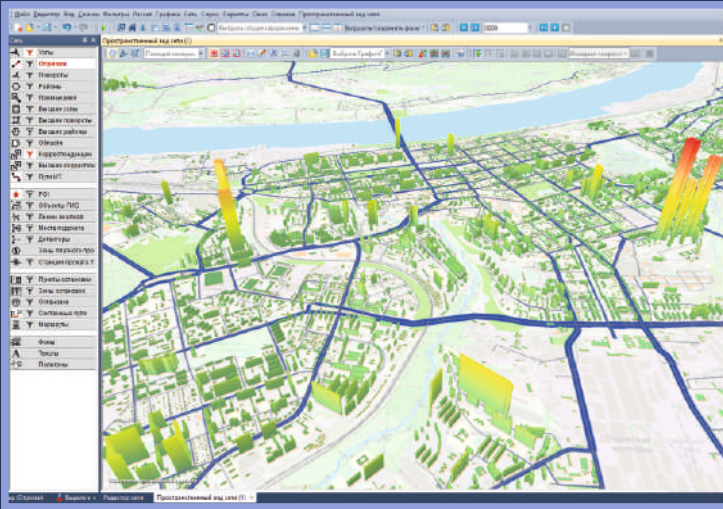


М. Р. ЯКИМОВ
Ю. А. ПОПОВ



ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

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

2-е издание



ПРОСПЕКТ

М. Р. Якимов
Ю. А. Попов

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

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

МОНОГРАФИЯ

Издание второе,
переработанное и дополненное



Электронные версии книг на сайте
www.prospekt.org



• ПРОСПЕКТ •

Москва
2022

Авторы:

Якимов М. Р., доктор технических наук, профессор, директор Института транспортного планирования Российской академии транспорта;
Попов Ю. А., исполнительный директор Агентства дорожной информации РАДАР.

Рецензенты:

Евсеев О. В., доктор технических наук, научный руководитель Научного центра по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации;
Калинина В. В., заместитель генерального директора – начальник управления развития транспортной инфраструктуры АО «Институт “Стройпроект”».

Якимов М. Р., Попов Ю. А.

Я45 Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision@ VISUM : монография. – 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Проспект, 2022. — 176 с.

ISBN 978-5-392-35972-1

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 пятнадцатилетнего опыта авторов по созданию транспортных моделей ряда российских городов и регионов.

УДК 656
ББК 39.1

Научное издание

Якимов Михаил Ростиславович, Попов Юрий Александрович

**ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ
ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРОДОВ
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PTV VISION@ VISUM**

Монография

Подписано в печать 08.11.2021. Формат 60×90¹/₁₆.
Печать цифровая. Печ. л. 11,0. Тираж 200 экз. Заказ №

ООО «Проспект»

111020, г. Москва, ул. Боровая, д. 7, стр. 4.

© Якимов М. Р., Попов Ю. А., 2014
© Якимов М. Р., Попов Ю. А., 2021,
с изменениями

ISBN 978-5-392-35972-1

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ко второму изданию	6
Введение	9
Раздел 1. ЦЕЛИ МОДЕЛИРОВАНИЯ.	
ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ	11
Раздел 2. СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ.....	13
2.1. Модель транспортного предложения.....	13
2.1.1. Состав транспортного предложения индивидуального транспорта.....	14
2.1.2. Состав транспортного предложения городского пассажирского транспорта общего пользования	28
2.1.3. Создание модели транспортного предложения	35
2.2. Модель транспортного спроса.....	40
2.2.1. Состав транспортного спроса индивидуального транспорта.....	40
2.2.2. Состав транспортного спроса общественного транспорта	50
2.2.3. Создание модели транспортного спроса	55
Раздел 3. КАЛИБРОВКА ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ	66
3.1. Привязка натуральных данных об интенсивности движения транспортных потоков	66
3.2. Сбор исходных данных о транспортной системе с использованием глобальной сети интернет	69
3.3. Использование данных операторов сотовой связи.....	70
3.4. Работы по калибровке и верификации модели	76
3.4.1. Калибровка транспортной модели по скоростным характеристикам транспортных потоков	77

3.4.2. Калибровка транспортной модели по интенсивности движения транспортных потоков	87
3.4.3. Калибровка транспортных моделей регионов и городских агломераций.....	96
Раздел 4. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛЬЮ	99
4.1. Виды сценариев.....	99
4.1.1. Развитие транспортной системы в пространстве или во времени	99
4.1.2. Временной период прогнозирования – краткосрочные и долгосрочные сценарии.....	100
4.2. Формирование сценариев	102
4.2.1. Исходные данные для транспортного предложения.....	103
4.2.2. Исходные данные для транспортного спроса.....	105
4.3. Моделирование сценариев.....	107
4.3.1. Редактор сценариев в PTV Vision® VISUM.....	107
4.3.2. Пример сценария для моделирования № 1. Оценка целесообразности перевода в односторонний режим участка улицы	111
4.3.3. Пример сценария для моделирования № 2. Расчет прогнозного пассажиропотока на автобусном маршруте 36 в г. Перми при изменении трассировки.....	118
4.3.4. Пример сценария для моделирования № 3. Определение очередности реализации первоочередных сценариев оптимизации работы транспортного комплекса.....	122
Раздел 5. АНАЛИЗ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	129
5.1. Параметры оценки результатов моделирования.....	129
5.1.1. Суммарный суточный пробег индивидуального транспорта.....	130
5.1.2. Суммарный суточный пассажиропоток общественного транспорта	131
5.1.3. Баланс использования индивидуального транспорта и общественного транспорта	133

5.1.4. Среднее время реализации транспортных корреспондентов.....	134
5.2. Возможности представления результатов моделирования	139
5.2.1. Отображение трассировок маршрутов и систем транспорта.....	139
5.2.2. Трехмерное отображение атрибутов.....	141
5.3. Обмен данными с другими программными продуктами и приложениями	143
5.3.1. Обмен данными с программным продуктом PTV Vision® VISSIM	143
5.3.2. Обмен данными с программным продуктом PTV Vistro	148
<i>Приложение 1</i>	
Типовое техническое задание (вариант 1).....	156
<i>Приложение 2</i>	
Типовое техническое задание (вариант 2).....	164
Список литературы	174

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Первое издание данной монографии вышло в 2014 году, в нем был подробно освещен процесс создания прогнозных транспортных моделей в программном комплексе PTV Vision® VISUM версии 13. За прошедшие семь лет вышел ряд новых версий PTV Vision® VISUM, изменились некоторые подходы в процессе создания прогнозных транспортных моделей, в связи с чем возникла необходимость актуализации представленной в монографии информации.

Новые версии PTV Vision® VISUM получили развитие в трех основных направлениях: ускорение работы вычислительных процедур, изменения интерфейса для повышения удобства работы пользователей и более качественного отображения результатов расчетов и добавление новой функциональности. Новая функциональность, в свою очередь, включает возможность моделирования новых систем транспорта: моделирование грузового движения, моделирование велосипедного движения. Внедрены инструменты моделирования новых видов мобильности (Park&Ride, каршеринг), а также движение в сторону мезо- и микроуровневого моделирования (процедура SBA — the Simulation-Based Dynamic Assignment).

Рассмотрим хронологию и основные направления развития функциональных возможностей новых версий PTV Vision® VISUM. В PTV Vision® VISUM версии 14 был оптимизирован расчет спроса на основе цепочек поездок VISEM, в процедурах динамического перераспределения общественного транспорта и в распределенных вычислениях сценариев. В части пользовательского интерфейса изменены редактор матриц, редактор расписания общественного транспорта, добавлена поддержка нескольких пользователей в менеджере сценариев.

Основные обновления PTV Vision® VISUM 15 касались новых возможностей расчетов: реализован расчет Park&Ride в четырехшаговой модели с учетом вместимости парковок, реализована возможность обособленного расчета спроса и перераспределения грузового и велосипедного транспорта.

В следующей версии PTV Vision® VISUM 16 основным нововведением была процедура перераспределения SBA (Simulation-Based Dynamic Assignment). Данная процедура позволяет моделировать эф-

факты формирования и динамики очередей на перекрестках. По сути, процедура SBA близка к микромоделированию. В ее основе лежит упрощенная модель следования за лидером, что позволяет применять ее даже в больших сетях. Таким образом, реализация процедуры перераспределения SBA — значительный шаг в реализации мезоскопического уровня моделирования в PTV Vision® VISUM.

В части обновления функционала пользовательского интерфейса в PTV Vision® VISUM 16 была реализована возможность трехмерного отображения основных результатов выполнения вычислительных процедур и итогового прогноза. В трехмерном виде стало возможно отображать диаграммы и эпюры как для линейных объектов, так и для полигонов.

Возможности моделирования мультимодальных перевозок получили развитие в версии PTV Vision® VISUM 17. Была реализована процедура мультимодального распределения и добавлена возможность моделирования каршеринга как отдельной системы транспорта. Реализована процедура перераспределения индивидуального транспорта методом бисопряженных направлений Франка — Вульфа. Реализовано также и дальнейшее улучшение пользовательского интерфейса, в том числе работа с графическими показателями, трехмерным изображением.

Версия PTV Vision® VISUM 18 вобрала в себя все ранее разработанные с момента выпуска версии VISUM 13 нововведения и включила их уже в базовый комплект поставки программного обеспечения. Так, PTV Vision® VISUM 18 получила поддержку создания динамических моделей большого масштаба, включая динамическую оценку матриц корреспонденций. В части моделирования общественного транспорта появилась возможность оптимизировать расписание общественного транспорта под транспортный спрос. Улучшена работа с графикой, фильтрами, значительно переработан редактор таблиц.

Таким образом, в своем развитии PTV Vision® VISUM остается лидером среди программных продуктов как в мире, так и в Российской Федерации. Вместе с тем стоит отметить, что далеко не все российские пользователи регулярно обновляют имеющееся у них программное обеспечение. Это связано с тем, что основной функционал, реализованный в версиях PTV Vision® VISUM 13–14, до сих пор позволяет решать большинство типовых задач в области транспортного планирования и транспортного прогнозирования. По мнению авторов, ситуация будет меняться по мере развития в российских городах новой мобильности, в том числе новых режимов транспорта, мобильности как сервиса (MaaS) и изменения самого транспортного поведения людей. В этом случае для адекватной оценки и прогнозирования транспортных систем потребуются специальные алгоритмы, реализованные в последних версиях PTV Vision® VISUM.

С другой стороны, в последнее время для проведения более углубленных исследований в области транспортного моделирования и поиска новых алгоритмов многие пользователи, особенно исследователи из научной среды и вузов, выбирают в качестве среды моделирования программный продукт Aimsun. Программный комплекс Aimsun в последней версии Aimsun Next является более привлекательным с точки зрения возможностей пользователя изменять встроенные в четырехшаговый алгоритм определяющие соотношения и процедуры расчета. С этой точки зрения Aimsun является более универсальным и мобильным инструментом и имеет большую свободу для исследований по сравнению с PTV Vision® VISUM. Вполне вероятно, что по этой причине многие научные организации и пользователи, углубленно занимающиеся технологиями моделирования, будут в будущем выбирать программный продукт Aimsun.

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 сообщества и экономики. В связи с этим актуальными задачами устойчивого развития городов являются задачи совершенствования методов и технологий транспортного планирования. Качественное решение таких задач невозможно без применения современных методик 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]. Теоретические основы создания прогнозных четырехшаговых транспортных моделей подробно изложены в [2]. 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. Область применения транспортных моделей различна — от решения задач транспортного планирования до решения задач оперативного управления транспортными системами, в том числе задач организации дорожного движения.

Одним из лидеров среди разработчиков программного обеспечения в мире является немецкая компания PTV AG. Программный комплекс PTV Vision® включает средства для создания транспортных 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 применяется рядом российских компаний. Версия PTV Vision® VISUM для российских клиентов полностью локализована, прошла необходимую сертификацию. Также силами компании A+S Consult GmbH (ООО «А+С Консалт») 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 15 лет авторами созданы транспортные модели российских городов Пермь, Самара, Екатеринбург, Томск, Йошкар-Ола, Курган, Соликамск, Дзержинск, Темрюк, Югорск, Кемерово, Ижевск, Симферополь, Рязань, Березники, Саратов, а также транспортная модель Пермского края. Кроме того, были разработаны транспортные модели для всех российских городов с населением более 250 тысяч жителей (<http://road.perm.ru/transport-models-2018/>). 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. Данное издание посвящено некоторым особенностям создания и применения транспортного моделирования, которые явно не описаны в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM, так как, с одной стороны, не относятся к методическим особенностям создания прогнозных транспортных моделей, с другой стороны, выходят за рамки особенностей работы с интерфейсом программного комплекса. Таким образом, настоящее 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» будет иметься в виду именно прогнозная транспортная 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, происходящие либо в процессе изменения транспортного спроса, либо в процессе изменения 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 разделе 4.

Основные этапы создания транспортной модели:

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

Далее будут подробно рассмотрены особенности реализации каждого из этапов создания транспортных моделей. Каждый из разделов издания соответствует одному из этапов создания транспортной модели. Все этапы создания транспортных моделей будут рассмотрены

в том порядке, в котором они должны реализовываться в процессе создания транспортных моделей. После этапов создания модели будет подробно рассмотрен непосредственно процесс моделирования, в том числе виды сценариев для моделирования и необходимые исходные данные. Также будут приведены примеры типичных сценариев для проведения моделирования, способы анализа результатов моделирования.

- «*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).
- Далее рассмотрим особенности создания каждого из элементов транспортного предложения.

2.1.1. Состав транспортного предложения 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./час, авт./сут.;
- $t\theta$ — время, затрачиваемое на прохождение узла в незагруженной сети для индивидуального транспорта, секунд;
- *номера отрезков главного потока* [4];
- *метод расчета сопротивления в узле* — сопротивление узла, сопротивление поворота, расчет с помощью модуля ICA по методике HCM2010 [5];
- *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).

