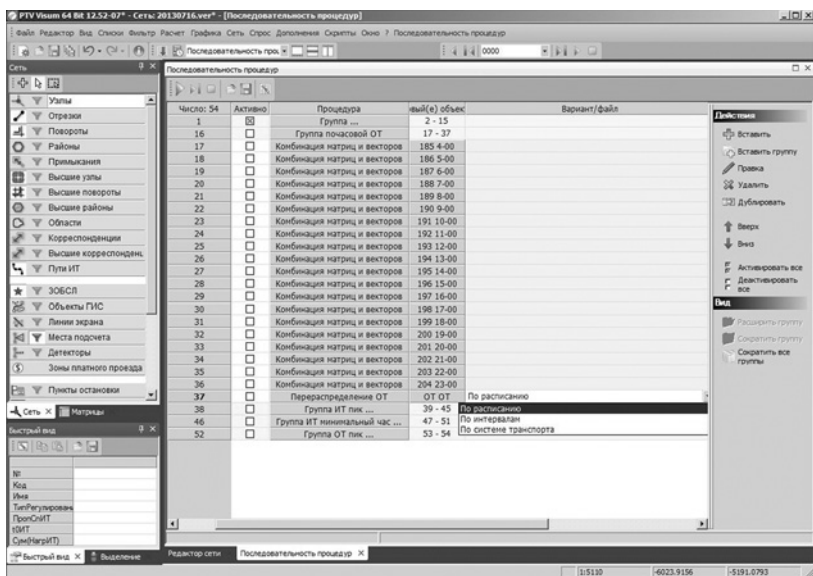


Рис. 51. Окно выбора различных процедур «перераспределения» пассажиропотока общественного транспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

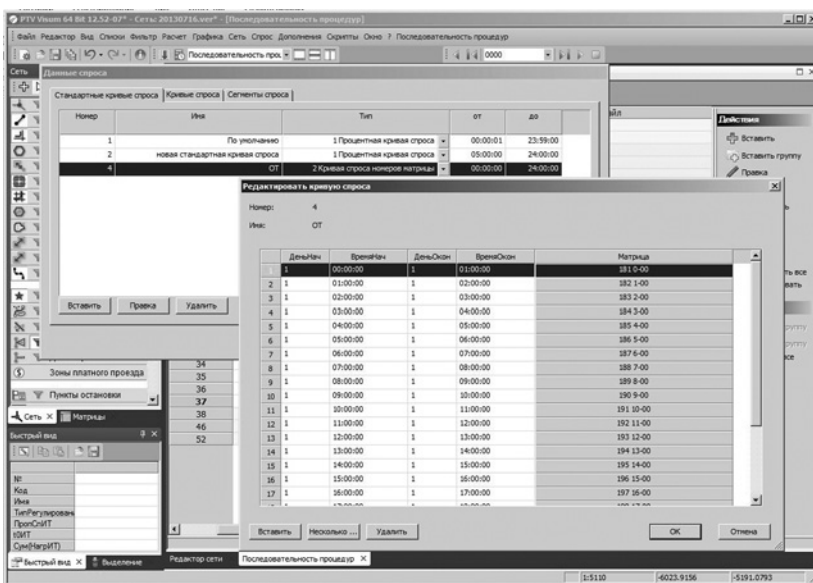


Рис. 52. Окно редактирования кривой спроса в PTV Vision® VISUM 12.5

которого определена кривая спроса) в результате перераспределения получаются разные значения пассажиропотоков.

Один из недостатков алгоритмов перераспределения пассажиропотока общественного транспорта, реализованных в PTV Vision® VISUM, заключается в отсутствии учета вместимости транспортного средства при перераспределении. На практике это приводит к тому, что маршруты, имеющие большой интервал движения, в результате перераспределения могут иметь пассажиропоток больший, чем реальная суммарная вместимость подвижного состава, работающего на данном маршруте в течение дня.

Начиная с версии 12.5 в PTV Vision® VISUM реализовано ограничение провозной способности для процедуры перераспределения по расписанию (рис. 53).

Параметры процедуры перераспределения: По расписанию

База | Поиск | Предварит. отбор | Сопротивление | **Выбор** | Ограничение пропускной способности

Пропускная способность для каждого: Сум: Уч... Общее количество мест

Поиск:

- Искать в нагруженной сети второй раз
- Объединить результат первого и второго поиска

Условия отмены:

Максимальное количество итераций: 5

Для всех нагрузок элементов поездки по расписанию в момент времени i

$ABS(Vol(i) - Vol(i-1)) < 0.05 * \text{МАКС}(Vol(i), Vol(i-1)) + 5$

Протокол конвергенции:

Запротоколировать конвергенцию

Файл протокола: ...

Метод сглаживания:

Используемая метод сглаживания: Загрузки интерполированы

Сглаженная нагрузка A элемента поездки по расписанию v в итерации i выводится

$$A_{v,i}^g = \frac{A_{v,i-1}^g \cdot (A_{v,i-2}^g - A_{v,i-1}^g) - A_{v,i-2}^g \cdot (A_{v,i-1}^g - A_{v,i}^g)}{(A_{v,i-2}^g - A_{v,i-1}^g) - (A_{v,i-1}^g - A_{v,i}^g)}$$

Если знаки термов $A_{v,i-2}^g - A_{v,i-1}^g$ и $A_{v,i-1}^g - A_{v,i}^g$ одинаковы, в этом случае сглаженная нагрузка A выводится посредством

$$A_{v,i}^g = a \cdot A_{v,i}^g + (1 - a) \cdot A_{v,i-1}^g$$

a = 0.5

OK Отмена

Рис. 53. Ограничение провозной способности подвижного состава для процедуры «перераспределения» пассажиропотока по расписанию в PTV Vision® VISUM 12.5

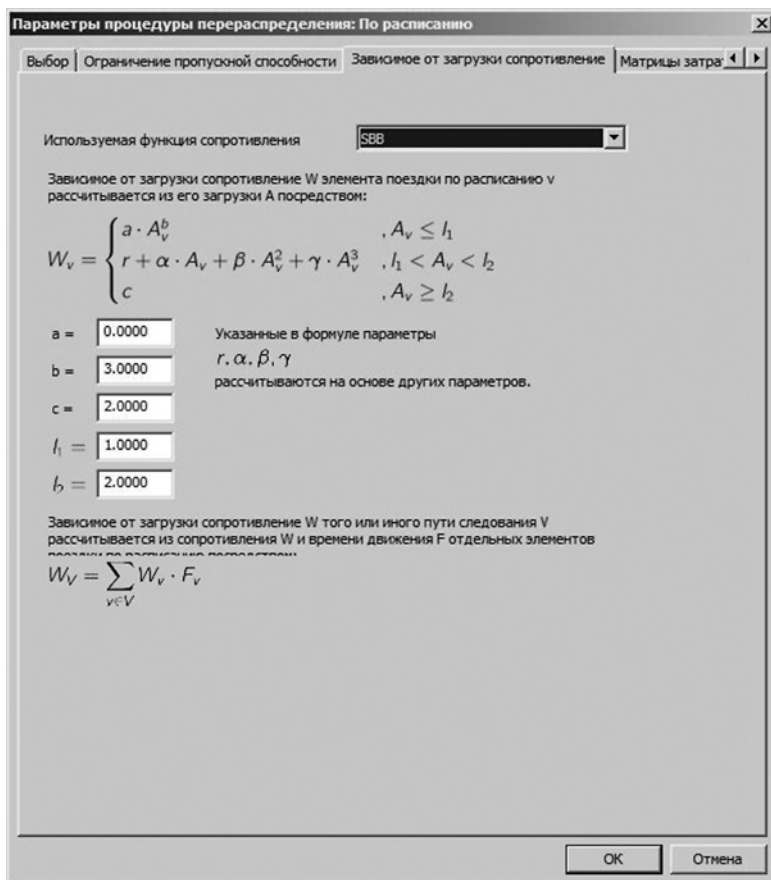


Рис. 54. Параметры функции ограничения провозной способности SBB подвижного состава для процедуры «перераспределения» пассажиропотока по расписанию в PTV Vision® VISUM 12.5

При использовании данного ограничения при перераспределении для каждого маршрута общественного транспорта рассчитывается аналог функции сопротивления индивидуального транспорта. При этом вместо пропускной способности аналогично используется вместимость единицы подвижного состава.

Тем не менее, к недостаткам данной процедуры можно отнести то, что даже с ее использованием невозможно стопроцентно ограничить наполненность подвижного состава его вместимостью. Это означает, что на практике в результате перераспределения часть подвижного состава на некоторых участках все равно будет пере-

гружена, но в меньшей степени, чем без использования ограничения провозной способности.

В качестве вида функции ограничения рекомендуем использовать функцию SBB. Данная функция была разработана для швейцарских железных дорог. Специалисты из Швейцарии используют параметры $a = 0$, $b = 3$, $c = 2$, $l_1 = 1$, $l_2 = 2$ (рис. 54).

При выполнении процедуры перераспределения пассажиропотока на общественном транспорте производится оценка каждого из возможных путей с точки зрения его затрат аналогично перераспределению транспортных потоков индивидуального транспорта. Путь включает в себя выбор системы транспорта общественного транспорта, маршрута общественного транспорта, участков сети, а также возможные пересадки.

Так же как и при расчете матриц затрат пассажиров общественного транспорта, при перераспределении учитываются следующие виды затрат:

- время начального и конечного пешеходных подходов;
- время ожидания на остановке;
- время движения внутри подвижного состава;
- время ожидания при пересадке;
- время пешеходного перехода при пересадке;
- стоимость проезда.

Их линейная комбинация будет представлять суммарные затраты для пассажиров общественного транспорта. При перераспределении общественного транспорта для расчета сопротивлений рекомендуется учитывать те же виды затрат, что при расчете матриц затрат общественного транспорта, и те же значения весовых коэффициентов для них.

Раздел 3

Калибровка транспортной модели

После создания модели транспортной сети в PTV Vision® VISUM необходимо проверить достоверность результатов расчета, т.е. соответствует ли модель реальной ситуации, наблюдаемой на улично-дорожной сети города. В процессе калибровки модели нужно добиться максимальной близости результатов, полученных на основе моделирования, и данных, собранных в результате проведенных обследований параметров транспортных и пассажирских потоков.

3.1. Привязка натуральных данных об интенсивности движения транспортных потоков

Для проведения калибровки необходимо предварительно привязать натурные данные к объектам модели. В PTV Vision® VISUM обычно используются объекты «места подсчета» (count location).

Места подсчета – объекты сети, которые отмечают позицию на отрезке, где производится сбор данных для конкретного направления отрезка. В каждое место подсчета можно вводить любое количество параметров – дневные, суточные, почасовые интенсивности, при необходимости с разбивкой по видам транспорта.

Кроме значений интенсивности транспортных потоков к местам подсчета можно привязывать любые другие параметры транспортного потока, такие, например, как скорость движения. В этом случае качество транспортной модели будет определяться на основе корреляции фактических и расчетных значений скоростей движе-

ния транспортного потока на отдельных участках УДС. Этот вопрос будет подробнее рассмотрен в п. 3.3.

Использование мест подсчета связано с тем, что чаще всего натурные данные, используемые для оценки достоверности созданной модели и последующей калибровки, являются параметрами именно участков УДС, т.е. отрезков в модели.

Обычно натурные данные после их сбора хранятся в отдельной базе данных или ГИС (ArcGIS, MapInfo и т.п.). При этом в ГИС натурные данные в виде атрибутов отрезков обычно привязываются непосредственно к отрезкам, причем к одному отрезку возможно привязать любое количество атрибутов.

Необходимость использования для хранения собранных натуральных данных именно *мест подсчета*, а не непосредственно отрезков, обусловлена рядом причин.

В транспортных моделях участки сети, представленные в виде *отрезков*, дробятся на более мелкие элементы. Такое дробление требуется для того, чтобы появилась возможность создания дополнительных узлов для последующего добавления к ним дворовых выездов. К сожалению, в обычных ГИС отрезки, представляющие собой элементы улично-дорожной сети, чаще всего имеют длину не меньше квартала, а то и больше. В связи с этим количество отрезков в ГИС для хранения натуральных данных и в транспортной модели обычно не совпадает.

Идентификаторы отрезков в транспортной модели PTV Vision® VISUM и в базе данных для хранения натуральных данных, соответственно, тоже могут не совпадать. Поэтому затруднен импорт натуральных данных в PTV Vision® VISUM. В связи с этим более удобно привязать к местам подсчета необходимые идентификаторы из базы данных для хранения натуральных данных. В результате места подсчета будут иметь те же идентификаторы, что и в базе данных для хранения натуральных данных. Это позволит экспортировать натурные данные более удобно и быстро.

Выглядят места подсчета следующим образом (рис. 55).

Еще одна причина использования мест подсчета заключается в том, что при изменениях УДС, таких как дробление или объединение отрезков, идентификатор отрезка меняется. При этом ни идентификаторы, ни другие атрибуты мест подсчета не изменяются, поэтому натурные данные не потеряются.

Конфигурация исследуемого перекрестка с *местами подсчета* приведена на рис. 56. Цифрами на рис. 56 обозначены направления движения.

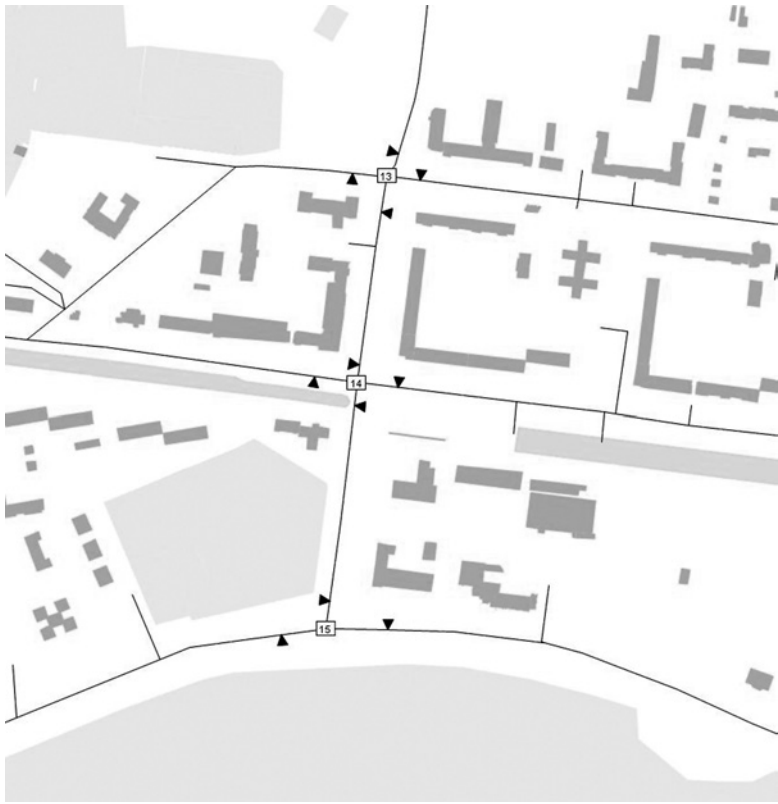


Рис. 55. Отображение «мест подсчета» в PTV Vision® VISUM версии 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Направление, на котором отображено место подсчета, назовем первым, следуя по часовой стрелке, задаются поворотные направления: поворот налево – 2, движение прямо – 3; поворот направо – 4.

Придерживаясь такой терминологии, к каждому месту подсчета возможно привязать следующие параметры:

Входящие транспортные потоки для 1-го направления:

- 1) дневная интенсивность легкового транспорта;
- 2) дневная интенсивность грузового транспорта;
- 3) дневная интенсивность общественного транспорта;
- 4) интенсивность в утренний час пик для легкового транспорта;
- 5) интенсивность в утренний час пик для грузового транспорта;
- 6) интенсивность в утренний час пик для общественного транспорта;

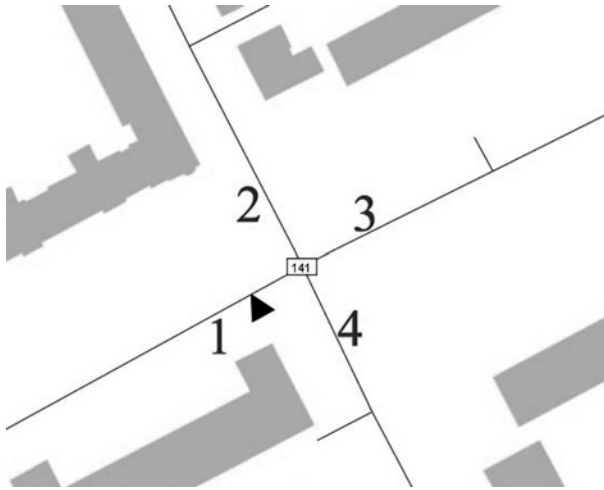


Рис. 56. Конфигурация исследуемого перекрестка с «местами подсчета» в PTV Vision® VISUM версии 12.5

- 7) интенсивность в вечерний час пик для легкового транспорта;
- 8) интенсивность в вечерний час пик для грузового транспорта;
- 9) интенсивность в вечерний час пик для общественного транспорта.

Исходящие транспортные потоки с 1-го направления:

- 1) дневная интенсивность во 2-е направление;
- 2) дневная интенсивность в 3-е направление;
- 3) дневная интенсивность в 4-е направление;
- 4) интенсивность в утренний час пик во 2-м направлении;
- 5) интенсивность в утренний час пик в 3-м направлении;
- 6) интенсивность в утренний час пик в 4-м направлении;
- 7) интенсивность в вечерний час пик в 2-м направлении;
- 8) интенсивность в вечерний час пик в 3-м направлении;
- 9) интенсивность в вечерний час пик в 4-м направлении.

Стоит отметить, что данный набор информации оказывается практически исчерпывающим с точки зрения полноты данных об интенсивностях транспортных потоков и может быть востребован для калибровки моделей очень большой точности.

Обычно при калибровке используются только данные о входящих транспортных потоках.

3.2. Сбор исходных данных о транспортной системе с использованием глобальной сети Интернет

Одну из основных проблем при создании и актуализации транспортных моделей составляет сбор исходных данных. Проблема заключается, прежде всего, в том, что в транспортной системе постоянно происходят те или иные изменения. Оперативно отслеживать все происходящие изменения в транспортной системе довольно сложно.

Кроме того, транспортные модели могут иметь неточности, связанные с ошибками при сборе исходных данных. К таким ошибкам относятся прежде всего ошибки в данных о количестве полос движения, об ограничениях скорости, об одностороннем движении на участках дорог. Кроме того, постоянно изменяются и исходные данные для расчета транспортного спроса: расселение жителей в связи с новым строительством, распределение мест приложения труда.

Одним из перспективных источников получения необходимых данных является Интернет. Современные технологии позволяют создавать инструменты, с помощью которых обычные жители города, участники дорожного движения посредством специальных интернет-ресурсов могут вносить в транспортную модель изменения – прежде всего изменения параметров транспортного предложения, таких как количество полос, ограничения скорости, качество покрытия. Кроме того, возможно редактировать параметры статистики: количество жителей, число рабочих мест в зданиях, что позволит более корректно рассчитывать транспортный спрос.

Рассмотрим такой инструмент сбора данных на примере ресурса <http://planetnext.ru/editor/>. На этом ресурсе реализована возможность вносить правки в транспортные модели городов Пермь, Екатеринбург, Самара (рис. 57).

Структура базы данных, представленной на этом ресурсе, соответствует структуре транспортной модели. Так, совпадают все элементы на ресурсе и в транспортной модели, их параметры и идентификаторы.

Для того чтобы внести правки, пользователь должен авторизоваться, а затем редактировать необходимые параметры (рис. 58).

На представленном рис. 58 производится редактирование количества полос на отрезке. В поле «Кол-во полос» необходимо указать нужное значение и нажать кнопку «Сохранить изменения». После этого выполненное изменение появится в списке в правом верхнем углу окна (рис. 59).



Рис. 57. Интерфейс для редактирования параметров транспортной модели г. Перми на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

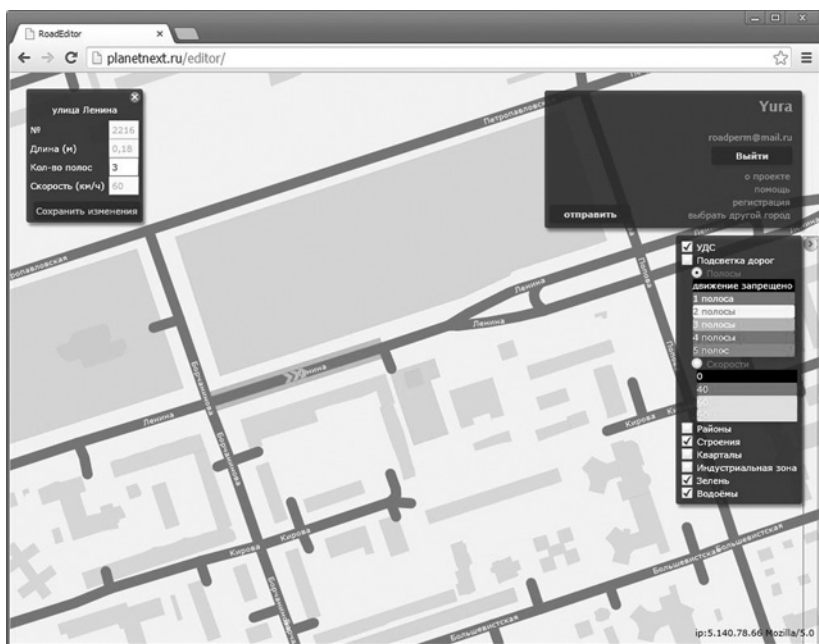


Рис. 58. Редактирование параметров участков улично-дорожной сети г. Перми на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

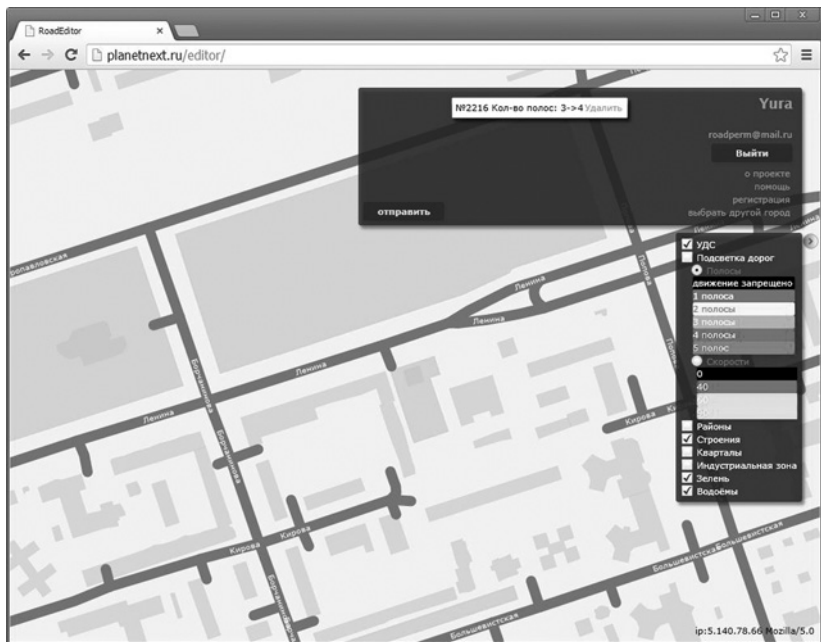


Рис. 59. Отображение списка измененной информации для «отрезка» в транспортной модели г. Перми на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

Возможно править последовательно несколько участков улично-дорожной сети, после сохранения все изменения добавятся в список (рис. 60).

После внесения всех исправлений необходимо нажать кнопку «Отправить». Появится форма, в которую необходимо ввести контактную информацию (рис. 61), после чего все изменения отправятся на сервер, и уведомление об этом поступит разработчикам ресурса. Контактные данные нужны в том случае, если сбор информации осуществляется на платной основе.

По всем совершаемым пользователями действиям ведется лог-файл, который затем анализируется и проверяется. Если измененная информация достоверна, она автоматически обновляется в транспортной модели.

Кроме возможности сбора данных об элементах улично-дорожной сети, ресурс <http://planetnext.ru/editor/> позволяет также осуществлять сбор исходных данных для расчета транспортного спроса. Прежде всего, это данные о количестве жителей, трудящихся, студентов, проживающих в том или ином здании, а также инфор-

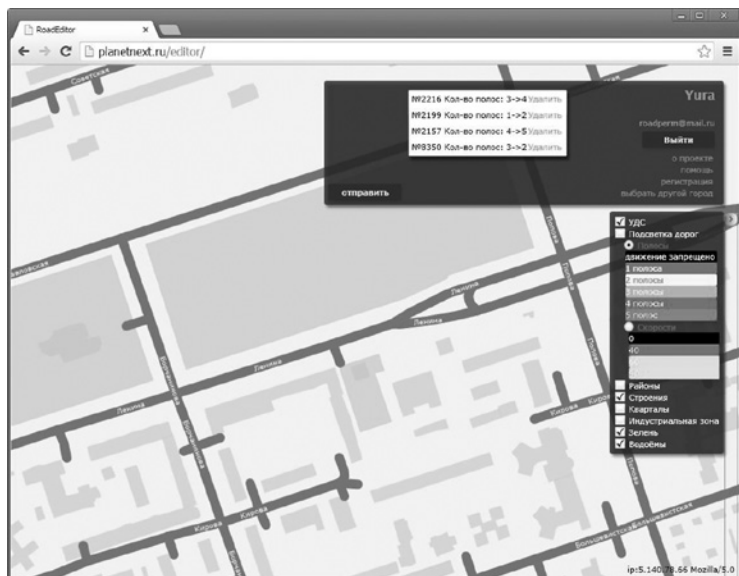


Рис. 60. Отображение списка измененной информации для нескольких «отрезков» в транспортной модели г. Перми на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

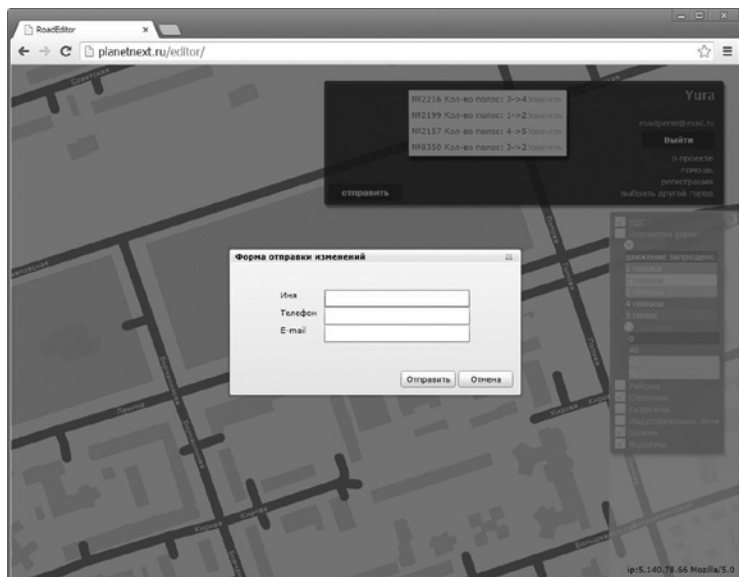


Рис. 61. Форма для заполнения контактной информации для отправки изменений на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

мация о количестве рабочих и учебных мест, а также рабочих мест в сфере услуг.

Рассмотрим редактор исходных данных для расчета транспортного спроса на примере г. Самара. На рис. 62 приведен вид редактора для г. Самара.

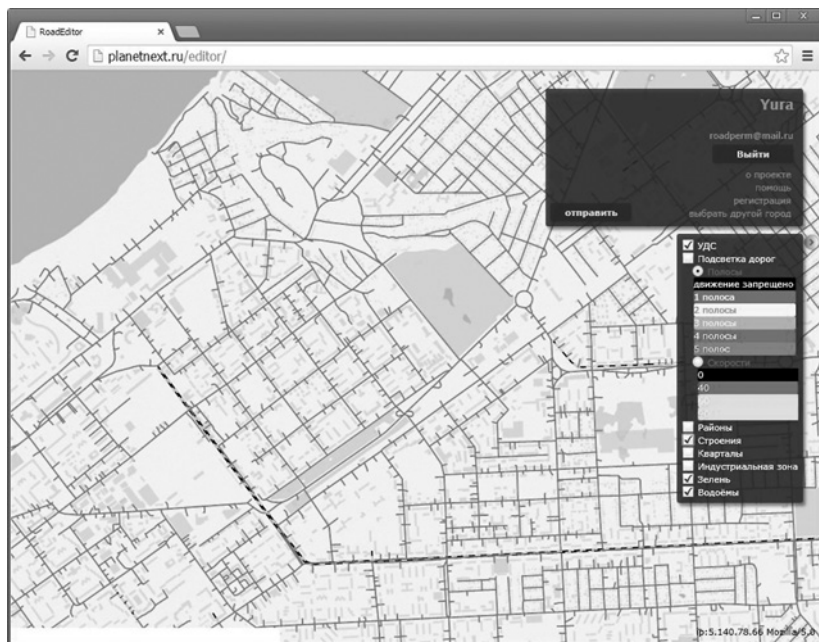


Рис. 62. Редактирование исходных данных для расчета транспортного спроса в г. Самара на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

Аналогично редактированию параметров участков улично-дорожной сети, для редактирования данных о транспортном спросе необходимо выделить контур здания, для которого редактируется информация (рис. 63).

В появившемся окне редактирования параметров необходимо задать нужные значения параметров и нажать кнопку «Сохранить изменения». Внесенные изменения появятся в списке редактирования (рис. 64).

Таким образом, с помощью приведенного ресурса или при создании аналогичных ресурсов возможны сбор и своевременная актуализация необходимых исходных данных для создания транспортных моделей как в части транспортного предложения, так и в части транспортного спроса.



Рис. 63. Редактирование исходных данных для расчета транспортного спроса в г. Самара на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

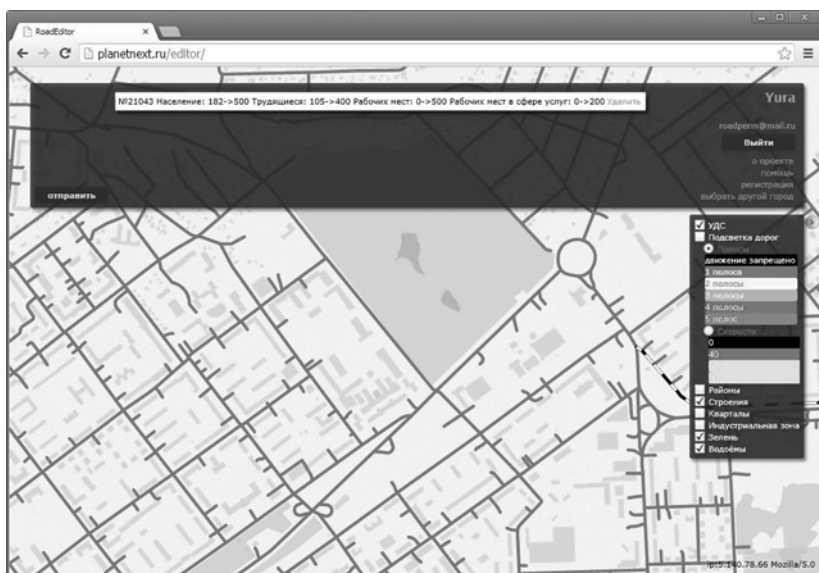


Рис. 64. Отображение списка измененной информации для одного здания в транспортной модели г. Самара на ресурсе <http://planetnext.ru/editor/>

Стоит отметить, что использование подобных инструментов, конечно же, не дает стопроцентной гарантии, что будут введены корректные данные. Однако авторы считают, что пользователи могут помочь выявить в модели «подозрительные» места. Кроме того, именно пользователи могут помочь оперативно актуализировать состав транспортного предложения в модели.

3.3. Работы по калибровке и верификации модели

Под калибровкой транспортных моделей понимают широкий набор способов, технологий и инструментов, целью которых является повышение достоверности модели, т.е. соответствие расчетных значений основных параметров модели наблюдаемым состояниям функционирования транспортной системы. Теоретические основы процедуры калибровки транспортных моделей подробно рассмотрены в [3].

В этом издании мы подробнее остановимся на практических рекомендациях по калибровке транспортных моделей и ее особенностях для PTV Vision® Visum.

3.3.1. Калибровка транспортной модели по скоростным характеристикам транспортных потоков

Как уже сказано выше в п. 3.1, авторы не рекомендуют использовать параметр «скорость» для калибровки модели. Это связано с тем, что расчет транспортной модели в PTV Vision® VISUM производится на основании параметра «сопротивление», обычно определяемого в терминах актуального времени, рассчитываемого для узлов и отрезков. При этом параметр «скорость» в PTV Vision® VISUM является атрибутом отрезка и рассчитывается как отношение длины отрезка к актуальному времени прохождения отрезка. Другими словами, параметр «скорость» в PTV Vision® VISUM не учитывает задержки в узлах. Таким образом, рассчитанная в PTV Vision® VISUM скорость по своей сути не соответствует полученной в результате натурных обследований скорости движения транспортных потоков.

Также авторы хотели бы обратить внимание, что в январе 2014 г. в Великобритании вышла новая редакция нормативного докумен-

та, регламентирующего процесс разработки транспортных моделей в Великобритании – Transport Analysis Guidance (TAG, онлайн-версия – WebTAG <http://www.dft.gov.uk/webtag/>).