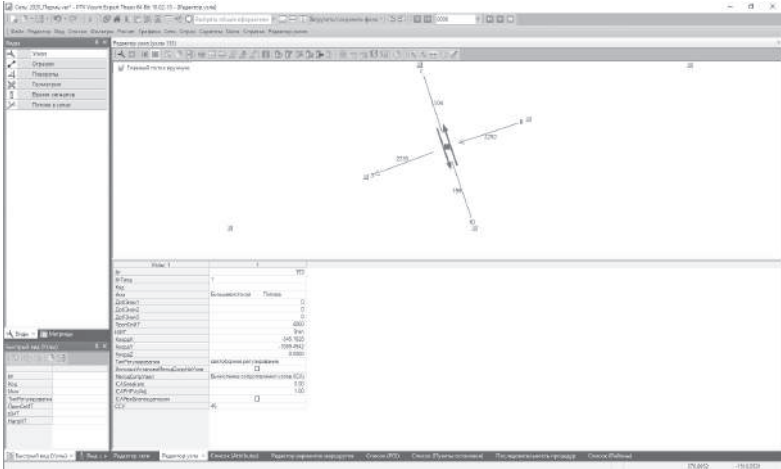


Рис. 2. Окно редактора узла в PTV Vision® VISUM версии 18

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

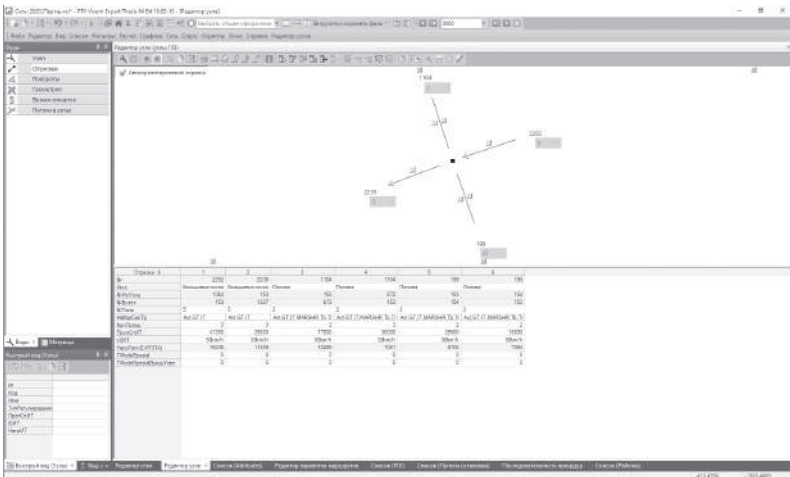


Рис. 3. Окно редактора входящих отрезков в PTV Vision® VISUM версии 18

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

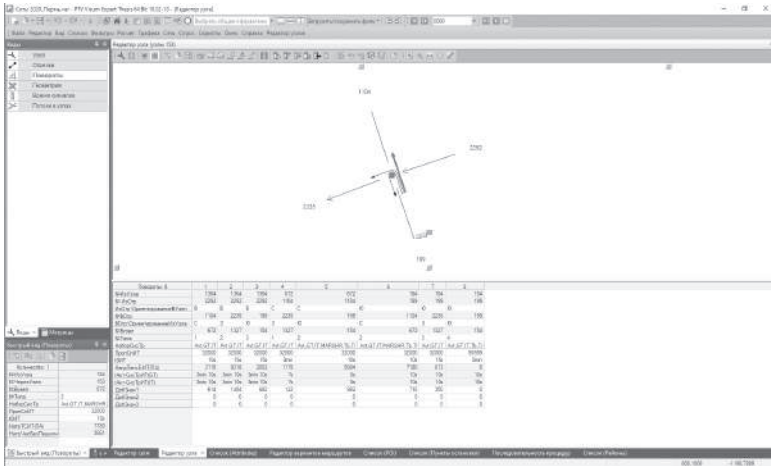


Рис. 4. Окно редактора поворотов в PTV Vision® VISUM версии 18






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 в таблице 1.

Таблица 1

Классификация узлов и поворотов

Узлы (по типу регулирования)	Повороты	
	По направлению	По видам потоков из- и в-
Регулируемые		Из потока
1		—

Окончание табл. 1

Узлы (по типу регулирования)	Повороты		
2		—	✓
3		✓	—
4		✓	✓
			
5		—	—
6		—	✓
7		✓	—
8		✓	✓
			
9		—	—
10		—	✓
11		✓	—
12		✓	✓
Нерегулируемые	повороты		
	по направлению	по видам потоков из- и в-	
		из потока	в поток
			
13		—	—
14		—	✓
15		✓	—
16		✓	✓
			
17		—	—
18		—	✓
19		✓	—
20		✓	✓
			
21		—	—
22		—	✓
23		✓	—
24		✓	✓

✓ : главный поток;

— : второстепенный поток.

Для каждого типа маневров из таблицы 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).

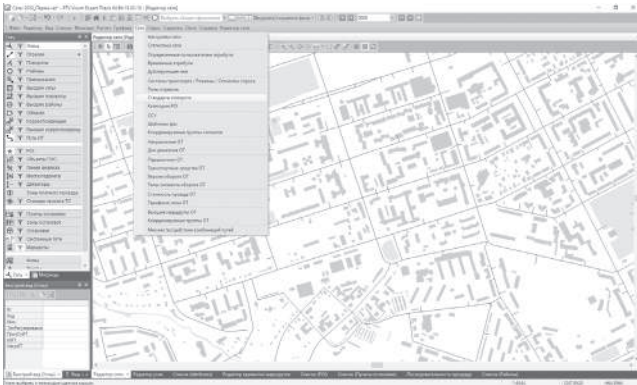


Рис. 5. Переход в меню «Стандарты поворота» в PTV Vision® VISUM версии 18

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 таблице 1: «✓» — главное направление, «—» второстепенное направление);
- *задержка* в секундах;
- *пропускная способность*.

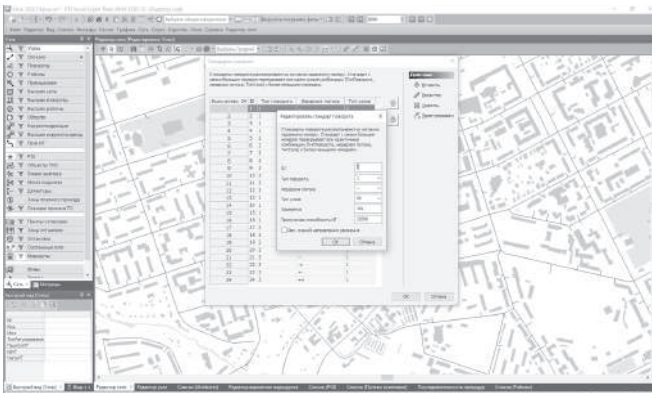


Рис. 6. Меню редактирования «Стандартов поворота» в PTV Vision® VISUM версии 18

Авторы рекомендуют вместо стандартов поворота использовать модуль для детального моделирования перекрестков — *ICA* (Intersection Capacity Analysis). 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 [5]. Данное 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.

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*.

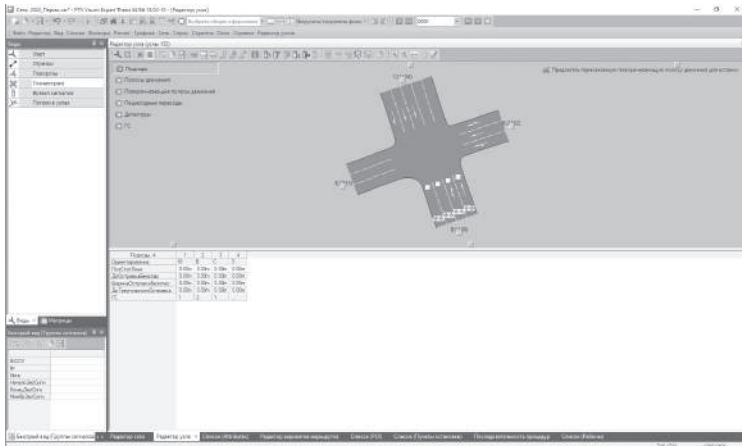


Рис. 7. Окно редактора геометрии узла в *PTV Vision*[®] *VISUM* версии 18

Редактор светофорного объекта (рис. 8): 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.

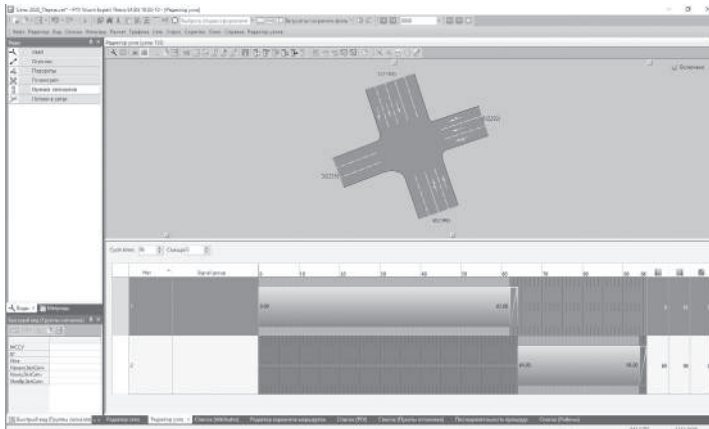


Рис. 8. Редактор светофорного объекта в PTV Vision® VISUM версии 18

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 HCM2010 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 отметить, 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 макромоделей в микромодель для дальнейшей оптимизации участка сети. Экспортировать можно как всю городскую сеть, так и отдельные ее фрагменты. Основное достоинство данного 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 интенсивностей, так и с значениями интенсивностей в утренний и вечерний часы пик. Для анализа в микромодели 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 Из Узла (номер узла в начале отрезка);
- номер В Узел (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./час;
- допустимая скорость индивидуального транспорта при свободном транспортном потоке (для индивидуального транспорта совпадает с максимально разрешенной скоростью движения), км/ч [4].

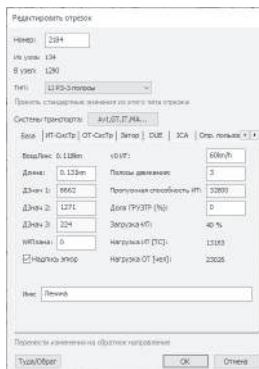


Рис. 9. Окно редактора параметров «отрезка» в PTV Vision® VISUM версии 18

Задание *CR-функций*. Для перегонов, узлов и примыканий необходимо выбрать соответствующий вид функции сопротивления. Подробнее о *CR-функциях* можно прочитать в [2, 3]. *CR-функция* (функция сопротивления) задается для каждого элемента сети. Она определяет зависимость времени прохождения элемента сети t_{akt} от нагрузки q и пропускной способности q_{max} , т. е. результат *CR-функции* — 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:

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

- где $t_{akt_примык_источника}$ — фактическое время движения по примыканию из района-источника, сек;
- $t_{akt_примык_цели}$ — фактическое время движения по примыканию в район-цель, сек;
- $t_{akt_узла}^i$ — задержки в узле i , сек;
- $t_{akt_перегона}^j$ — фактическое время движения через перегон i , сек;
- t_{akt} — итоговое фактическое время в пути, сек.

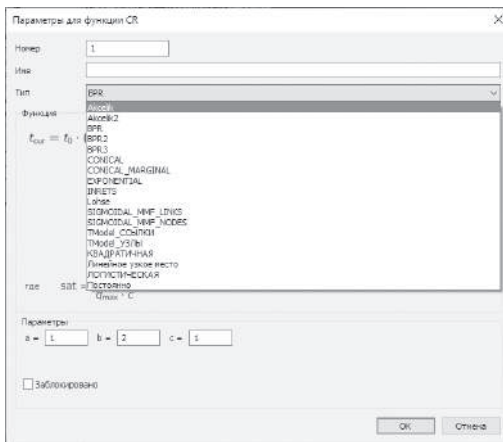


Рис. 10. Окно настройки параметров *CR-функций* «отрезков» в PTV Vision® VISUM версии 18

В PTV Vision® VISUM версии 18 представлены 18 видов *CR-функции* (рис. 10). Большинство из них представляют собой полиномы, в которых можно менять коэффициенты и степень, тем самым меняя кривизну графика, т. е. скорость роста t_{akt} с увеличением нагрузки. В окне на рис. 10 приведено окно редактора *CR-функции*. В данном 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 пешеходного 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 индивидуальному транспорту в терминах времени или денежном эквиваленте.

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 УДС. Границы *транспортных районов* показывают пространственное положение *транспортного района*, однако влияние на распределение транспорта оказывает только положение центра *транспортного района*. 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* приведено на рис. 11.

Деление на транспортные районы. Необходимо всю территорию города разбить на *транспортные районы*, их количество и размер зависят от размеров города и численности населения. При задании границ транспортных районов рекомендуется соблюдать следующие принципы:

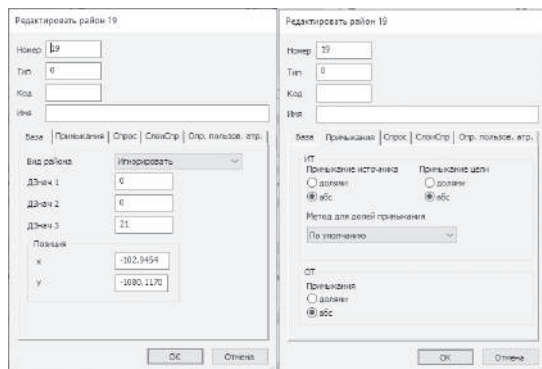


Рис. 11. Окно редактирования параметров «транспортного района» в PTV Vision® VISUM версии 18

- 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;
- недопущение *транспортных районов* вытянутой конфигурации [6];
- по опыту авторов, в региональных моделях имеет смысл при районировании опираться на границы муниципальных районов, городских и сельских поселений.

На рис. 12–14 приведены картограммы границ *транспортных районов* в транспортных моделях Перми, Самары, Екатеринбурга.