Раздел «*Transport Models*» (TAG Unit 3.1.2 http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/pdf/U3_1_2-Jan-2014.pdf), п. 2.9 «*Detailed Network Representations With Junction Turning Movements Explicitly Modelled*» включает следующее требование:

«...Link speeds are generally fixed, that is, all delays are assumed to be as a result of conflicts at junctions. Use of link-based speed/flow procedures is sometimes made in the peripheral parts of the network, to provide realistic routing into and out of the area of junction modeling».

То есть, данное требование заключается в том, что при детальном моделировании узлов и расчета задержек в них (в случае программного комплекса PTV Vision® VISUM – при использовании модуля ICA) сопротивление в *отрезках* не должно учитываться. Все задержки в этом случае рассматриваются как результат конфликтных ситуаций в *узлах*. При этом допускается использование функций сопротивления в отрезках в периферийных частях города и в тех территориях, где узлы не моделируются детально.

В ходе обсуждения авторами данных требований со специалистами Департамента транспорта Лондона (Transport for London <http://www.tfl.gov.uk/>), английские специалисты пояснили, что такое требование связано в большей степени с вопросами лучшей сходимости процедур расчета. При этом важная особенность этих требований состоит в том, что несмотря на отсутствие сопротивлений в отрезках, постоянные скорости на отрезках в общем случае не должны соответствовать скоростям свободного потока.

Скорости, которые предусматриваются новыми требованиями, должны учитывать все факторы, кроме задержек на перекрестках и значений интенсивности движения: задержки, вызванных паркованием транспорта, остановками общественного транспорта, пешеходным движением. Однако точных методических рекомендаций по расчету таких скоростей авторы TAG не имеют. Тем не менее, в ближайшее время в транспортную модель Лондона будут внесены соответствующие изменения.

Таким образом, в связи с современными тенденциями развития подходов к моделированию показатель «*актуальная скорость*» в транспортной модели становится еще более далеким от реально наблюдаемой скорости транспортных потоков.

В связи с вышеизложенным авторы считают, что целесообразно проводить калибровку модели не по скоростным характеристикам транспортных потоков, а по значению времени в пути между различными точками города. Такая калибровка позволит не только найти возможные ошибки в исходных данных, в транспортном предложении и спросе, но и уточнить параметры функций сопротивления отрезков и настроек процедуры ICA для узлов.

Далее рассмотрим основные приемы работы с PTV Vision® VISUM, которые позволяют исследователю оценить качество транспортной модели на основе анализа временных характеристик и интенсивностей транспортных потоков.

3.3.1.1. Оценка общего распределения временных затрат при реализации транспортного спроса

Данный подход позволяет оценить, как распределяется объем транспортного спроса по интервалам временных затрат. В результате будут получены гистограмма и таблица распределения долей общего объема транспортного спроса по временным интервалам.

Для построения гистограммы необходимо в окне управления матрицами перейти во вкладку «Матрицы» (рис. 65).

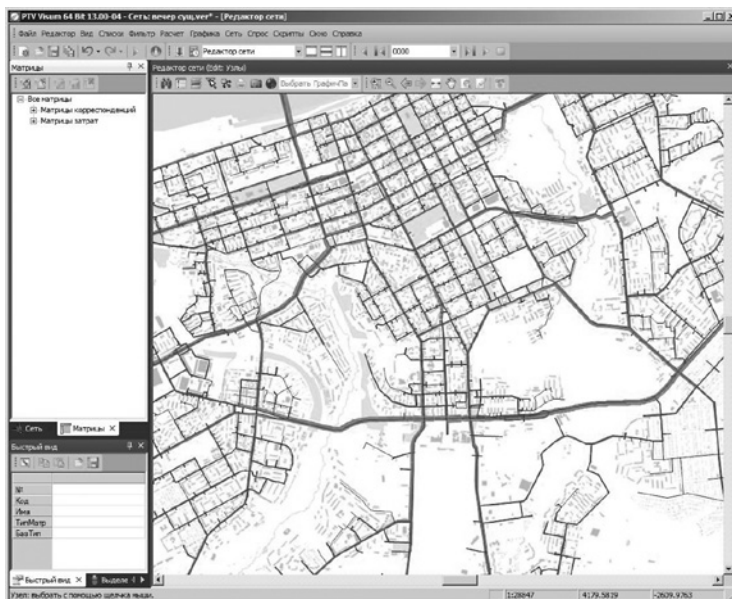


Рис. 65. Окно управления матрицами в PTV Vision® VISUM 13

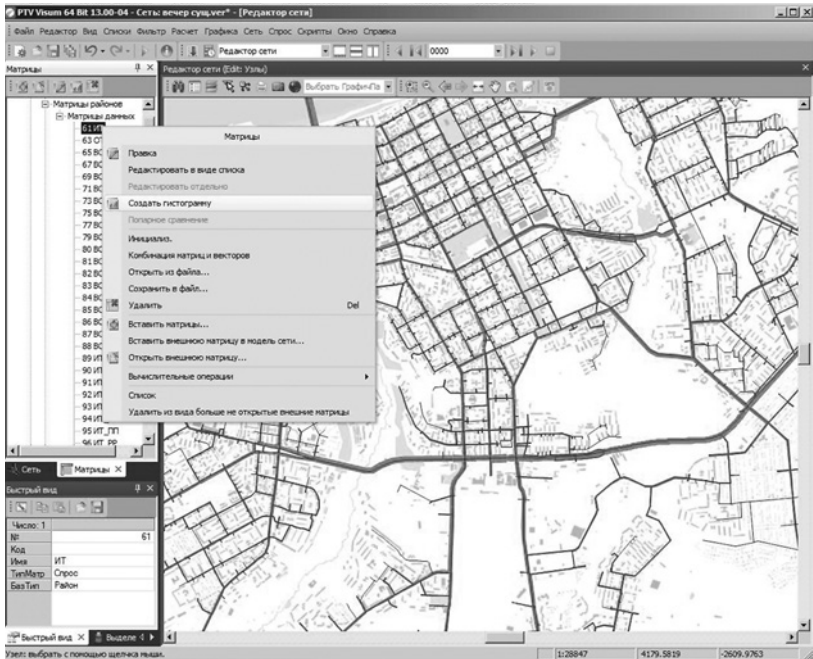


Рис. 66. Создание гистограммы для матрицы в PTV Vision® VISUM 13

В открывшейся вкладке необходимо перейти в группу «Матрицы корреспонденций» и выбрать исследуемую матрицу. Стоит отметить, что возможно проводить анализ как для матриц отдельных слоев спроса, так и для суммарной матрицы корреспонденций.

Авторы рекомендуют начать анализ с суммарной матрицы корреспонденций, а затем, в случае необходимости, проводить анализ матриц корреспонденций для отдельных слоев спроса. В рассматриваемом примере проводится анализ суммарной матрицы корреспонденций в вечерний час пик для г. Перми.

Выбрав матрицу корреспонденций для анализа, необходимо нажать на нее правой кнопкой мыши и выбрать в открывшемся меню пункт «Создать гистограмму» (рис. 66). Также можно воспользоваться специальной пиктограммой в верхней части окна управления матрицами.

После нажатия этой кнопки откроется окно редактора гистограммы (рис. 67).

Теперь необходимо выбрать матрицу затрат, на основе которой будет проводиться анализ распределения транспортных корре-

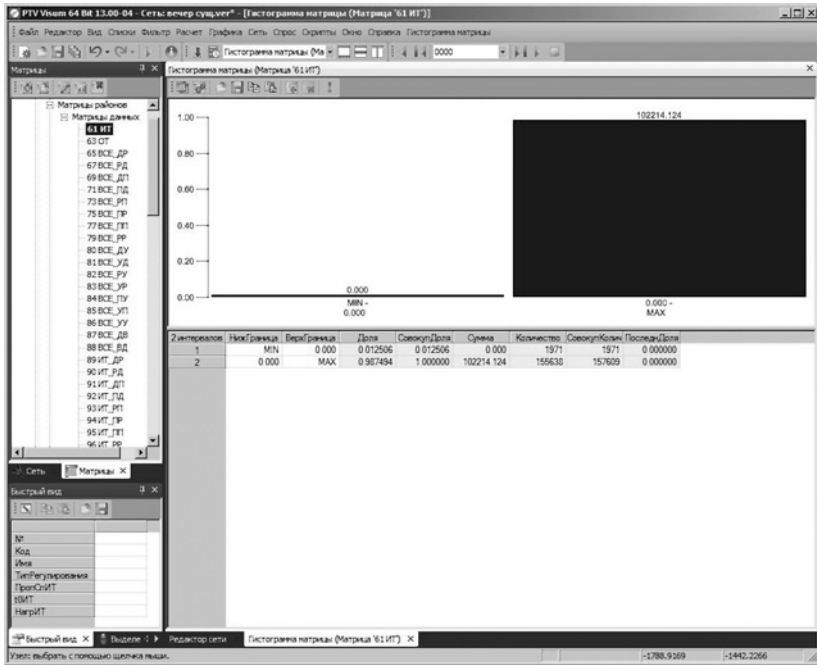


Рис. 67. Начальный вид редактора гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 13 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

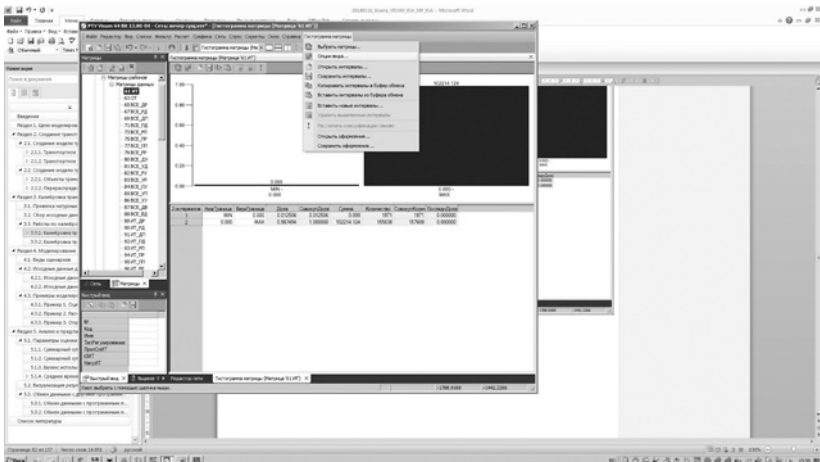


Рис. 68. Настройки редактора гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 13 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

спонденций по времени их реализации. Для этого следует перейти в меню «Гистограмма матрицы – Опции вида» (рис. 68).

В открывшемся окне нужно выбрать опцию «Применить матрицу классификации» и далее выбрать матрицу затрат, на основе которой планируется проводить анализ (классификацию) распределения транспортного спроса по временным затратам (рис. 69). При этом временные затраты для анализа разбиваются на интервалы.

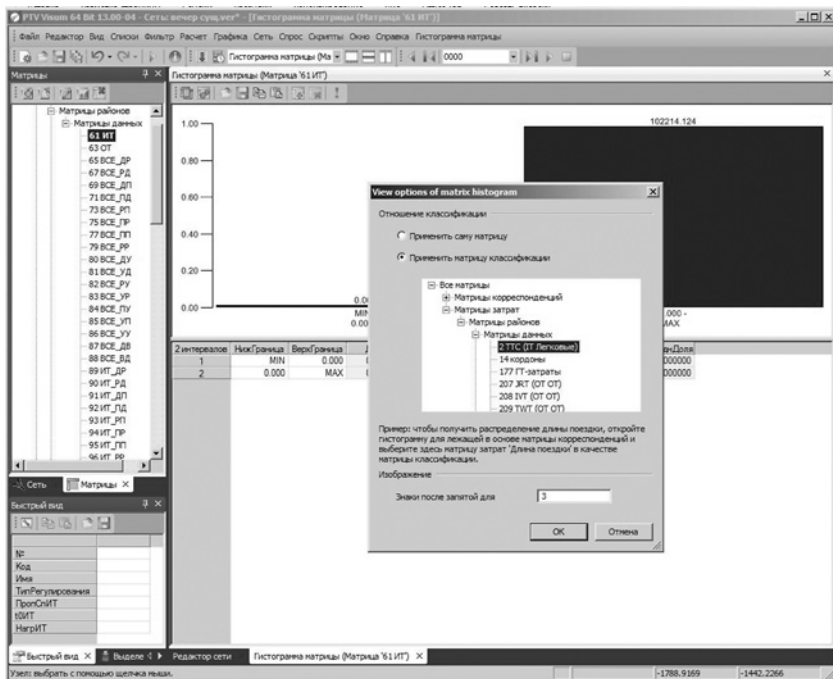


Рис. 69. Выбор матрицы классификации в редакторе гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 13 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

Например, можно оценить, как распределяется транспортный спрос по временным интервалам 0–20 минут, 20–40 минут, 40–60 минут и 60–80 минут. Ось абсцисс на данной гистограмме – время совершения корреспонденций, ось ординат – доля объема корреспонденций, совершаемых в заданный промежуток времени.

После выбора матрицы классификации необходимо удалить стандартные временные интервалы анализа; обычно в стандартном начальном виде редактора гистограммы их два. Для удаления стандартных временных интервалов анализа следует выделить их

в нижней панели списка интервалов и нажать пиктограмму вверху окна гистограммы «Удалить выделенные интервалы» (рис. 70).

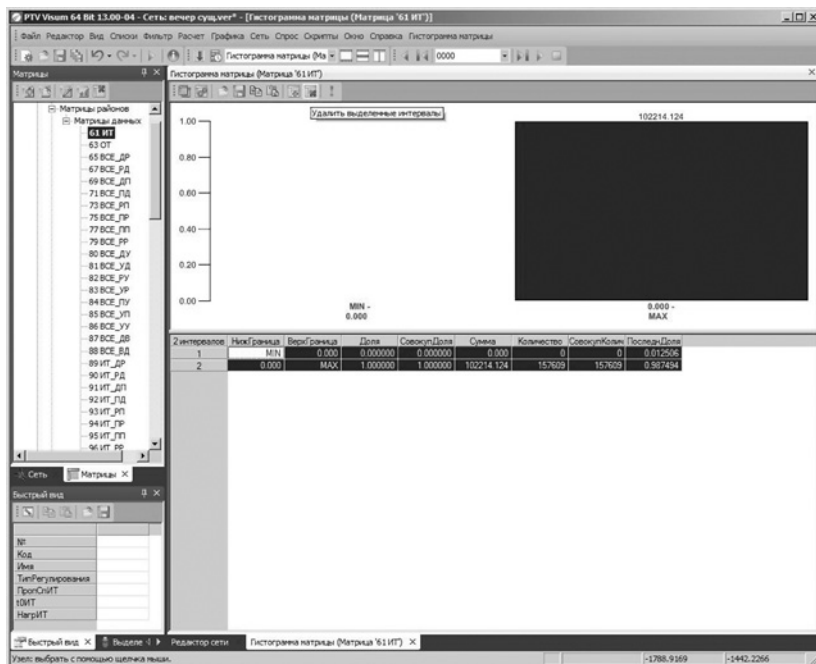


Рис. 70. Удаление стандартных интервалов для анализа в редакторе гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 13 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

После удаления стандартных временных интервалов анализа необходимо создать новые интервалы. Для этого нужно нажать на пиктограмму «Вставить новые интервалы» в окне редактора гистограммы или перейти в меню «Редактор гистограммы – Вставить новые интервалы» (рис. 71).

В появившемся окне необходимо указать нижнюю и верхнюю границы, которые будут соответствовать минимальному и максимальному значениям затрат в минутах, а также желаемое количество интервалов для анализа (рис. 72).

Созданные интервалы анализа появятся в виде списка в нижнем окне редактора гистограммы матрицы (рис. 73). После создания временных интервалов анализа необходимо нажать пиктограмму «Рассчитать классификацию заново».

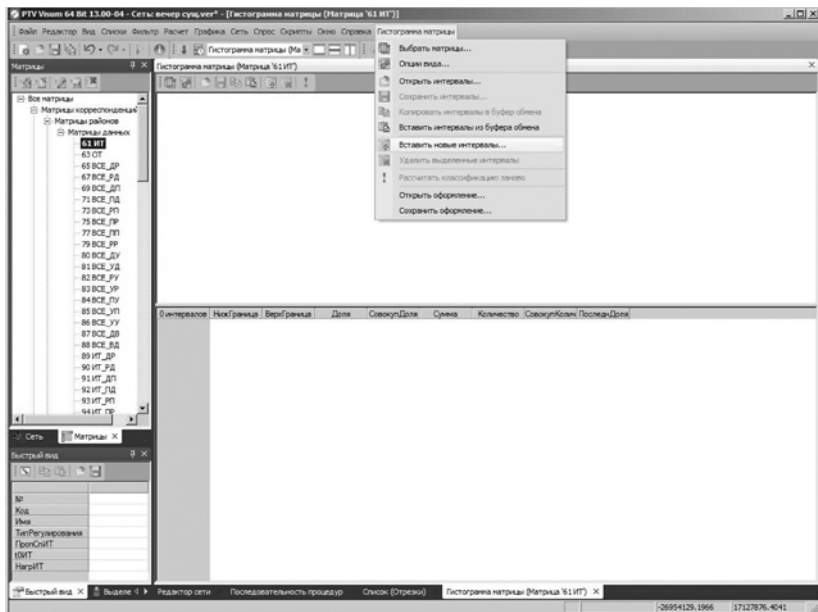


Рис. 71. Ввод новых интервалов анализа через меню «Гистограммы матрицы» в PTV Vision® VISUM 13

В результате расчета в окне редактора гистограммы появится непосредственно рассчитанная гистограмма распределения транспортного спроса по времени реализации корреспонденций, а также в нижней части окна редактора в списке интервалов анализа будут заполнены значения параметров каждого временного интервала. Среди этих параметров: границы интервала, доля в общем объеме спроса, а также абсолютное значение спроса, приходящегося на данный интервал (рис. 73).

Полученная гистограмма распределения транспортного спроса по временным интервалам должна соответствовать заданным в модели спроса функциям предпочтения. Однако форма гистограммы и непосредственно функций может отличаться по ряду причин.

Так, в приведенном примере проводится анализ матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми. Анализируемая матрица является суммарной для всех слоев спроса. Распределение корреспонденций по времени их реализации для данной матрицы, по сути, является результатом суперпозиции функций предпочтения для всех слоев спроса.

Кроме того, по опыту авторов, конечный результат расчета транспортного спроса зависит также, помимо функций предпочте-

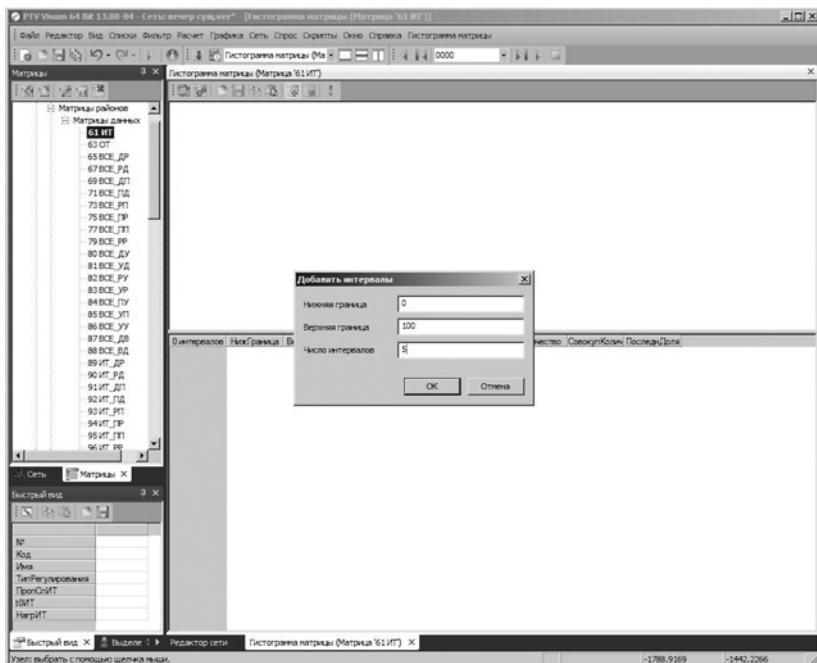


Рис. 72. Ввод новых интервалов анализа в редакторе гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 13 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

ния, от относительного распределения по территории города источников и целей транспортных корреспонденций. В связи с этим в вечерний час пик наблюдаются резкие «скачки» объемов транспортных корреспонденций по временным интервалам.

Так, в интервалы 0–20 минут и 20–40 минут попадают, соответственно, 34 и 32% от всего объема транспортного спроса в вечерний час пик. При этом в следующий интервал 40–60 минут попадает только 13% от общего объема. Это связано, в первую очередь, с тем, что в вечерний час пик велика доля слоя спроса «Работа – Прочее». В частности, в Перми в центральной части города довольно компактно располагается значительная доля от общего объема рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг. Именно поэтому слой спроса «Работа – Прочее» в вечерний час пик реализуется в довольно короткий временной интервал.

Для лучшего понимания подобных особенностей авторы рекомендуют проводить подобный анализ для каждого из слоев спроса отдельно. В случае выявленных в результате анализа несоответствий авторы рекомендуют в первую очередь проверить параметре-

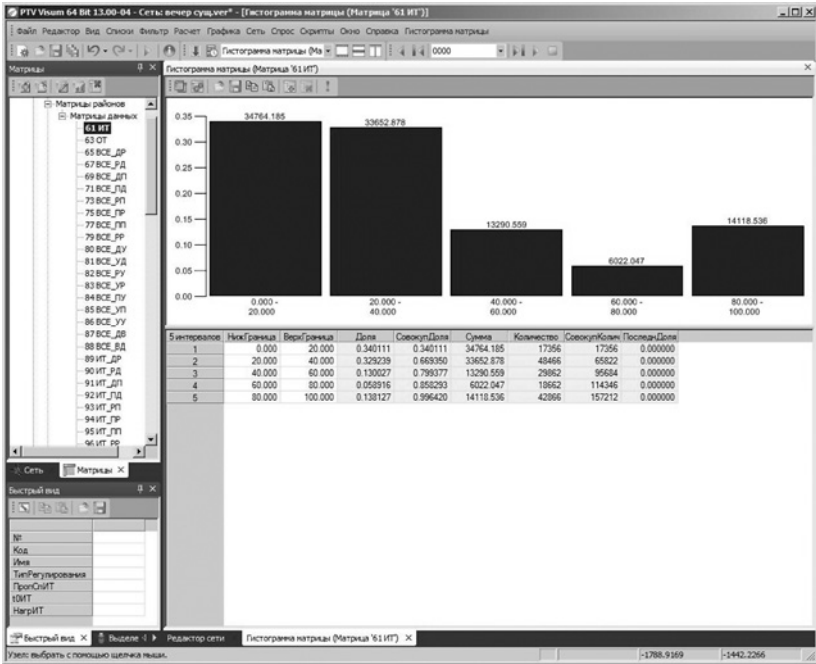


Рис. 73. Гистограмма распределения матрицы корреспонденций во времени их реализации на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми в PTV Vision® VISUM 13

тры функций предпочтения и распределение источников и целей транспортных корреспонденций – расселение жителей, трудящихся, студентов, дислокацию рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг, учебных мест. Также в некоторых случаях стоит уточнить вид функций сопротивления как для отрезков, так и для узлов. Однако для параметров функций сопротивления авторы рекомендуют использовать другой метод, который описан в следующем разделе.

Таким образом, предложенный метод анализа распределения транспортного спроса по временным интервалам позволяет проводить глубокий анализ, как качества расчета транспортного спроса, так и непосредственно структуры транспортного спроса.

3.3.1.2. Оценка временных затрат между произвольными точками города

После проведения анализа распределения транспортного спроса по временным интервалам обычно уточняют параметры функций распределения, а также, в случае необходимости, корректность введенного распределения источников и целей транспортных корреспонденций – расселения жителей, трудящихся, студентов, дислокации рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг, учебных мест. Однако ошибки при распределении транспортного спроса по временным интервалам также могут быть связаны с неточностью параметров используемых функций сопротивления. Для уточнения вида и параметров функций сопротивления авторы рекомендуют использовать метод оценки временных затрат между контрольными точками.

Суть метода заключается в том, что проведя анализ расчетных значений временных затрат между произвольными транспортными районами и сравнение их с натурными, можно определить, на

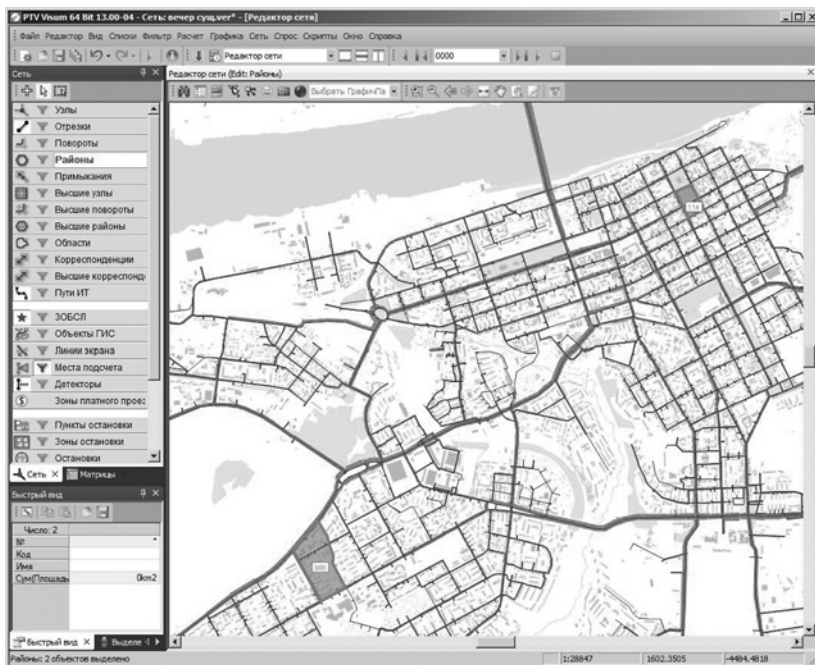


Рис. 74. Выбор двух транспортных районов для анализа временных затрат в PTV Vision® VISUM 13 на примере транспортной модели г. Перми для вечернего часа пик

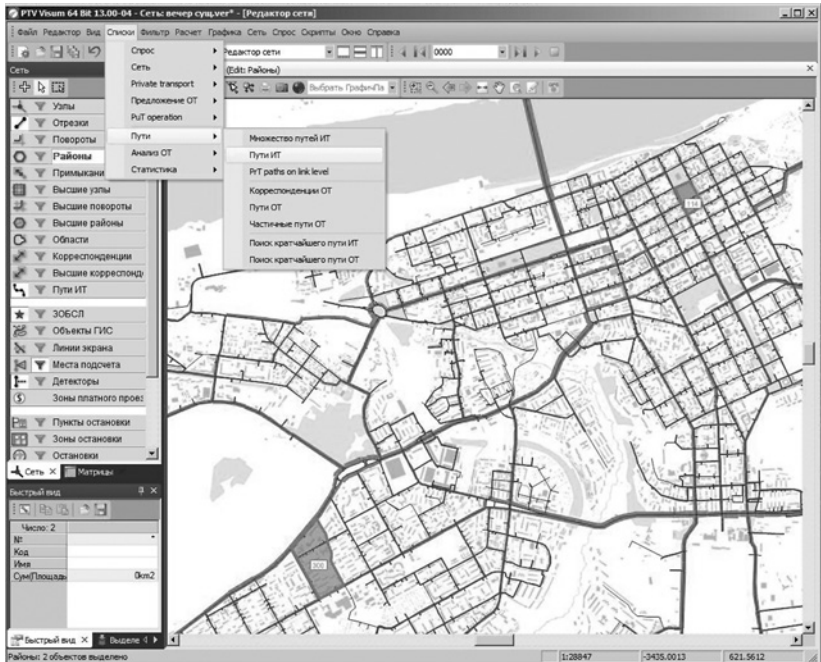


Рис. 75. Выбор списка путей индивидуального транспорта для анализа временных затрат в PTV Vision® VISUM 13 на примере транспортной модели г. Перми для вечернего часа пик

каких участках сети затраты на перемещения завышены или занижены в сравнении с реально наблюдаемыми.

Рассмотрим необходимую последовательность действий. Сначала нужно выбрать две условные точки города, временные затраты между которыми мы хотим узнать. Далее надо определить те транспортные районы в транспортной модели, в которые попадают данные точки. Для этого необходимо в панели редактора объектов активировать объекты «Районы» и нажать мышкой на интересующие нас районы. Зажав при этом клавишу «Ctrl», можно выделить два района одновременно (рис. 74).

После выделения обоих районов можно увидеть их номера, если соответствующим образом настроены параметры графики. В противном случае номер транспортного района можно узнать, совершив по нему двойной клик мышью.

Для того чтобы узнать рассчитанные временные затраты на совершение транспортных корреспонденций между этими районами, необходимо перейти к списку путей индивидуального транспорта.

Сеть	Сеть IT	Выбор	Все обозначенные пути					
Число	№Района/Ст.	№Района/Цели	Имя	Длина	t_0	v_0	Иск	Иск
329950	114	298	13	6.045km	20min 35s	19km/h	43min 52s	9km/h
329881	114	298	14	5.907km	19min 55s	19km/h	43min 50s	9km/h
329892	114	299	1	6.189km	20min 47s	19km/h	58min 52s	9km/h
329953	114	299	2	7.879km	24min 28s	19km/h	43min 26s	19km/h
329954	114	299	3	8.189km	23min 40s	21km/h	45min 27s	19km/h
329955	114	299	4	6.311km	19min 45s	19km/h	46min 5s	9km/h
329956	114	299	5	6.632km	20min 48s	19km/h	47min 18s	9km/h
329877	114	299	6	7.579km	22min 11s	20km/h	45min 5s	19km/h
329963	114	299	7	7.551km	21min 43s	21km/h	46min 5s	19km/h
329893	114	299	8	6.099km	19min 43s	19km/h	45min 26s	9km/h
329870	114	299	9	6.094km	19min 37s	19km/h	45min 10s	9km/h
329871	114	299	10	6.039km	19min 38s	19km/h	45min 16s	9km/h
329872	114	299	11	6.171km	20min 18s	19km/h	45min 25s	9km/h
329873	114	299	12	7.643km	23min	20km/h	45min 24s	19km/h
329874	114	299	13	6.034km	19min 39s	19km/h	45min 23s	9km/h
329875	114	299	14	7.618km	22min 52s	20km/h	44min 22s	19km/h
329876	114	299	15	6.487km	20min 11s	19km/h	45min 52s	9km/h
329877	114	300	1	6.521km	20min 35s	19km/h	46min 13s	9km/h
329878	114	300	2	7.397km	24min 36s	19km/h	47min 45s	19km/h
329879	114	300	3	9.324km	29min 53s	20km/h	51min 22s	19km/h
329880	114	300	4	6.889km	20min 38s	19km/h	45min 15s	9km/h
329881	114	300	5	7.053km	21min 44s	19km/h	46min 15s	9km/h
329882	114	300	6	6.740km	20min 54s	19km/h	46min 5s	9km/h
329883	114	300	7	7.067km	21min 32s	20km/h	46min 41s	9km/h
329884	114	300	8	6.519km	20min 32s	19km/h	46min 31s	9km/h
329885	114	300	9	6.457km	20min 37s	19km/h	46min 24s	9km/h
329886	114	300	10	6.964km	23min 51s	19km/h	46min 45s	9km/h
329887	114	300	11	7.003km	23min 54s	19km/h	46min 45s	9km/h
329888	114	300	12	7.622km	23min 14s	19km/h	46min 5s	19km/h
329889	114	300	13	7.079km	21min 57s	19km/h	46min 43s	9km/h
329890	114	300	14	7.139km	21min 52s	20km/h	46min 26s	9km/h
329891	114	300	15	7.079km	21min 53s	19km/h	46min 23s	9km/h
329892	114	300	16	7.213km	22min 32s	20km/h	46min 42s	9km/h
329893	114	300	17	7.074km	21min 50s	19km/h	46min 40s	9km/h
329894	114	301	1	6.839km	20min 42s	20km/h	46min 51s	9km/h
329895	114	301	2	8.850km	29min 32s	20km/h	50min 15s	19km/h
329896	114	301	3	9.514km	26min 28s	22km/h	53min 19s	19km/h
329897	114	301	4	7.179km	21min 14s	20km/h	50min 13s	9km/h
329898	114	301	5	7.433km	21min 48s	20km/h	48min 42s	9km/h
329899	114	301	6	7.121km	20min 58s	20km/h	48min 32s	9km/h
329900	114	301	7	7.443km	21min 56s	21km/h	48min 45s	19km/h

Рис. 76. Окно списка путей индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 13 на примере транспортной модели г. Перми для вечернего часа пик

Для этого следует перейти в меню «Списки – Пути – Пути ИТ» (рис. 75).

В результате откроется список всех путей индивидуально-го транспорта между всеми транспортными районами (рис. 76). В этом списке необходимо найти пути между интересующими нас транспортными районами. Так, в нашем примере это пути из района 114 в район 300. На приведенном рисунке видно, что между этими районами существует 17 нагруженных путей. Для каждого из путей выведена основная информация – длина, время и скорость в незагруженной сети (t_0 и v_0), а также актуальные время и скорость пути. Сравнив рассчитанные значения актуального времени и скорости путей с натурными значениями, можно сделать выводы об адекватности параметров функций сопротивления.

Такой анализ авторы рекомендуют проводить для различных точек, находящихся на разных расстояниях, в разных районах города, с тем чтобы выделить возможные несоответствия на разных участках УДС.

Стоит отметить, что такой метод анализа позволяет также выявлять возможные ошибки в транспортном предложении, т.к. неадекватные значения времени в пути могут быть вызваны не только неверными параметрами функций сопротивления, но и ошибками в параметрах отдельных отрезков и перекрестков. Так, может быть закрыто движение на отдельных отрезках или поворотах или не введены необходимые параметры.

Еще одна особенность данного метода – простота сбора необходимых исходных данных. Для этого достаточно воспользоваться данными библиотеки GPS-трекеров, пополняемой водителями индивидуальных автомобилей, или просто, воспользовавшись автомобилем, проехать из одной точки города в другую, замерив при этом время в пути.

3.3.2. Калибровка транспортной модели по интенсивности движения транспортных потоков

Основным параметром, по которому производится оценка качества расчета транспортных моделей и их калибровка, является интенсивность движения транспортных потоков. Как уже говорилось выше, информация о натуральных значениях интенсивности движения транспортных потоков в транспортной модели в PTV Vision® VISUM привязывается к специальным объектам – *местам подсчета*.

Дислокация мест подсчета на примере транспортной модели г. Самары приведена на рис. 77.

Калибровка транспортной модели по значениям интенсивностей транспортных потоков заключается в последовательном поиске ошибок в транспортном предложении, спросе или определяющих соотношениях в местах с наибольшим отклонением расчетных значений интенсивности движения транспортных потоков от натуральных.

Для того чтобы определить, в каком порядке проводить калибровку, необходимо для каждого из отрезков, для которых имеются натурные данные об интенсивности транспортных потоков, определить относительное отклонение расчетного значения от натурального значения интенсивности транспортных потоков.

Для расчета относительного отклонения сначала нужно отфильтровать отрезки, имеющие натурные данные об интенсивности транспортных потоков.

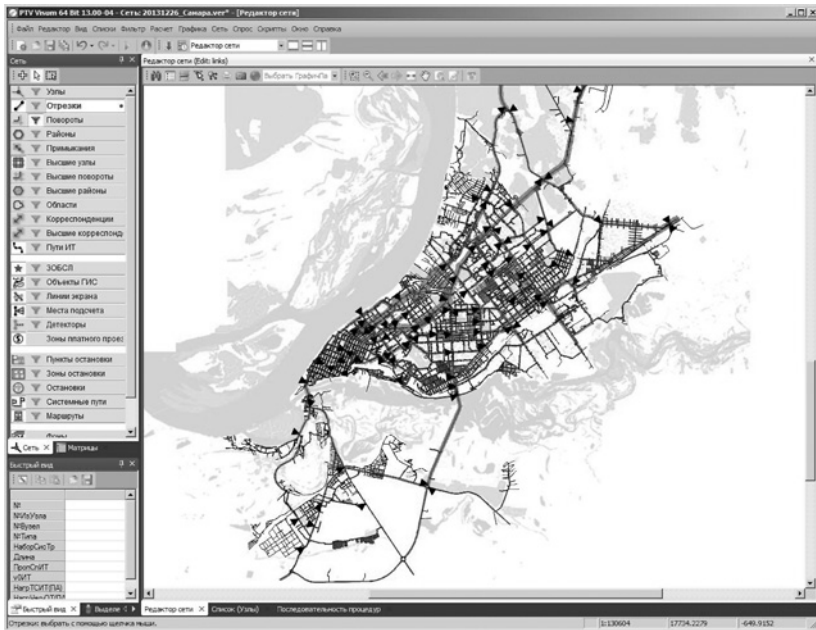


Рис. 77. Дислокация «мест подсчета» в PTV Vision® VISUM 13 на примере транспортной модели г. Самара

Рассмотрим пример транспортной модели г. Самара. Натурные данные о суточной интенсивности транспортных потоков хранятся в специально созданном пользовательском атрибуте мест подсчета, который называется «SUTKI_2012_IT». Соответственно, для того чтобы выделить отрезки, имеющие натурные данные об интенсивности транспортных потоков, необходимо применить ко всем отрезкам фильтр по данному атрибуту. Для этого нужно в окне работы с объектами нажать пиктограмму фильтра рядом с объектом «Отрезки» (рис. 78).

Подробнее о работе с фильтрами можно прочитать в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM (раздел 2.7).

После нажатия пиктограммы фильтра, в случае если ранее не был задан никакой фильтр, появится диалоговое окно с предложением перейти к редактированию фильтра (см. рис. 78). Необходимо выбрать пункт «Да».

После нажатия кнопки «Да» откроется окно редактирования фильтра (рис. 79). Оно имеет ряд настроек, которые также подробно описаны в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM.

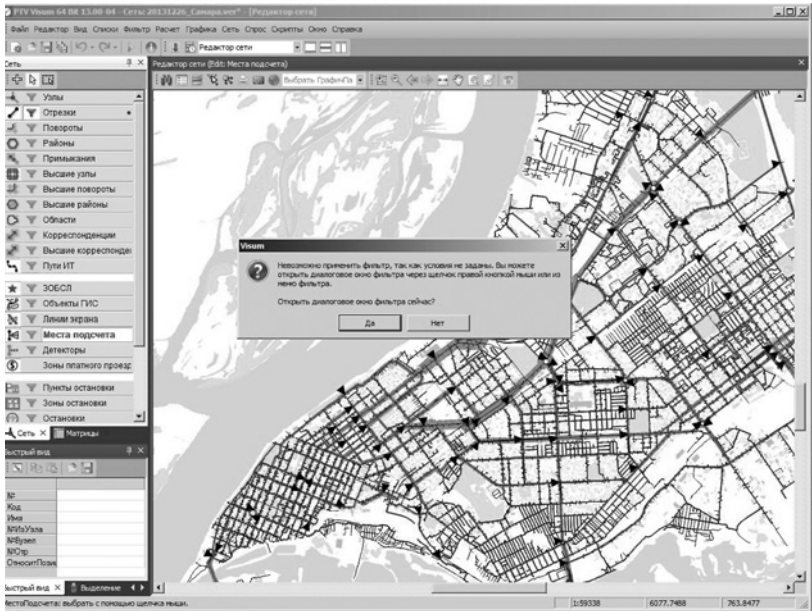


Рис. 78. Диалоговое окно перехода к редактированию фильтра в PTV Vision® VISUM 13

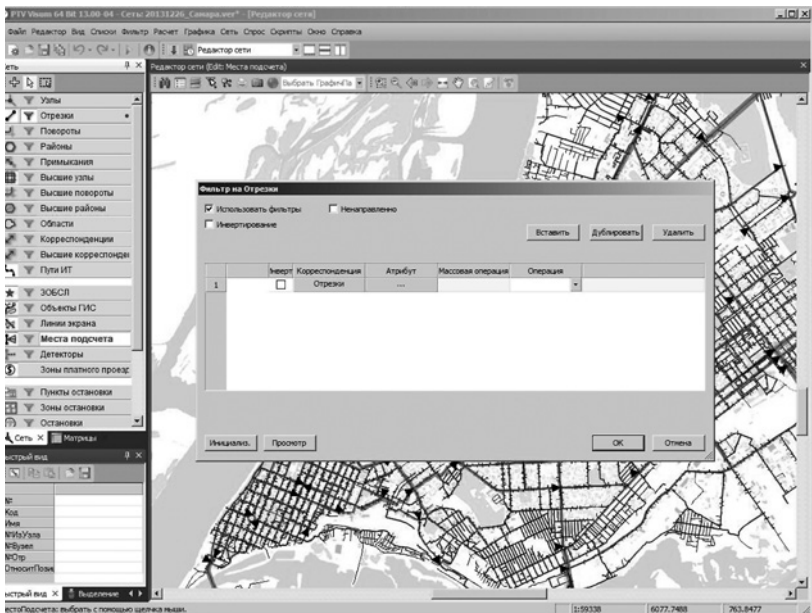


Рис. 79. Окно редактирования фильтра в PTV Vision® VISUM 13

В окне редактирования фильтра следует выбрать нужный нам атрибут для фильтрации. Для этого нажимаем на кнопку «...» в столбце «Атрибут» и выбираем в открывшемся списке атрибутов атрибут «Места подсчета – Макс – SUTKI_2012_IT» (рис. 80).

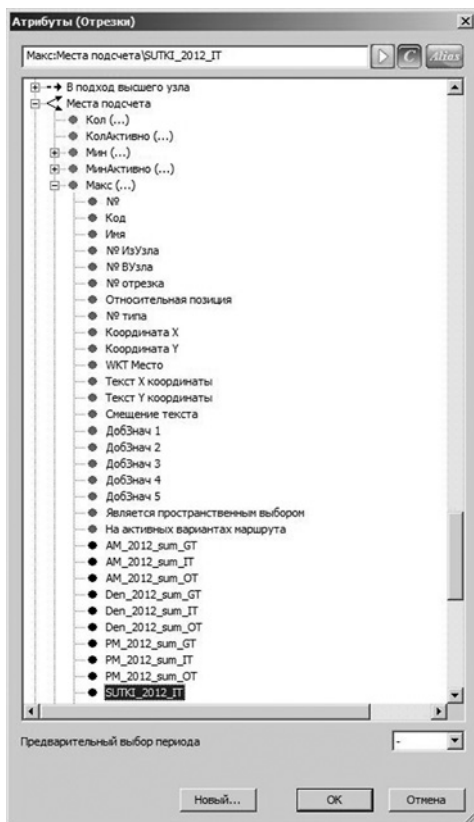


Рис. 80. Выбор необходимого атрибута мест подсчета для фильтрации отрезков в PTV Vision® VISUM 13

После выбора необходимого атрибута его значение будет отображаться вместо «...» в столбце «Атрибут» в окне редактирования фильтра (рис. 81).

Далее необходимо задать значение атрибута для фильтрации. Нас будут интересовать все отрезки, которые имеют значение атрибута места подсчета «SUTKI_2012_IT» больше нуля. Для этого в столбце «Операция» нужно выбрать пункт «>Значение» и ввести значение «ноль» в поле справа (рис. 82).

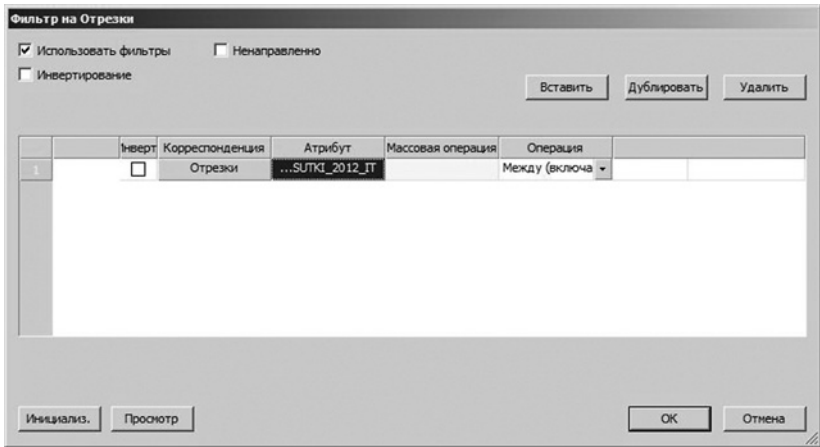


Рис. 81. Выбранный атрибут для фильтрации «отрезков» в окне редактирования фильтра в PTV Vision® VISUM 13

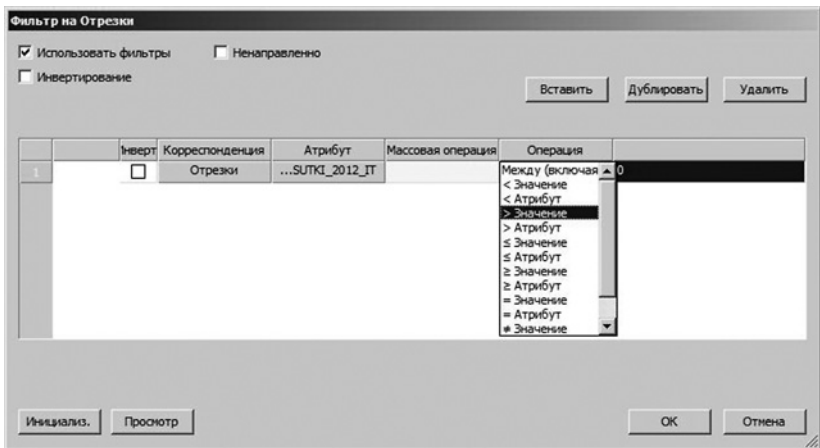


Рис. 82. Ввод значения атрибута для фильтрации отрезков в окне редактирования фильтра в PTV Vision® VISUM 13

После нажатия кнопки «ОК» нужные отрезки будут отфильтрованы (рис. 83).

Далее необходимо создать атрибут для хранения значения относительного отклонения расчетного значения от натурального значения интенсивности транспортных потоков. Для этого следует перейти в меню «Сеть – Определенные пользователем атрибуты» (рис. 84).

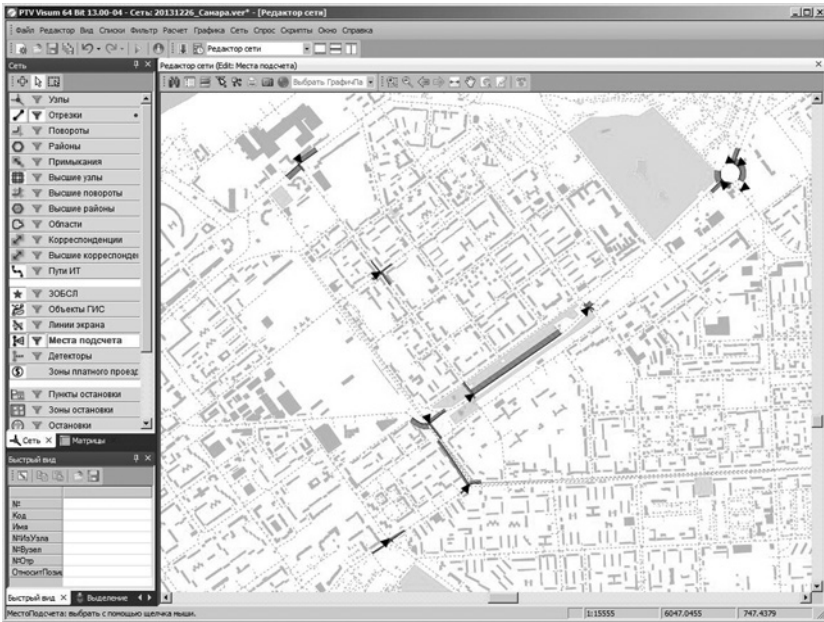


Рис. 83. Отображение отфильтрованных отрезков, имеющих натурные значения интенсивности транспортных потоков, в PTV Vision® VISUM 13

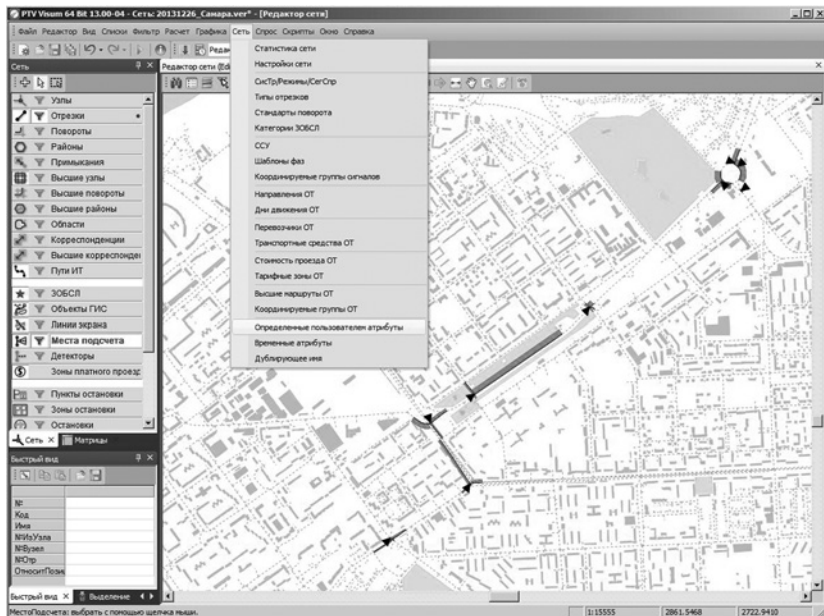


Рис. 84. Переход к созданию пользовательского атрибута в PTV Vision® VISUM 13

Теперь нужно выбрать в этом меню объект «Отрезки» и создать в открывшемся окне атрибут типа «Число со знаками после запятой». Для атрибута необходимо задать имя, код и идентификатор (начиная с версии 12 их можно задавать, используя кириллицу), а также указать необходимое количество знаков после запятой (рис. 85).

The screenshot shows a dialog box titled "Создать определенные пользователи атрибуты Отрезки". It contains the following fields and options:

- ID атрибута:
- Код:
- Имя:
- Комментарий:
- Тип:
- СтандЗнач: Пусто
- Минимум: неограниченно
- Максимум: неограниченно
- КолЗнакПослеЗап:
- Поведение при разделении / соединении:
 - Значения копируются
 - Значения шкалируются
- Логика сечения:
 - Сумма
 - Средняя в
 - Минимум
 - Максимум
 - Игнор. закр. направления
- Buttons:

Рис. 85. Окно создания пользовательского атрибута в PTV Vision® VISUM 13

После создания пользовательского атрибута возможно рассчитать относительное отклонение расчетного значения от натурального значения интенсивности транспортных потоков для каждого из активных отрезков. Для этого в окне редактора необходимо нажать

правой кнопкой мыши и выбрать операцию «Мультиредактирование» (рис. 86).

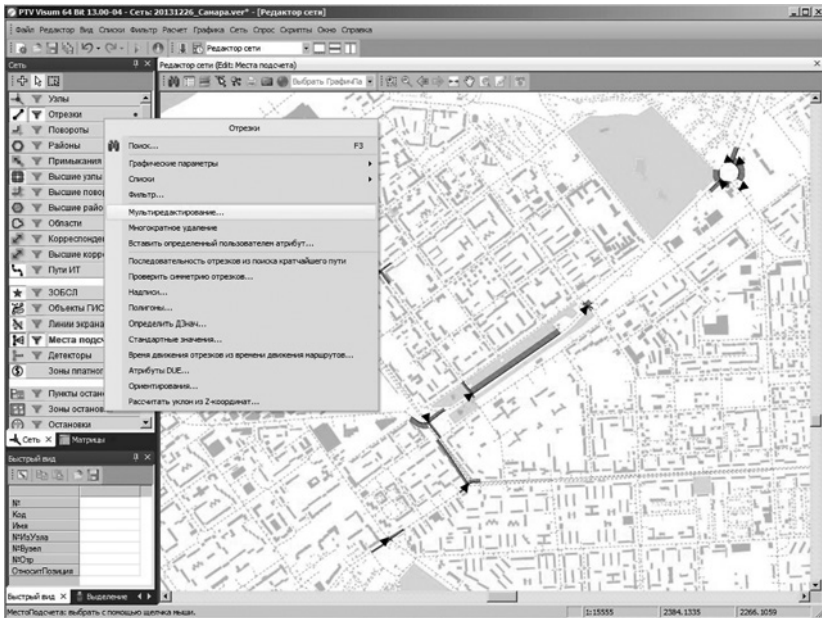


Рис. 86. Мультиредактирование объектов в PTV Vision® VISUM 13

В открывшемся окне необходимо выделить нужный атрибут «Отклонение» и нажать кнопку «Формула» (рис. 87).

Начиная с версии 13 в PTV Vision® VISUM изменился редактор формул. Подробнее работа с интерфейсом редактора формул описана в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM 13. Вид формулы для расчета атрибута «Отклонение» представлен на рис. 88.

Посмотреть рассчитанные значения атрибута «Отклонение» можно в списке отрезков (рис. 89). При этом для удобства стоит воспользоваться опцией «Показать только активные отрезки».

После расчета относительного отклонения расчетного значения от натурального значения интенсивности транспортных потоков можно приступить непосредственно к калибровке транспортной модели по значениям интенсивностей.

Авторы рекомендуют начинать калибровку транспортной модели с зон, где расположены элементы с наибольшими значениями относительного отклонения расчетного значения интенсивности транспортных потоков от натурального.

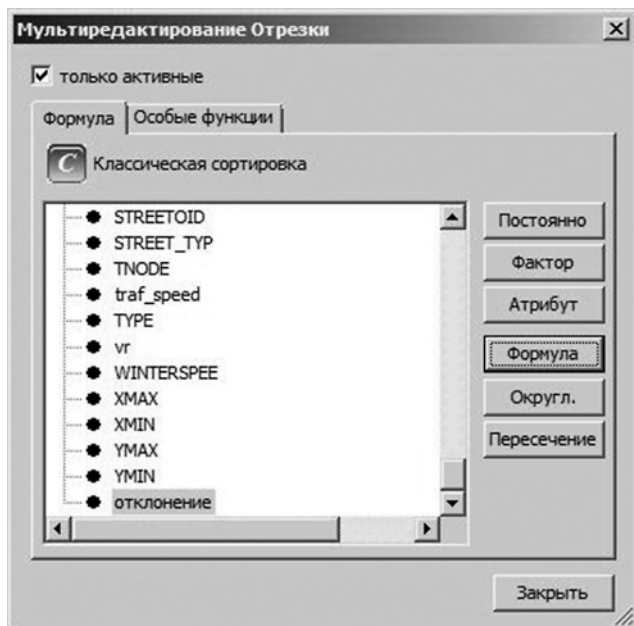


Рис. 87. Выбор атрибута для мультиредактирования объектов в PTV Vision® VISUM 13

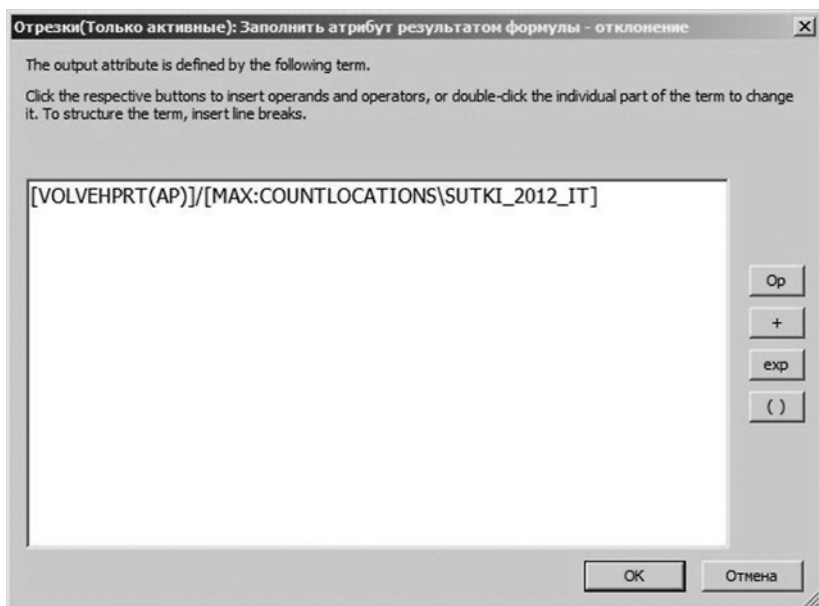


Рис. 88. Задание формулы для расчета атрибута «Отклонение» в PTV Vision® VISUM 13

Число	№	ИерТСПИТА	Замески	SUTKI_201	отклонение
1	170	21598	0	2862	0.75
2	274	0	0	588	0.00
3	1364	3866	0	12692	0.30
4	1426	3824	0	2326	1.64
5	1440	12099	0	16590	0.72
6	1882	20018	0	22218	0.90
7	2054	36212	0	43898	0.82
8	2056	5962	0	6526	0.85
9	2076	12309	0	14741	0.90
10	3616	16761	0	26384	0.64
11	3552	12411	0	25326	0.49
12	4214	23606	0	27316	0.86
13	4308	1257	0	5493	0.23
14	5206	7999	0	13265	0.57
15	5218	11260	0	13330	0.84
16	5454	19481	0	26346	0.73
17	7220	6891	0	12222	0.96
18	7414	0	0	58	0.00
19	7458	30022	0	27686	1.08
20	7500	24582	0	33793	0.73
21	7832	27175	0	33793	0.80
22	7950	13936	0	26367	0.53
23	7960	32774	0	26342	1.24
24	7962	26023	0	25796	1.01
25	7964	5813	0	19442	0.30
26	7972	7816	0	25796	0.30
27	8052	10133	0	7123	1.42
28	8276	9383	0	4746	1.97
29	8280	17996	0	13288	1.35
30	8326	25591	0	27753	0.92
31	8328	33407	0	37596	0.89
32	8688	13336	0	17438	0.76
33	8806	35725	0	45276	0.79
34	8810	47902	0	40815	1.17
35	8812	53932	0	67183	0.80
36	8820	48483	0	44721	1.88
37	9672	3569	0	1738	2.05
38	10196	26749	0	18253	1.47
39	10340	13548	0	18523	0.87
40	10386	42991	0	25477	1.69
41	10428	15557	0	13423	1.16
42	10540	22189	0	22873	0.97
43	10643	79966	0	14941	1.40

Рис. 89. Список отрезков со значениями атрибута «Отклонение» в PTV Vision® VISUM 13

По опыту авторов, чаще всего причинами больших отклонений являются ошибки в транспортном предложении. Наиболее характерные ошибки: неверный ввод в транспортную модель наличия одностороннего движения, количества полос движения и значения пропускной способности и разрешенной скорости движения для отрезков.

Так, в реальности пропускная способность и максимальная скорость движения напрямую зависят от качества дорожного покрытия: в этом случае двухполосная дорога с плохим покрытием может в реальности быть менее нагружена, чем однополосная с хорошим покрытием. Такие нюансы требуют от специалиста, проводящего детальную калибровку транспортной модели, хорошего знания условий движения для исследуемой области моделирования.

Для узлов характерными ошибками являются неверный ввод в транспортную модель разрешенных и запрещенных поворотов, типа регулирования, направления главной дороги, а также неверные разрешенные направления движения по полосам и параметры светофорного регулирования.

Ошибки в транспортном спросе обычно возникают на территориях, на которых располагаются преимущественно места приложения труда, т.к. точное определение их количества представляет довольно сложную задачу. Основная сложность в определении количества мест приложения труда связана с отсутствием источников информации о фактическом расположении предприятий.

Так, базы данных Пенсионного фонда России и Фонда обязательного медицинского страхования содержат данные о юридических адресах предприятий, которые часто не совпадают с фактическими. Кроме того, в базах данных Пенсионного фонда России и Фонда обязательного медицинского страхования отсутствует информация о филиалах предприятий и госучреждений. Например, в г. Перми авторы сталкивались с тем, что все сотрудники одного из федеральных министерств в Пермском крае официально трудоустроены по одному адресу в г. Перми.

Такая же ситуация возникает с крупными компаниями, имеющими сеть филиалов как по городу, так и по краю. Работники крупных промышленных предприятий имеют формальный адрес трудоустройства не на промышленных площадках, а по адресам расположения главных офисов компаний.

Для исправления подобных ошибок авторы рекомендуют пользоваться дополнительными источниками информации, такими как печатные справочники, интернет-ресурсы, компьютерные справочники («Дубль ГИС», www.2gis.ru). В этом случае обычно используется следующий порядок действий:

1. Осуществляется геокодирование официальных баз данных (Пенсионного фонда или Фонда обязательного медицинского страхования), устраняются ошибки геокодирования.

2. Проводится пространственный анализ привязанных данных, осуществляется поиск аномально высоких значений – например, когда в одном здании на одном предприятии числится слишком большое значение сотрудников (например более тысячи).

3. По имеющимся открытым данным проводится анализ располагающихся по данному адресу предприятий и проверяется наличие у данных предприятий сети филиалов или их фактическое расположение по другому адресу.

4. Проводится распределение общего объема работников по филиалам.

Особенности расчета распределения мест приложения труда в сфере услуг подробно рассмотрено в [3].

Стоит отметить, что транспортная модель – сложный объект, в котором все элементы взаимосвязаны. Так, изменение параме-

тров функции сопротивления может повлечь за собой необходимость изменения параметров функций предпочтения или перерасчет значений пропускной способности отрезков.

Поэтому процесс калибровки – это итерационный процесс, в ходе которого выявленные ошибки на одном уровне влияют на результаты всего расчета.

Раздел 4

Особенности работы с транспортной моделью

Основное предназначение прогнозных транспортных моделей – это, безусловно, возможность оценить те или иные управленческие решения, касающиеся транспортных систем, с точки зрения качества функционирования данных транспортных систем. Для оценки каждого управленческого решения формируется свой сценарий. Каждый сценарий включает в себя те или иные изменения, связанные с развитием исследуемой транспортной системы.

Каждый сценарий может содержать изменения в транспортном спросе и транспортном предложении. Далее рассмотрены основные виды сценариев для моделирования.

4.1. Виды сценариев

Для формулировки каждого из сценариев для их последующего моделирования необходимо определить возможные типы, характеристики и особенности сценариев.

4.1.1. Развитие транспортной системы в пространстве или во времени

Развитие транспортной системы во времени включает в себя, прежде всего, изменение параметров транспортной подвижности

населения. Так, общемировые тенденции говорят о том, что со временем транспортная подвижность населения и уровень автомобилизации увеличиваются. В связи с тем, что по данным показателям российские города отстают от Европы на 20 лет, при моделировании изменения функционирования транспортных систем городов во времени необходимо предусматривать изменение параметров транспортной подвижности населения.

Данная задача (прогноз изменения подвижности) в большей степени является исследовательской, поэтому для практических задач авторы рекомендуют пользоваться готовыми прогнозами. В частности, авторы могут порекомендовать прогнозы подвижности населения, рассчитанные ими на основании данных по странам Западной Европы [1].

Развитие транспортной системы в пространстве – это развитие, прежде всего, территориальное. Главный вопрос, на который отвечают сценарии пространственного развития транспортной системы, – это «что будет, если...», как изменится качество функционирования транспортной системы в одном месте (территории города) при тех или иных изменениях, происходящих в другой части исследуемой области.

К упомянутым изменениям, влияющим в конечном итоге на функционирование транспортной системы города, можно отнести такие события, как ввод новых микрорайонов, развитие улично-дорожной сети, изменение расселения жителей и дислокации мест приложения труда на существующих территориях.

Условно изменения пространственного развития можно разбить на две группы в зависимости от планируемых изменений: развитие транспортного спроса и развитие транспортного предложения.

4.1.1.1. Развитие транспортного спроса

Данные характеристики сценариев являются самыми очевидными. На практике часто бывает, что необходимо провести оценку для изменений или только транспортного спроса, или только транспортного предложения.

Изменения только для транспортного спроса включают в себя сценарии, предусматривающие ввод новых объектов притяжения (жилые, коммерческие, промышленные объекты), переселение жителей из района в район и т.п. При этом важно отметить, что общий объем транспортного спроса при прогнозировании может изменяться как в большую, так и в меньшую сторону.

4.1.1.2. Развитие транспортного предложения

Изменения в части транспортного предложения включают в себя, прежде всего, сценарии, связанные с изменениями в организации дорожного движения, со строительством новых участков УДС, изменениями расписания движения или маршрутной сети общественного транспорта, организацией новых остановочных пунктов общественного транспорта.

4.1.2. Временной период прогнозирования – краткосрочные и долгосрочные сценарии

Временной период моделирования, краткосрочный или долгосрочный, определяется в зависимости от того, для какого транспортного спроса будет проводиться прогнозирование.

При моделировании временного периода учитываются изменения транспортного спроса в части параметров транспортной подвижности населения.

Так, при *краткосрочном* прогнозировании часто формируются сценарии, которые включают изменения в транспортном предложении. При этом при расчете производится только процедура перераспределения по сети существующей матрицы корреспонденций. Условно такой расчет можно назвать одношаговым.

Обычно такой подход используется при моделировании так называемой ситуации «на следующий день»: прогноз того, как будет функционировать транспортная система на следующий день после реализации моделируемого сценария в натуре. При этом предполагается, что в реальности люди в первое время после изменений в составе транспортного предложения продолжают какое-то время использовать существующие источники и цели поездок. Результат такого подхода позволяет оценить последствия того или иного управленческого решения в переходный период.

После проведения моделирования на краткосрочный период времени обычно выполняется долгосрочный прогноз развития ситуации с применением полной 4-шаговой процедуры расчета транспортного спроса и транспортных потоков при существующих параметрах транспортной подвижности населения. При этом происходит перерасчет матриц корреспонденций. Это связано с тем, что по прошествии определенного времени (обычно нескольких месяцев) люди начинают менять источники и цели своих транс-

портных корреспонденций. Прежде всего, это касается сферы услуг, т.к. именно слои спроса, связанные со сферой услуг, наиболее чувствительны к изменениям в транспортном предложении.

Таким образом, краткосрочное прогнозирование обязательно включает в себя изменения в транспортном предложении и не включает изменения исходных данных для расчета транспортного спроса и параметров транспортной подвижности населения.

При краткосрочном прогнозировании выполняется только процедура перераспределения транспортных потоков для существующей матрицы корреспонденций по измененной сети. При этом изменение значений интенсивности транспортных потоков при краткосрочном моделировании относительно существующей ситуации связано только с изменениями в транспортном предложении.