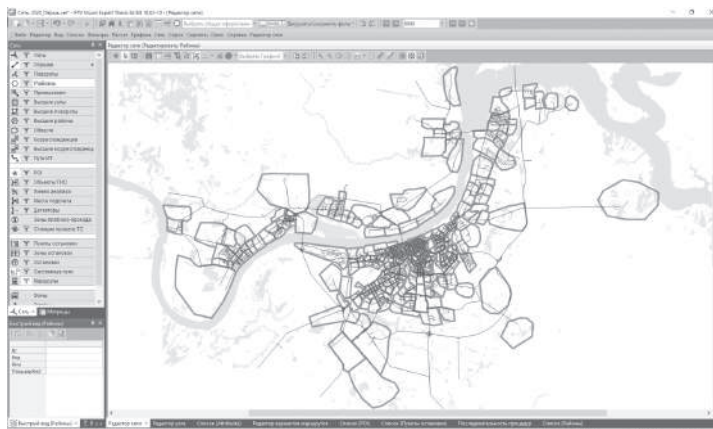


Рис. 12. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Перми

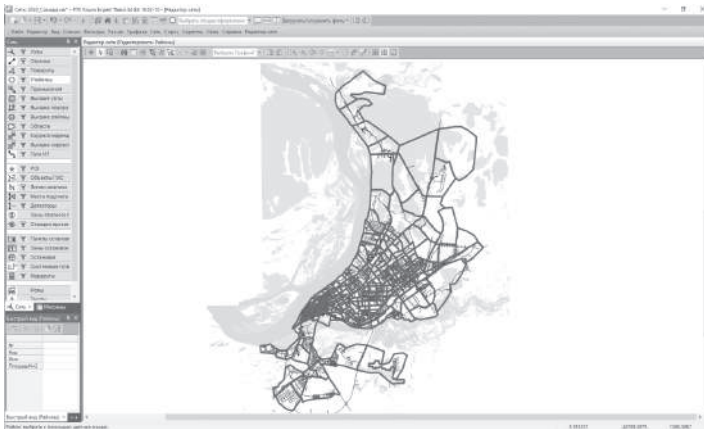


Рис. 13. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Самары

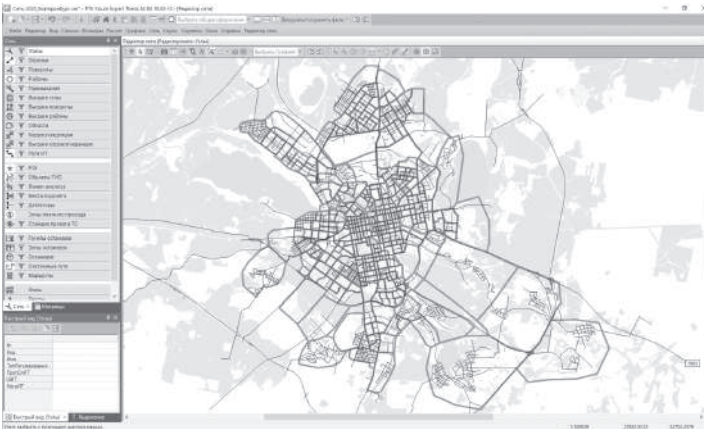


Рис. 14. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Екатеринбурга

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 затратах (вре-

менных или обобщенных) на доступ от центра тяжести *транспортного района* к системам транспорта, допущенных на *примыканиях*. 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. 15.

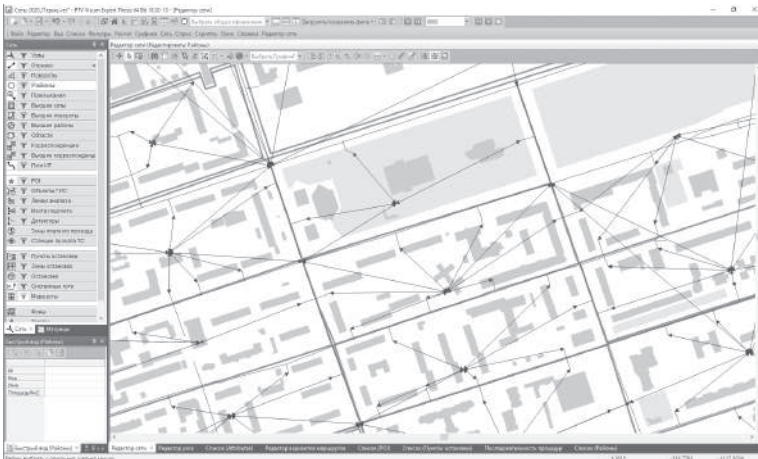


Рис. 15. Расстановка «примыканий» для индивидуального и общественного транспорта на примере транспортной модели г. Перми

Кроме того, 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 открыть 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. 16):

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

Рис. 16. Окно редактора параметров «примыканий» в PTV Vision® VISUM версии 18

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 примыканий (рис. 17, 18).

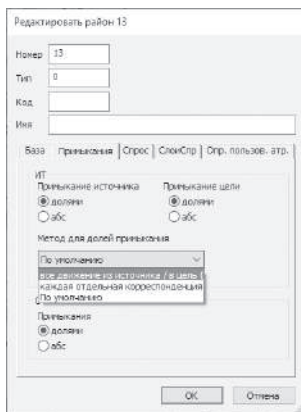


Рис. 17. Окно редактора параметров распределения долей «примыканий» в PTV Vision® VISUM версии 18

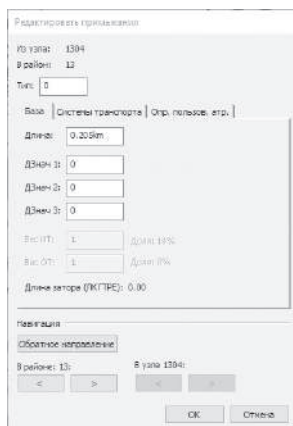


Рис. 18. Окно редактора параметров доли спроса «примыканий» в PTV Vision® VISUM версии 18

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

2.1.2. Состав транспортного предложения городского пассажирского транспорта общего пользования

Транспортная модель, выполненная в формате PTV Vision® VISUM, позволяет моделировать также систему общественного транспорта. В транспортную модель вводятся системы обществен-

ного транспорта, виды подвижного состава с 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. 19–21).

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

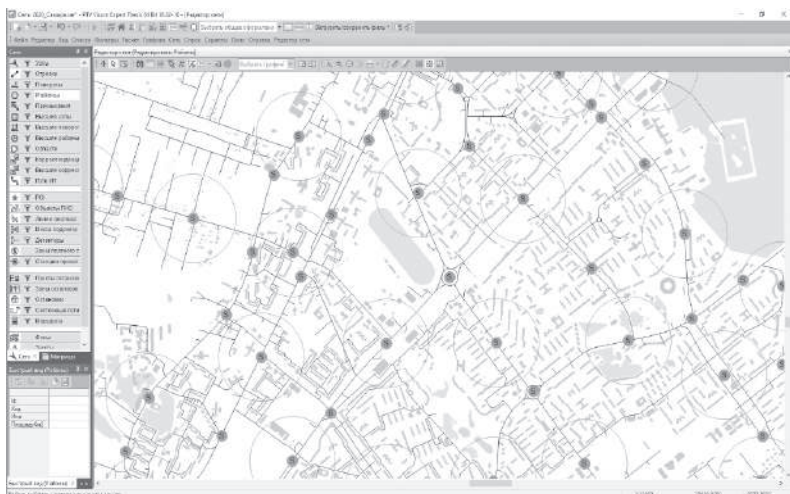


Рис. 19. Отображение «остановок» с радиусами охвата в PTV Vision® VISUM версии 18

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

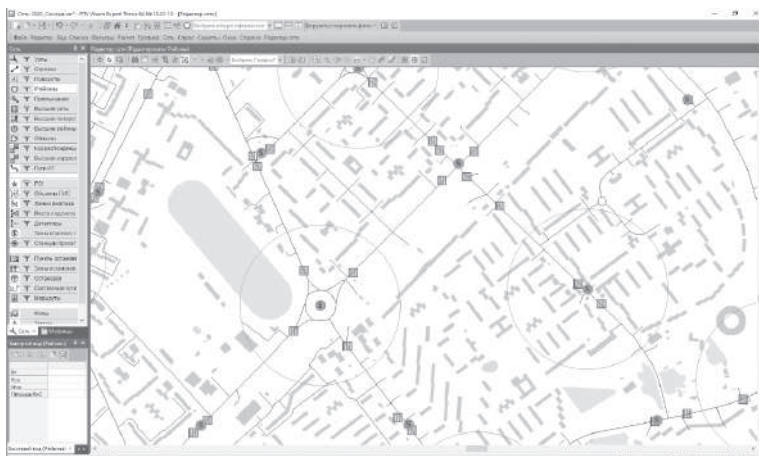


Рис. 20. Отображение «зон остановок» и «остановок» с радиусами охвата в PTV Vision® VISUM версии 18

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

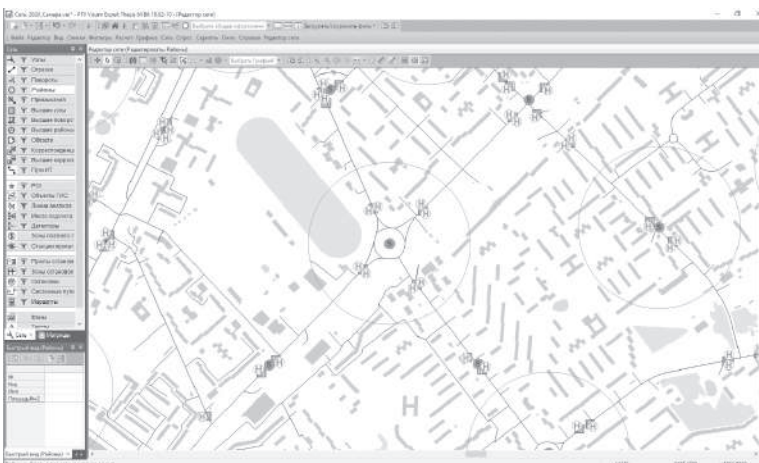


Рис. 21. Отображение «остановок», «зон остановок» и «пунктов остановок» в PTV Vision® VISUM версии 18

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

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

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

Для каждой остановки задается *время перехода между зонами остановки* в виде матрицы времени пересадок (рис. 22). Данная матрица открывается на вкладке «время пешеходной пересадки зон остановки» в окне редактирования *остановки*.

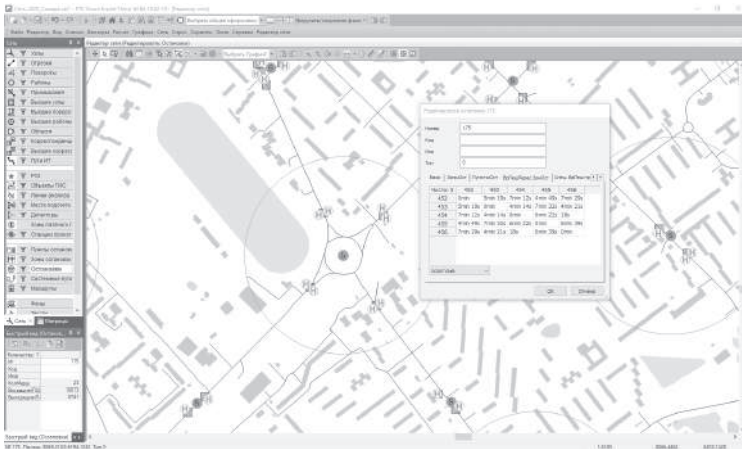


Рис. 22. Окно редактирования матрицы времени пересадок между «зонами остановки»

В данной матрице можно задать время, исходя из натурных обследований или из расчета. При создании матриц времени пересадки для транспортных моделей Перми, Самары и Екатеринбурга использовали расчетные значения времени пересадки, исходя из скорости движения пешехода и расстояния между *зонами остановки*, рассчитанными по их координатам.

Для каждого пункта остановки определены системы транспорта, для которых разрешена остановка, посадка и высадка пассажиров (рис. 23).

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

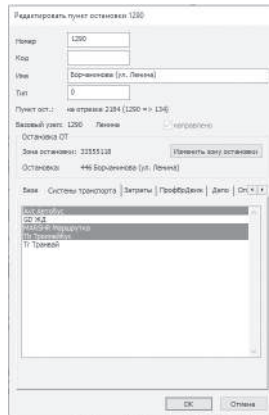


Рис. 23. Окно редактирования набора систем транспорта «пункта остановки» в PTV Vision® VISUM 18

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. 24), в модели также указаны названия направлений (названия обычно присваиваются в соответствии с наименованием конечного *пункта остановки*) (рис. 25).

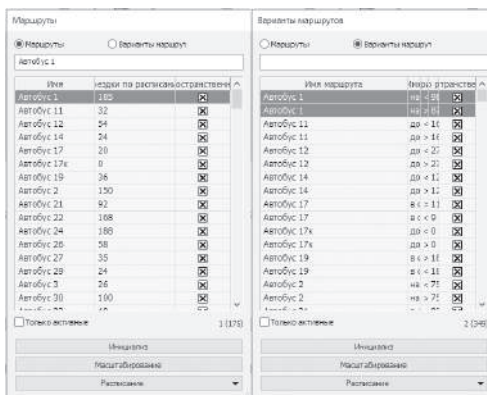


Рис. 24. Окно редактирования маршрутов и вариантов маршрутов общественного транспорта в PTV Vision® VISUM 18

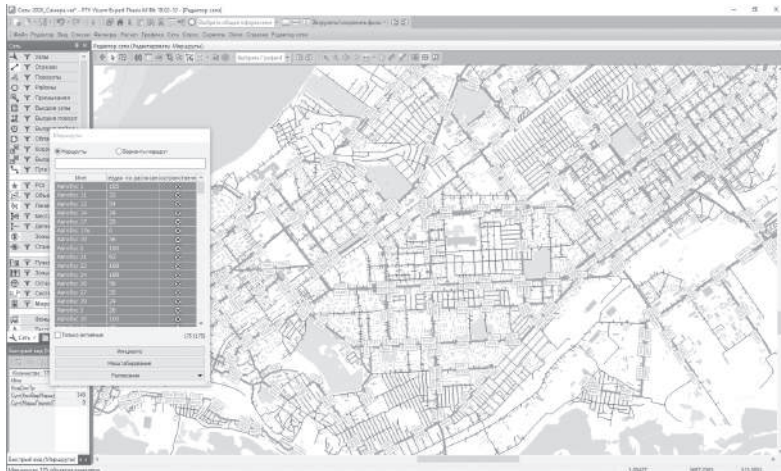


Рис. 25. Трассировки маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования в PTV Vision® VISUM 18

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. 26). При отсутствии подробного расписания возможно использовать значения фактического времени движения индивидуального транспорта.