Долгосрочное прогнозирование обязательно содержит и изменения в транспортном спросе, и изменения в транспортном предложении. Однако главная особенность долгосрочного прогнозирования – это изменение параметров транспортной подвижности населения. В связи с тем, что в долгосрочном прогнозировании используется временной период от 5 лет и выше, при разработке сценария требуется в обязательном порядке учитывать изменение транспортной подвижности населения.

Таким образом, главные изменения при расчете транспортного спроса во время выполнения долгосрочного прогнозирования будут происходить на этапе генерации транспортных потоков. Это связано с тем, что при долгосрочном прогнозировании будут изменяться как коэффициенты генерации транспортных потоков (вследствие изменения параметров транспортной подвижности населения), так и непосредственно количество жителей, рабочих мест и т.д. в каждом из транспортных районов.

На этапе выполнения процедуры распределения транспортного спроса также произойдут изменения. Вследствие изменений в транспортном предложении изменятся затраты на совершение корреспонденций (матрицы затрат). Для каждого из транспортных районов после выполнения процедуры генерации транспортного спроса изменится количество отправок и прибытий. В результате изменятся и матрицы корреспонденций для слоев спроса.

Аналогично изменится и результат выполнения процедуры выбора режима – вследствие изменения матриц затрат новые матрицы корреспонденций также будут по-новому распределяться по видам транспорта. Процедуры перераспределения транспортных потоков индивидуального транспорта и пассажиропотока общественного

транспорта будут выполняться для новых матриц, вследствие чего изменятся значения интенсивности транспортных потоков индивидуального транспорта и пассажиропотоки на маршрутах общественного транспорта.

Следовательно, при долгосрочном прогнозировании важно провести анализ планируемых изменений в транспортном спросе и транспортном предложении, чтобы при необходимости разбить их на несколько этапов реализации. Далее для каждого этапа необходимо сформировать сценарий, включающий изменения как в транспортном спросе, так и в транспортном предложении.

При долгосрочном прогнозировании обязательно использование полного 4-шагового расчета, т.к. при долгосрочном прогнозировании могут изменяться исходные данные для всех шагов расчета транспортного спроса, начиная с коэффициентов генерации потока и заканчивая параметрами процедуры выбора режима (вида транспорта).

4.2. Формирование сценариев

Для моделирования сценариев развития транспортной системы необходим ряд исходных данных. Все исходные данные для моделирования сценариев можно условно разбить на две группы: исходные данные для изменения транспортного предложения и исходные данные для изменения транспортного спроса.

4.2.1. Исходные данные для транспортного предложения

К исходным данным для транспортного предложения относятся данные о планируемых изменениях в транспортном предложении. Исходные данные должны содержать информацию о следующих параметрах:

- перечень новых или реконструируемых участков улично-дорожной сети;
- параметры новых или реконструируемых элементов улично-дорожной сети. К таким параметрам относятся прежде всего количество полос, ограничения скорости и тип (для назначения пропускной способности) новых или реконструируемых участков. Параметры новых маршрутов для общественного

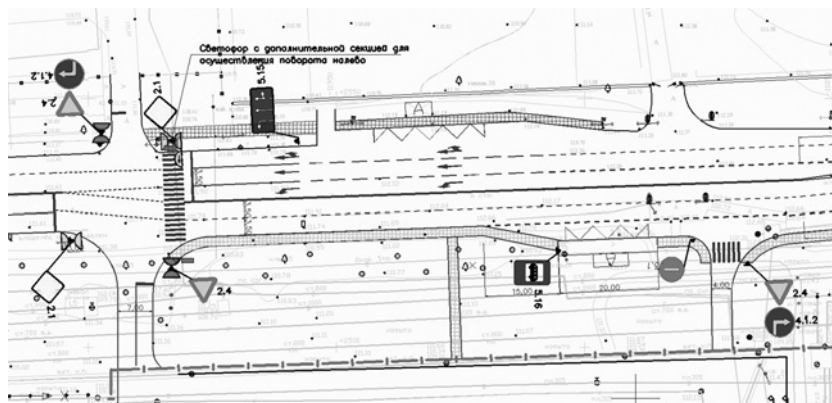


Рис. 90. Пример схемы организации дорожного движения

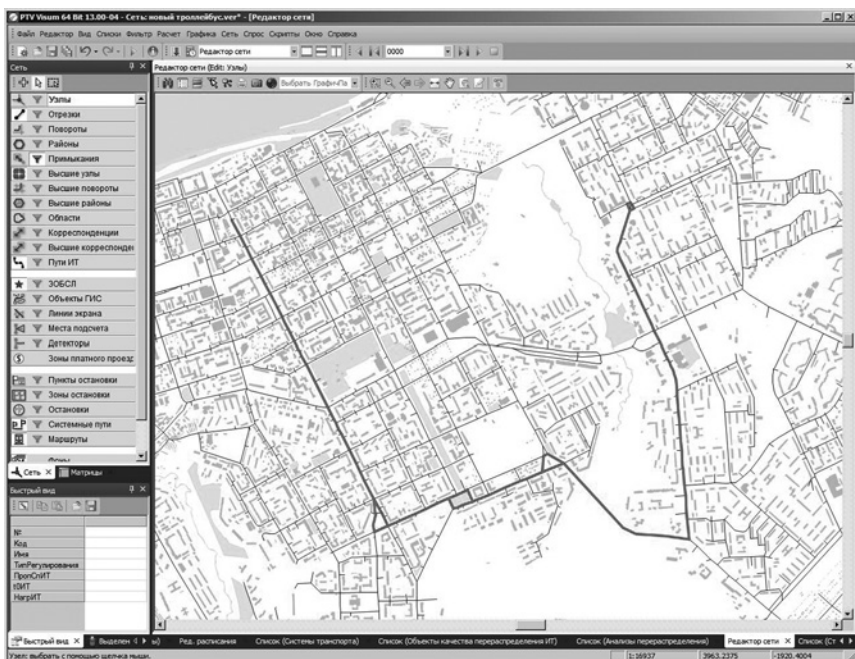
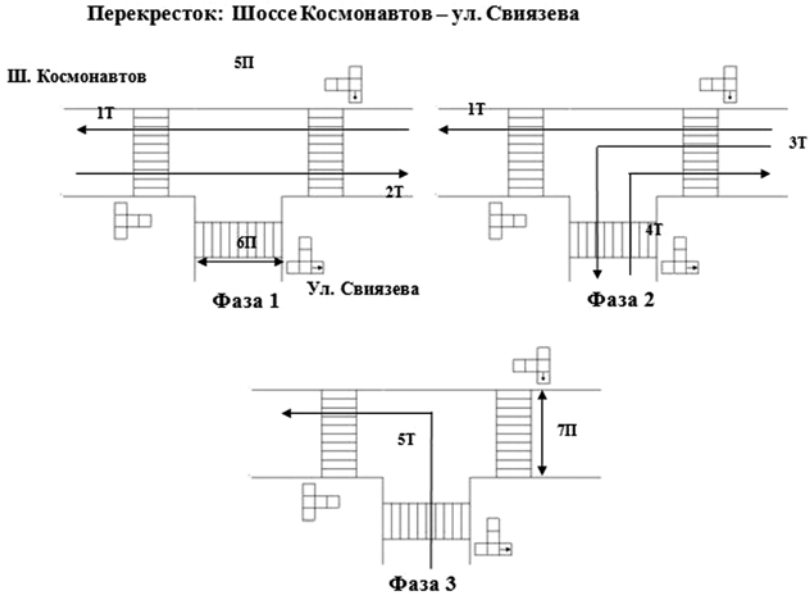


Рис. 91. Пример предоставления заказчиком трассировки нового маршрута общественного транспорта

транспорта: трассировка маршрутов, расписание движения маршрутов;

- организация дорожного движения на изменяемых перекрестках и пересечениях. Организация дорожного движения должна со-



Таблица

Цикл	Рабочий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Такт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время, с	0	20	23	26	36	39	42	45	48	
Длительность	20	3	3	10	3	3	13	3	3	
Фазы	Ф1	>>	>>	Ф2	>>	>>	Ф3	>>	>>	
1	Т	З	З	З	З	Ж	К	К	К	К
2	Т	З	Ж	Ж	К	К	К	К	К	К
3	Т	К	К	К	З	Ж	К	К	К	К
4	Т	К	К	К	З	Ж	К	К	К	К
5	Т	К	К	К	К	К	З	Ж	Ж	Ж
6	П	З	Ж	Ж	К	К	К	К	К	К
7	П	К	К	К	К	К	З	Ж	Ж	Ж
8										
9										
10										

Время полного цикла: 51 с

Рис. 92. Пример представления режима работы светофорного объекта

держат информацию об ограничениях скорости, типе регулирования перекрестка, приоритете проезда перекрестка или параметрах светофорного регулирования и разрешенных направлениях движения по полосам.

Исходные данные для моделирования обычно предоставляются в виде таблиц, схем, чертежей, проектов организации движения.

На рис. 90–93 приведены примеры реальных исходных данных для проектов, выполненных авторами.



Рис. 93. Пример проектной схемы движения транспорта в составе проекта планировки территории

4.2.2. Исходные данные для транспортного спроса

Главным фактором, определяющим состав исходных данных для моделирования прогнозных сценариев в части транспортного спроса, является временной горизонт прогнозирования. Именно горизонт прогнозирования будет определять необходимый набор исходных данных.

В случае прогнозирования на небольшой горизонт, до 5 лет, необходимо использовать следующие исходные данные для моделирования прогнозных сценариев в части транспортного спроса:

- изменение статистических данных (количественное распределение по территории): расселение жителей, трудящихся, студентов, дислокация рабочих и учебных мест.

В случае долгосрочного прогнозирования, на срок более 5 лет, необходимо использовать следующие исходные данные для моделирования прогнозных сценариев в части транспортного спроса:

- изменение статистических данных (аналогично рассмотрению при краткосрочном прогнозировании). При этом стоит отметить, что чем дальше горизонт прогнозирования, тем большие изменения в исходных статистических данных должны быть учтены в прогнозном сценарии. Это связано с тем, что градостроительные документы, такие как Генеральный план, обычно предусматривают

значительное развитие территории. Таким образом, если на краткосрочную перспективу до 5 лет достаточно изменить, например, количество рабочих мест в зоне исследования, то при долгосрочном прогнозировании свыше 5 лет важно учесть планируемые изменения использования и развития территорий города;

- изменение транспортной подвижности населения. Как уже говорилось ранее, параметры транспортной подвижности населения при прогнозировании на долгосрочный период, т.е. для горизонта планирования от 5 лет, обязательно следует корректировать.

Исходные данные для прогнозирования транспортного спроса обычно вызывают наибольшие затруднения при получении их от заказчика работ. Это связано с тем, что некоторые необходимые данные очень специфичны и используются только в транспортном моделировании и не применяются в других сферах.

Например, проектировщики и девелоперы крупных коммерческих объектов (торговых центров, офисных зданий) при проектировании обычно не закладывают планируемое количество рабочих мест, а используют только параметры площадей – общая площадь, торговая площадь и т.д. В этом случае необходимо или адаптировать коэффициенты процедуры генерации спроса для слов спроса, связанных с «Прочее», к площадям, или попытаться с помощью заказчика оценить возможный объем рабочих мест и долю рабочих мест в сфере услуг из общего объема для данных площадей.

При работе с государственными и муниципальными заказчиками не всегда возможно однозначно определить изменения в распределении жителей, рабочих мест и т.д. по территории города для долгосрочного прогноза, т.к. планы по развитию территорий постоянно корректируются, и Генеральные планы редко исполняются по графику.

В связи с этим авторы рекомендуют анализировать текущие планы реализации предусмотренных градостроительными документами мероприятий и на основе данных планов составлять список принятых гипотез касательно развития городской территории, которые далее необходимо согласовывать с заказчиком.

В случае неопределенности лучшее решение – предусмотреть несколько сценариев развития городской территории, условно говоря: пессимистичный, умеренный и оптимистичный. Такой подход позволит получить более объективные результаты и с разных сторон изучить поставленную задачу.

4.3. Примеры моделирования сценариев

Прежде чем рассматривать примеры прогнозных сценариев, стоит привести образец типового задания на моделирование. Приложения 1 и 2 содержат типовое техническое задание, включающее как прогнозное, так и имитационное моделирование.

Приложение 1 представляет техническое задание на моделирование для объектов недвижимости, имеющих низкие показатели генерации и притяжения транспортных и пассажирских потоков (менее 1000 мест приложения труда, менее 1000 проживающих людей).

Приложение 2 – техническое задание на моделирование для объектов недвижимости, имеющих высокие показатели генерации и притяжения транспортных и пассажирских потоков (более 1000 мест приложения труда, более 1000 проживающих людей). Подобные технические задания содержат стандартный набор работ по моделированию, который необходим для принятия того или иного проектного решения.

Далее рассмотрим типичные сценарии для моделирования из практики авторов.

4.3.1. Пример 1. Оценка целесообразности перевода в односторонний режим участка улицы

Данный сценарий рассмотрим на примере участка ул. Тимирязева в г. Перми.

Цель работы – оценить целесообразность перевода ул. Тимирязева в односторонний режим на участке от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в г. Перми.

На транспортной модели г. Перми было проведено прогнозирование суточных и пиковых интенсивностей транспортных потоков после перевода ул. Тимирязева в односторонний режим на участке от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября. Для этого в транспортную модель были внесены изменения, связанные с транспортным предложением:

- закрытие движения по ул. Тимирязева на участке от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в направлении ул. Н. Островского (рис. 94);

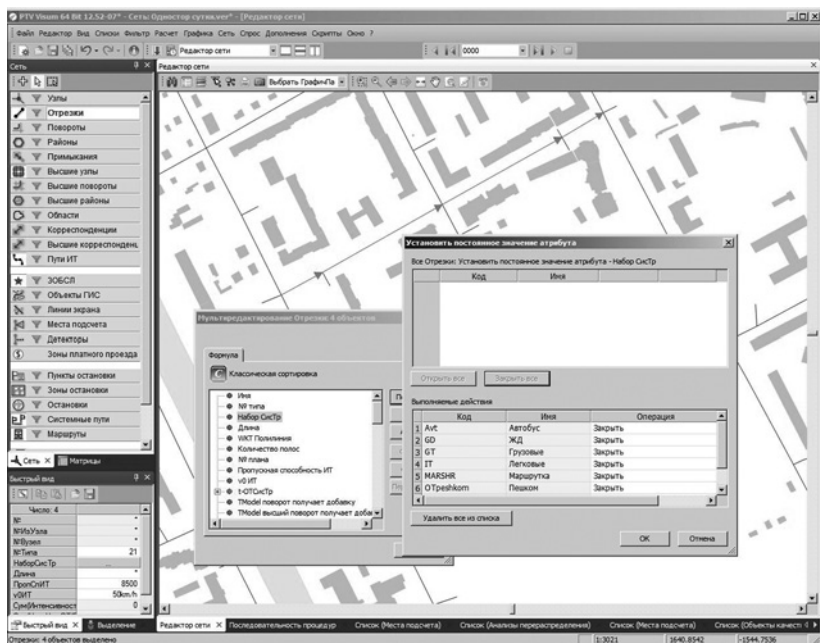


Рис. 94. Процедура закрытия движения по ул. Тимирязева на участке от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в направлении ул. Н. Островского на транспортной модели г. Перми в программном комплексе PTV Vision® VISUM

Стоит отметить, что по заданию Заказчика в существующей ситуации пропускная способность ул. Тимирязева на участке от ул. М. Горького до ул. 25 Октября была уменьшена в два раза по сравнению с нормативной.

Авторы рекомендуют использовать такой прием в ситуациях, когда наблюдается большой объем припаркованного транспорта, как на данном участке ул. Тимирязева. При этом фактически на данном участке остается только одна полоса для движения, на которой по очереди разъезжаются транспортные средства в обоих направлениях ул. Тимирязева;

В связи с тем, что на ул. Тимирязева наблюдается большой объем припаркованного транспорта, при переводе ул. Тимирязева в односторонний режим фактически на ней остается одна полоса для движения. По заданию Заказчика данное условие также было учтено при моделировании.

В связи с этим количество полос на участке ул. Тимирязева от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в направлении ул. 25 Октября не менялось. Поскольку в проектной ситуации исчез встреч-



Рис. 95. Расширение проезжей части по ул. Тимирязева на участке от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в направлении ул. 25 Октября в г. Перми

ный поток, пропускная способность участка по сравнению с существующей ситуацией была увеличена в два раза (рис. 95);

- изменение схемы организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября. На рис. 96 приведена существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября, на рис. 97 – проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября.

Авторы настойчиво рекомендуют тщательно проверять все узлы, попадающие в зону моделирования, на предмет правильности разрешенных/запрещенных маневров и направлений движения по полосам, т.к. эти ошибки могут существенно повлиять на результаты расчета;

- изменение схемы организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького. На рис. 98 приведена существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького, на рис. 99 – проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тими-

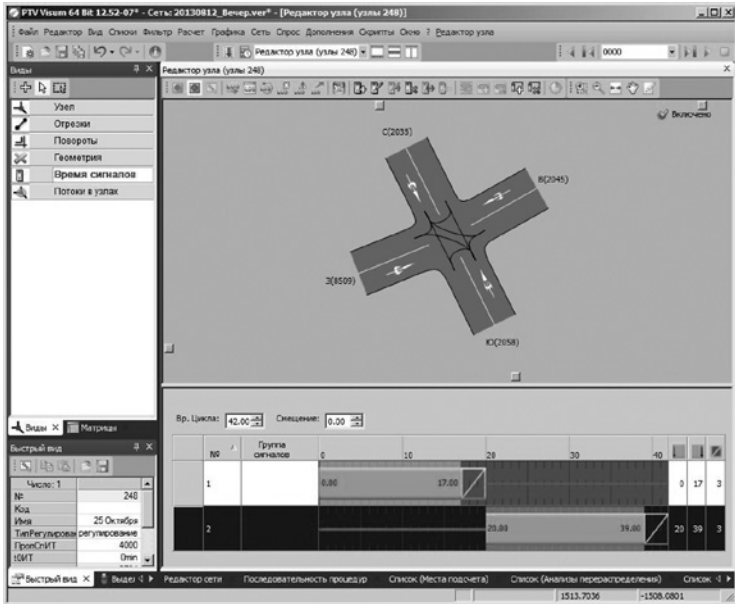


Рис. 96. Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября в г. Перми

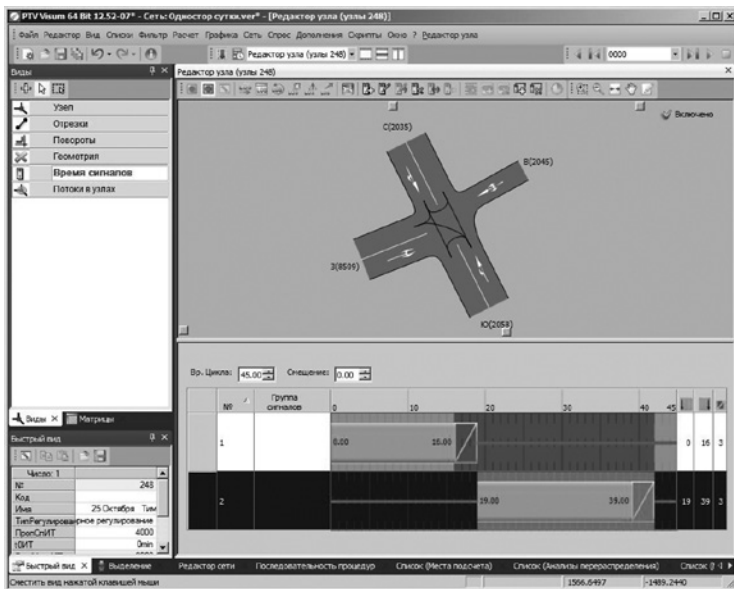


Рис. 97. Проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября в г. Перми

рязева и ул. М. Горького. Проектной схемой организации дорожного движения предусматривается запрет движения с западного направления ул. Тимирязева на ул. М. Горького.

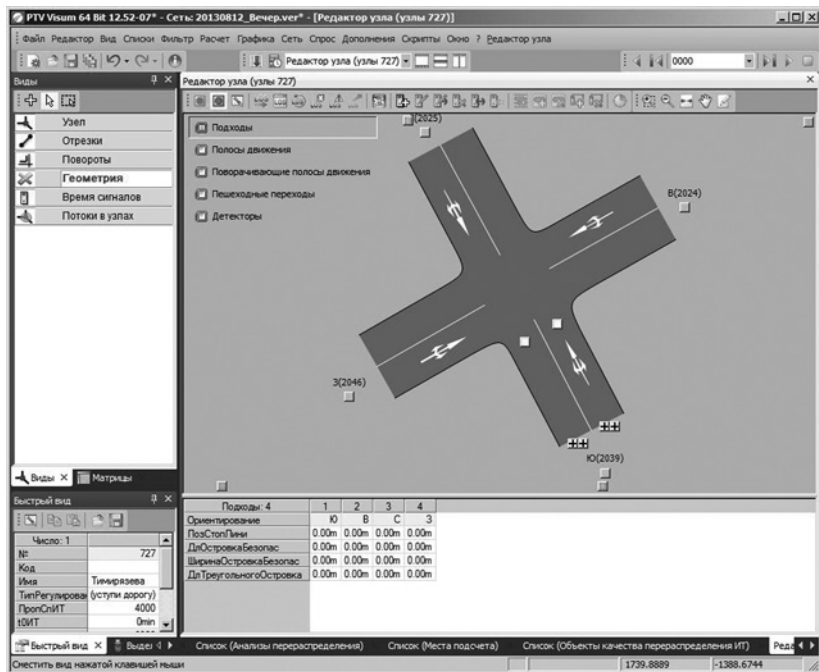


Рис. 98. Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького в г. Перми

- изменение схемы организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского. На рис. 100 приведена существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского, на рис. 101 – проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского. Проектной схемой организации дорожного движения предусматривается запрет движения с западного направления ул. Тимирязева на ул. Н. Островского.

После внесения описанных изменений на транспортной модели г. Перми был проведен расчет прогнозных значений интенсивности движения в зоне влияния исследуемого участка ул. Тимирязева. Проведен анализ изменения интенсивностей движения транспортных потоков в исследуемой области путем построения картограммы разностей прогнозной и существующей интенсивностей движения транспортных потоков в исследуемой области.

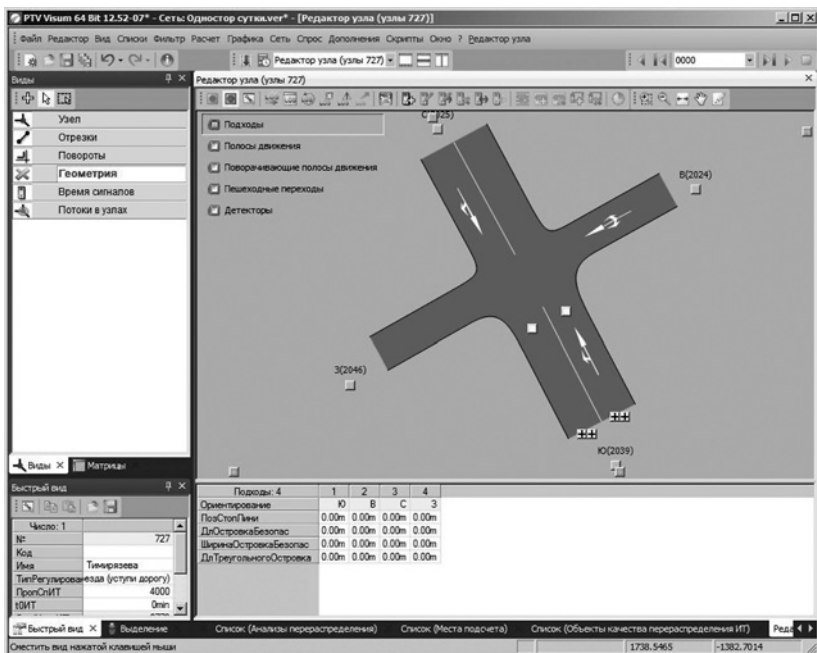


Рис. 99. Проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького в г. Перми

Подобную картограмму целесообразно строить после моделирования большинства сценариев, т.к. она позволяет наглядно отобразить изменение значений интенсивности движения транспортных потоков на территории как исследуемой области, так и всего города (рис. 102).

Итоговая оценка целесообразности перевода ул. Тимирязева в односторонний режим была дана после расчета значения параметра «Среднее время реализации транспортных корреспонденций» для существующей ситуации и после перевода в односторонний режим участка ул. Тимирязева от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября. Указанные значения приведены в табл. 4.

В результате перевода в односторонний режим участка ул. Тимирязева от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в г. Перми суммарные потери времени при реализации всех транспортных корреспонденций во всем городе составят 560,52 часа в сутки.

Таким образом, по результатам выполненного моделирования на транспортной модели г. Перми, после перевода в односторонний режим участка ул. Тимирязева от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября, качество функционирования транспортной системы г. Пер-

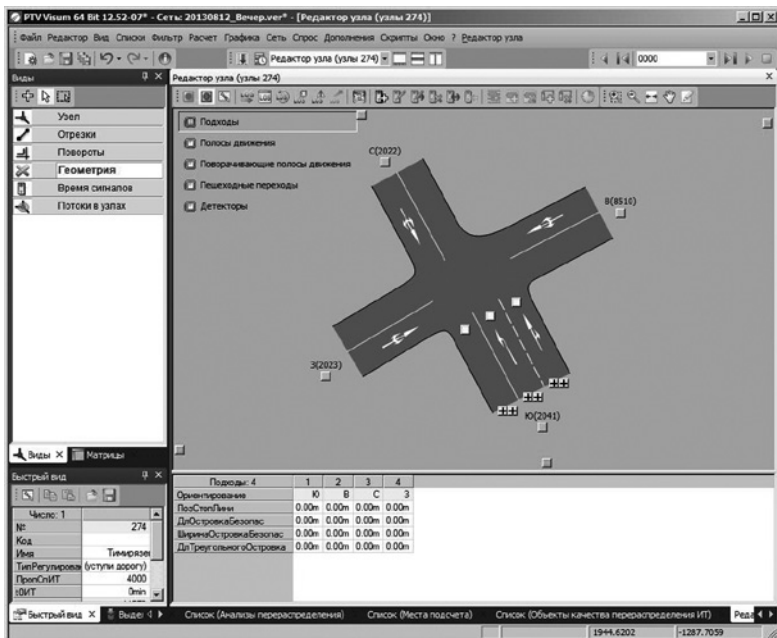


Рис. 100. Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского в г. Перми

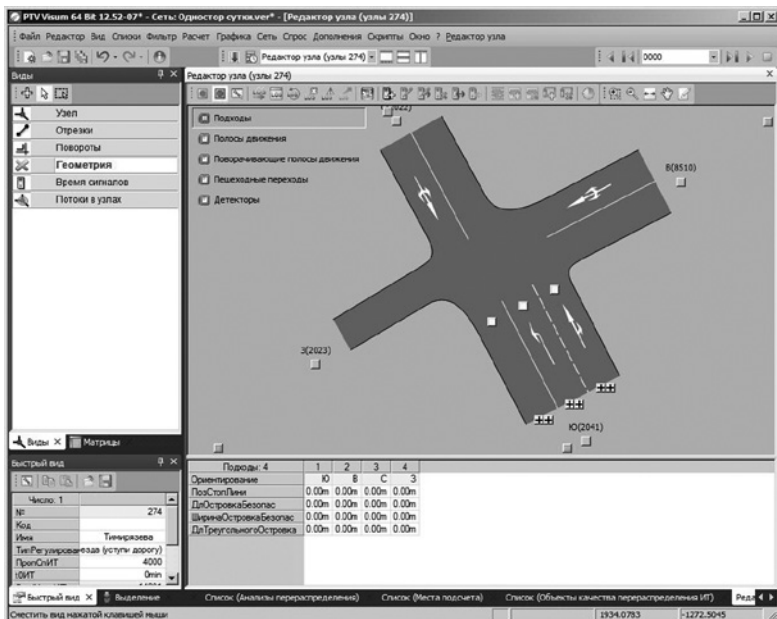


Рис. 101. Проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского в г. Перми



Рис. 102. Картограмма разностей прогнозной и существующей интенсивностей движения транспортных потоков в исследуемой области

Таблица 4

Значения параметра «Среднее время реализации транспортных корреспонденций» для существующей ситуации и после перевода в односторонний режим участка ул. Тимирязева от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в г. Перми

Вариант	Значение среднего времени реализации транспортных корреспонденций, мин
Существующая ситуация	41,80365
После перевода в односторонний режим участка ул. Тимирязева от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября	41,83479

ми ухудшается, поскольку значение параметра «Среднее время реализации транспортных корреспонденций» увеличивается.

Увеличение значение параметра «Среднее время реализации транспортных корреспонденций» связано с ростом интенсивности транспортных потоков на участках ул. Сибирская, ул. Швецова, ул. М. Горького и ул. 1-я Красноармейская и перекрестках на данных участках улично-дорожной сети.

4.3.2. Пример 2. Расчет прогнозного пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса

Сценарий прогноза пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса рассмотрим на примере расчета прогнозного пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская» в г. Перми.

Цель работы – расчет прогнозного пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская» в г. Перми и изменение пассажиропотока на остальных маршрутах городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) в связи с открытием нового маршрута троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская».

В ходе работы в транспортную модель города Перми был добавлен новый маршрут троллейбуса, разработанный специалистами МУП «ГорЭлектроТранс». Трассировка нового маршрута троллейбуса планируется по следующим остановкам:

В прямом направлении:

ул. Советская – ЦУМ – Октябрьская пл. – к/т «Октябрь» – к/т «Кристалл» – Комсомольская пл. – ул. Белинского – пл. К. Маркса – ул. Чернышевского – Авторадио – ул. Ушинского – Пермская ярмарка – ул. Макаренко – Студенческая – пл. Дружбы.

В обратном направлении:

пл. Дружбы – ул. Студенческая – ул. Макаренко – Пермская ярмарка – ул. Ушинского – Авторадио – ул. Чернышевского – пл. К. Маркса – ул. Белинского – Комсомольская пл. – к/т «Кристалл» – к/т «Октябрь» – Октябрьская пл. – ЦУМ – ул. Советская.

На рис. 103 приведена планируемая трассировка нового маршрута троллейбуса.

Согласно переданной специалистами МУП «ГорЭлектроТранс» информации, для нового маршрута троллейбуса планируется интервал движения 10 минут в пиковые часы и 25 минут – в межпиковое время.

Данное расписание движения было введено в транспортную модель г. Перми (рис. 104).

Кроме времени отправления с начального и конечного остановочных пунктов, в расписание движения нового маршрута троллейбуса введено также время движения между пунктами останов



Рис. 103. Трассировка нового маршрута троллейбуса

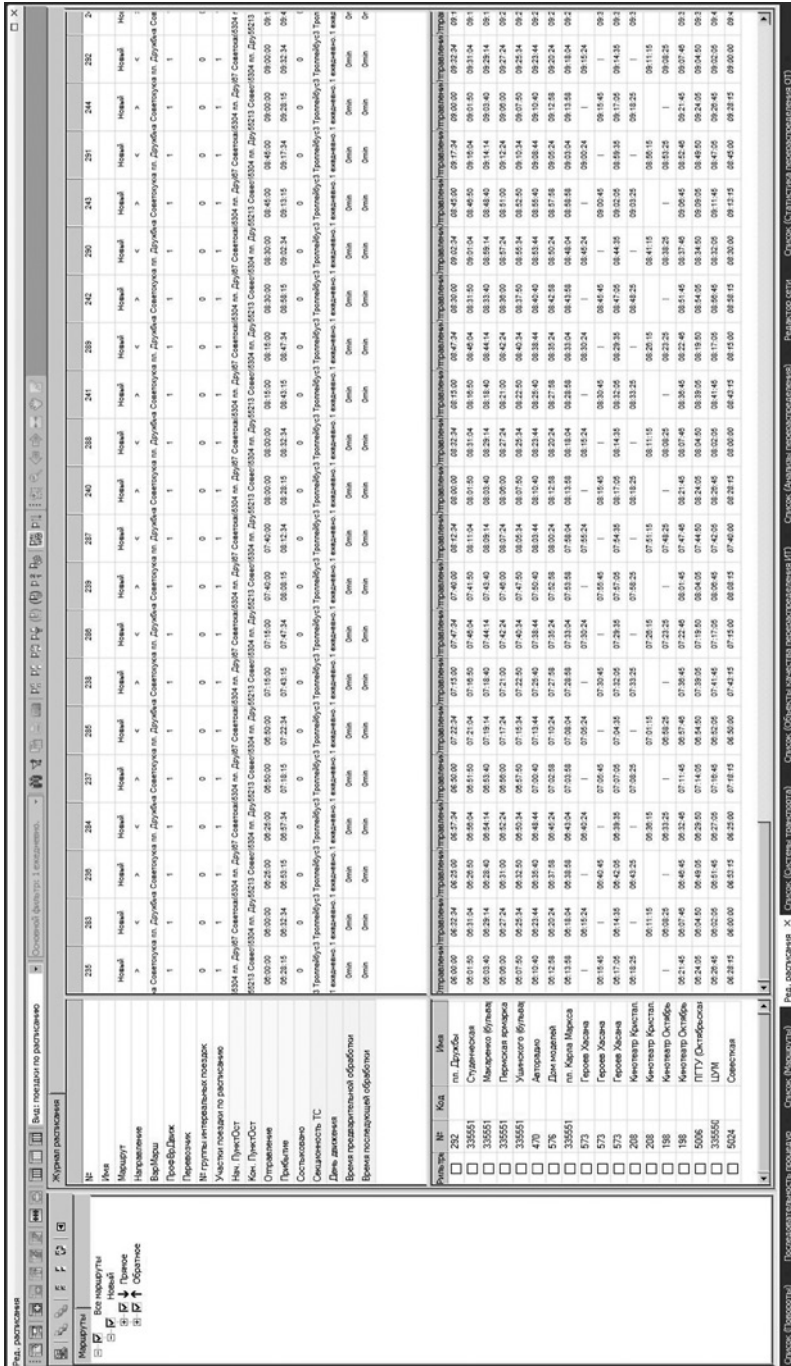
ки. Так, время совершения рейса в направлении пл. Дружбы – ул. Советская составит 30 минут, в обратном направлении – 27 минут.

Авторы хотели бы отметить, что уточнение времени движения между остановочными пунктами для планируемого маршрута не менее важно, чем уточнение времени отправления с начального пункта.

После добавления в транспортную модель г. Перми нового маршрута троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская» было проведено прогнозирование суточного пассажиропотока на данном маршруте, а также изменение суточного пассажиропотока на других маршрутах ГПТОП.

Картограмма интенсивности прогнозного суточного пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская» приведена на рис. 105.

По результатам расчета, прогнозный пассажиропоток на планируемом троллейбусном маршруте составит 1219 пассажиров в сутки, при этом суммарный пассажиропоток на всех маршрутах троллейбуса увеличится на 765 пассажиров в сутки. Это связано с тем, что на новый маршрут перераспределится часть пассажиров других троллейбусных маршрутов. В целом же по всему электротранспорту (трамваи и троллейбусы) пассажиропоток увеличится на 733 пассажира в сутки.



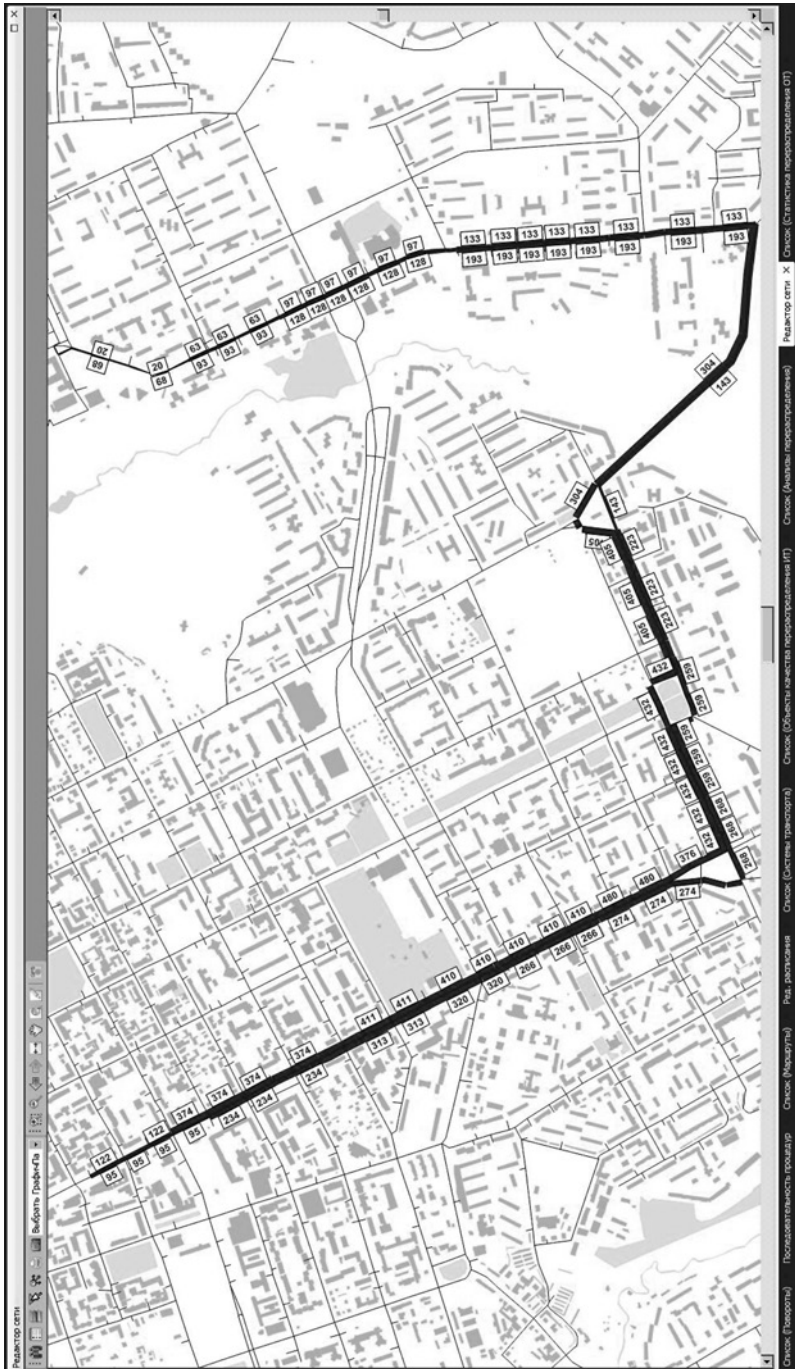


Рис. 105. Картограмма интенсивности прогнозного суточного пассажиропотока на новом маршруте троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская», пасс./сут.

Кроме прогнозирования пассажиропотока для нового маршрута троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская» в г. Перми и прогнозирования изменения пассажиропотока на других маршрутах ГПТОП после открытия нового маршрута троллейбуса, была также проведена оценка изменения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы г. Перми и системы ГПТОП после открытия нового маршрута троллейбуса.

Стоит отметить, что оценка изменения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы не менее важна, чем прогноз перспективного пассажиропотока.

К интегральным показателям качества функционирования системы ГПТОП относятся:

- объем транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП;
- суммарный пассажиропоток на ГПТОП;
- среднее время реализации транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП.

Значения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы г. Перми и системы ГПТОП до и после открытия нового маршрута троллейбуса приведены в табл. 5.

Таблица 5

Значения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы г. Перми и системы ГПТОП до и после открытия нового маршрута троллейбуса сообщением «пл. Дружбы – ул. Советская»

Показатель	Значение показателя	
	до открытия нового маршрута троллейбуса	после открытия нового маршрута троллейбуса
Объем транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП, чел./сут.	738 859	738 860
Суммарный пассажиропоток на ГПТОП, пасс./сут.	1 031 853	1 031 534
Среднее время реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте, мин.	42,867	42,850

Таким образом, объем транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП, увеличивается на одного человека после открытия нового маршрута троллейбуса. При этом уменьшается суммарный пассажиропоток на ГПТОП. Это говорит о том, что снизилось количество пересадок на ГПТОП.

Снижение количества пересадок на ГПТОП можно оценить как положительный эффект для пассажиров, т.к. оно приводит к уменьшению среднего времени реализации транспортных корреспонденций, осуществляемых на ГПТОП.

С другой стороны, для перевозчиков снижение пересадочности и, как следствие, суммарного пассажиропотока приводит к уменьшению количества проданных билетов и выручки. В данном случае пассажиропоток на электротранспорте увеличивается с 165 263 до 165 996 пасс./сут., и уменьшается пассажиропоток на автобусном транспорте с 759 664 до 758 609 пасс./сут.

По результатам выполненных расчетов были сделаны следующие выводы:

Открытие планируемого маршрута троллейбуса «пл. Дружбы – ул. Советская» приводит к увеличению пассажиропотока как на троллейбусах, так и на всем электротранспорте.

При этом уменьшается общий объем пассажиропотока на всем ГПТОП, что приводит к уменьшению выручки перевозчиков на автобусных маршрутах.

Для пассажиров данные изменения интегральных показателей качества функционирования системы ГПТОП являются положительными, т.к. происходит уменьшение количества пересадок и среднего времени реализации транспортных корреспонденций, осуществляемых на ГПТОП.

В связи с этим открытие планируемого маршрута троллейбуса «пл. Дружбы – ул. Советская» можно оценить как положительное изменение для системы ГПТОП.

4.3.3. Пример 3. Определение очередности реализации первоочередных сценариев оптимизации работы транспортного комплекса

Данный сценарий рассмотрим на примере г. Самара.

Цель работы – определение очередности реализации первоочередных сценариев оптимизации работы транспортного комплекса г.о. Самара.

Департаментом строительства и архитектуры г.о. Самара было определено три первоочередных сценария развития транспортной системы г.о. Самара:

1. Строительство участка ул. 22 Партсъезда от ул. Ново-Садовая до ул. Московское шоссе и от пр. К. Маркса до ул. Ставропольская в г.о. Самара.
2. Реконструкция участка ул. Мичурина от пр. Масленникова до ул. Революционная в г.о. Самара.
3. Строительство участка ул. Дачная от ул. Пензенская до ул. Московское шоссе в г.о. Самара.

Для принятия решений об очередности реализации первоочередных сценариев оптимизации работы транспортного комплекса г.о. Самара было решено провести моделирование данных сценариев на транспортной модели г.о. Самара.

При этом при моделировании для всех сценариев принято, что транспортный спрос остается неизменным, т.е. на существующем уровне остаются параметры транспортной подвижности населения, а также расселение жителей, дислокация мест приложения труда, мест приложения труда в сфере услуг, а также учебных мест.

Кроме того, принята гипотеза, что маршрутная сеть городского пассажирского транспорта общего пользования остается существующей. Это означает, что неизменными остаются как трассировки прохождения маршрутов общественного транспорта, так и расписания движения, то есть время отправлений с начальных пунктов остановки, а также время движения между остановочными пунктами.

Авторы хотели бы отметить важность принятия правильных гипотез, рассматриваемых перед началом моделирования, т.к. они оказывают непосредственное влияние на результаты моделирования.

Принимаемые в качестве начальных условий те или иные гипотезы нуждаются, кроме того, в четкой формализации. Для этих целей на начальных этапах моделирования следует ввести в качестве текстовой исходной информации все принимаемые гипотезы и допущения.

Таким образом, при моделировании каждый сценарий предусматривал только изменения в транспортном предложении для индивидуального транспорта.

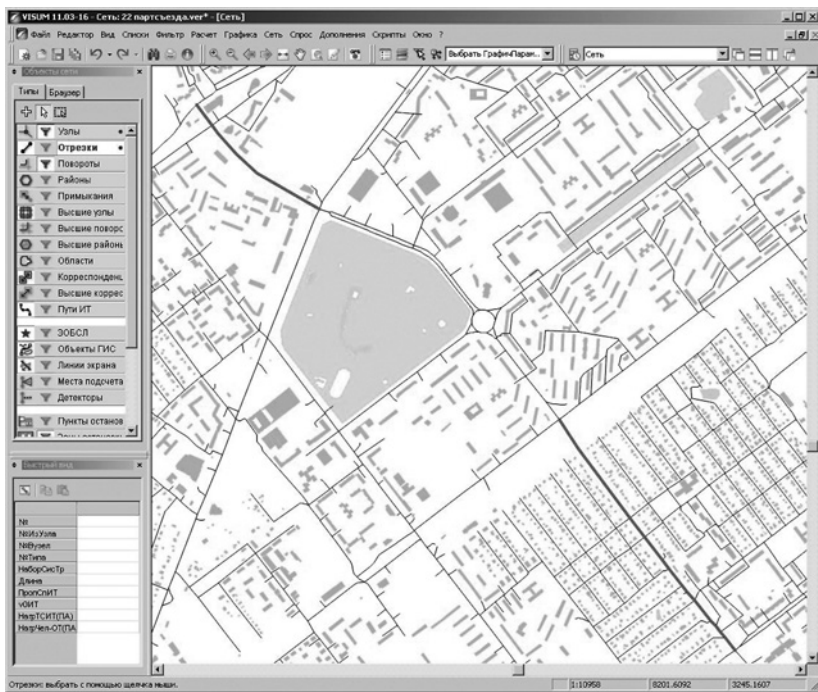


Рис. 106. Трассировка новых участков ул. 22 Партсъезда в г.о. Самара

Сценарий № 1 включает в себя строительство участка ул. 22 Партсъезда от ул. Ново-Садовая до ул. Московское шоссе и от пр. К. Маркса до ул. Ставропольская в г.о. Самара (рис. 106).

Согласно переданному Департаментом строительства и архитектуры администрации г.о. Самара проекту, предполагается, что участок ул. 22 Партсъезда от ул. Ново-Садовая до ул. Московское шоссе будет иметь по две полосы движения в каждом направлении с уширениями у перекрестков с ул. Московское шоссе и ул. Ново-Садовая.

Количество полос введено в параметры соответствующих участков ул. 22 Партсъезда в транспортную модель г.о. Самара (рис. 107).

Проектные схемы организации движения на данных перекрестках представлены на рис. 108 и 109.

Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда с пр. К. Маркса представлена на рис. 110.

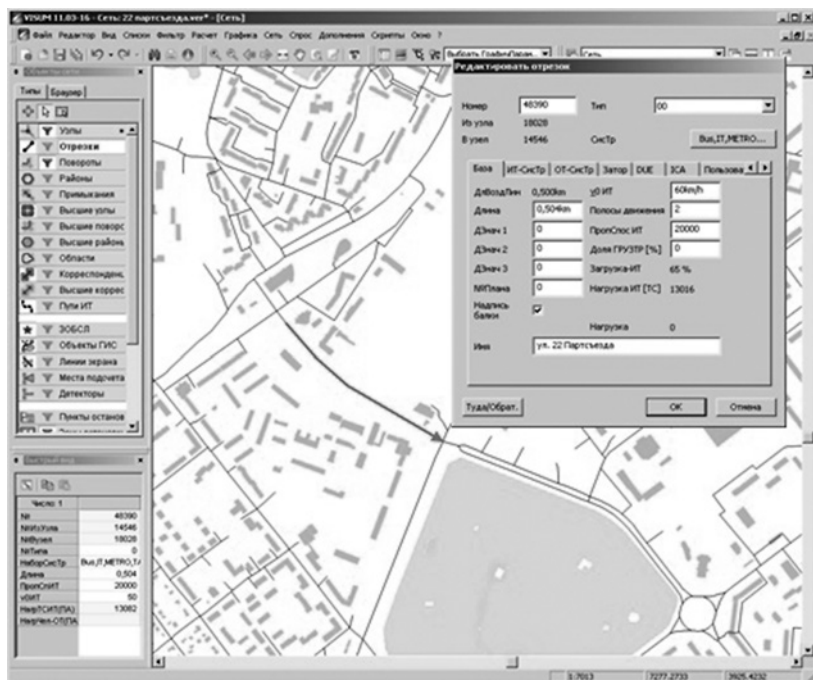


Рис. 107. Параметры новых участков ул. 22 Партсъезда в г.о. Самара

Соответствующие проектным схемам организации движения изменения (направления движения по полосам, а также параметры светофорного регулирования) введены в транспортную модель г.о. Самара (рис. 111–113).

Авторы рекомендуют тщательно проверять изменяемые параметры организации дорожного движения в узлах, т.к. такие ошибки оказывают большое влияние на результаты моделирования.

Аналогично Сценарию №1 было проведено моделирование для остальных сценариев. После расчетов для каждого из проектных сценариев были получены значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций, они приведены в табл. 6.

По полученным в результате расчетов значениям среднего времени реализации транспортных корреспонденций все три проектных сценария приводят к улучшению транспортной ситуации в городе в целом.

При этом наибольший эффект имеет реализация Сценариев № 1 (ул. 22 Партсъезда) и № 3 (ул. Дачная). Реализация Сценария № 2 приводит к незначительному улучшению среднего времени ре-

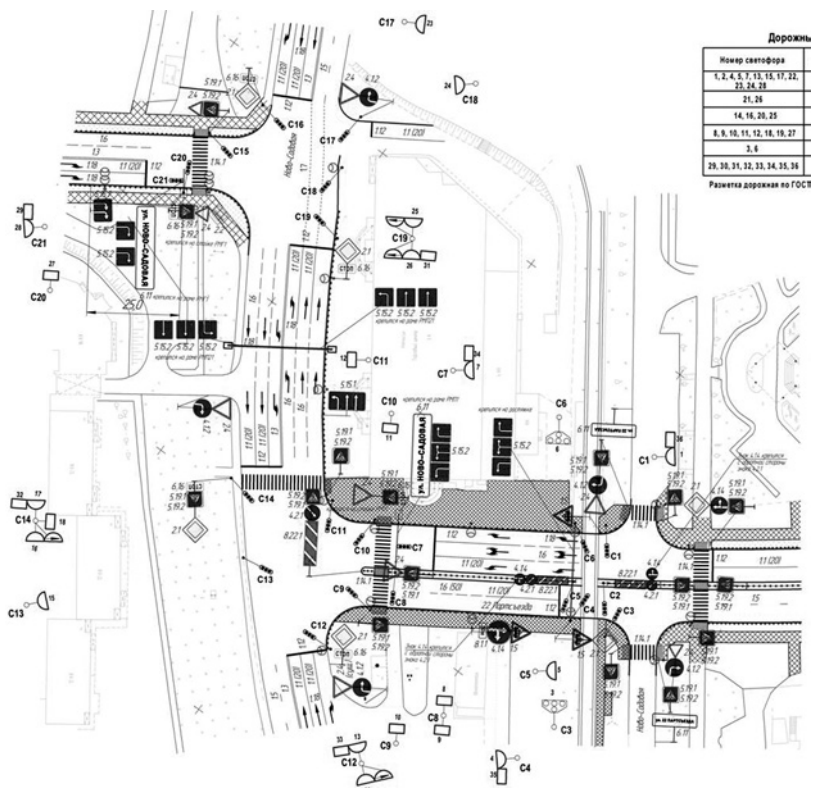


Рис. 108. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и ул. Ново-Садовая в г.о. Самара

Таблица 6

Значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций для проектных сценариев и существующей ситуации

Сценарий	Среднее время реализации транспортных корреспонденций, мин.
Существующая ситуация	27,58754
Сценарий №1 (ул. 22 Партсъезда)	27,29571
Сценарий №2 (ул. Мичурина)	27,57872
Сценарий №3 (ул. Дачная)	27,49560

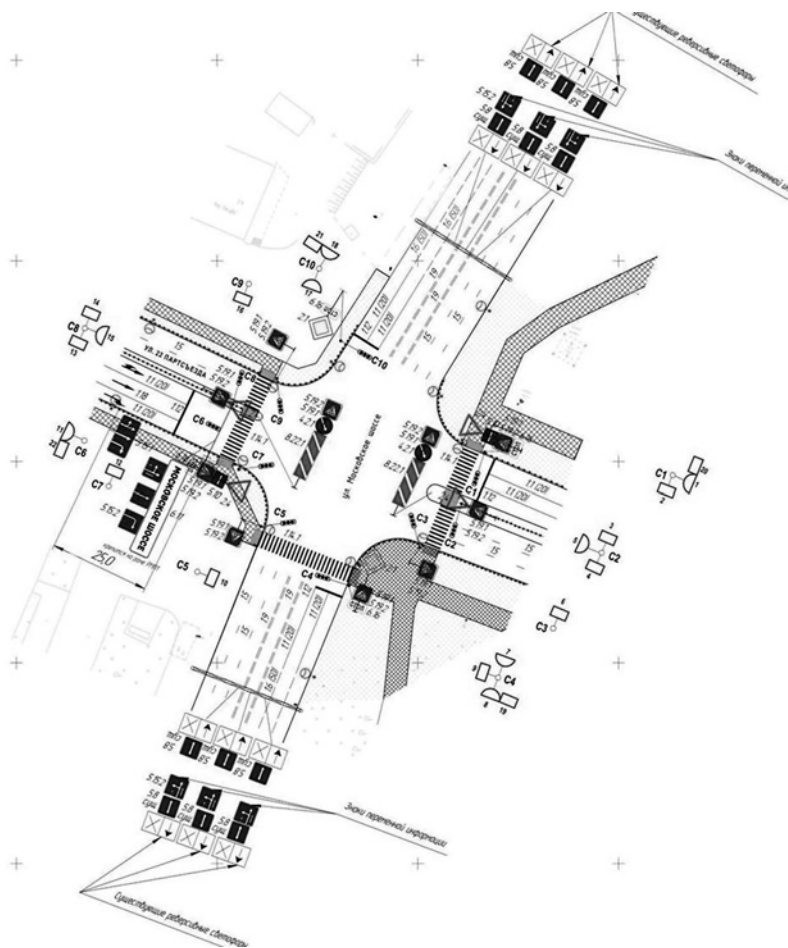


Рис. 109. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и ул. Московское шоссе в г.о. Самара

ализации транспортных корреспонденций по сравнению со Сценариями № 1 и № 3.

На основании значений среднего времени реализации транспортных корреспонденций определен порядок реализации сценариев (табл. 7).

Различия в значениях среднего времени реализации транспортных корреспонденций для рассмотренных сценариев объясняется тем, что в системе улично-дорожной сети г.о. Самара можно наблюдать нехватку поперечных связей.

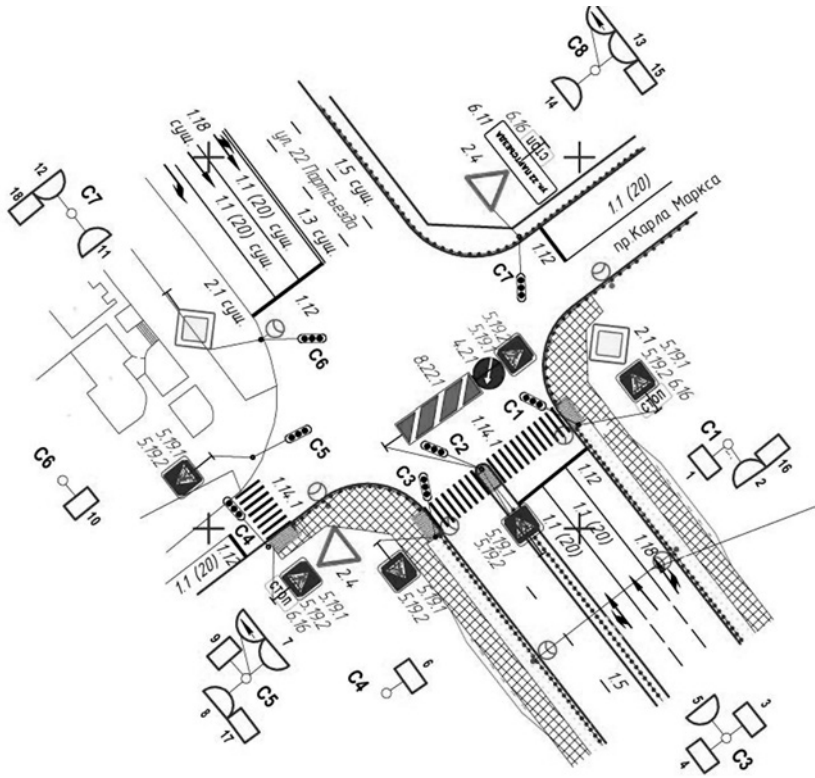


Рис. 110. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и пр. К. Маркса в г.о. Самара

Таблица 7

Порядок реализации проектных сценариев

Сценарий	Порядок реализации сценария.
Сценарий № 1 (ул. 22 Партсъезда)	1
Сценарий № 2 (ул. Мичурина)	3
Сценарий № 3 (ул. Дачная)	2

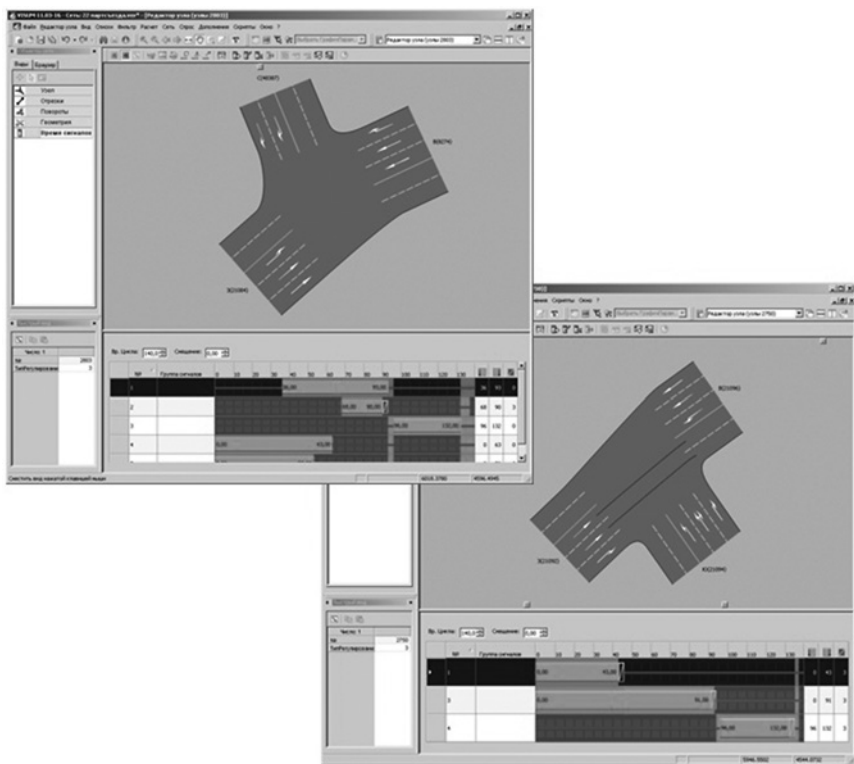


Рис. 111. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и ул. Ново-Садовая в транспортной модели г.о. Самара

В то же время Сценарий № 2 включает реконструкцию продольной связи, при этом проектом не предусмотрено соединение восточной части ул. Мичурина с основными продольными связями – ул. Ново-Садовой или Московским шоссе, что не позволяет в полной мере использовать ул. Мичурина в качестве их дублера.

Таким образом, при реализации Сценария № 2 ул. Мичурина на участке от ул. Революционная до пр. Масленникова обслуживает прилегающую территорию, при этом не повышается связность улично-дорожной сети.

Сценарии № 1 и № 3 включают строительство поперечных связей, что повышает связность улично-дорожной сети между ее продольными связями, и это дает большой положительный эффект для транспортной системы г.о. Самара, выражаемый в уменьшении среднего времени реализации транспортных корреспонденций.

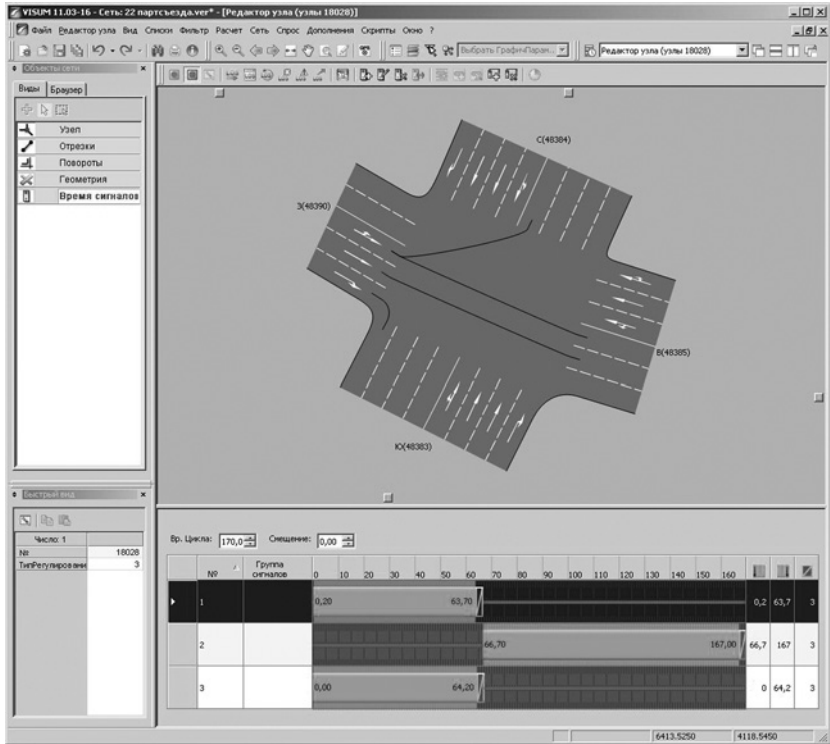


Рис. 112. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и ул. Московское шоссе в транспортной модели г.о. Самара

Стоит обратить внимание, что данный подход к определению очередности реализации сценариев не является единственно верным. Однако авторы считают, что среднее время реализации транспортных корреспонденций – наиболее важный показатель качества функционирования транспортной системы.

В тех случаях если известна стоимость реализации сценария в рублях, то, кроме учета только среднего времени реализации транспортных корреспонденций, авторы могут порекомендовать оценку тех или иных сценариев по показателю эффективности реализации сценария. В этом случае оценка сценариев производится по соотношению стоимости изменения среднего времени реализации транспортных корреспонденций на минуту в рублях.

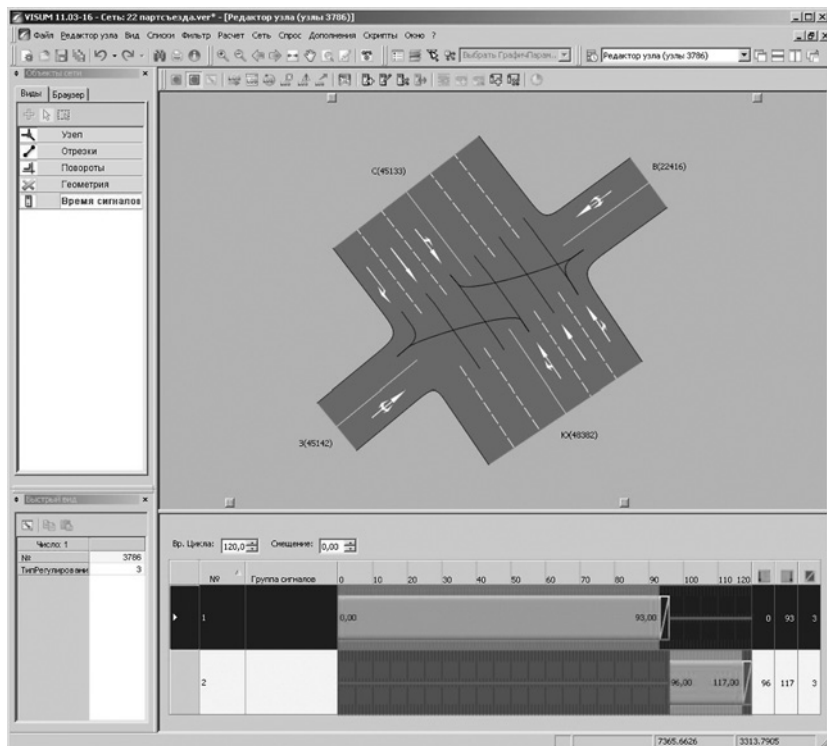


Рис. 113. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и пр. К. Маркса в транспортной модели г.о. Самара

Раздел 5

Анализ и представление результатов моделирования

5.1. Параметры оценки результатов моделирования

Для анализа результатов моделирования прогнозных сценариев используются различные показатели качества функционирования дорожно-транспортного комплекса города. Данные показатели можно условно разбить на две группы – интегральные и локальные.

К *интегральным* относятся следующие показатели качества функционирования дорожно-транспортного комплекса города:

- среднее время реализации транспортных корреспонденций;
- суммарный суточный пробег индивидуального транспорта;
- баланс использования индивидуального транспорта и городского пассажирского транспорта общего пользования;
- суточный пассажиропоток городского пассажирского транспорта общего пользования.

К *локальным* относятся следующие показатели качества функционирования дорожно-транспортного комплекса города:

- значения интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости;
- коэффициент загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости;
- значения интенсивности пассажирских потоков в системе городского пассажирского транспорта общего пользования в зоне влияния нового объекта недвижимости.

Более подробно понятие качества функционирования транспортной системы рассмотрено в [1].

Из названий данных групп показателей легко понять, что интегральные показатели позволяют оценить влияние тех или иных мероприятий на качество функционирования транспортной системы в целом, а локальные показатели – оценить влияние тех или иных мероприятий непосредственно в исследуемой зоне.

Расчет локальных показателей не вызывает вопросов, так как это стандартные атрибуты элементов транспортной модели. Расчет же интегральных показателей может вызвать определенные трудности. Далее рассмотрим, как рассчитать значение каждого из интегральных показателей непосредственно в PTV Vision® VISUM.