Маршрут	Откуда	Куда	Время	Скорость
1	812	813	1.000000	1.000000
2	813	812	1.000000	1.000000
3	812	814	1.000000	1.000000
4	814	812	1.000000	1.000000
5	812	815	1.000000	1.000000
6	815	812	1.000000	1.000000
7	812	816	1.000000	1.000000
8	816	812	1.000000	1.000000
9	812	817	1.000000	1.000000
10	817	812	1.000000	1.000000
11	812	818	1.000000	1.000000
12	818	812	1.000000	1.000000
13	812	819	1.000000	1.000000
14	819	812	1.000000	1.000000
15	812	820	1.000000	1.000000
16	820	812	1.000000	1.000000
17	812	821	1.000000	1.000000
18	821	812	1.000000	1.000000
19	812	822	1.000000	1.000000
20	822	812	1.000000	1.000000
21	812	823	1.000000	1.000000
22	823	812	1.000000	1.000000
23	812	824	1.000000	1.000000
24	824	812	1.000000	1.000000
25	812	825	1.000000	1.000000
26	825	812	1.000000	1.000000
27	812	826	1.000000	1.000000
28	826	812	1.000000	1.000000
29	812	827	1.000000	1.000000
30	827	812	1.000000	1.000000
31	812	828	1.000000	1.000000
32	828	812	1.000000	1.000000
33	812	829	1.000000	1.000000
34	829	812	1.000000	1.000000
35	812	830	1.000000	1.000000
36	830	812	1.000000	1.000000
37	812	831	1.000000	1.000000
38	831	812	1.000000	1.000000
39	812	832	1.000000	1.000000
40	832	812	1.000000	1.000000
41	812	833	1.000000	1.000000
42	833	812	1.000000	1.000000
43	812	834	1.000000	1.000000
44	834	812	1.000000	1.000000
45	812	835	1.000000	1.000000
46	835	812	1.000000	1.000000
47	812	836	1.000000	1.000000
48	836	812	1.000000	1.000000
49	812	837	1.000000	1.000000
50	837	812	1.000000	1.000000
51	812	838	1.000000	1.000000
52	838	812	1.000000	1.000000
53	812	839	1.000000	1.000000
54	839	812	1.000000	1.000000
55	812	840	1.000000	1.000000
56	840	812	1.000000	1.000000
57	812	841	1.000000	1.000000
58	841	812	1.000000	1.000000
59	812	842	1.000000	1.000000
60	842	812	1.000000	1.000000
61	812	843	1.000000	1.000000
62	843	812	1.000000	1.000000
63	812	844	1.000000	1.000000
64	844	812	1.000000	1.000000
65	812	845	1.000000	1.000000
66	845	812	1.000000	1.000000
67	812	846	1.000000	1.000000
68	846	812	1.000000	1.000000
69	812	847	1.000000	1.000000
70	847	812	1.000000	1.000000
71	812	848	1.000000	1.000000
72	848	812	1.000000	1.000000
73	812	849	1.000000	1.000000
74	849	812	1.000000	1.000000
75	812	850	1.000000	1.000000
76	850	812	1.000000	1.000000
77	812	851	1.000000	1.000000
78	851	812	1.000000	1.000000
79	812	852	1.000000	1.000000
80	852	812	1.000000	1.000000

Рис. 26. Окно редактирования «профиля времени движения» варианта маршрута городского пассажирского транспорта общего пользования в PTV Vision® VISUM 18

Далее в транспортную модель в редакторе расписаний вводится «расписание движения» (timetable) (рис. 27).

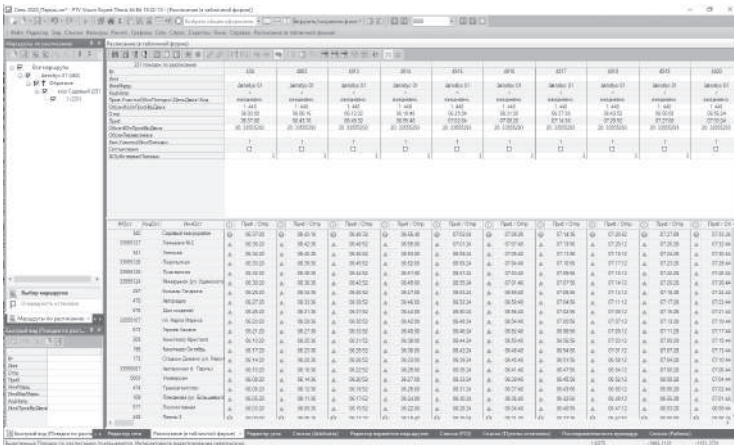


Рис. 27. Окно редактора расписания городского пассажирского транспорта общего пользования в транспортной модели г. о. Самара в PTV Vision® VISUM 18

Расписание движения состоит из «обслуживающих поездок» (vehicle journeys). Можно вводить обслуживающие поездки двумя способами: каждую отдельную поездку или как интервал движения (рис. 28).

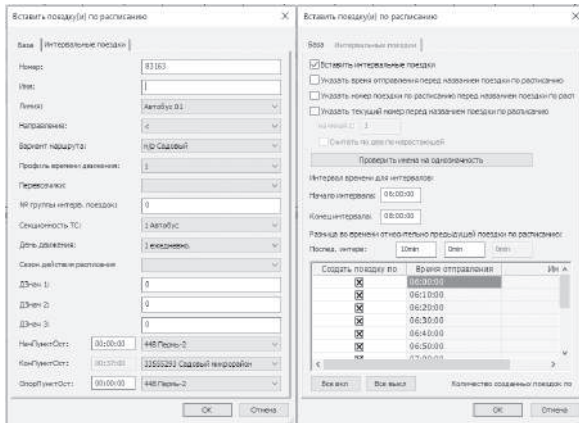


Рис. 28. Окно интерфейса вставки «обслуживающих поездок» по времени отправления и интервально в PTV Vision® VISUM 18

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

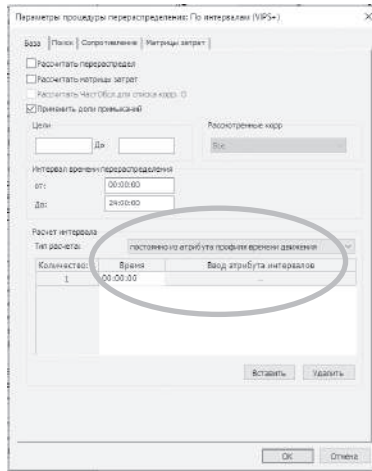


Рис. 29. Окно редактирования интервала движения общественного транспорта с помощью пользовательского атрибута в PTV Vision® VISUM 18

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. 29) и выбрать созданный пользовательский атрибут (выделено овалом на рис. 29).

2.1.3. Создание модели транспортного предложения

В настоящее время наиболее распространены два основных способа создания моделей транспортного предложения для прогнозных транспортных моделей, которые позволяют быстро создать улично-до-

рожную сеть в области моделирования — импорт share-файлов и импорт из OpenStreetMap. Далее рассмотрим каждый из этих способов.

2.1.3.1. Создание модели транспортного предложения путем импорта share-файлов

До недавнего времени самым распространенным способом создания транспортного предложения в PTV Vision® VISUM был импорт из геоинформационных систем (ГИС). Наиболее часто используется открытый формат файлов геоинформационной системы — *share*-файлы. В общем случае share-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 share-файлов:

1. Создание графа сети, или импорт графа сети из share-файла. Есть возможность считывать share-файл как аддитивно к существующим данным, так и с заменой данных (рис. 30).

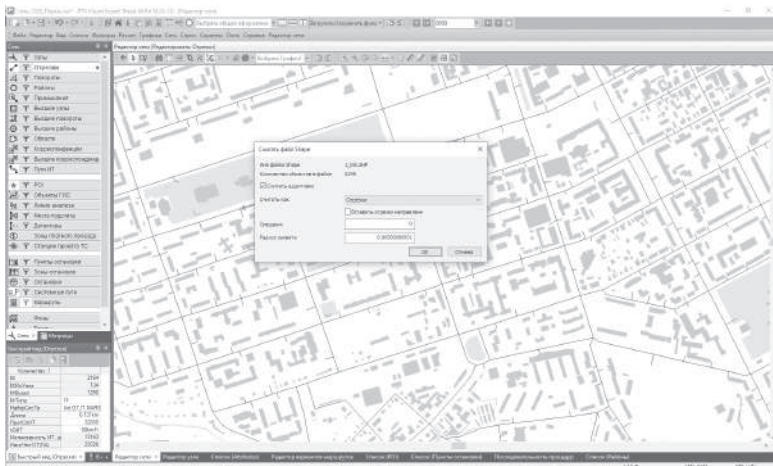


Рис. 30. Интерфейс импорта share-файла улично-дорожной сети в транспортную модель в PTV Vision® VISUM 18

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, которая служит источником данных для транспортной модели. В связи с этим

часть атрибутов обычно уже привязана к импортируемому shape-файлу (в файле .dbf). Поэтому при импорте данные атрибуты будут корректно переданы и в PTV Vision® VISUM. Значения остальных атрибутов необходимо привязывать каждому отдельному элементу сети.

3. Также после импорта из shape-файла необходимо заново пересчитать длины перегонов и примыканий. Для этого есть специальная функция (кнопка) в меню «Сеть» — «Параметры сети» (рис. 31).

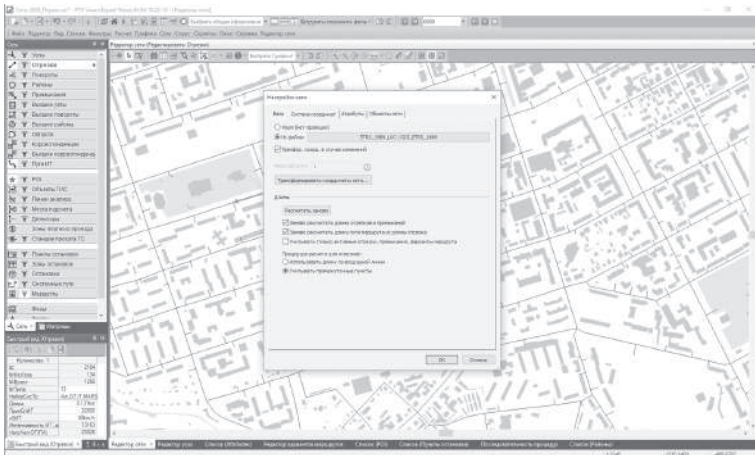


Рис. 31. Окно расчета длин перегонов в PTV Vision® VISUM 18

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

Важным вопросом при создании транспортного предложения является 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. 32).

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 территорий 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.

В случае импорта графа улично-дорожной сети из shape-файлов обычно отсутствуют дворовые выезды, и их приходится создавать вручную путем разделения отрезков на несколько частей и добавления отрезков самих выездов.

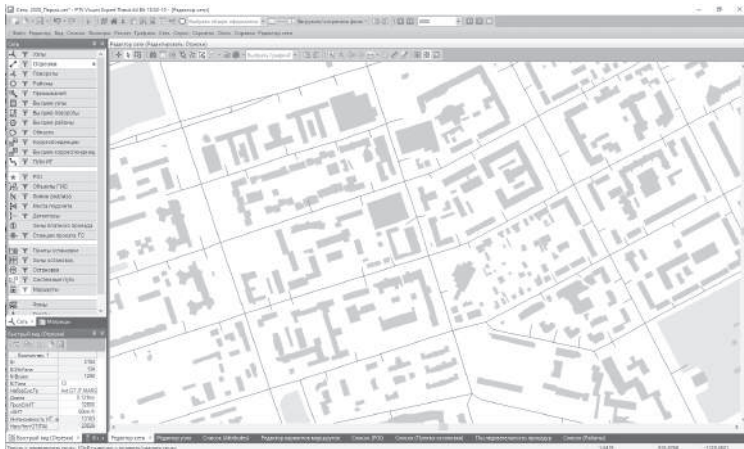


Рис. 32. Детализация транспортного предложения в транспортной модели г. Перми до дворовых выездов

Без детализации дворовых выездов примыкания индивидуально-го 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.

2.1.3.2. Создание модели транспортного предложения путем импорта из OpenStreetMap

Начиная с версии 13.0 PTV Vision® VISUM поддерживает полноценный импорт данных из OpenStreetMap. Актуальные версии PTV Vision® VISUM позволяют импортировать не только граф улично-дорожной сети, но и данные транспортного предложения общественного транспорта: железнодорожные и трамвайные пути, остановки, маршруты общественного транспорта.

Данные для импорта можно скачать непосредственно с сайта OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>). Необходимо выделить область на карте для экспорта и нажать кнопку «Экспортировать» (рис. 33).

Однако в большинстве случаев при экспорте территории большой площади, например города, можно увидеть сообщение, что указанная территория слишком велика для экспорта. В этом случае стоит воспользоваться сторонними сервисами, на которых хранятся и периодически обновляются дампы данных с OpenStreetMap. Среди таких сервисов (<https://www.geofabrik.de/>), (<https://gis-lab.info/>) и другие. С помощью данных сервисов можно скачать данные в формате OpenStreetMap для целых регионов.

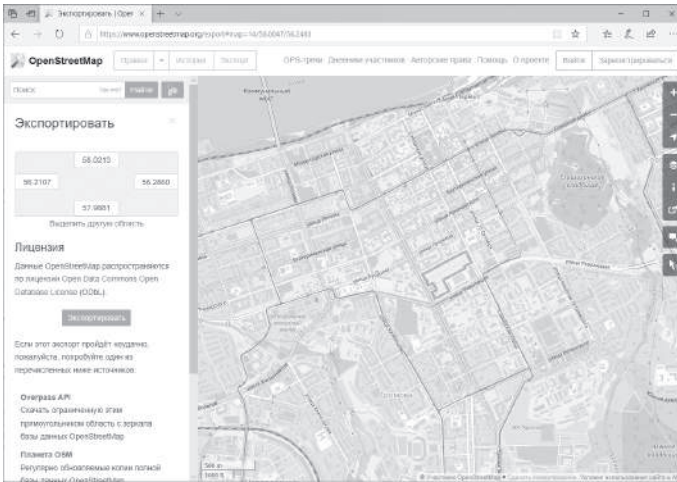


Рис. 33. Окно экспорта данных на сайте OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>)

Для импорта данных OpenStreetMap в PTV Vision® VISUM необходимо файл с расширением *.bz2.

Импорт данных осуществляется через меню «Файл» — «Импортировать» — «OpenStreetMap...» (рис. 34).

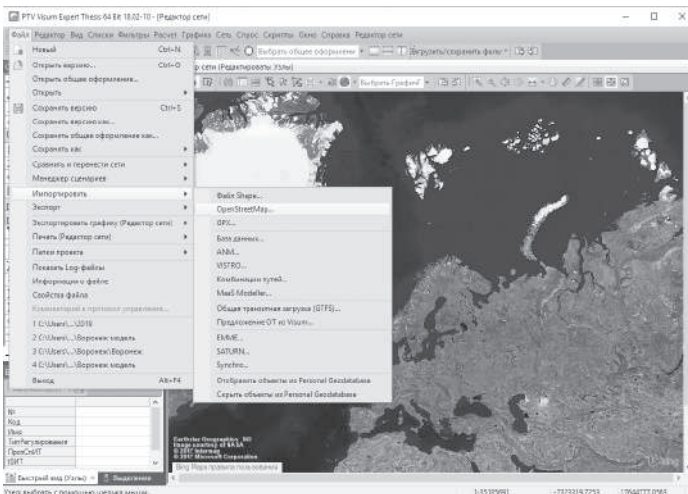


Рис. 34. Импорт файла OpenStreetMap в PTV Vision® VISUM версии 18

После выбора и открытия файла в диалоговом окне необходимо выбрать конфигурацию импортируемой сети. Возможные варианты пред-

ставлены на рис. 35. В случае импорта файла для населенного пункта авторы рекомендуют использовать вариант «Detailed urban network».