5.1.1. Суммарный суточный пробег индивидуального транспорта

Суммарный суточный пробег индивидуального транспорта рассчитывается в PTV Vision® VISUM автоматически. Этот по-

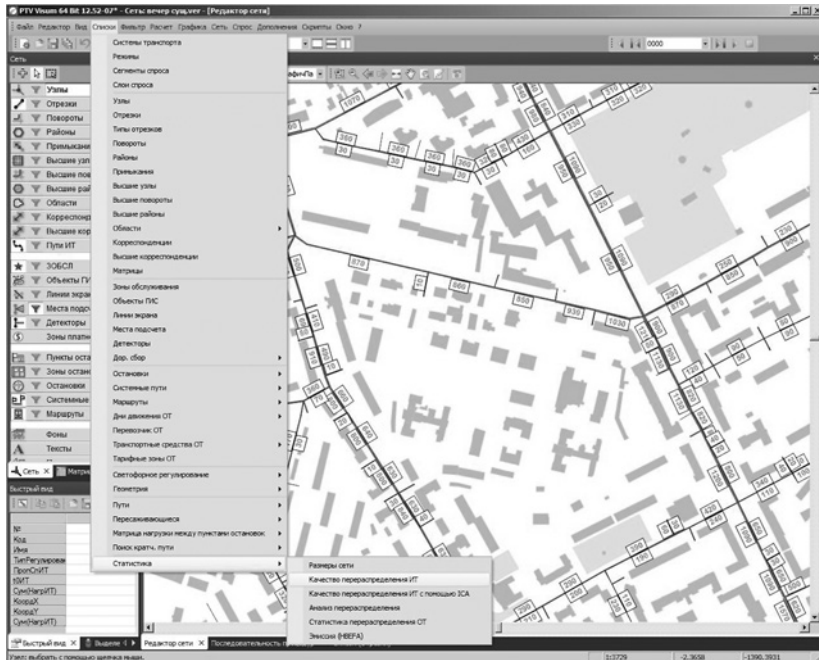


Рис. 114. Расчет суммарного суточного пробега индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

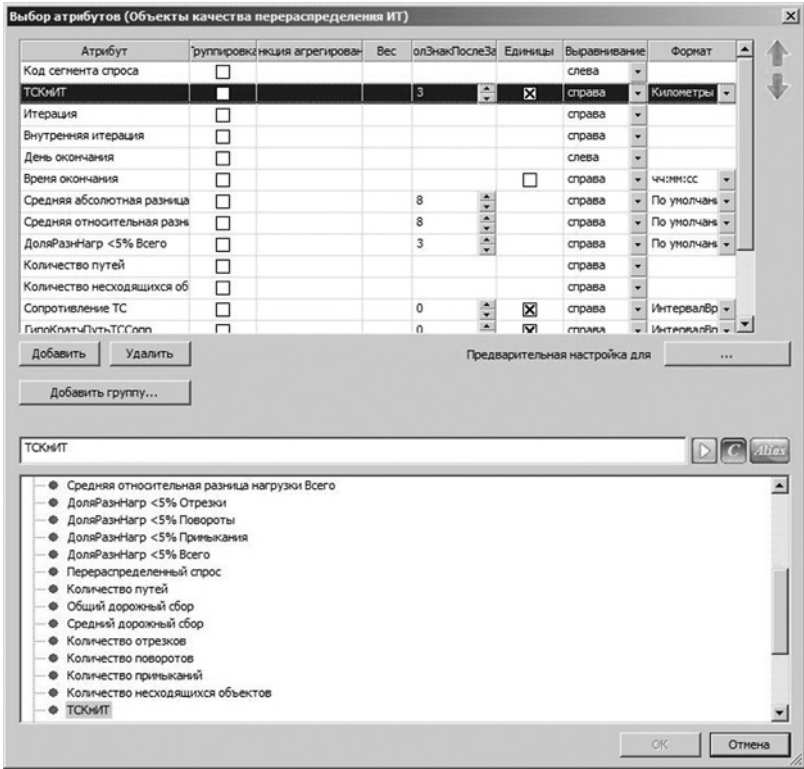


Рис. 115. Выбор атрибута суммарного суточного пробега индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Таблица 8

Расчетные значения суммарного суточного пробега для транспортных систем городов Перми, Самары и Екатеринбурга

Город	Расчетное значение суммарного суточного пробега индивидуального транспорта, авт.км.
Пермь	10 310 623
Самара	11 294 045
Екатеринбург	14 471 203

Число	Код/Сег/Стр	ТС/км/ИТ	Итерация	Внутр/Итерация	День/Окончания	Вр/Окончания	Ср/МС/Разн/Нар/Всего	Ср/Относ/Разн/Нар/Всего
1	ИТ	0.000km	1	29.01.2014	13:40:41	0.00000000	0.000000	
2	ИТ	795629.483km	2	29.01.2014	13:40:56	94.80334353	1.375758	
3	ИТ	878517.045km	3	29.01.2014	13:41:10	51.63972070	0.786513	
4	ИТ	857943.672km	4	29.01.2014	13:41:25	30.00788796	0.233795	
5	ИТ	878623.265km	5	29.01.2014	13:41:40	19.06524468	0.128665	
6	ИТ	872726.819km	6	29.01.2014	13:41:54	12.35421528	0.068415	
7	ИТ	869454.449km	7	29.01.2014	13:42:09	9.30893872	0.064233	
8	ИТ	865821.587km	8	29.01.2014	13:42:24	7.12705810	0.052348	
9	ИТ	867674.937km	9	29.01.2014	13:42:38	6.20695652	0.035227	
10	ИТ	865811.859km	10	29.01.2014	13:42:53	4.90323186	0.029318	
11	ИТ	865650.900km	11	29.01.2014	13:43:07	4.14001535	0.027863	
12	ИТ	863982.487km	12	29.01.2014	13:43:22	3.95383372	0.023550	
13	ИТ	862223.691km	13	29.01.2014	13:43:37	3.25700521	0.021337	
14	ИТ	860477.547km	14	29.01.2014	13:43:51	2.96262850	0.019852	
15	ИТ	859143.137km	15	29.01.2014	13:44:06	2.45849403	0.024553	
16	ИТ	857534.189km	16	29.01.2014	13:44:20	2.20237509	0.019016	
17	ИТ	856639.149km	17	29.01.2014	13:44:34	2.00912843	0.014582	
18	ИТ	856029.371km	18	29.01.2014	13:44:49	1.87121852	0.012563	
19	ИТ	855440.653km	19	29.01.2014	13:45:03	1.78452686	0.011781	
20	ИТ	854925.079km	20	29.01.2014	13:45:18	1.57022769	0.018098	
21	ИТ	854022.558km	21	29.01.2014	13:45:32	1.64047844	0.011035	
22	ИТ	853398.039km	22	29.01.2014	13:45:47	1.42796344	0.009646	
23	ИТ	852627.648km	23	29.01.2014	13:46:01	1.41530025	0.010570	
24	ИТ	851969.437km	24	29.01.2014	13:46:16	1.30818924	0.009020	
25	ИТ	851631.659km	25	29.01.2014	13:46:30	1.26247713	0.008576	
26	ИТ	851410.039km	26	29.01.2014	13:46:45	1.14517549	0.007648	
27	ИТ	851021.473km	27	29.01.2014	13:47:00	1.02743822	0.007279	
28	ИТ	850565.347km	28	29.01.2014	13:47:14	0.97337808	0.007235	
29	ИТ	850190.549km	29	29.01.2014	13:47:29	1.01866916	0.006892	
30	ИТ	849590.473km	30	29.01.2014	13:47:43	0.95781848	0.006433	
31	ИТ	849631.743km	31	29.01.2014	13:47:58	0.87281891	0.005316	
32	ИТ	849412.293km	32	29.01.2014	13:48:12	0.86746824	0.005237	
33	ИТ	849159.534km	33	29.01.2014	13:48:27	0.76404519	0.005644	
34	ИТ	848936.591km	34	29.01.2014	13:48:42	0.76352487	0.005531	
35	ИТ	848954.928km	35	29.01.2014	13:48:56	0.73820996	0.005270	
36	ИТ	848479.019km	36	29.01.2014	13:49:11	0.72733560	0.005003	
37	ИТ	848322.965km	37	29.01.2014	13:49:25	0.65920209	0.004832	
38	ИТ	848173.113km	38	29.01.2014	13:49:40	0.679893016	0.004803	
39	ИТ	848014.019km	39	29.01.2014	13:49:54	0.65178891	0.004570	
40	ИТ	847846.125km	40	29.01.2014	13:50:09	0.60588500	0.004390	

Рис. 116. Выбор атрибута суммарного суточного пробега индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

казатель представляет сумму длин всех реализованных в транспортной модели корреспонденций, измеряется в автомобиле-километрах.

Найти значение этого показателя для исследуемой транспортной модели можно в меню «Списки – Статистика – Качество перераспределения ИТ» (рис. 114).

Далее в списке атрибутов необходимо выбрать атрибут «ТС Км ИТ» (рис. 115). Столбец со значением выбранного атрибута для каждой из итераций перераспределения появится в открытом списке (рис. 116).

Так, для транспортной системы г. Перми в вечерний час пик расчетное значение суммарного суточного пробега индивидуального транспорта равно 847 846 км. Расчетные значения суммарного суточного пробега для транспортных систем городов Перми, Самары и Екатеринбурга приведены в табл. 8.

5.1.2. Суммарный суточный пассажиропоток общественного транспорта

Суммарный суточный пассажиропоток общественного транспорта также напрямую рассчитывается в программном комплексе PTV Vision® VISUM. Получить значение этого показателя можно следующим образом.

Необходимо зайти в меню «Списки – Маршруты – Маршруты» (рис. 117).

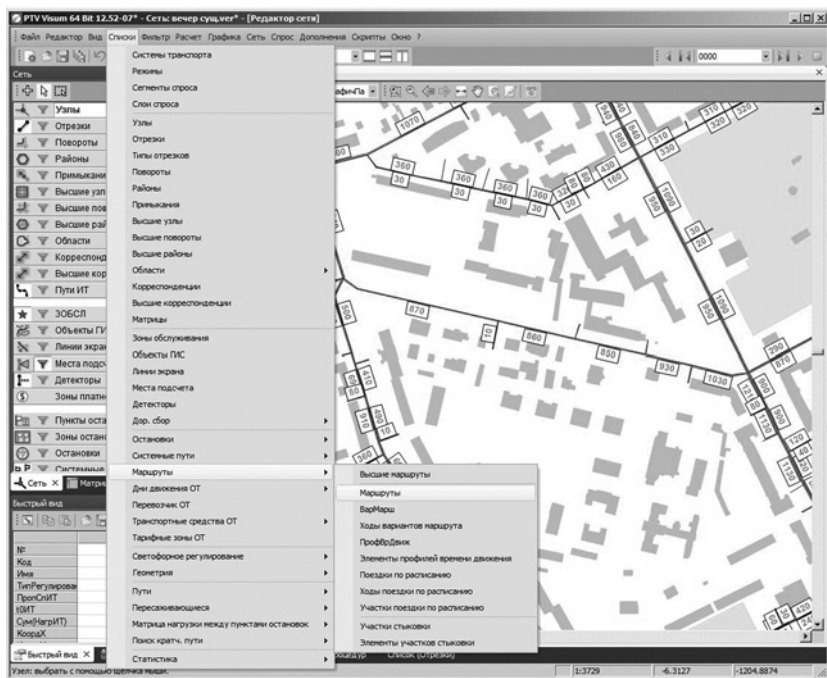


Рис. 117. Расчет суммарного суточного пассажиропотока на общественном транспорте в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Далее в открывшийся список нужно добавить атрибут «Перевозки по маршрутам» (рис. 118).

В результате в открытом списке появится столбец со значениями пассажиропотока за выбранный временной период анализа для каждого маршрута (рис. 119).

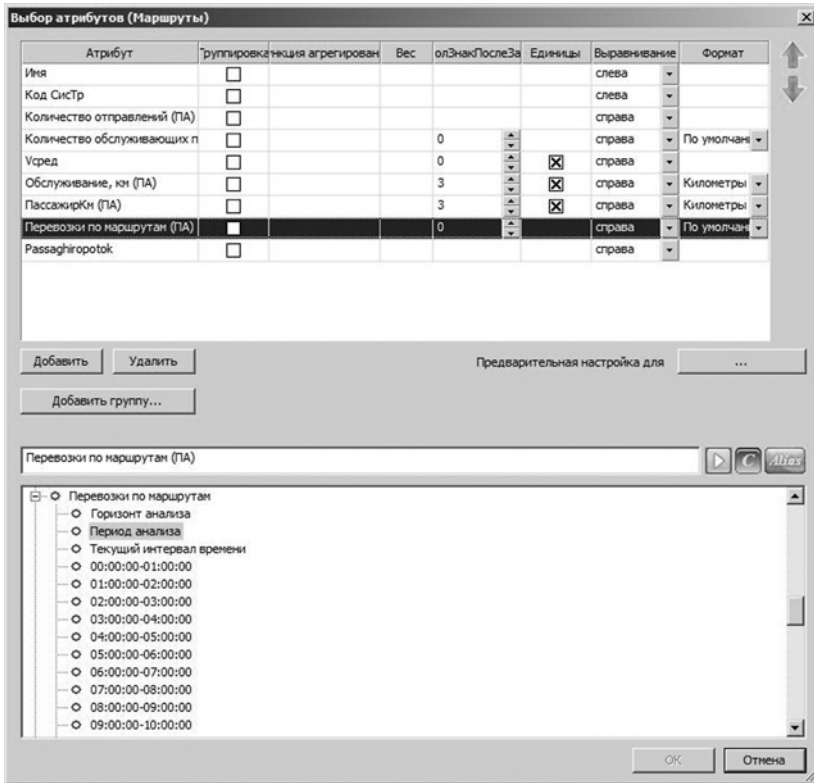


Рис. 118. Добавление атрибута маршрутов «Перевозки по маршрутам» в PTV Vision@ VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Для получения суммарного суточного пассажиропотока на общественном транспорте необходимо просуммировать данный столбец, воспользовавшись стандартной функцией суммирования в редакторе списков PTV Vision@ VISUM или сторонними программными продуктами, например MS Excel.

5.1.3. Баланс использования индивидуального и общественного транспорта

Баланс использования индивидуального и общественного транспорта рассчитывается как соотношение объемов транспортного спроса на индивидуальный и общественный транспорт. Оче-

Число 123	Имя	Марш/Перев(ПА)
1	Автобус 01	965101
2	Автобус 02	20221
3	Автобус 03	11762
4	Автобус 04	6580
5	Автобус 05	8688
6	Автобус 06	6097
7	Автобус 07	2919
8	Автобус 08	3285
9	Автобус 09	15720
10	Автобус 10	149
11	Автобус 11	20363
12	Автобус 12	17517
13	Автобус 13	680
14	Автобус 14	16200
15	Автобус 14а	15000
16	Автобус 15	3595
17	Автобус 16	7640
18	Автобус 17	12968
19	Автобус 18	0
20	Автобус 19	8652
21	Автобус 20	17391
22	Автобус 21	33399
23	Автобус 22	937
24	Автобус 24	2572
25	Автобус 25	1309
26	Автобус 26	2318
27	Автобус 27	147
28	Автобус 28	20668
29	Автобус 29	9851
30	Автобус 30	1050
31	Автобус 31	12064
32	Автобус 32	0
33	Автобус 33	12630
34	Автобус 34	918
35	Автобус 35	3737
36	Автобус 36	383
37	Автобус 37	17826
38	Автобус 38	4349
39	Автобус 39	5091
40	Автобус 40	2569
41	Автобус 41	10958
42	Автобус 42	11305
43	Автобус 43	4589
		9215

Рис. 119. Значения атрибута «Перевозки по маршрутам» для маршрутов общественного транспорта в редакторе списков PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

видно, что данные объемы определяются суммой ячеек матриц корреспонденций индивидуального и общественного транспорта.

Найти данные суммы ячеек матриц можно в меню «Списки – Матрицы» (рис. 120).

В появившемся окне редактора списков по умолчанию добавлен атрибут «Сумма» (рис. 121). В случае если данный атрибут не добавлен в список, необходимо добавить его. Значение этого атрибута и является объемом спроса на индивидуальный общественный транспорт.

Так, в примере для города Перми соотношение суточных объемов спроса на индивидуальный и общественный транспорт равно 1 085 668 к 696 180, или 61 к 39%.

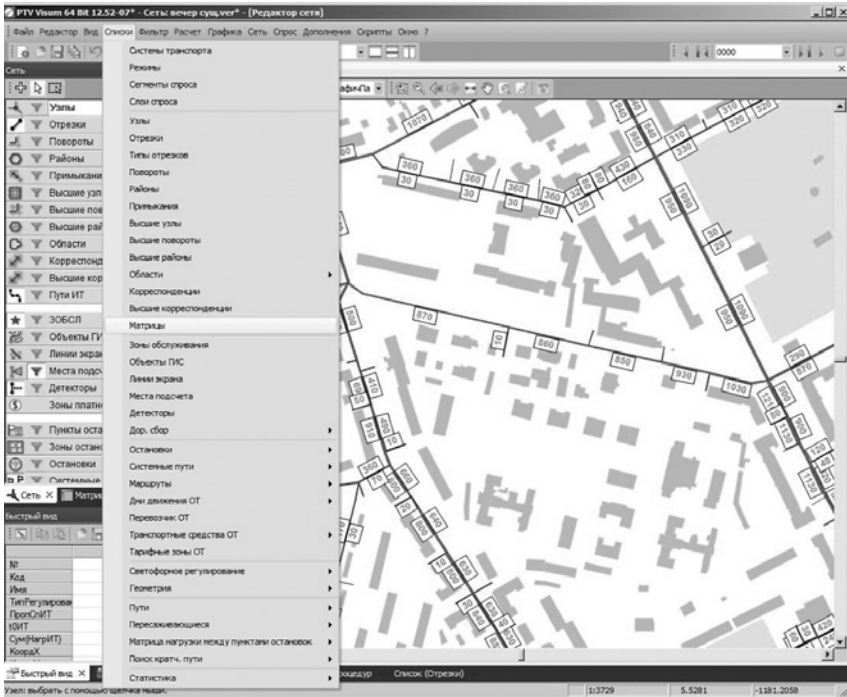


Рис. 120. Расчет объемов спроса на индивидуальный и общественный транспорт в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

5.1.4. Среднее время реализации транспортных корреспонденций

Среднее время реализации транспортных корреспонденций – это основной показатель качества функционирования транспортной системы крупного города. Среднее время реализации транспортных корреспонденций выражает среднее время, затрачиваемое одним человеком на совершение одной транспортной корреспонденции.

Выражение для расчета среднего времени реализации транспортных корреспонденций имеет вид:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i,j} (t_{ij} \cdot x_{ij})}{\sum_{i,j} x_{ij}} \quad (6)$$

Число	№	Код	Имя	Тип	Матр	Баз	Тип	Сумма	КодСег	Спр
1	2	TTC						51059433.493	IT	
2	14		Затраты	Спрос	Район	Район		195159.112		
3	61		ИТ	Спрос	Район	Район		1089667.602		
4	63		ОТ	Спрос	Район	Район		696180.335		
5	65		ВСЕ_ДР	Спрос	Район	Район		336625.263		
6	67		ВСЕ_РД	Спрос	Район	Район		280137.677		
7	69		ВСЕ_ДП	Спрос	Район	Район		364500.698		
8	71		ВСЕ_ПД	Спрос	Район	Район		390393.329		
9	73		ВСЕ_РП	Спрос	Район	Район		60549.586		
10	75		ВСЕ_ПР	Спрос	Район	Район		20060.361		
11	77		ВСЕ_ПП	Спрос	Район	Район		111556.458		
12	79		ВСЕ_РР	Спрос	Район	Район		47705.616		
13	80		ВСЕ_ДУ	Спрос	Район	Район		48151.500		
14	81		ВСЕ_УД	Спрос	Район	Район		42461.016		
15	82		ВСЕ_РУ	Спрос	Район	Район		2851.063		
16	83		ВСЕ_УР	Спрос	Район	Район		4445.948		
17	84		ВСЕ_ПУ	Спрос	Район	Район		4092.399		
18	85		ВСЕ_УП	Спрос	Район	Район		12276.121		
19	86		ВСЕ_УУ	Спрос	Район	Район		546.886		
20	87		ВСЕ_ДВ	Спрос	Район	Район		0.000		
21	88		ВСЕ_ВД	Спрос	Район	Район		0.000		
22	89		ИТ_ДР	Спрос	Район	Район		173355.865		
23	90		ИТ_РД	Спрос	Район	Район		167848.044		
24	91		ИТ_ДП	Спрос	Район	Район		223310.380		
25	92		ИТ_ПД	Спрос	Район	Район		234857.140		
26	93		ИТ_РП	Спрос	Район	Район		36066.720		
27	94		ИТ_ПР	Спрос	Район	Район		12132.013		
28	95		ИТ_ПП	Спрос	Район	Район		66528.801		
29	96		ИТ_РР	Спрос	Район	Район		19824.957		
30	97		ИТ_ДУ	Спрос	Район	Район		28168.695		
31	98		ИТ_УД	Спрос	Район	Район		22538.596		
32	99		ИТ_РУ	Спрос	Район	Район		1662.575		
33	100		ИТ_УР	Спрос	Район	Район		2554.729		
34	101		ИТ_ПУ	Спрос	Район	Район		2293.961		
35	102		ИТ_УП	Спрос	Район	Район		6754.852		

Рис. 121. Значения объемов спроса на индивидуальный и общественный транспорт в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

где

$$t_{ij} = \frac{\sum_k (t_{kij} \cdot x_{kij})}{\sum_k x_{kij}}$$

$$x_{ij} = \sum_k x_{kij}$$

x_{ij} – элементы матрицы корреспонденций; t_{ij} – элементы матрицы затрат, рассчитываются как средневзвешенное от нагрузок путей; x_{kij} – нагрузка пути номер k из района i в район j ; t_{kij} – время пути номер k из района i в район j в нагруженной сети.

5.1.4.1. Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте в PTV Vision® VISUM

Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций ИТ с помощью PTV Vision® VISUM осуществляется с помощью двух параметров:

1. Количество корреспонденций ИТ – это сумма ячеек матрицы корреспонденций индивидуального транспорта;

2. Параметр «Часы ТС $t_{акт}$ » (параметр «*VehHourTravTcur*», англ. vehicle hour travel time current – текущее (актуальное) время транспортных средств в часах) – суммарное время реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте:

$$VehHourTravTcur = \sum_k (t_k \cdot q_k) \quad (7)$$

где t_k – актуальное время для элемента k (может быть узел, поворот, отрезок); q_k – интенсивность транспортных потоков на элементе УДС k .

В п. 5.1.3 подробно описано, как получить значение суммы матрицы корреспонденций индивидуального транспорта.

Для того чтобы узнать значение параметра «Часы ТС $t_{акт}$ », необходимо перейти в меню «Списки – Объекты качества перераспределения ИТ» и добавить в список параметр «Часы ТС $t_{акт}$ » (или «*VehHourTravTcur*», если интерфейс на английском языке).

В результате в список добавится столбец со значениями атрибута «Часы ТС $t_{акт}$ » каждой из итераций процедуры перераспределения.

Для расчета среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте необходимо значение только для последней итерации (рис. 122–123).

Для расчета значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте необходимо перевести значение параметра «Часы ТС $t_{акт}$ » в минуты, а затем разделить на количество корреспонденций ИТ.



Рис. 122. Расчет суммарного времени реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Таблица 9

Значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте для городов Перми, Самары и Екатеринбурга

Город	Среднее время реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте, мин.
Пермь	40,8126
Самара	41,3262
Екатеринбург	37,6834

№	Код	Имя	Тип	Идентификатор	Дата	Время	Параметры	...
1	IT	1	IT	1	27.01.2014	09.53.25	0.00000000	0.00000000
2	IT	2	IT	2	27.01.2014	09.53.41	114.70197148	2.22777379
3	IT	3	IT	3	27.01.2014	09.53.57	585.57785021	0.42782910
4	IT	4	IT	4	27.01.2014	09.54.12	368.33044174	0.23895469
5	IT	5	IT	5	27.01.2014	09.54.26	231.14108899	0.16390258
6	IT	6	IT	6	27.01.2014	09.54.41	193.26888952	0.11927985
7	IT	7	IT	7	27.01.2014	09.55.05	122.44690799	0.08865305
8	IT	8	IT	8	27.01.2014	09.55.10	91.91413409	0.16706279
9	IT	9	IT	9	27.01.2014	09.55.24	68.91978097	0.02934205
10	IT	10	IT	10	27.01.2014	09.55.39	58.34415932	0.03088494
11	IT	11	IT	11	27.01.2014	09.55.54	50.85002763	0.02090410
12	IT	12	IT	12	27.01.2014	09.56.09	46.13338997	0.02666954
13	IT	13	IT	13	27.01.2014	09.56.23	38.26290963	0.02529356
14	IT	14	IT	14	27.01.2014	09.56.37	34.03211960	0.01899550
15	IT	15	IT	15	27.01.2014	09.56.51	29.82541911	0.01775774
16	IT	16	IT	16	27.01.2014	09.57.06	27.95140169	0.01626524
17	IT	17	IT	17	27.01.2014	09.57.20	25.07122055	0.02222607
18	IT	18	IT	18	27.01.2014	09.57.35	22.78110900	0.01233055
19	IT	19	IT	19	27.01.2014	09.57.49	20.39925232	0.01174025
20	IT	20	IT	20	27.01.2014	09.58.03	18.64126146	0.01088525
21	IT	21	IT	21	27.01.2014	09.58.18	16.06105678	0.00994555
22	IT	22	IT	22	27.01.2014	09.58.32	17.29465965	0.00937188
23	IT	23	IT	23	27.01.2014	09.58.46	16.18155720	0.00883870
24	IT	24	IT	24	27.01.2014	09.59.00	15.44327288	0.00826217
25	IT	25	IT	25	27.01.2014	09.59.15	15.28103845	0.00827780
26	IT	26	IT	26	27.01.2014	09.59.29	14.18834199	0.00858684
27	IT	27	IT	27	27.01.2014	09.59.43	13.27775222	0.00787592
28	IT	28	IT	28	27.01.2014	09.59.57	13.38669996	0.00746952
29	IT	29	IT	29	27.01.2014	10.00.12	12.40016627	0.00772993
30	IT	30	IT	30	27.01.2014	10.00.26	12.21420148	0.00685072
31	IT	31	IT	31	27.01.2014	10.00.41	12.06148817	0.00638084
32	IT	32	IT	32	27.01.2014	10.00.55	11.09592587	0.00632444
33	IT	33	IT	33	27.01.2014	10.01.10	9.73171956	0.00579593
34	IT	34	IT	34	27.01.2014	10.01.24	9.95011130	0.00520706
35	IT	35	IT	35	27.01.2014	10.01.39	9.53453341	0.00554302
36	IT	36	IT	36	27.01.2014	10.01.53	9.63058203	0.00532098
37	IT	37	IT	37	27.01.2014	10.02.08	8.65014606	0.00511113
38	IT	38	IT	38	27.01.2014	10.02.22	8.21789994	0.00489187
39	IT	39	IT	39	27.01.2014	10.02.37	8.47789352	0.00485704
40	IT	40	IT	40	27.01.2014	10.02.51	8.16089952	0.00467245

Рис. 123. Значения суммарного времени реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте для транспортных моделей городов Перми, Самары и Екатеринбурга приведены в табл. 9.

5.1.4.2. Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций, реализуемых на общественном транспорте

Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте в программе PTV Vision® VISUM осуществляется с помощью атрибутов из списка «Статистика перераспределения ОТ». В нее входят такие параметры, как:

- среднее время поездки;
- среднее время (ожидания) пересадки;
- среднее время пешеходной пересадки;
- среднее время начального пешеходного подхода;

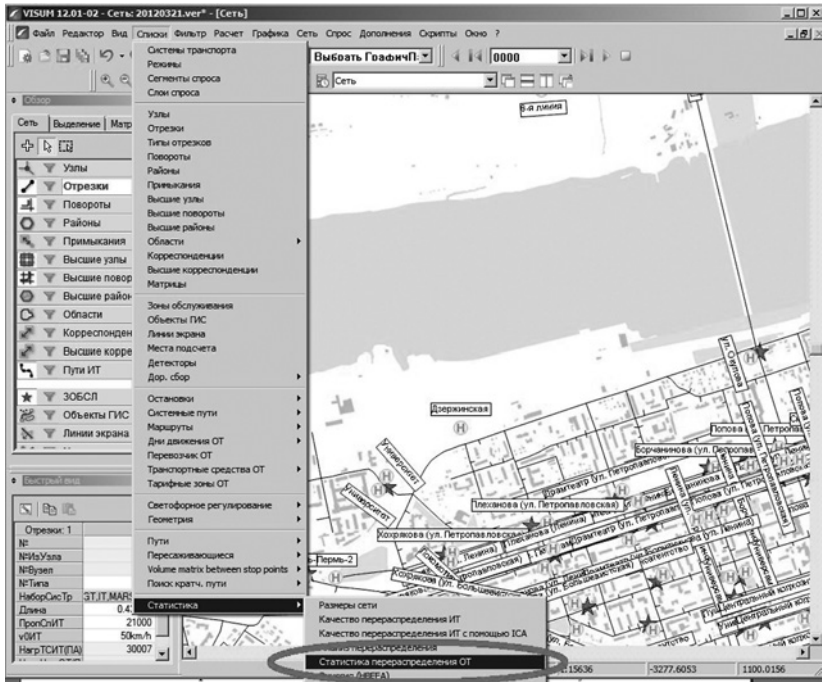


Рис. 124. Меню статистики перераспределения времени реализации корреспонденций на общественном транспорте PTV Vision® VISUM 12.0 на примере транспортной модели г. Перми

- среднее время конечного пешеходного подхода;
- средняя частота пересадок.

Для того чтобы посмотреть значения этих параметров, необходимо перейти в меню «Списки – Статистика перераспределения ОТ» (рис. 124–125).

Далее среднее время реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте определяется по формуле:

$$T_{\text{ОТ}} = T_{\text{ср_поездки}} + T_{\text{ср_пересадки}} + T_{\text{ср_пеш_пересадки}} + T_{\text{ср_нач_пеш_подх}} + T_{\text{ср_конеч_пеш_подх}} + k_{\text{пересадки}} \cdot T_{\text{ср_поездки}} \quad (8)$$

Значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте для транспортных моделей городов Перми, Самары и Екатеринбурга приведены в табл. 10.

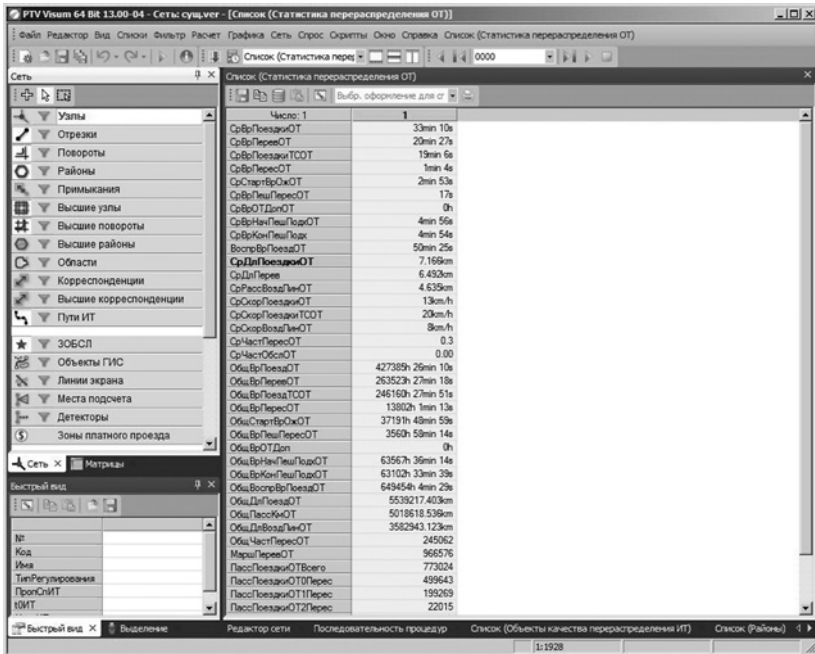


Рис. 125. Параметры статистики перераспределения времени реализации корреспонденций на общественном транспорте PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Таблица 10

Значения среднего времени реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте для городов Перми, Самары и Екатеринбурга

Город	Среднее время реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте, мин.
Пермь	50,4
Самара	51,5
Екатеринбург	44,6

5.2. Обмен данными с другими программными продуктами и приложениями

Последние версии PTV Vision® VISUM позволяют обмениваться данными с множеством программных продуктов. В этом издании мы остановимся на обмене с двумя наиболее важными, на наш взгляд, программными продуктами – PTV Vision® VISSIM и PTV Vistro. Кроме того, именно обмен с данными программными продуктами имеет ряд особенностей.

5.2.1. Обмен данными с программным продуктом PTV Vision® VISSIM

Для экспорта данных из PTV Vision® VISUM в PTV Vision® VISSIM необходимо использовать модуль «Генератор фрагмента сети». Использование этого модуля позволит экспортировать в PTV Vision® VISSIM только исследуемый фрагмент сети, который может включать в себя несколько перекрестков или даже всего один. Кроме того, экспортируемый фрагмент сети будет включать информацию о маршрутах движения транспортных средств и значениях интенсивности движения транспортных потоков на каждом из маршрутов.

В результате после импорта данного фрагмента в PTV Vision® VISSIM нет необходимости вручную задавать параметры улично-дорожной сети, маршруты движения и интенсивности движения транспортных потоков.

В отличие от экспорта в PTV Vistro, в PTV Vision® VISSIM экспортировать всю транспортную модель в большинстве случаев невозможно, т.к. обычно максимальная площадь для моделирования, ограниченная размером лицензии PTV Vision® VISSIM, намного меньше, чем для PTV Vision® VISUM.

Первым шагом при экспорте данных из PTV Vision® VISUM в PTV Vision® VISSIM является генерация фрагмента сети. Для этого в транспортной модели PTV Vision® VISUM с помощью пространственного выбора необходимо выделить исследуемую область (рис. 126).

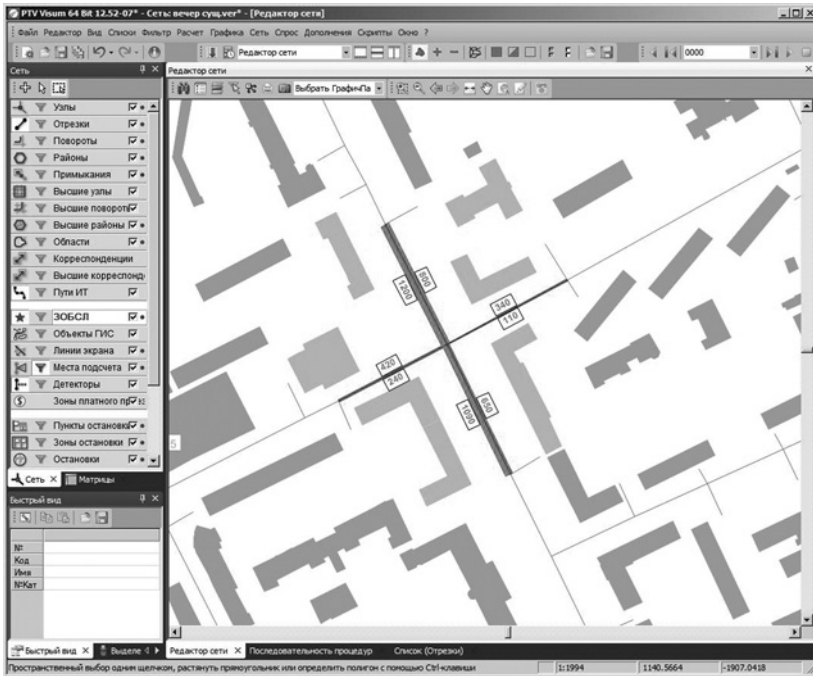


Рис. 126. Выделение исследуемой области в программном комплексе PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

В приведенном на рисунке примере исследуемая область включает один перекресток. После выделения исследуемой области необходимо перейти в меню «Расчет – Генератор фрагмента сети» (рис. 127).

При генерации фрагмента сети авторы рекомендуют использовать следующие настройки:

- выбрать директорию для сохранения и имя файла;
- обрезать вариант маршрута по границам исследуемой области;
- выбрать матрицу ИТ;
- не активировать опцию «Принять модель спроса во фрагмент сети»;
- остальные настройки оставить по умолчанию.

Далее после нажатия кнопки «ОК» сгенерируется новый файл версии (.ver), содержащий требуемый фрагмент сети (рис. 128).

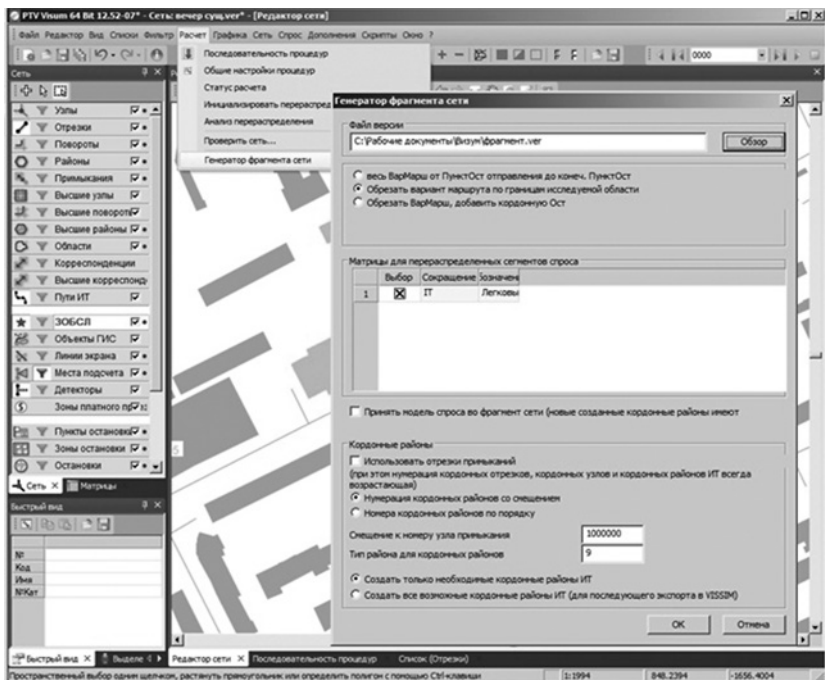


Рис. 127. Генерация фрагмента сети, содержащего исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

В сгенерированном фрагменте сети необходимо выполнить процедуру перераспределения транспортных потоков индивидуально-го транспорта. После выполнения этой процедуры следует провести непосредственно экспорт данных в PTV Vision® VISSIM. Для этого нужно перейти в меню «Файл – Экспорт – Vissim (ANM)» (рис. 129).

В результате появится окно настроек экспорта в формат ANM. Из PTV Vision® VISUM в PTV Vision® VISSIM возможно экспортировать три вида данных:

- данные сети, которые включают организацию дорожного движения на исследуемом участке;
- файл путей, содержащий информацию о путях (маршрутах) движения транспортных средств из результатов перераспределения интенсивностей транспортных потоков;
- файл матриц, включающий значения интенсивности движения для каждого из путей экспортируемого фрагмента сети;

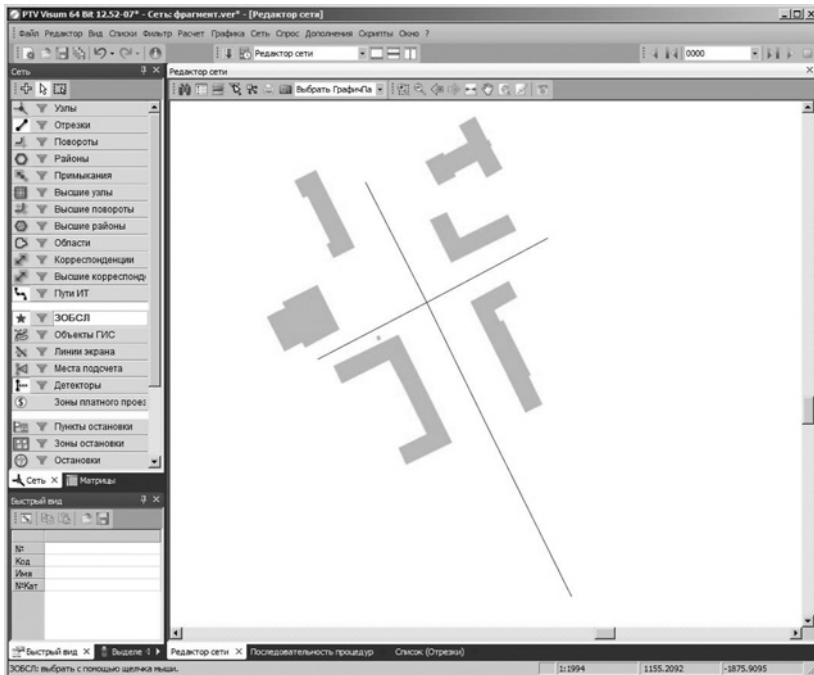


Рис. 128. Сгенерированный фрагмент сети, содержащий исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Авторы рекомендуют экспортировать все три файла, поставив соответствующие «галочки» в открывшемся меню настроек ANM-экспорта (рис. 130).

В результате выполнения процедуры ANM-экспорта будет сформировано два файла – файл сети с расширением *.anm* и файл путей с расширением *.anmroutes*.

Оба эти файла далее импортируются непосредственно в PTV Vision® VISSIM. Стоит отметить, что возможно создавать и импортировать в PTV Vision® VISSIM только файл сети (*.anm*). В этом случае задавать пути движения в сети и значения интенсивности движения для каждого из путей придется вручную.

Далее на рисунках представлены процесс и результат импорта полученных файлов в PTV Vision® VISSIM (рис. 131, рис. 132 на стр. 152).

Таким образом, после импорта данного фрагмента в PTV Vision® VISSIM были автоматически импортированы все параметры улич-

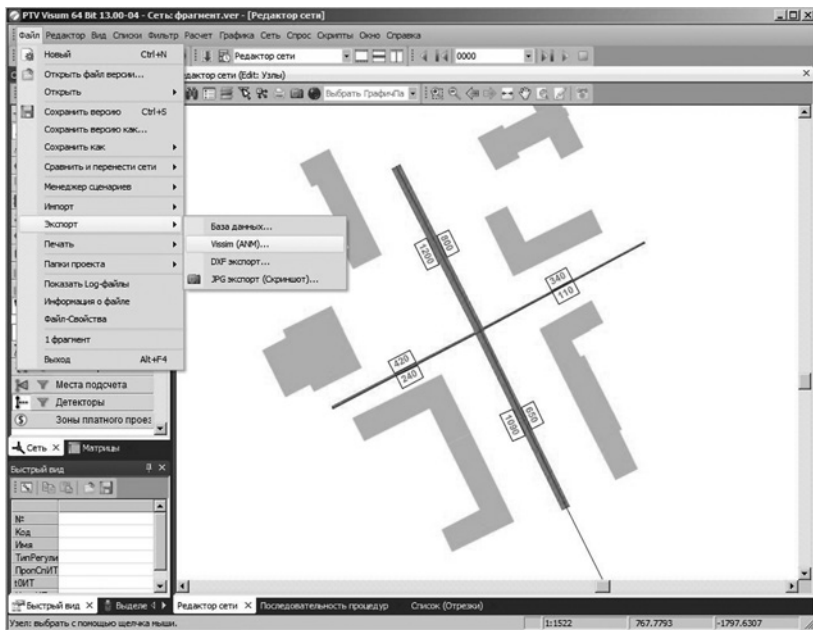


Рис. 129. Экспорт фрагмента сети, содержащего исследуемую область, в формат ANM для экспорта в PTV Vision® VISSIM в программном комплексе PTV Vision® VISUM 13 на примере транспортной модели г. Перми

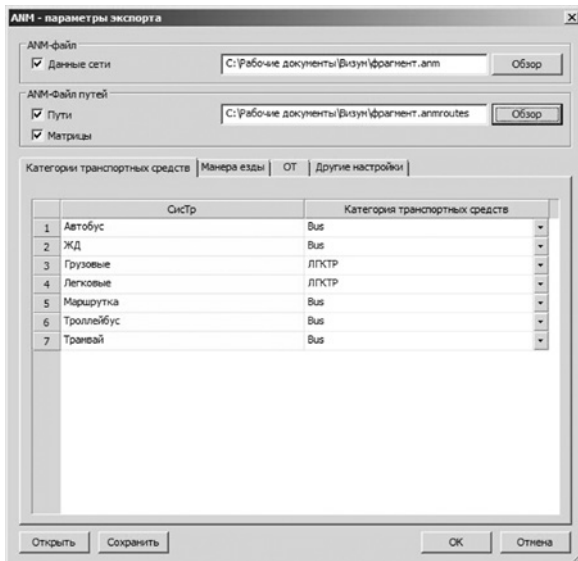


Рис. 130. Меню настроек экспорта в формат ANM в программном комплексе PTV Vision® VISUM 13 на примере транспортной модели г. Перми

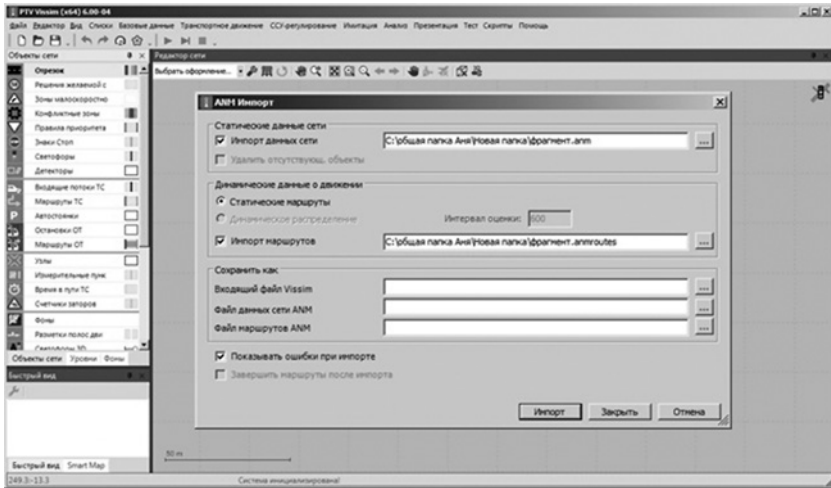


Рис. 131. Импорт фрагмента сети в формате .anm и .anmroutes в PTV Vision@VISSIM

но-дорожной сети, маршруты движения и значения интенсивности движения транспортных потоков.

5.2.2. Обмен данными с программным продуктом PTV Vistro

Обмен данными с программным продуктом PTV Vistro имеет ряд особенностей, которые не описаны в руководствах пользователя для PTV Vision® VISUM и PTV Vistro.

Программный продукт PTV Vistro (рис. 133) предназначен для решения следующих задач:

- оценка качества функционирования перекрестков с учетом таких факторов, как тип регулирования, геометрия перекрестка, параметры светофорного регулирования;
- оптимизация параметров светофорного регулирования, как отдельного перекрестка, так и групп перекрестков.

Экспорт данных из PTV Vision® VISUM в PTV Vistro позволяет экспортировать для детального анализа и оптимизации параметров светофорного регулирования всю сеть или исследуемый фрагмент сети вместе с существующим транспортным спросом, интенсивностями движения транспортных потоков и организацией движения по полосам.

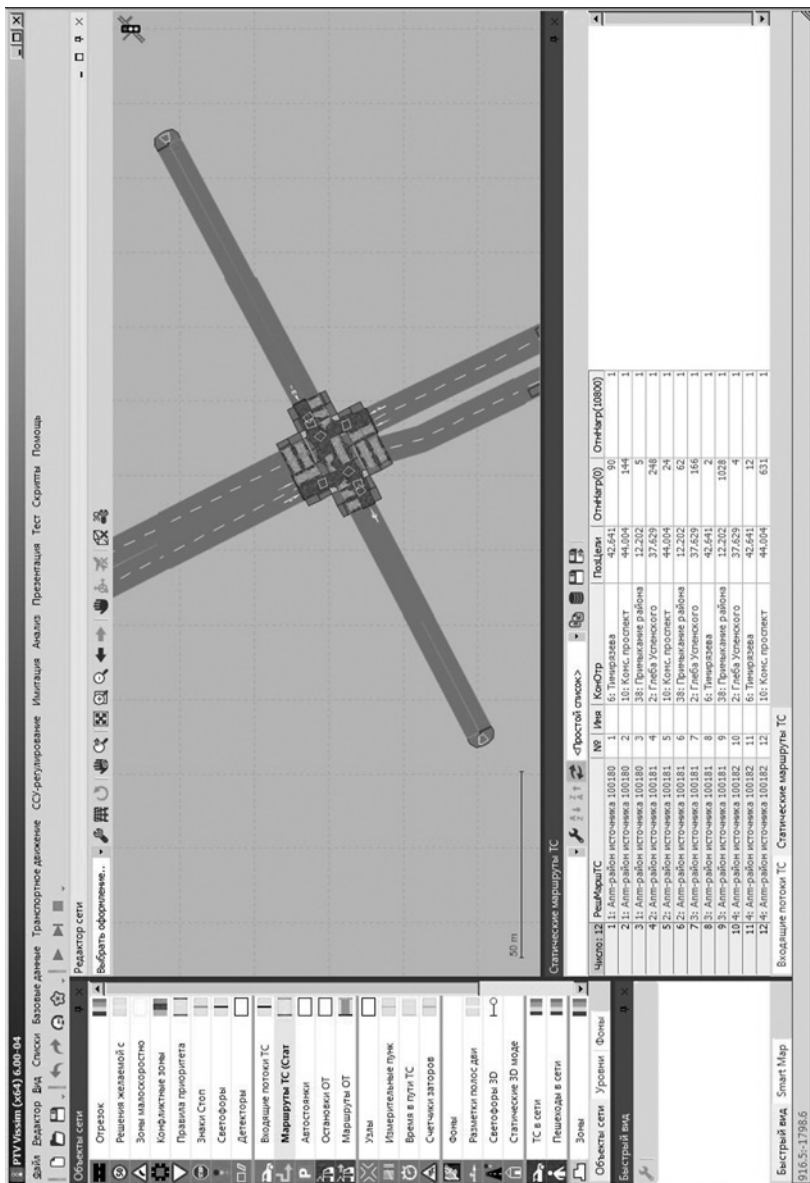


Рис. 132. Импортированный фрагмент сети в RTV Vision@VISSIM

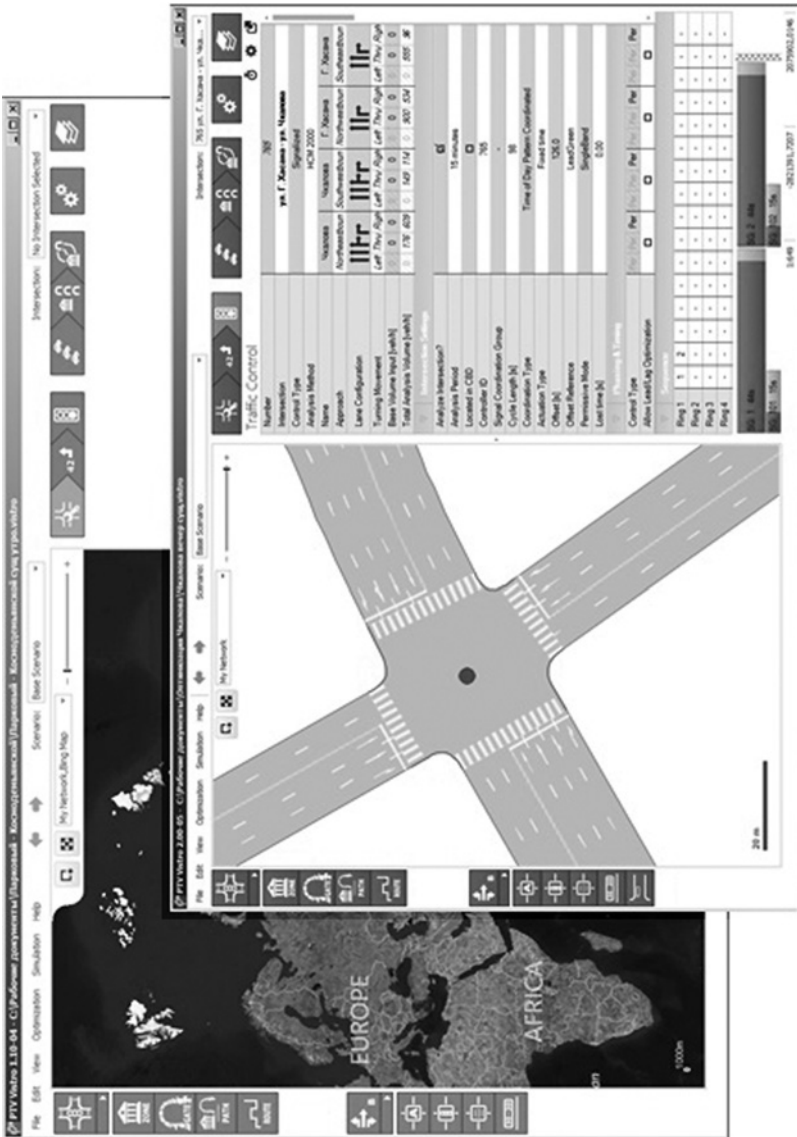


Рис. 133. Программный продукт PTV Vistro

Среди недостатков процедуры экспорта в существующих версиях PTV Vision® VISUM и PTV Vistro можно выделить невозможность экспорта параметров светофорного регулирования. Данная опция возможна только при хранении параметров светофорных объектов в транспортной модели PTV Vision® VISUM в формате RBC, для чего требуется наличие специального модуля.

Стоит отметить, что этот формат хранения параметров светофорного регулирования мало распространен за пределами США. Однако в связи с тем, что программный продукт PTV Vistro разрабатывался именно американским подразделением компании PTV Group, был выбран именно такой формат данных. Соответственно, важно отметить, что при экспорте из PTV Vision® VISUM в PTV Vistro придется вносить параметры светофорного регулирования вручную.

Для экспорта данных из PTV Vision® VISUM в PTV Vistro рекомендуется использовать модуль «Генератор фрагмента сети». Использование этого модуля позволит экспортировать в PTV Vistro только исследуемый фрагмент сети, который может включать в себя несколько перекрестков или даже всего один.

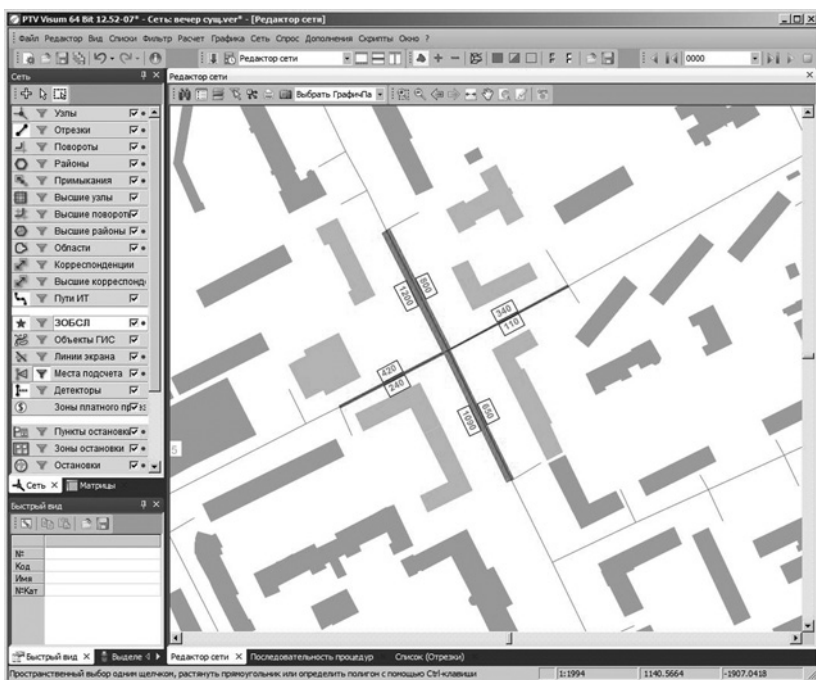


Рис. 134. Выделение исследуемой области в программном комплексе PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

Тем не менее, в случае отсутствия модуля «Генератор фрагмента сети» возможно экспортировать в PTV Vistro всю транспортную модель, однако в этом случае возможны программные ошибки и потеря производительности в связи с большим объемом данных.

Первый шаг при экспорте данных из PTV Vision® VISUM в PTV Vistro – это генерация фрагмента сети. Для этого в транспортной модели PTV Vision® VISUM с помощью пространственного выбора необходимо выделить исследуемую область (рис. 134).

В приведенном на рис. 134 примере исследуемая область включает один перекресток. После выделения исследуемой области следует перейти в меню «Расчет – Генератор фрагмента сети» (рис. 135).

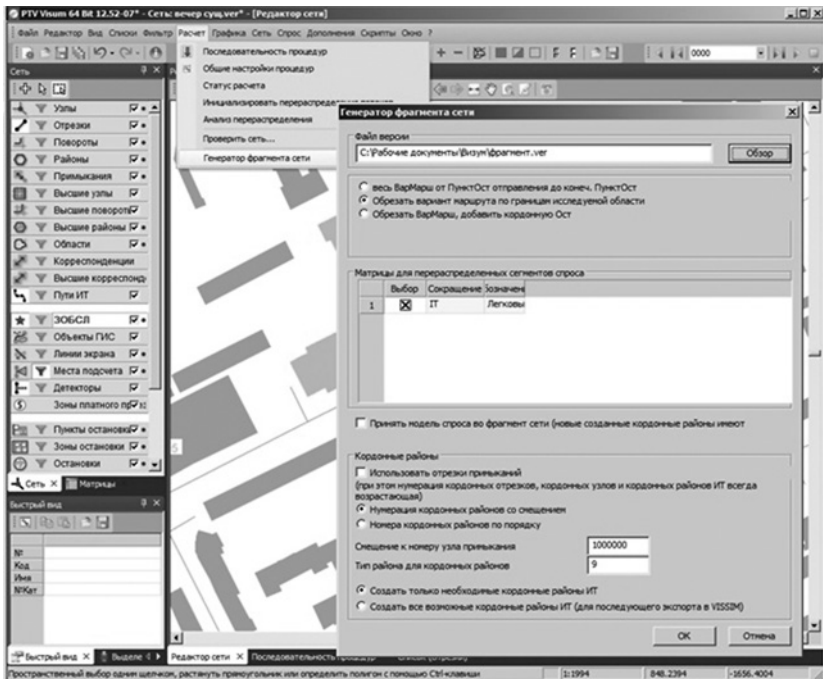


Рис. 135. Генерация фрагмента сети, содержащего исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

При генерации фрагмента сети авторы рекомендуют использовать следующие настройки:

- выбрать директорию для сохранения и имя файла;
- обрезать вариант маршрута по границам исследуемой области;
- выбрать матрицу ИТ;
- не активировать опцию «Принять модель спроса во фрагмент сети»;
- остальные настройки оставить по умолчанию.

Далее после нажатия кнопки «ОК» сгенерируется новый файл версии (.ver), содержащий требуемый фрагмент сети (рис. 136).

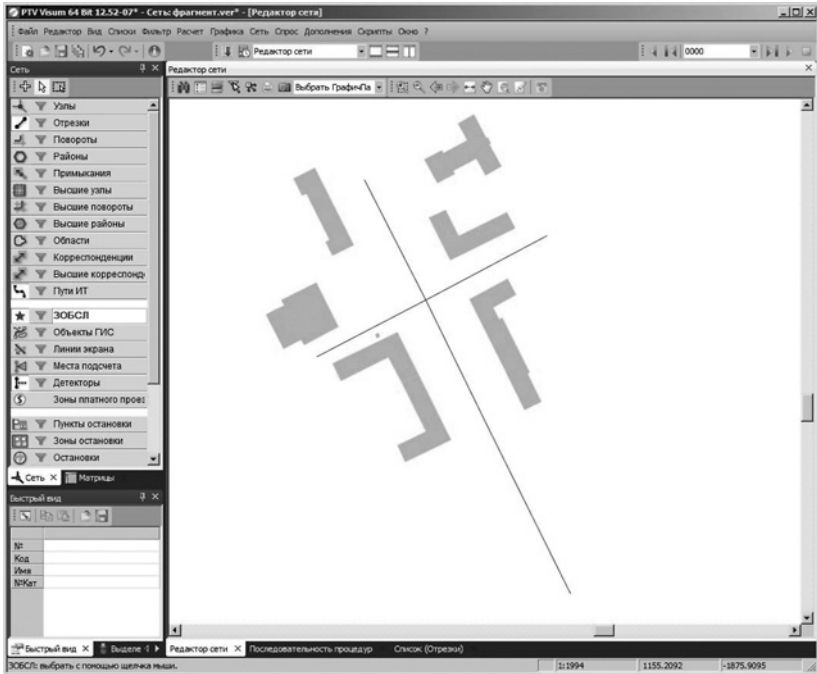


Рис. 136. Сгенерированный фрагмент сети, содержащий исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

В сгенерированном фрагменте сети необходимо выполнить процедуру перераспределения транспортных потоков (рис. 137). Очень важно отметить, что при выборе для перераспределения процедуры LUCE экспорт в PTV Vistro значений интенсивностей окажется невозможным, т.к. для этой процедуры невозможна работа с путями в PTV Vision® VISUM.

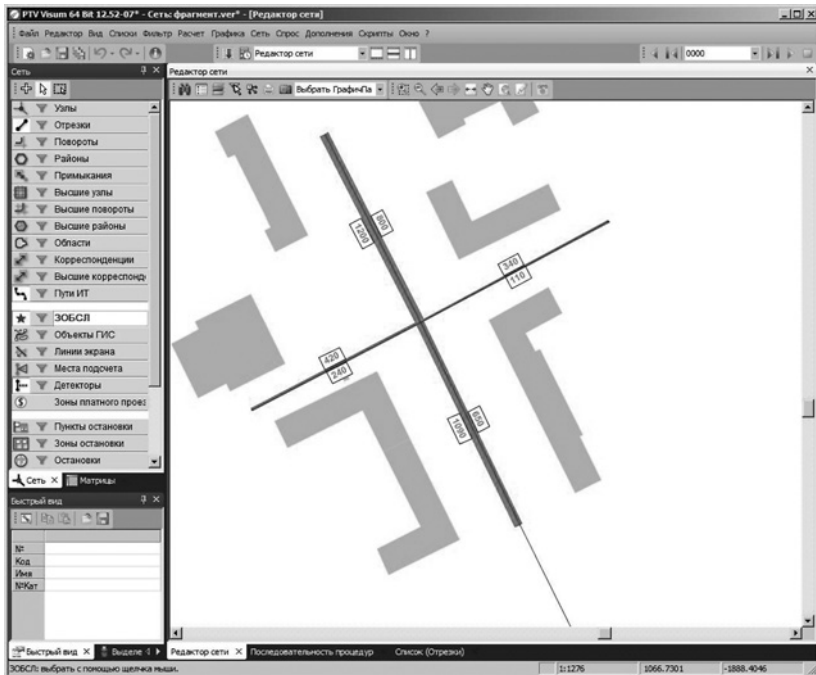


Рис. 137. Сгенерированный фрагмент сети, содержащий исследуемую область, после перераспределения интенсивностей транспортных потоков в программном комплексе PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

После выполнения процедуры перераспределения необходимо создать новое множество путей (выбрать режим «Вставки – Объект «пути ИТ» – Множество путей ИТ») и задать для этого множества путей код и имя VISTRO (рис. 138–139). Очень важно обязательно задать имя и код заглавными буквами.

После создания нового множества путей необходимо перенести в данное множество все существующие пути ИТ. Для этого следует перейти в режим редактирования, выбрать объект сети «Пути ИТ», выделить все пути индивидуального транспорта, нажать на них правой кнопкой мыши и выбрать операцию «Преобразовать» (рис. 140).

В открывшемся диалоговом окне в поле «Target of conversation» необходимо выбрать новое множество путей (рис. 141). После этого нужно сохранить файл версии фрагмента. Теперь модель фрагмента сети готова к тому, чтобы импортировать ее в PTV Vistro.