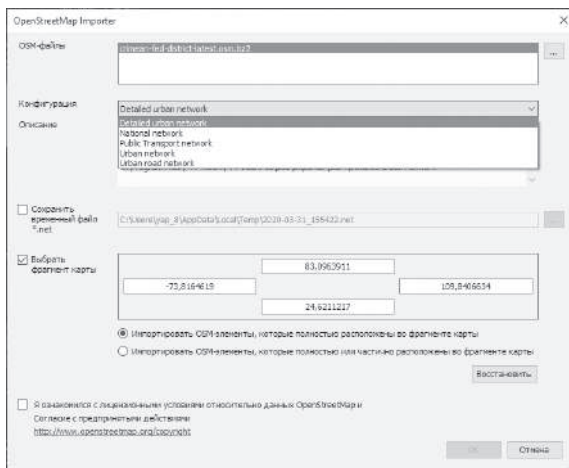


Рис. 35. Импорт файла OpenStreetMap в PTV Vision® VISUM версии 18

Также возможно на этапе импорта задать координаты области, которую необходимо импортировать, активировав опцию «Выбрать фрагмент карты». При использовании данной опции существенно сократится время обработки файла и генерации сети.

После файла *отрезкам* присваиваются типы и атрибуты, содержащиеся в файле OpenStreetMap. Авторы рекомендуют после импорта файла привести типы отрезков в соответствие классификации, необходимой разработчику транспортной модели, а характеристики отрезков соответствующих типов — нормативным значениям.

2.2. Модель 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. Состав транспортного спроса индивидуального транспорта

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 индивидуального транспорта

Рассмотрим в качестве примера транспортную модель г. Кемерово. В транспортную модель введены три *сегмента спроса* — индивидуальный транспорт (ИТ), грузовой транспорт и общественный транспорт (ОТ) (рис. 36).

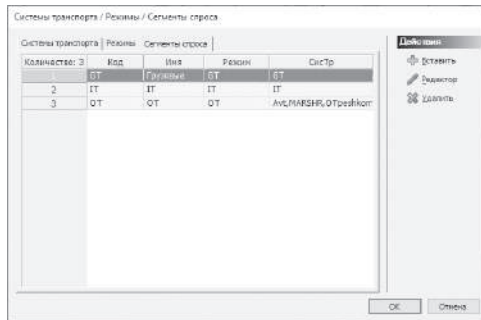


Рис. 36. Окно редактирования «Сегментов спроса» ИТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Кемерово

Для каждого *сегмента спроса* создано по одному «*режиму*» (mode): для сегмента спроса ИТ введен режим ИТ, для грузового транспорта — режим ГТ (рис. 37).

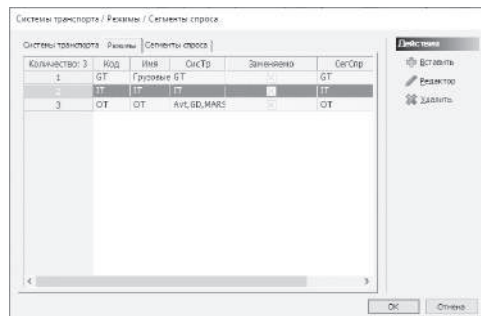


Рис. 37. Окно редактирования «Режимов» ИТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Кемерово

Для каждого из *режимов* и *сегментов спроса* были введены соответствующие системы транспорта. Для индивидуального транспорта введена система транспорта — ИТ (индивидуальный транспорт), для грузового транспорта — ГТ (грузовой транспорт). Окно редактирования систем транспорта для ИТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самара представлено на рис. 38.

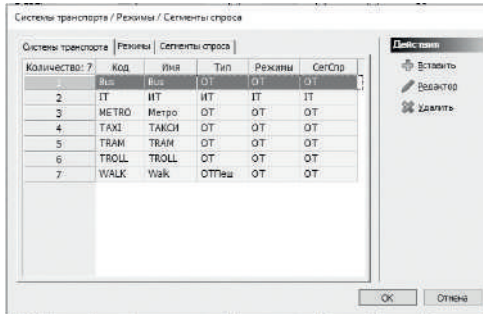


Рис. 38. Окно редактирования систем транспорта для ИТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самара

2.2.1.2. Слои спроса

Необходимым этапом в построении модели транспортного спроса в городах является создание структуры транспортного спроса. Одним из основных структурных элементов транспортного спроса является «*слой спроса*» (demand strata). Деление на слои спроса не разделяется по видам транспорта, так как создание и расчет для слоев спроса при расчете транспортного спроса производится до выбора вида транспорта.

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

- дом;
- работа;
- учеба (вузы, ссузы);
- прочие места притяжения.

Такая детализация приводит к модели спроса, состоящей из набора $15 (4^2 - 1)$ *слоев спроса* (рис. 39). На практике не учитывают *слой спроса*, основанный на передвижениях от «Дома к Дому», полагая, что в со-

временном мегаполисе понятия «дом» и «жилище» для человека являются синонимами. Практика показывает, что такой набор *слоев спроса* является достаточным для учета большинства основных транспортных корреспонденций, совершаемых на территории крупных городов.

Кроме того, по просьбе заказчика, для транспортной модели г. Самары, в отличие от моделей г. Перми и г. Екатеринбурга, 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 передвигения с учебными целями» [7].

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 поездок на общественном транспорте. В связи с этим проводить трудоемкий процесс сбора и расчета необходимых исходных данных для расчета слоев спроса, связанных с перемещениями школьников, не всегда целесообразно.

Кол-во	Код	Имя	Группа	Пара действий
1	M01_LP_VSE	VSE	DP дом-прочее	
2	M02_DR_VSE	VSE	DR дом-работа	
3	M03_PD_VSE	VSE	PD прочее-дом	
4	M04_PP_VSE	VSE	PP прочее-прочее	
5	M05_PR_VSE	VSE	PR прочее-работа	
6	M06_RD_VSE	VSE	RD работа-дом	
7	M07_PP_VSE	VSE	RP работа-прочее	
8	M08_RL_VSE	VSE	RR работа-работа	
9	M09_DU_VSE	VSE	DU дом-учеба	
10	M10_PU_VSE	VSE	PU прочее-учеба	
11	M11_RU_VSE	VSE	RU работа-учеба	
12	M12_UD_VSE	VSE	UD учеба-дом	
13	M13_UP_VSE	VSE	UP учеба-прочее	
14	M14_PU_VSE	VSE	UR учеба-работа	
15	M15_RU_VSE	VSE	UR учеба-учеба	
16	M16_DS_VSE	VSE	DS дом-школа	
17	M17_SD_VSE	VSE	SD школа-дом	

Рис. 39. Список «Слоев спроса», введенных в транспортную модель г. Самары

На рис. 39 приведены *слои спроса*, введенные в транспортную модель г. Самары. В данной 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 являются: 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 проверять и править привязанную статистическую информацию.

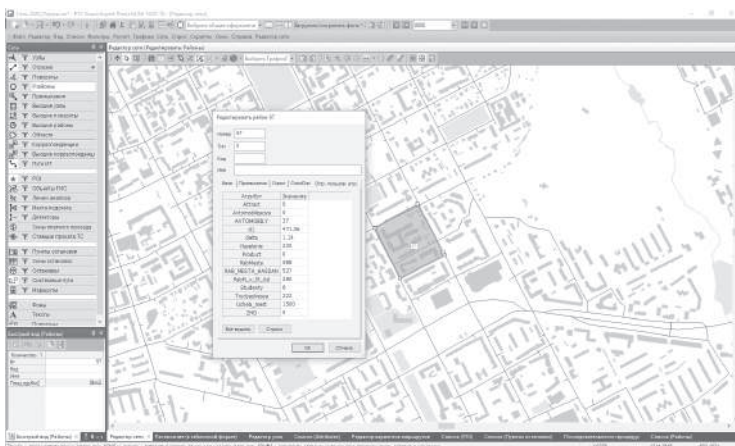


Рис. 40. Суммирование данных статистики из контуров зданий в транспортные районы

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

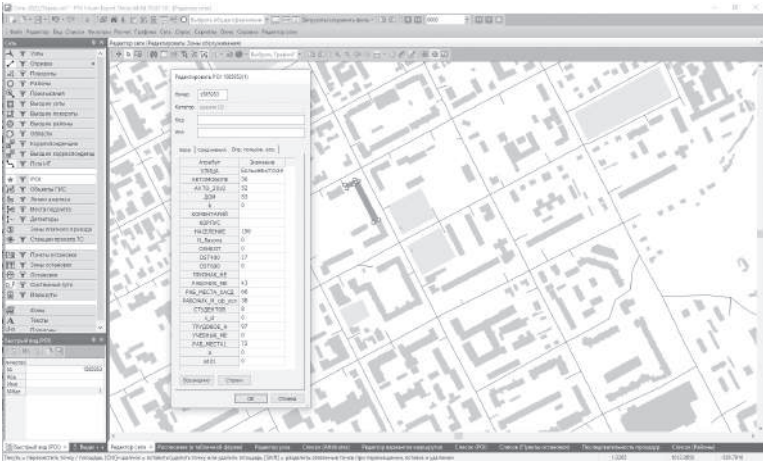


Рис. 41. Окно редактирования атрибутивной информации, привязанной к контурам зданий и сооружений

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

2.2.1.3. Матрицы затрат индивидуального транспорта

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].

В качестве параметра для расчета *матриц затрат* можно выбирать из ряда параметров. Для индивидуального транспорта это (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.

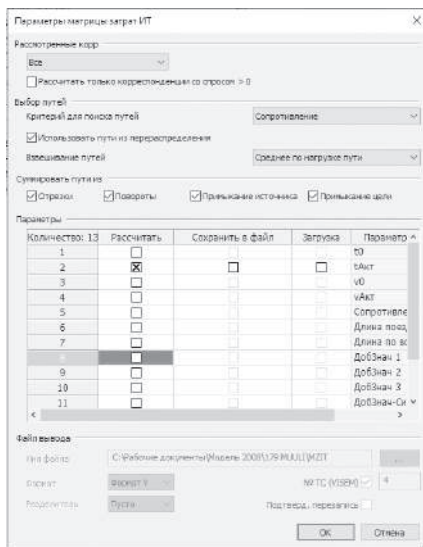


Рис. 42. Виды «матриц затрат» для процедуры «перераспределения» индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM

Чаще всего в качестве параметра 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, разработанных авторами, используется параметр «время движения в нагруженной сети». Использование данного параметра связано с тем, что он является наиболее объективным и простым для оценки. В настоящее время для России не очень актуально использование комбинированных затрат для индивидуального транспорта, так как 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.

Однако эксперименты с вводом параметров затрат на парковку в транспортные модели городов, где введены платные парковки в центральной части города (например, Пермь и Екатеринбург), показывают отсутствие значительного влияния данного фактора на результаты

расчетов. Это связано с тем, что уровень тарифа на парковку в данных городах не оказывает сильного влияния на поведение водителей. Так, по результатам мониторинга использования парковочного пространства в г. Перми, увеличивается средняя оборачиваемость парковочных мест, однако, по данным мониторинга транспортных потоков, не наблюдается уменьшения объемов прибытия индивидуального транспорта в центральную часть города или снижение интенсивности движения на улично-дорожной сети в зоне платных парковок. Таким образом, решение об учете дополнительных видов затрат в модели затрат индивидуального транспорта необходимо принимать по результатам статистического анализа реального влияния данных затрат на режимы функционирования транспортной системы.

Например, в транспортной модели Лондона для индивидуального транспорта затраты рассчитываются как стоимость совершения поездки в фунтах и представляют из себя 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).

2.2.1.4. Матрицы корреспонденций индивидуального транспорта

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, 6].

По методике [6] 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:

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

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

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

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_p, B_i — величины объемов отправлений 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 отправлений и прибытия трудовых корреспонденций для района i ;
 P_{ij} — функция предпочтения.

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

Также полезно отметить, что, если встроенный в PTV Vision® VISUM алгоритм расчета гравитационной модели по каким-то причинам не удовлетворяет потребностям пользователя, возможно проведение расчета с помощью любого другого алгоритма 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 и на любом языке программирования (Delphi, C# и т. п.) или создать в виде скрипта на Python или Visual basic (рис. 43).

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

При создании транспортного спроса необходимый набор матриц корреспонденций зависит от количества слоев спроса в транспортной модели. В первую очередь создается набор матриц корреспонденций, соответствующий слоям спроса (рис. 44).

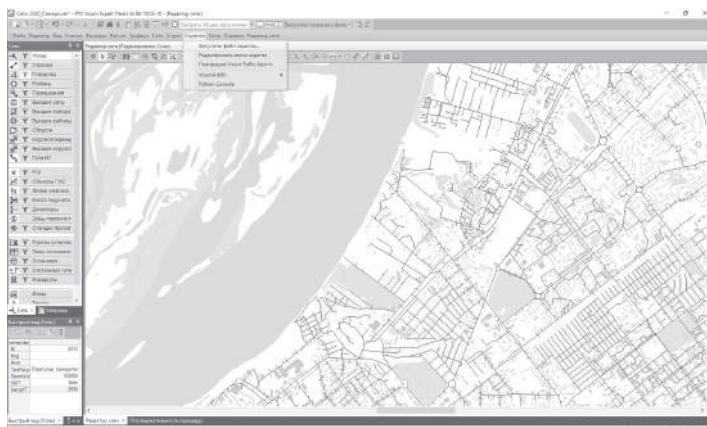


Рис. 43. Запуск скрипт-файла в PTV Vision® VISUM

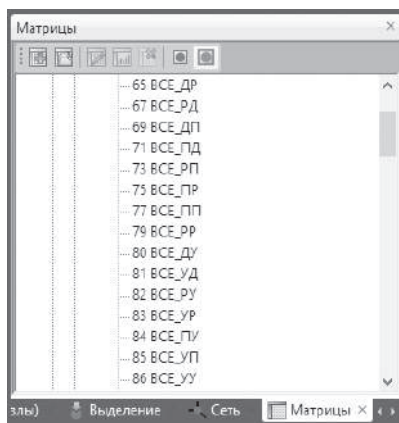


Рис. 44. Создание матриц корреспонденций для слоев спроса в PTV Vision® VISUM

Далее для каждого слоя спроса создается набор матриц для используемых в транспортной модели режимов. Так, для индивидуального транспорта это набор матриц в количестве слоев спроса, а также одна суммарная матрица корреспонденций.