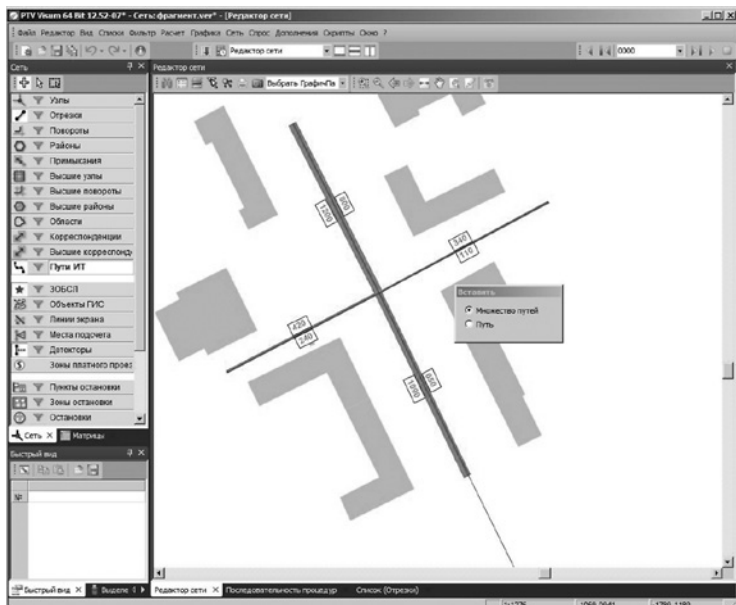


Рис. 138. Создание множества путей в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

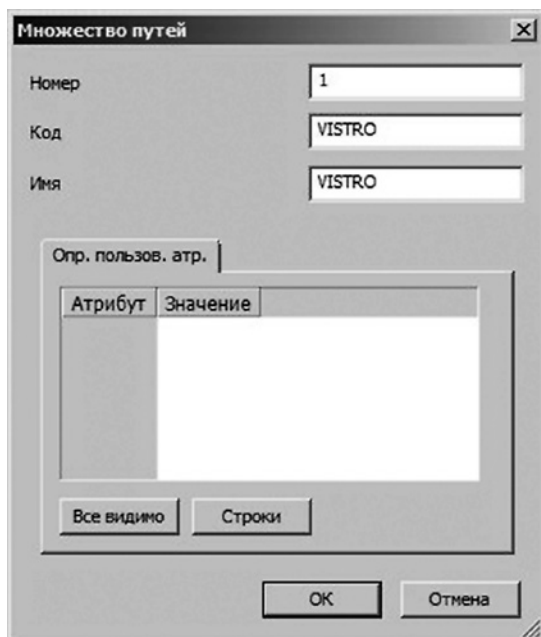


Рис. 139. Ввод кода и имени для множества путей в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

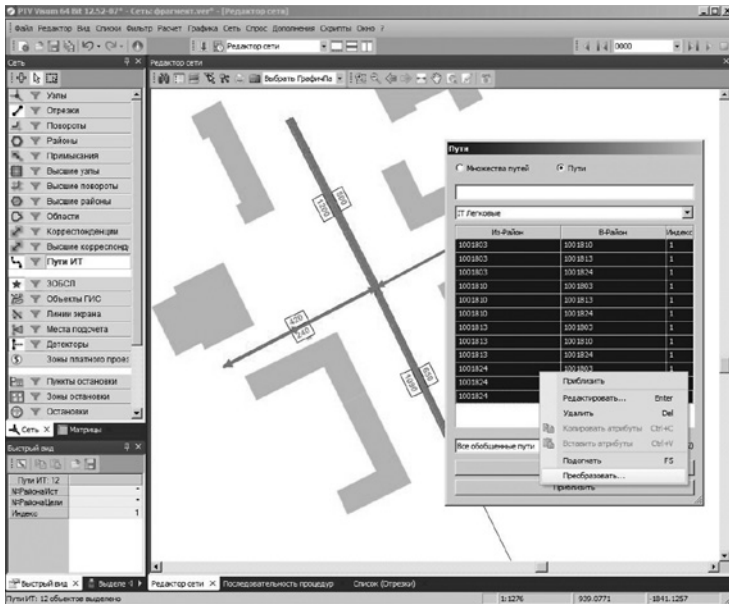


Рис. 140. Преобразование путей индивидуального транспорта во множество путей для последующего экспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

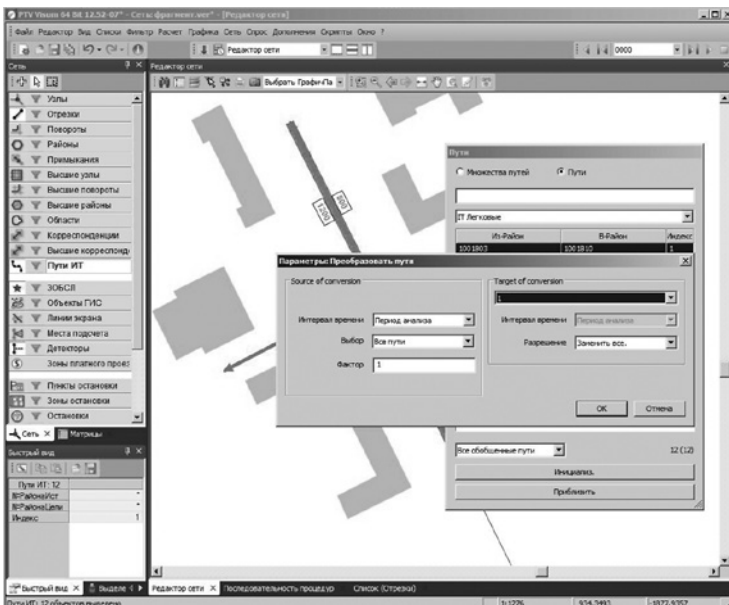


Рис. 141. Настройки для преобразования путей индивидуального транспорта во множество путей для последующего экспорта в PTV Vision® VISUM 12.5 на примере транспортной модели г. Перми

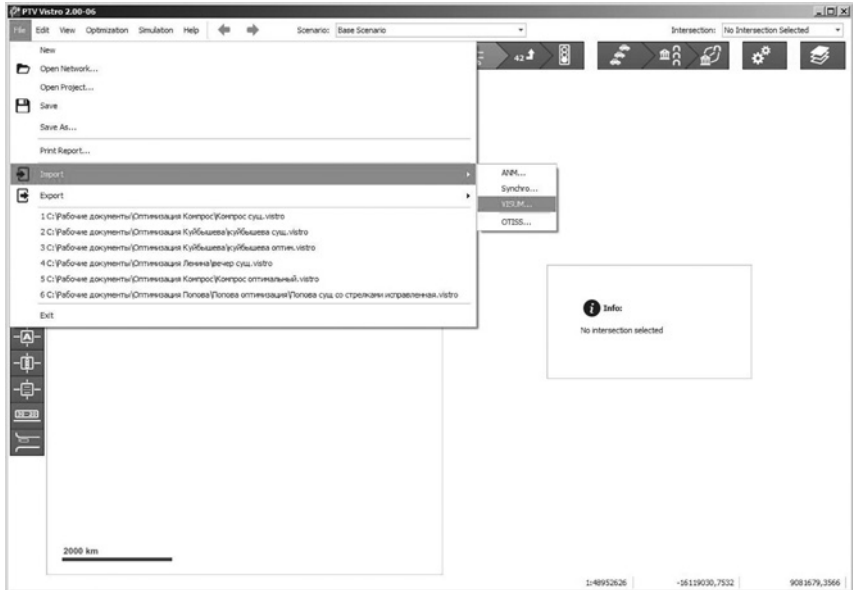


Рис. 142. Импорт фрагмента сети в формате файла версии (.ver) в PTV Vistro

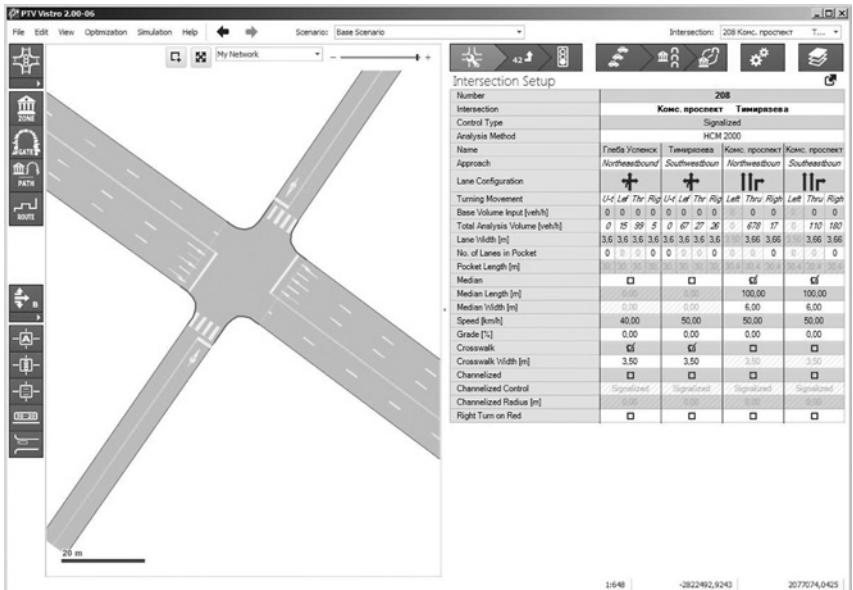


Рис. 143. Импортированный фрагмент сети в программном комплексе PTV Vistro

Для импорта получившегося фрагмента сети в PTV Vistro следует перейти в меню «File – Import – VISUM» (рис. 142–143).

В результате все данные об организации дорожного движения и геометрии перекрестков и участков улично-дорожной сети, а также об интенсивности движения транспортных потоков импортировались в PTV Vistro автоматически.

Данные о существующих параметрах светофорного регулирования для каждого из перекрестков необходимо далее вводить вручную.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Типовые техническое задания
на выполнение научно-исследовательских
и проектных работ на тему:

**«Подключение нового объекта недвижимости
к существующей улично-дорожной сети города _____»**

Приложение 1

ТИПОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Вариант 1

На выполнение научно-исследовательских
и проектных работ на тему:

**«Подключение нового объекта недвижимости (название
объекта) к существующей улично-дорожной сети города**

_____»

Вариант 1: Для объектов недвижимости, имеющих низкие показатели генерации и притяжения транспортных и пассажирских потоков (менее 1000 мест приложения труда, менее 1000 проживающих людей)

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
1	2	3
I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ		
1.1.	Цель разработки проекта	<p>Определение транспортных и планировочных требований в связи с вводом в эксплуатацию и подключением к существующей улично-дорожной сети города _____ нового объекта недвижимости (название объекта).</p>
1.2.	Границы проектирования	<p>Объект проектирования представляет собой территорию города ограниченную:</p> <ul style="list-style-type: none"> • границами земельного участка нового объекта недвижимости (название объекта); • элементами улично-дорожной сети (УДС) города, к которым предполагается подключение нового объекта недвижимости и по которым предполагается осуществление транспортного обслуживания нового объекта недвижимости. Указанные элементы включают в себя участки УДС, к которым непосредственно происходит подключение нового объекта недвижимости, а также ближайшие к этим участкам существующие перекрестки и подходы к этим перекресткам на расстоянии 50 м.

1	2	3
1.3.	Основные задачи проекта	<p>Представить предложения по транспортному обслуживанию нового объекта недвижимости. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • индивидуальным транспортом: <ul style="list-style-type: none"> о обосновать необходимость либо отсутствие необходимости планировочных решений по изменению основных технико-эксплуатационных параметров элементов УДС в границах проектирования; о разработать схему организации дорожного движения в границах проектирования; • городским пассажирским транспортом общего пользования: <ul style="list-style-type: none"> о обосновать необходимость либо отсутствие необходимости реконструкции инфраструктуры городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) в границах проектирования (линейные объекты инфраструктуры ГПТОП, остановочные комплексы, разворотные площадки); о обосновать необходимость либо отсутствие необходимости изменения маршрутной сети ГПТОП; о при необходимости разработать предложения по изменению маршрутной сети ГПТОП города _____. <p>Представить предложения по обеспечению пешеходной доступности нового объекта недвижимости.</p>

1	2	3
		<p>Разработать схему организации дорожного движения транспорта и пешеходов в границах проектирования на период строительства нового объекта недвижимости.</p>
1.4.	<p>Проектная организация-исполнитель</p>	
<p>II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ</p>		
2.1.	<p>Состав исходных данных, предоставляемых Заказчиком</p>	<p>Информация о функциональном назначении нового объекта недвижимости. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • планируемое количество жителей в новом объекте недвижимости; • планируемое количество рабочих мест в новом объекте недвижимости. Тип рабочих мест; • площадь нового объекта недвижимости, кв. м; • количество парковочных мест, предусмотренных проектом строительства нового объекта недвижимости; • предполагаемая схема подключения нового объекта недвижимости к УДС города _____. <p>Концептуальные объемно-планировочные архитектурные решения нового объекта недвижимости.</p>

1	2	3
III. ЭТАПЫ РАБОТ		
3.1.	Основные направления транспортного обслуживания территории	<p>Определение существующих параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • среднее время реализации транспортных корреспонденций. <p>Определение существующих параметров эффективности функционирования элементов УДС в границах проектирования. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • значения интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • коэффициент загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости; • значения интенсивности пассажирских потоков в системе ПТООП в зоне влияния нового объекта недвижимости. <p>На транспортной модели города проведение моделирования и получение прогнозных параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • среднее время реализации транспортных корреспонденций после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости.

		<p>На транспортной модели города проведение моделирования и получение прогнозных параметров эффективности функционирования элементов улично-дорожной сети в границах проектирования. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none">• прогнозные значения интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости;• прогноз изменения коэффициента загрузки участков УДС в зоне влияния нового объекта недвижимости;• прогнозные интенсивности пассажирских потоков в системе ГПТОП в зоне влияния нового объекта недвижимости. <p>Разработка проектных предложений по подключению нового объекта недвижимости к улично-дорожной сети города _____ на основе прогнозных значений параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города и параметров эффективности функционирования элементов улично-дорожной сети в границах проектирования;</p> <ul style="list-style-type: none">• разработка компенсационных мероприятий планировочного характера, позволяющих сохранить существующие параметры эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города:
--	--	--

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> о реконструкция элементов УДС; о строительство новых элементов УДС; о реконструкция и строительство иных объектов транспортной и пешеходной инфраструктуры (остановки ГПТОП, пешеходные переходы всех видов, искусственные сооружения транспортного назначения); • разработка проекта обустройства УДС в зоне подключения нового объекта недвижимости; • разработка вариантов организации дорожного движения на УДС в зоне подключения нового объекта недвижимости; • проведение микромоделирования существующей и проектных схем организации движения с учетом прогнозных интенсивностей, полученных в результате расчета на транспортной модели города _____; • проведение сравнительного анализа существующей схемы организации дорожного движения на УДС в границах проектирования и проектной схемы организации дорожного движения по следующим параметрам функционирования: <ul style="list-style-type: none"> о среднее время задержки всех транспортных средств (с); о средняя скорость транспортных потоков (км/ч); о полное время в пути (ч); о общее время задержки (ч);

		<ul style="list-style-type: none">о общее время остановок (ч);о количество остановок;о количество транспортных средств в сети;о количество выехавших транспортных средств;о среднее число остановок транспортного средства; <ul style="list-style-type: none">• разработка компенсационных мероприятий, касающихся организации дорожного движения, позволяющих сохранить существующие параметры эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города:<ul style="list-style-type: none">о совершенствование средств организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка);о совершенствование, реконструкция и строительство новых технических средств организации дорожного движения (светофоры);• уточнение параметров подключения нового объекта недвижимости к УДС города _____ на основании результатов микромоделирования существующей и проектной схемы организации движения;<ul style="list-style-type: none">• разработка основных положений технического задания на проектирование нового объекта недвижимости.
--	--	---

1	2	3
IV. СОСТАВ МАТЕРИАЛОВ ПРОЕКТА		
4.1	Основные направления транспортного обслуживания территории	<p>Анализ существующего положения</p> <p><i>Пояснительная записка:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • анализ современного состояния и загрузки УДС транспортными и пешеходными потоками; • построение существующей цифrogramмы транспортных и пассажирских потоков; • анализ работы наземного пассажирского транспорта с определением загрузки линий наземного пассажирского транспорта и размещением его обустройств; • анализ имеющихся проектных проработок и принятых решений по развитию транспортной инфраструктуры; • определение возможности восприятия дополнительных транспортных нагрузок от проектируемого объекта (объектов) с учетом предусмотренного ранее развития транспортной инфраструктуры. <p><i>Графические материалы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • схема современного состояния улично-дорожной сети М 1:10000; • план существующего положения организации движения транспорта и пешеходов М 1:2000; • схема существующего положения обслуживания района наземным общественным и скоростным внеуличным транспортом М 1:10000.

1	2	3
		<p data-bbox="525 180 852 212">Проектные предложения</p> <p data-bbox="525 245 831 277"><i>Пояснительная записка:</i></p> <ul data-bbox="487 285 950 1182" style="list-style-type: none"><li data-bbox="487 285 950 378">• загрузка линий пассажирского транспорта с учетом реконструкции прилегающих территорий;<li data-bbox="487 386 950 548">• расчет перспективной интенсивности движения и загрузки УДС транспортными потоками, построение цифрограмм величин транспортных потоков;<li data-bbox="487 557 950 649">• организация пешеходного движения: размещение внеуличных и наземных пешеходных переходов;<li data-bbox="487 657 950 781">• предложения и мероприятия по развитию наземного пассажирского транспорта и объектов его инфраструктуры;<li data-bbox="487 789 950 881">• характеристика параметров планируемого развития транспортной инфраструктуры;<li data-bbox="487 889 950 982">• рекомендации по обслуживанию рассматриваемой территории автомобильным транспортом;<li data-bbox="487 990 950 1083">• предложения по установлению, изменению, отмене существующих красных линий;<li data-bbox="487 1091 950 1182">• предварительная оценка стоимости работ в соответствии с проектными предложениями. <p data-bbox="525 1222 838 1255"><i>Графические материалы:</i></p> <ul data-bbox="487 1263 950 1451" style="list-style-type: none"><li data-bbox="487 1263 950 1451">• схема организации движения транспорта и пешеходов с размещением остановочных пунктов общественного транспорта, мест парковки индивидуального транспорта, М 1:2000;

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • схема проектируемого обслуживания района наземным общественным транспортом и скоростным внеуличным транспортом, М 1:10000; • существующие и проектируемые поперечные профили основных магистралей и проездов, М 1:200; • план красных линий, М 1: 2000; • разбивочный чертеж красных линий, М 1: 2000. <p><i>Цифровые материалы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • видеофайлы, представляющие имитацию движения транспортных потоков для утреннего и вечернего часов пик в зоне моделирования, а также результаты сравнительного анализа существующей и проектной схемы организации дорожного движения.
5.	Требования к качеству выполняемых работ	<p>Научно исследовательские работы должны выполняться с применением современных методов математического моделирования. Требуется обязательное использование собранных натурным образом и экспериментально полученных данных о состоянии объекта будущих исследований. Требуется в обязательном порядке использование специализированного программного обеспечения PTV Vision® Visum, а также транспортной модели города _____ (в т.ч. ГПТОП).</p>

1	2	3
		<p>При получении прогнозных данных для моделирования необходимо использовать математическую транспортную модель города _____ со следующими характеристиками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • площадь области обсчета математической модели должна составлять не менее 95% от территории города _____; • протяженность дорог общего пользования должна составлять не менее чем _____ км; • количество узлов – не менее _____; • количество межузловых отрезков – участков УДС – не менее _____; • количество межузловых отрезков с актуальными дорожно-транспортными характеристиками – не менее 60% от общего количества; • маршрутная сеть ГПТОП должна содержать не менее _____ маршрутов трамваев, _____ маршрутов троллейбусов, _____ маршрутов автобусов; • количество точек сбора статистических данных загруженности УДС для оценки и корреляции модели – не менее 100; • периодичность обновления статистических данных – не более 3 лет; • коэффициент корреляции модели – не ниже 0,85; <p style="padding-left: 40px;">о среднеквадратическое отклонение – не выше 0,3.</p>

1	2	3
		<p>При моделировании должны использоваться данные не только по маршрутных, но и постановочных обследований пассажиропотока.</p> <p>При проведении микромоделирования в обязательном порядке требуется использование специализированного программного обеспечения PTV Vision® Vissim.</p>
6.	<p>Требования к оформлению и сдаче материалов проекта</p>	<p>Подготовка презентационных материалов 1-й редакции концептуальных проектных предложений для предварительного рассмотрения проектного решения с заинтересованными организациями и службами.</p> <p>Материалы проекта выпускаются в 3 экземплярах в следующем составе: пояснительная записка по всем разделам, графические материалы в компьютерном исполнении, текстовые материалы переплетены, графические сфальцованы. Заказчику сдается в 2 экземплярах и 1 экземпляр в электронном виде в формате PDF, чертежи в масштабе в соответствии с заданием.</p> <p>Замечания и предложения заинтересованных организаций и служб по проектным решениям настоящей работы, не относящиеся к данной стадии проектирования, будут учтены при последующей разработке проекта планировки территории.</p>
<p>От Исполнителя:</p> <p>« ___ » _____ 20__ г.</p>		<p>От Заказчика:</p>

ТИПОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Вариант 2

На выполнение научно-исследовательских
и проектных работ на тему:

**«Подключение нового объекта недвижимости (*название
объекта*) к существующей улично-дорожной сети города**

_____»

Вариант 2: Для объектов недвижимости, имеющих высокие показатели генерации и притяжения транспортных и пассажирских потоков (более 1000 мест приложения труда, более 1000 проживающих людей)

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
1	2	3
I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ		
1.1.	Цель разработки проекта	<p>Определение транспортных и планировочных требований в связи с вводом в эксплуатацию и подключению к существующей улично-дорожной сети города _____ нового объекта недвижимости (название объекта)</p>
1.2.	Границы проектирования	<p>Объект проектирования представляет собой территорию города ограниченную:</p> <ul style="list-style-type: none"> • границами земельного участка нового объекта недвижимости (название объекта); • естественными преградами, через которые в настоящий момент невозможна транспортная и пешеходная связь нового объекта недвижимости (название объекта) с соседними территориями города; • элементами улично-дорожной сети (УДС) города, к которым предполагается подключение нового объекта недвижимости и по которым предполагается осуществление транспортного обслуживания нового объекта недвижимости. Указанные элементы включают в себя участки УДС, к которым непосредственно происходит подключение нового объекта недвижимости, а также ближайшие к этим участкам существующие перекрестки и подходы к этим перекресткам на расстоянии 50 м.

1	2	3
1.3.	Основные задачи проекта	<p>Определить основные направления планировочного развития территории города в границах проектирования с расчетом ориентировочных перспективных технико-экономических показателей использования территории нового объекта недвижимости (название объекта) на основе данных предоставленных объемно-планировочных решений, с учетом транспортных условий, определяемых в ходе работ. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • провести проверку на соответствие предоставленных объемно-планировочных решений утвержденному Генеральному плану города _____ и проекту планировки территории в границах проектирования; • определить изменение параметров транспортного спроса в зоне влияния нового объекта недвижимости (название объекта). <p>Представить предложения по транспортному обслуживанию нового объекта недвижимости. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • индивидуальным транспортом: <ul style="list-style-type: none"> о обосновать необходимость либо отсутствие необходимости планировочных решений по изменению основных технико-эксплуатационных параметров элементов УДС в границах проектирования; о разработать схему организации дорожного движения в границах проектирования; • городским пассажирским транспортом общего пользования:

1	2	3
		<p>о обосновать необходимость либо отсутствие необходимости реконструкции инфраструктуры городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) в границах проектирования (линейные объекты инфраструктуры ГПТОП, остановочные комплексы, разворотные площадки);</p> <p>о обосновать необходимость либо отсутствие необходимости изменения маршрутной сети ГПТОП;</p> <p>о при необходимости разработать предложения по изменению маршрутной сети ГПТОП города _____.</p> <p>Представить предложения по обеспечению пешеходной доступности нового объекта недвижимости.</p> <p>Разработать схему организации дорожного движения транспорта и пешеходов в границах проектирования на период строительства нового объекта недвижимости.</p>
1.4.	Проектная организация-исполнитель	
II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
2.1.	Состав исходных данных, предоставляемых Заказчиком	Информация о функциональном назначении нового объекта недвижимости. В том числе:

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • планируемое количество жителей в новом объекте недвижимости; • планируемое количество рабочих мест в новом объекте недвижимости. Тип рабочих мест; • площадь нового объекта недвижимости, кв. м; • количество парковочных мест, предусмотренных проектом строительства нового объекта недвижимости; • предполагаемая схема подключения нового объекта недвижимости к УДС города _____. <p>Концептуальные объемно-планировочные архитектурные решения нового объекта недвижимости.</p>
III. ЭТАПЫ РАБОТ		
3.1	Основные направления планировочного развития территории	<p>Определение изменения существующего транспортного баланса городской территории в связи с вводом в эксплуатацию нового объекта недвижимости.</p> <p>Определение объемов генерации и потребления транспортных и пешеходных потоков новым объектом недвижимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> • по слоям спроса; • по видам транспорта; • по времени суток. <p>Формирование модели перспективного транспортного спроса в городе _____, связанного с вводом нового объекта недвижимости.</p>

1	2	3
3.2.	<p>Основные направления транспортного обслуживания территории</p>	<p>Определение существующих параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • среднее время реализации транспортных корреспонденций; • суммарный суточный пробег индивидуального транспорта; • баланс использования индивидуального транспорта и ГПТОП; • суточный пассажиропоток ГПТОП. <p>Определение существующих параметров эффективности функционирования элементов улично-дорожной сети в границах проектирования. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • значения интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • коэффициент загрузки участков УДС в зоне влияния нового объекта недвижимости; • интенсивности пассажирских потоков в системе ГПТОП в зоне влияния нового объекта недвижимости. <p>На транспортной модели города проведение моделирования и получение прогнозных параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • среднее время реализации транспортных корреспонденций после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости;

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • суммарный суточный пробег индивидуального транспорта после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости; • баланс использования индивидуального транспорта и ГПТОП после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости; • суточный пассажиропоток ГПТОП после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости. <p>На транспортной модели города проведение моделирования и получение прогнозных параметров эффективности функционирования элементов УДС в границах проектирования. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • прогнозные интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • прогноз изменения коэффициента загрузки участков УДС в зоне влияния нового объекта недвижимости • прогнозные интенсивности пассажирских потоков в системе ГПТОП в зоне влияния нового объекта недвижимости. <p>Разработка проектных предложений по подключению нового объекта недвижимости к УДС города _____ на основе прогнозных значений параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города и параметров эффективности функционирования элементов УДС в границах проектирования:</p>

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none">• разработка компенсационных мероприятий планировочного характера, позволяющих сохранить существующие параметры эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города:<ul style="list-style-type: none">о реконструкция элементов УДС;о строительство новых элементов УДС;о реконструкция и строительство иных объектов транспортной и пешеходной инфраструктуры (остановки ГПТОП, пешеходные переходы всех видов, искусственные сооружения транспортного назначения);• разработка проекта обустройства УДС в зоне подключения нового объекта недвижимости;• разработка вариантов организации дорожного движения на УДС в зоне подключения нового объекта недвижимости;• проведение микро моделирования существующей и проектных схем организации движения с учетом прогнозных интенсивностей, полученных в результате расчета на транспортной модели города _____;• проведение сравнительного анализа существующей схемы организации дорожного движения на УДС в границах проектирования и проектной схемы организации дорожного движения по следующим параметрам функционирования:<ul style="list-style-type: none">о среднее время задержки всех транспортных средств (с);

1	2	3
		<p>о средняя скорость транспортных потоков (км/ч);</p> <p>о полное время в пути (ч);</p> <p>о общее время задержки (ч);</p> <p>о общее время остановок (ч);</p> <p>о количество остановок;</p> <p>о количество транспортных средств в сети;</p> <p>о количество выехавших транспортных средств;</p> <p>о среднее число остановок транспортного средства;</p> <ul style="list-style-type: none"> • разработка компенсационных мероприятий, касающихся организации дорожного движения, позволяющих сохранить существующие параметры эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города: <ul style="list-style-type: none"> о совершенствование средств организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка); о совершенствование, реконструкция и строительство новых технических средств организации дорожного движения (светофоры); • уточнение параметров подключения нового объекта недвижимости к УДС города _____ на основании результатов микромоделирования существующей и проектной схемы организации движения; <ul style="list-style-type: none"> • разработка основных положений технического задания на проектирование нового объекта недвижимости.

1	2	3
IV. СОСТАВ МАТЕРИАЛОВ ПРОЕКТА		
4.1.	Основные направления планировочного развития территории	<p><i>Пояснительная записка:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • характеристика местоположения объекта проектирования в системе города; • существующее использование территории в границах проектирования; • режимы и нормативные требования к территории в соответствии с утвержденным Генпланом города _____ и проектом планировки территории в границах проектирования; • характеристика размещаемого объекта и рекомендации по объемно-планировочным параметрам объекта с расчетом перспективных технико-экономических показателей использования территории (выполняются на основе данных, предоставляемых Заказчиком) <p><i>Графические материалы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • схема современного состояния улично-дорожной сети М 1:10000; • план существующего положения организации движения транспорта и пешеходов М 1:2000; <p><i>Существующее положение:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • местоположение территории в плане города; • схема существующего (фактического) использования территории, М 1:2000; • натурное обследование. Фотофиксация территории; • схема линий градостроительного регулирования, М 1:2000.

1	2	3
		<p><i>Проектное решение:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • схема участков территорий, подлежащих реорганизации, комплексной реконструкции, М 1:2000; • схема функционально-планировочной организации территории, М 1:2000.
4.2	<p>Основные направления транспортного обслуживания территории</p>	<p>Анализ существующего положения</p> <p><i>Пояснительная записка:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • анализ современного состояния и загрузки УДС транспортными и пешеходными потоками; • построение существующей цифровой программы транспортных и пассажирских потоков; • анализ работы наземного пассажирского транспорта с определением загрузки линий наземного пассажирского транспорта и размещением его обустройств; • анализ плотности УДС; • анализ имеющихся проектных проработок и принятых решений по развитию транспортной инфраструктуры; • определение возможности восприятия дополнительных транспортных нагрузок от проектируемого объекта (объектов) с учетом предусмотренного ранее развития транспортной инфраструктуры; <p><i>Графические материалы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • схема современного состояния УДС М 1:10000; • план существующего положения организации движения транспорта и пешеходов М 1:2000;

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none">• схема существующего положения обслуживания района наземным общественным и скоростным внеуличным транспортом М 1:10000. <p>Проектные предложения</p> <p><i>Пояснительная записка:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• загрузка линий пассажирского транспорта с учетом реконструкции прилегающих территорий;• расчет перспективной интенсивности движения и загрузки УДС транспортными потоками, построение цифрограмм величин транспортных потоков;• организация пешеходного движения: размещение внеуличных и наземных пешеходных переходов;• предложения и мероприятия по развитию магистральной и местной УДС с разработкой поперечных профилей участков УДС в границах проектирования;• расчет плотности УДС в границах проектирования;• предложения и мероприятия по развитию наземного пассажирского транспорта и объектов его инфраструктуры;• характеристика параметров планируемого развития транспортной инфраструктуры;• рекомендации по обслуживанию рассматриваемой территории автомобильным транспортом;• предложения по установлению, изменению, отмене существующих красных линий;

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none">• предварительная оценка стоимости работ в соответствии с проектными предложениями. <p><i>Графические материалы:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• схема организации движения транспорта и пешеходов с размещением остановочных пунктов общественного транспорта, мест парковки индивидуального транспорта, М 1:2000;• схема проектируемого обслуживания района наземным общественным транспортом и скоростным внеуличным транспортом, М 1:10000;• существующие и проектируемые поперечные профили основных магистралей и проездов, М 1:200;• план красных линий, М 1: 2000;• разбивочный чертеж красных линий, М 1: 2000. <p><i>Цифровые материалы:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• видеофайлы, представляющие имитацию движения транспортных потоков для утреннего и вечернего часов пик в зоне моделирования, а также результаты сравнительного анализа существующей и проектной схемы организации дорожного движения.

1	2	3
5.	<p>Требования к качеству выполняемых работ</p>	<p>Научно-исследовательские работы должны выполняться с применением современных методов математического моделирования. Требуется обязательное использование собранных натурным образом и экспериментально полученных данных о состоянии объекта будущих исследований. Требуется в обязательном порядке использование специализированного программного обеспечения PTV Vision® Visum, а также транспортной модели города _____ (в т.ч. ГПТОП).</p> <p>При получении прогнозных данных для моделирования необходимо использовать математическую транспортную модель города _____ со следующими характеристиками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • площадь области обсчета математической модели должна составлять не менее 95% от территории города _____; • протяженность дорог общего пользования должна составлять не менее чем _____ км; • количество узлов – не менее _____; • количество межузловых отрезков – участков УДС – не менее 11000; • количество межузловых отрезков с актуальными дорожно-транспортными характеристиками – не менее 60% от общего количества; • маршрутная сеть ГПТОП должна содержать не менее ____ маршрутов трамваев, ____ маршрутов троллейбусов, ____ маршрутов автобусов;

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • количество точек сбора статистических данных загруженности УДС для оценки и корреляции модели – не менее 100; • периодичность обновления статистических данных – не более 3 лет; • коэффициент корреляции модели – не ниже 0,85; • среднеквадратическое отклонение – не выше 0,3. <p>При моделировании должны использоваться данные не только по маршрутным обследованиям, но и постановочных обследований пассажиропотока.</p> <p>При проведении микромоделирования в обязательном порядке требуется использование специализированного программного обеспечения PTV Vision® Vissim.</p>
6.	<p>Требования к оформлению и сдаче материалов проекта</p>	<p>Подготовка презентационных материалов 1-й редакции концептуальных проектных предложений для предварительного рассмотрения проектного решения с заинтересованными организациями и службами.</p> <p>Материалы проекта выпускаются в 3 экземплярах в следующем составе: пояснительная записка по всем разделам, графические материалы в компьютерном исполнении, текстовые материалы переплетены, графические сфальцованы. Заказчику сдается в 2 экземплярах и 1 экземпляр в электронном виде в формате PDF, чертежи в масштабе в соответствии с заданием.</p>

1	2	3
		Замечания и предложения заинтересованных организаций и служб по проектным решениям настоящей работы, не относящиеся к данной стадии проектирования, будут учтены при последующей разработке проекта планировки территории.
От Исполнителя: « ___ » _____ 20__ г.		От Заказчика:

Список литературы

1. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. – М.: Логос, 2013.
2. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. Modeling Transport. John Wiley & Sons Ltd, 2001.
3. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов. – М.: Логос, 2013.
4. VISUM 12.5 Fundamentals, VISUM 12.5 Manual, 2012 PTV AG, Karlsruhe.
5. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. – М. Министерство транспорта Российской Федерации, 2003.
6. Якимов М.Р. Расчетный метод формализации исходных данных для построения модели транспортного спроса на передвижения с учебными целями // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2011. № 3 (51). С. 132–138.
7. Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2000.
8. Вильсон А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем: пер. с англ. – М.: Наука, 1978 г. 248 с.
9. COM – Documentation VISUM 13.0, 2013 PTV AG, Karlsruhe.

Научное издание

**Михаил Ростиславович Якимов
Юрий Александрович Попов**

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ:

Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов
в программном комплексе PTV Vision® VISUM

Монография

Выпускающий редактор *Ю.П. Голобокова*
Корректор *Ю.В. Халфина*
Компьютерная верстка *Ю.В. Халфиной*
Оформление *А.В. Ероховой*

Подписано в печать 28.04.2014. Формат 60×90/16.
Печать офсетная. Печ. л. 12,5.
Тираж 200 экз. Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Типография «Вертикаль»

Издательская группа «Логос»
111024, Москва, ул. Авиамоторная, д. 55, корп. 31, офис 305
Тел. (495) 981-51-12; 955-78-30; +7 (985) 165-36-36

Электронная почта: universitas@mail.ru
Дополнительная информация на сайте <http://www.logos.ru>