В случае если модель транспортного спроса включает 15 слоев спроса, для индивидуального транспорта создается 16 матриц корреспонденций (рис. 45): 15 матриц, соответствующих слоям спроса, и суммарная матрица для индивидуального транспорта, которая является суммой данных 15 матриц и далее участвует в перераспределении транспортного спроса.

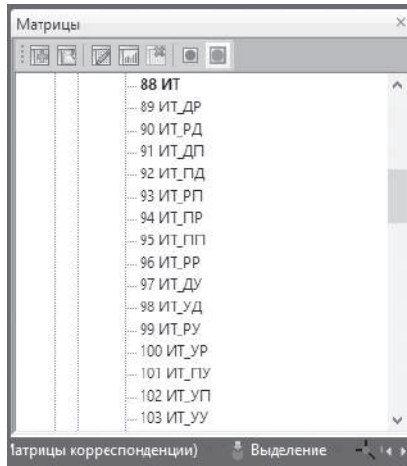


Рис. 45. Создание матриц корреспонденций индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM

2.2.2. Состав транспортного спроса общественного транспорта

2.2.2.1. Системы транспорта, режимы, сегменты спроса общественного транспорта

Рассмотрим в качестве примера транспортную модель г. Самары. В транспортную модель введены два *сегмента спроса* — индивидуальный транспорт (ИТ) и общественный транспорт (ОТ) (рис. 46).

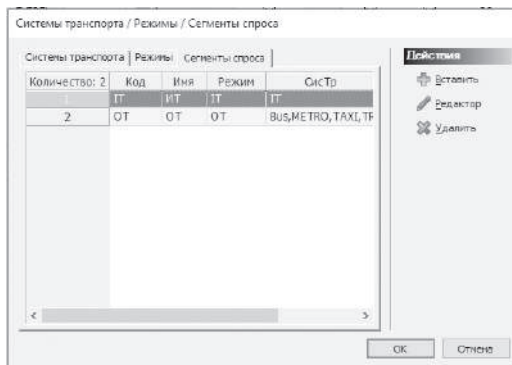


Рис. 46. Окно редактирования «Сегментов спроса» ОТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самары

Для *сегмента спроса* ОТ создан соответствующий «режим» (mode) — ОТ (рис. 47).

Для каждого из *режимов* и *сегментов спроса* были введены соответствующие системы транспорта. Для общественного транспорта в транспортную модель введены следующие системы транспорта:

- автобус;
- троллейбус;
- трамвай;
- маршрутные такси;
- метро (рис. 48).

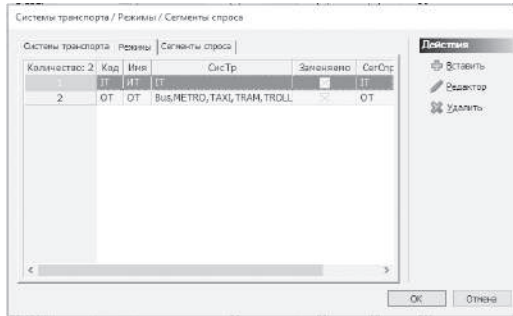


Рис. 47. Окно редактирования «Режим» OT в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самары

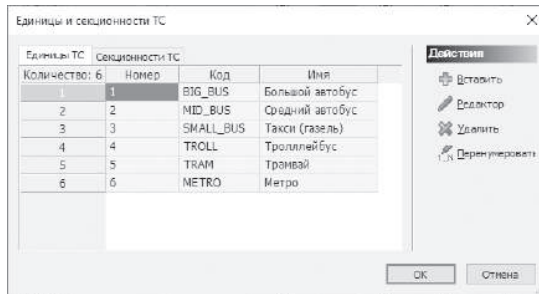


Рис. 48. Окно редактирования систем транспорта OT в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самары

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

- большой автобус;
- средний автобус;
- маршрутное такси;
- троллейбус;
- метро (вагон);
- трамвай (вагон) (рис. 49).

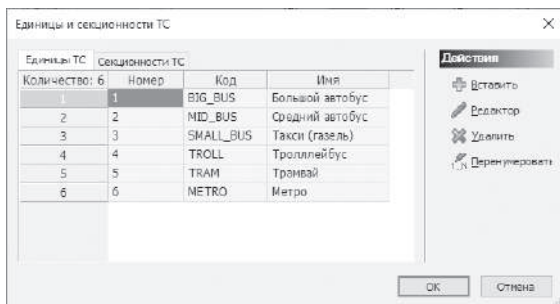


Рис. 49. Окно редактирования видов единиц подвижного состава ОТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самары

Для каждого типа единиц транспортных средств были введены параметры подвижного состава — общая вместимость и количество сидячих мест (рис. 50).

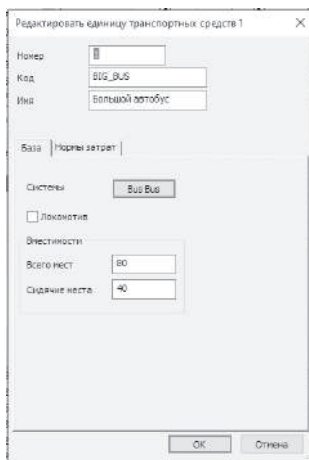


Рис. 50. Окно ввода параметров вместимости для единицы подвижного состава ОТ в PTV Vision® VISUM 18 на примере единицы «большой автобус» в транспортной модели г. Самары

Далее, для всех типов единиц транспортных средств была задана «секционность» транспортных средств общественного транспорта (vehicle combination) (рис. 51). *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.

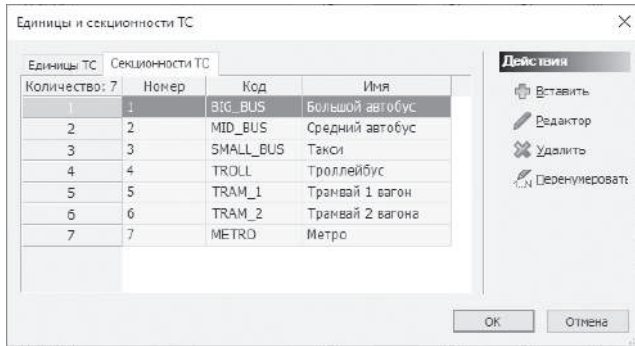


Рис. 51. Окно редактирования видов «секционности ТС» в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самары

Таким образом, для всех видов транспорта ОТ, 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. Самары для трамвая было задано две *секционности* («один вагон» и «два вагона»), а для метро — одна *секционность*, состоящая из четырех вагонов.

2.2.2.2. Матрицы затрат общественного транспорта

Расчет транспортного спроса для общественного транспорта так же производится на основе *затрат* на перемещение между транспортными районами. Данные затраты рассчитываются и хранятся в виде «*матриц затрат*» (skim matrix) для общественного транспорта.

В качестве параметра для расчета *матриц затрат* можно выбирать из ряда параметров. В качестве затрат для общественного транспорта чаще всего используется сумма следующих затрат (рис. 52):

- 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.

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 показывают, что пассажир более негативно оценивает все временные затраты, кроме непосредственно времени движения внутри подвижно-

го 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 пассажира 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.

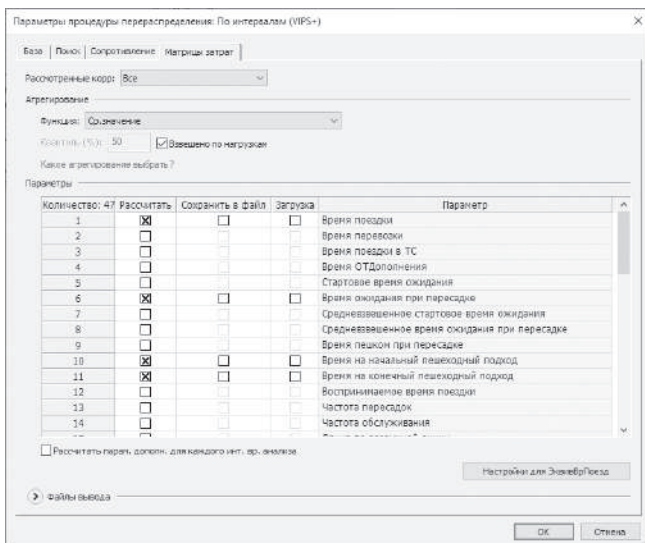


Рис. 52. Виды «матрицы затрат» для общественного транспорта в PTV Vision® VISUM

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 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.

2.2.2.3. Матрицы корреспонденций общественного транспорта

Набор матриц корреспонденций для общественного транспорта создается аналогично набору для индивидуального транспорта. Для каждого слоя спроса создается соответствующая матрица корреспонденций общественного транспорта, а также одна суммарная матрица корреспонденций.

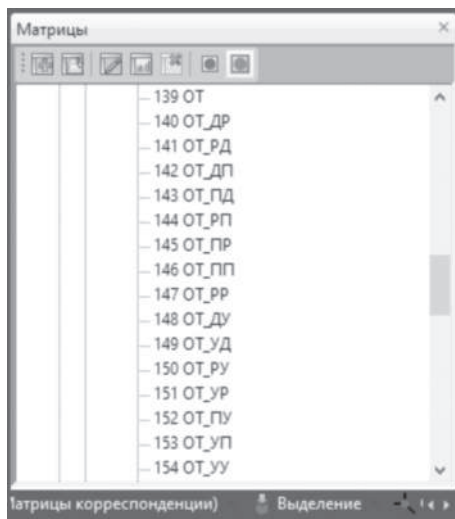


Рис. 53. Создание матриц корреспонденций индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM

В случае если модель транспортного спроса включает 15 слоев спроса, для общественного транспорта создается 16 матриц корреспонденций (рис. 53): 15 матриц, соответствующих слоям спроса, и суммарная матрица для общественного транспорта, которая является суммой данных 15 матриц и далее участвует в перераспределении транспортного спроса.

2.2.3. Создание модели транспортного спроса

2.2.3.1. Особенности создания структуры транспортного спроса

Рассмотренные выше структура и состав модели транспортного спроса во многом являются типовыми. В связи с этим нет смысла создавать сложную структуру и большое количество объектов, в том числе 15 слоев спроса и 47 матриц, вручную. Можно импортировать в новую транспортную модель структуру транспортного спроса из ранее созданной транспортной модели.

Для этого в PTV Vision® VISUM предусмотрена возможность сохранения данных транспортного спроса в виде отдельного файла, содержащего в себе всю структуру и все объекты транспортного спроса, включая слои спроса, кривые неравномерности спроса и наборы матриц корреспонденций для всех режимов.

Для создания файла транспортного спроса в транспортной модели в PTV Vision® VISUM необходимо перейти в меню «Файл» — «Сохранить как» — «Данные транспортного спроса» (рис. 54).

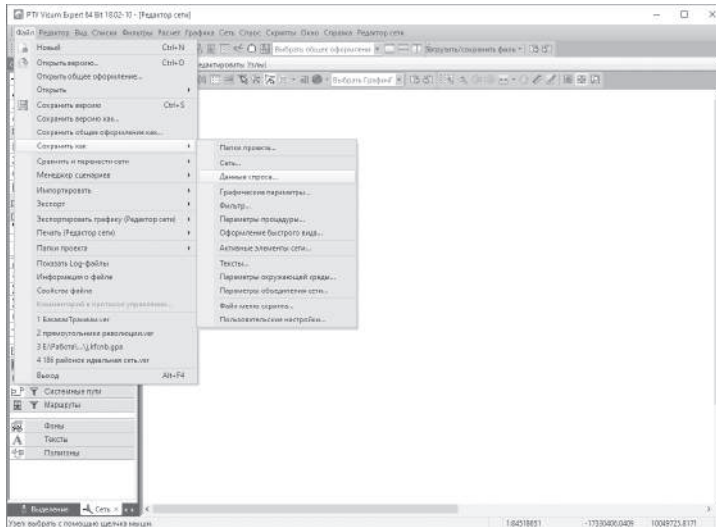


Рис. 54. Сохранение транспортного спроса в виде файла в PTV Vision® VISUM версии 18

После выбора папки для сохранения и имени файла появится диалоговое окно выбора объектов, которые необходимо сохранить. Для сохранения полной модели транспортного спроса необходимо выбрать все представленные в диалоговом окне блоки (рис. 55).

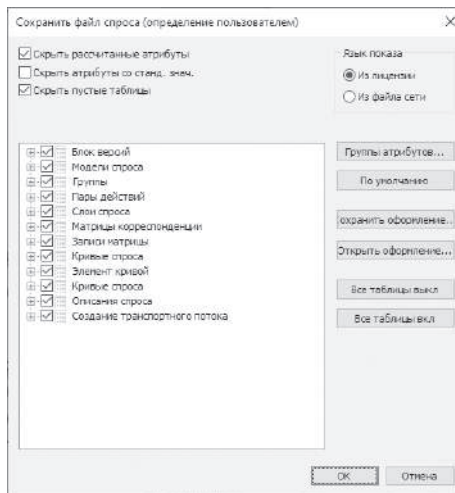


Рис. 55. Окно выбора объектов при сохранении транспортного спроса в виде файла в PTV Vision® VISUM версии 18

Сохраненный файл транспортного спроса далее необходимо импортировать в новую (создаваемую) транспортную модель. Для этого в новой транспортной модели необходимо перейти в меню «Файл» — «Открыть» — «Данные спроса» (рис. 56).

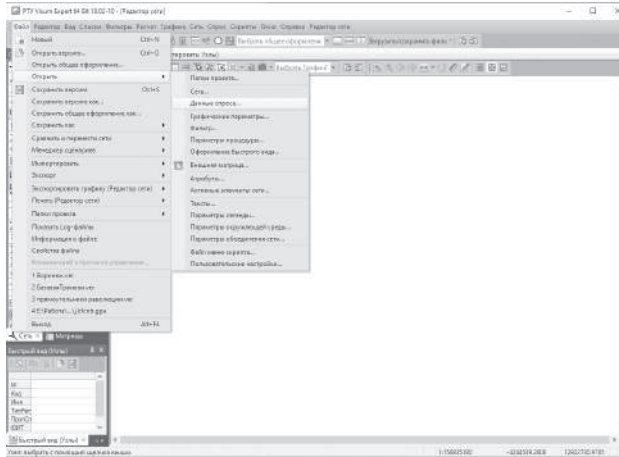


Рис. 56. Импорт данных транспортного спроса в виде файла в новую транспортную модель в PTV Vision® VISUM версии 18

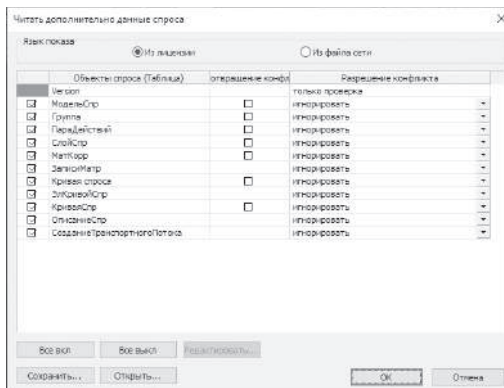


Рис. 57. Окно выбора объектов при открытии файла транспортного спроса в PTV Vision® VISUM версии 18

При открытии файла транспортного спроса появится диалоговое окно (рис. 57) с выбором объектов, аналогичное диалоговому окну сохранения транспортного спроса. В данном случае необходимо выбрать именно те объекты, которые были выбраны при сохранении файла транспортного спроса.

В результате в новой (создаваемой) транспортной модели появятся все выбранные объекты, в том числе сегменты спроса, слои спроса, кривые спроса и матрицы корреспонденций.

2.2.3.2. Особенности расчета перераспределения транспортного спроса

Отдельно стоит рассмотреть расчет процедуры перераспределения 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*, кроме интенсивностей, также рассчитываются такие параметры, как актуальное время прохождения этих элементов и коэффициент загрузки элемента сети (отношение интенсивности движения к пропускной способности).

2.2.3.2.1. 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. 58).

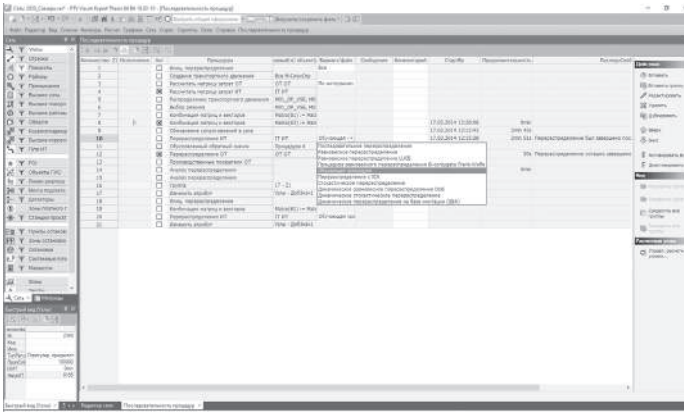


Рис. 58. Виды процедур «перераспределения» индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM версии 18

В PTV Vision® VISUM версии 18 представлены 10 процедур *перераспределения*. В каждой из них есть возможность изменять параметры сходимости. Исходя из собственного опыта, авторы рекомендуют использовать процедуры Equilibrium Lohse («обучающая процедура»,

алгоритм, который разработал профессор Д. Лозе¹) и Equilibrium Assignment LUCE, так как они дают наиболее реалистичный результат.

В случае если при *перераспределении* используется расчет с помощью ICA, стоит использовать процедуру «*перераспределение с ICA*» (Assignment with ICA). В этом случае *перераспределение* будет происходить итерационно: внутри обычной итерации процедуры перераспределения будет выполняться итерационный расчет задержек в узлах по методике HCM2010 и обновление значений сопротивлений в поворотах и узлах для следующих итераций (рис. 59).

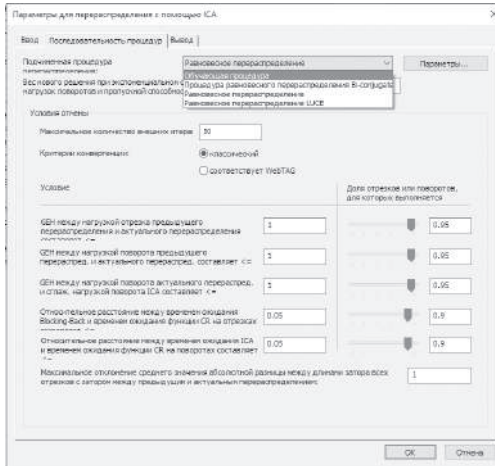


Рис. 59. Выбор вида процедуры перераспределения в настройках процедуры «перераспределение с ICA»

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. 60).

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 необходимо задать *интервал времени* анализа (рис. 61). Авторы рекомендуют указывать значение интервала времени анализа 15 минут. По опыту авторов, в этом случае получаются более реалистичные значения задержек как для всего перекрестка, так и при совершении каждого из возможных маневров при смене направления движения.

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



Рис. 60. Выбор метода расчета сопротивления в узлах

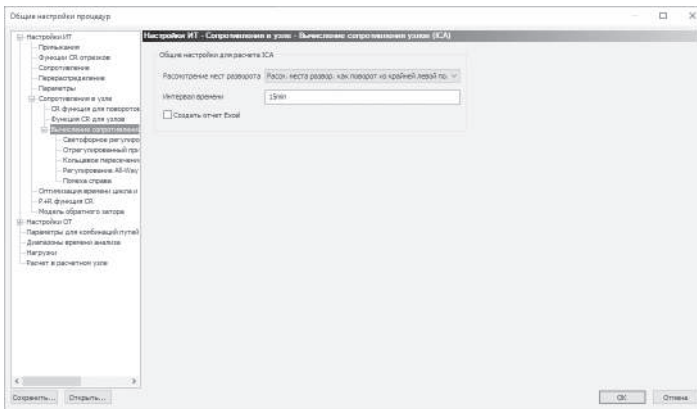


Рис. 61. Окно редактирования общих настроек процедуры ICA

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. 62). Кроме того, необходимо выбрать, по какой методике будет проводиться расчет: HCM2000 или HCM2010. Авторы рекомендуют выбирать методику HCM2000.

Для нерегулируемых узлов необходимо выбрать методику расчета сопротивления (HCM2000 или HCM2010) и максимальное значение для *задержки* (рис. 63). Авторы рекомендуют использовать при расчете методику HCM2000. Максимальное значение для задержки рекомендуется задать 10 минут.

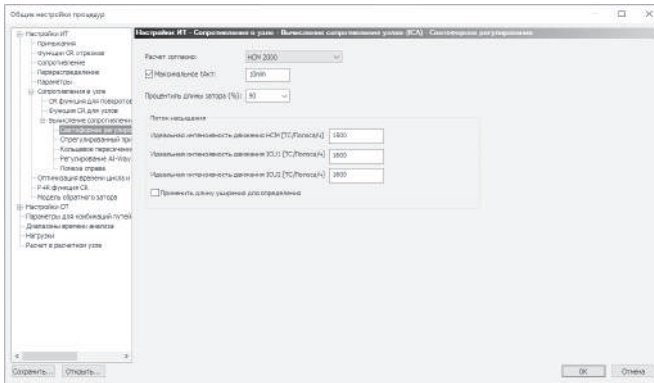


Рис. 62. Окно редактирования параметров расчета ICA для узлов со светофорным регулированием

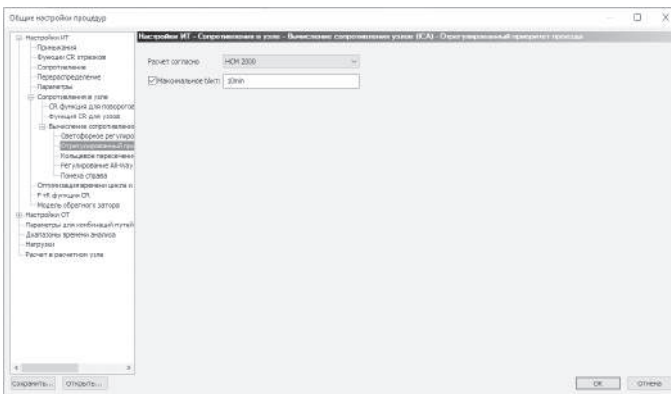


Рис. 63. Окно редактирования параметров расчета ICA для нерегулируемых узлов

В PTV Vision® VISUM начиная с версии 14 реализована 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 должна 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. Ниже приведены результаты сравнения качества расчета разных процедур *перераспределения* на примерах Самары и Перми.

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%

2.2.3.2.2. 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 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 18 существует три процедуры *перераспределения* пассажиропотока общественного транспорта: по системе транспорта, по интервалу, по расписанию (рис. 64).

- *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.

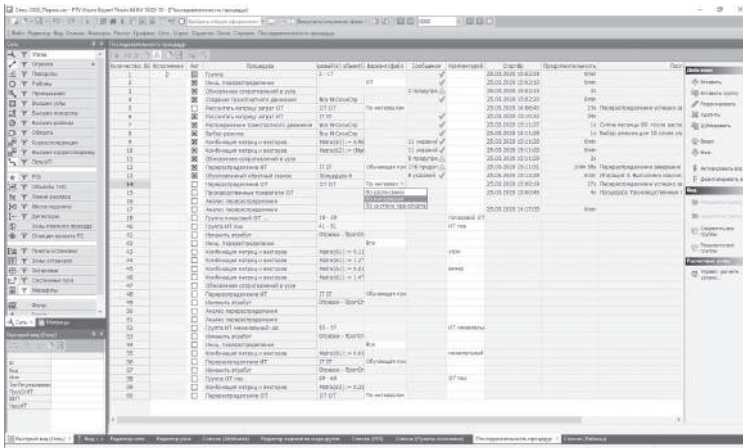


Рис. 64. Окно выбора различных процедур «перераспределения» пассажиропотока общественного транспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

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. 65). В связи с этим для каждого часа или более мелкого интервала анализа (для которого определена кривая спроса) в результате *перераспределения* получаются разные значения пассажиропотоков.

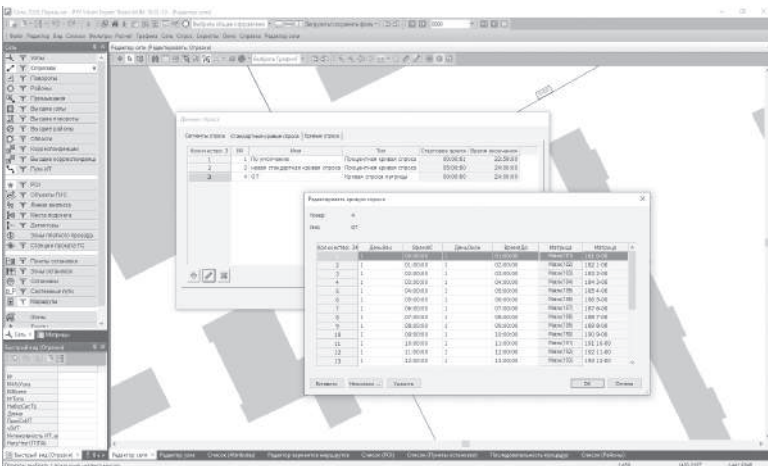


Рис. 65. Окно редактирования кривой спроса в PTV Vision® VISUM 18

Одним из недостатков алгоритмов *перераспределения* пассажиропотока общественного транспорта, реализованных в PTV Vision® VISUM, является отсутствие 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 18 в PTV Vision® VISUM реализовано ограничение провозной способности для процедуры *перераспределения* по расписанию (рис. 66).

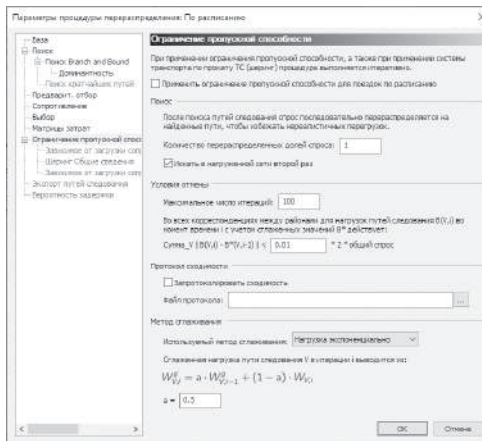


Рис. 66. Ограничение провозной способности подвижного состава для процедуры «перераспределения» пассажиропотока по расписанию в PTV Vision® VISUM 18

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 перегружена, 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. 67).

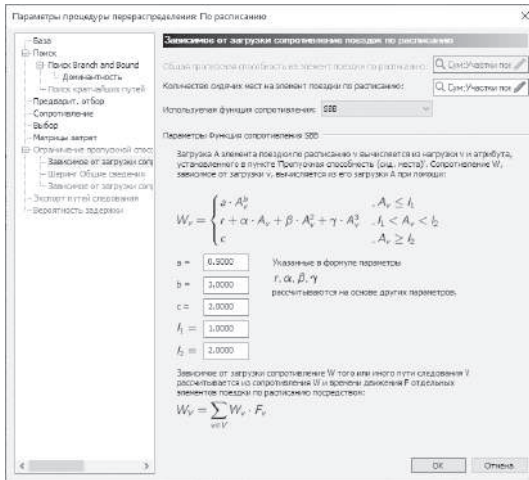


Рис. 67. Параметры функции ограничения провозной способности SBB подвижного состава для процедуры «перераспределения» пассажиропотока по расписанию в PTV Vision® VISUM 18

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 являться суммарными затратами 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 необходимо 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 данного направления отрезка. В каждое *место подсчета* можно вводить любое количество параметров (дневные, суточные, почасовые интенсивности) при необходимости с разбивкой по видам транспорта [10].

Кроме 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 движения транспортного потока на отдельных участках УДС. Данный вопрос будет подробнее рассмотрен в пункте 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, то есть отрезков в модели.

Обычно натурные данные после их сбора хранятся в отдельной базе данных или ГИС (ArcGIS, MapInfo и т. п.) [11]. При этом в ГИС натурные данные в виде атрибутов отрезков обычно привязываются

непосредственно к отрезкам, при этом 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 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 натуральные данные более удобно и быстро.

Выглядят места подсчета следующим образом (рис. 68):

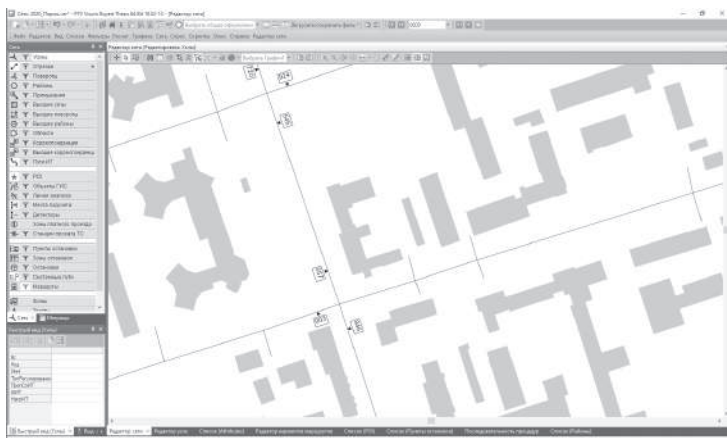


Рис. 68. Отображение «мест подсчета» в PTV Vision® VISUM версии 18 на примере транспортной модели г. Перми

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 натуральные данные не потеряются.

Конфигурация исследуемого перекрестка с *местами подсчета* приведена на рис. 69.

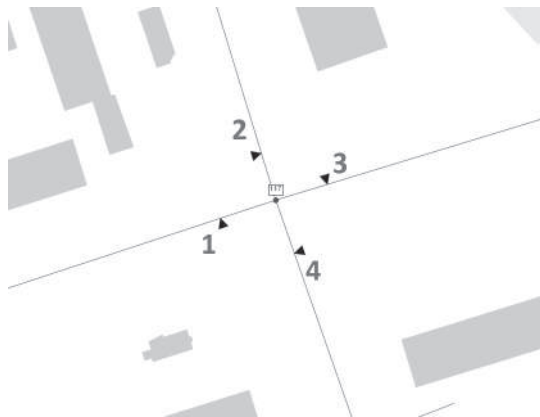


Рис. 69. Конфигурация исследуемого перекрестка с «местами подсчета» в PTV Vision® VISUM версии 18

Цифрами на рис. 69 обозначены направления движения. Направление, на котором отображено *место подсчета*, назовем 1-ым, 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;
- 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 во 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 является 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

Одной из основных проблем при создании и актуализации транспортных моделей является 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 [12]. 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.

В настоящее время проверить актуальность введенных в транспортную модель данных можно с помощью общедоступных интернет-источников. Для данных об организации дорожного движения основным источником информации являются онлайн-карты, имеющие функцию «панорама». Например, «Яндекс.Карты» имеют слой «Зеркала» (рис. 70).

В слое «Зеркала» в «Яндекс.Картах» содержатся съемки улично-дорожной сети, сделанные водителями, благодаря чему можно отследить самые актуальные изменения организации дорожного движения. Слой «Панорама» содержит панорамную съемку местности, но актуализируется не чаще, чем раз в год, поэтому не вся представленная информация может быть актуальна.

Кроме того, в некоторых городах проекты организации дорожного движения размещены в открытом доступе на сайтах соответствующих структурных подразделений администрации, однако они тоже могут быть не актуализированы.

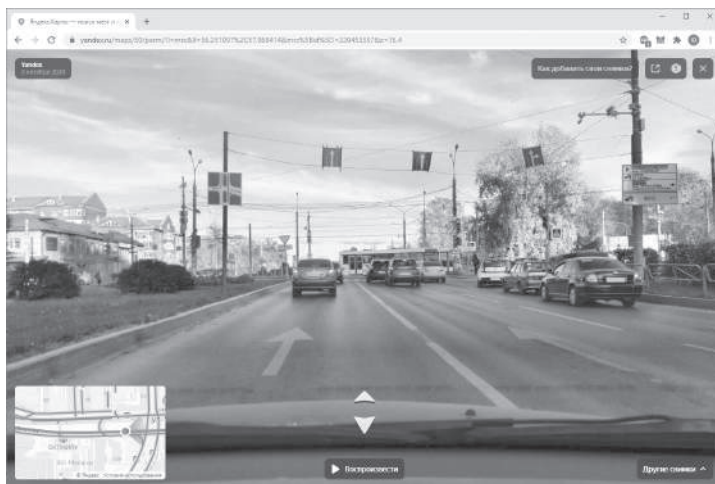


Рис. 70. Просмотр организации дорожного движения на участке улично-дорожной сети в «Яндекс.Картах» с помощью слоя «Зеркала»

3.3. Использование данных операторов сотовой связи

Еще одним из актуальных источников исходных данных для создания и калибровки транспортных моделей становятся данные геоаналитики перемещений абонентов сотовой связи, полученные от операторов сотовой связи. Практика использования таких данных получает распространение как во всем мире, так и на территории Российской Федерации.

У авторов есть опыт использования подобных данных при разработке документов транспортного планирования для Пермской городской агломерации. Данные геоаналитики были получены от компании ПАО «Вымпел-Коммуникации» (оператор связи «Билайн»).

Для проведения геоаналитики территория Пермской городской агломерации была разбита регулярной квадратной сеткой со стороной одной ячейки, равной 500 м. Ячейки клетки были сгенерированы с помощью специально написанного скрипта в виде объектов транспортной модели «Области».

В результате территория Пермской городской агломерации была разбита на 45 159 областей, к которым привязывались данные геоаналитики. Регулярная сетка из 45 159 ячеек представлена на рис. 71, более крупно данная сетка представлена на рис. 72.

Первичная обработка собранных данных проводилась службой геоаналитики компании «Билайн». В основе сбора данных для геоаналитики лежит использование детальных записей вызовов (Call Detail Records, CDR). Эти записи включают такие события каждого устройства, как голосовые вызовы, текстовые сообщения или использование

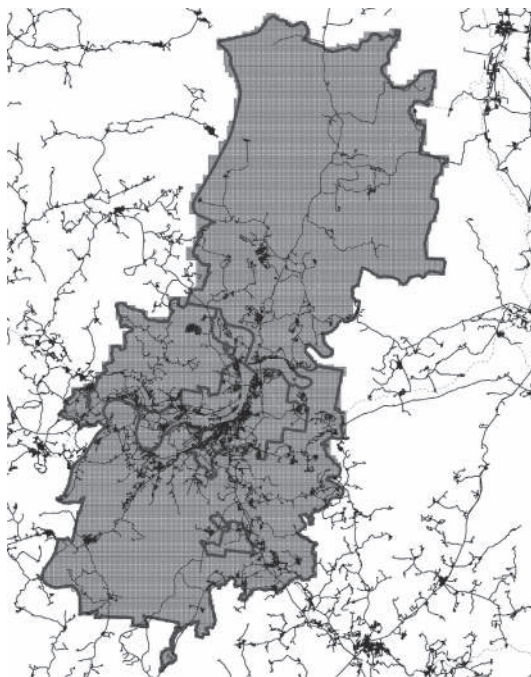


Рис. 71. Регулярная сетка, используемая для привязки данных геоаналитики



Рис. 72. Фрагмент регулярной сетки, используемой для привязки данных геоаналитики

данных мобильного интернета. Каждая запись содержит метку времени, код ячейки, связанный с вышкой сотовой связи, и односторонний хэшированный идентификатор, шифрующий номер мобильного телефона для защиты персональных данных абонентов.

С помощью данных геоаналитики были сформированы базы данных дислокации абонентов в течение суток с разбивкой по 1,5 часа и матрицы корреспонденций, также с разбивкой по 1,5 часа. При обработке первичных данных с помощью алгоритмов машинного обучения и методов обработки больших данных были отсеяны информационные «шумы» и сформирована база данных.

Местоположение абонента определялось методом триангуляции на основе данных о расположении абонента относительно близлежащих вышек сотовой связи в выбранный период времени. Алгоритмы используют несколько упорядоченных по времени событий одного мобильного устройства, таким образом повышается точность определения местоположения. Кроме того, несколько событий в течение исследуемого периода также используются для определения того, является ли анализируемый временной период пребыванием абонента или нет, т. е. абонент находился в одном и том же месте или двигался.

В прогнозной транспортной модели Пермского края, разработанной в PTV Vision VISUM, используется разбивка на транспортные районы. Всего территория Пермского края разбита на 786 транспортных районов, в том числе территория Пермской городской агломерации разбита на 534 транспортных района. Транспортные районы на территории г. Перми соответствуют нескольким кварталам, на территории Пермской городской агломерации за пределами г. Перми — границам населенных пунктов, за пределами Пермской городской агломерации — границам городских и сельских поселений или городских округов (рис. 73).

Данные геоаналитики, полученные от оператора сотовой связи «Билайн», были агрегированы до представленных на рис. 73 транспортных районов.

После привязки данных геоаналитики перемещений абонентов сотовой связи была проведена дополнительная калибровка транспортной модели Пермского края. Калибровка проводилась по двум направлениям: уточнение расселения жителей Пермской городской агломерации и калибровка матриц корреспонденций.

На первом этапе было проведено уточнение расселения жителей Пермской городской агломерации. На рисунках 74–76 представлено распределение абонентов на территории Пермской городской агломерации на основе данных геоаналитики перемещений абонентов сотовой связи в разные 1,5-часовые периоды суток.

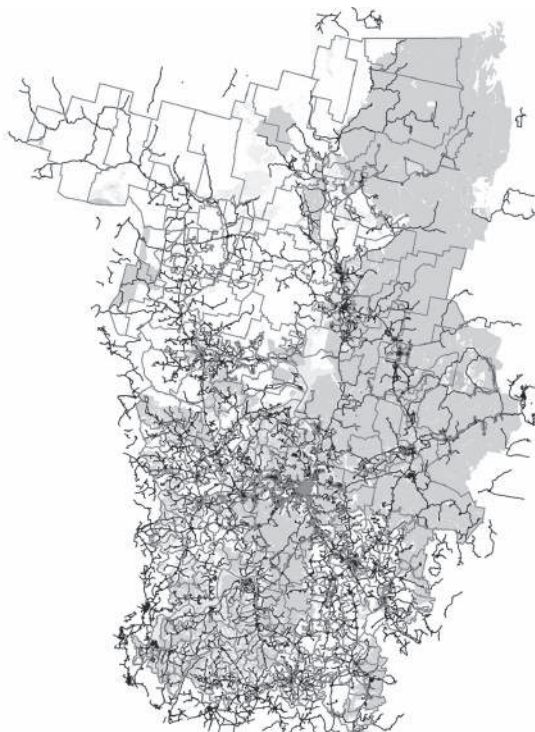


Рис. 73. Границы транспортных районов в транспортной модели Пермского края

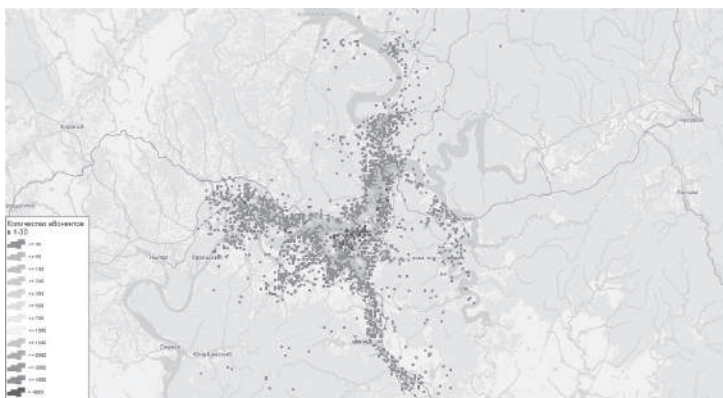


Рис. 74. Распределение жителей по территории Пермской городской агломерации по данным геоаналитики оператора сотовой связи «Билайн» в период с 1:30 до 3:00 ч

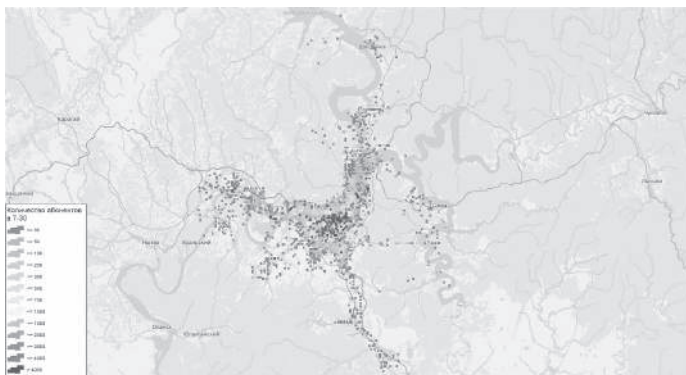


Рис. 75. Распределение жителей по территории Пермской городской агломерации по данным геоаналитики оператора сотовой связи «Билайн» в период с 7:30 до 9:00 ч

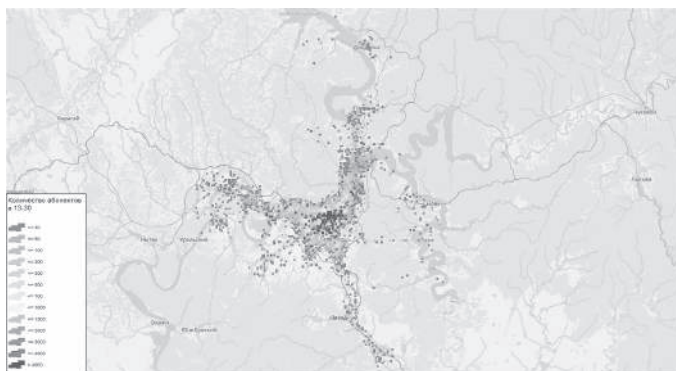


Рис. 76. Распределение жителей по территории Пермской городской агломерации по данным геоаналитики оператора сотовой связи «Билайн» в период с 13:30 до 15:00 ч

На основе представленных данных можно отметить наличие «маятниковых» корреспонденций как на территории г. Перми, так и на территории Пермской городской агломерации. При этом центром притяжения «маятниковых» корреспонденций для всей агломерации является Центрально-планировочный район города Перми, ограниченный рекой Камой, долинами рек Егошиха и Данилиха, а также улицей Чкалова.

На основе данных о распределении абонентов в ночное время в транспортной модели было проведено уточнение количества жителей по транспортным районам. Так, наибольшие расхождения отмечены в районах новой застройки и на территориях бывших садовых и дачных поселков. В изменение количества абонентов в дневное вре-

мя было проведено уточнение распределения мест приложения труда и мест приложения труда в сфере услуг.

После уточнения данных о распределении жителей Пермской городской агломерации была проведена калибровка матриц корреспонденций, в том числе объемов внешних корреспонденций, прибывающих на территорию Пермской городской агломерации.

Основные транспортные корреспонденции на территории Пермской городской агломерации, а также между территориями Пермской городской агломерации и другими территориями Пермского края представлены на рис. 77–78.

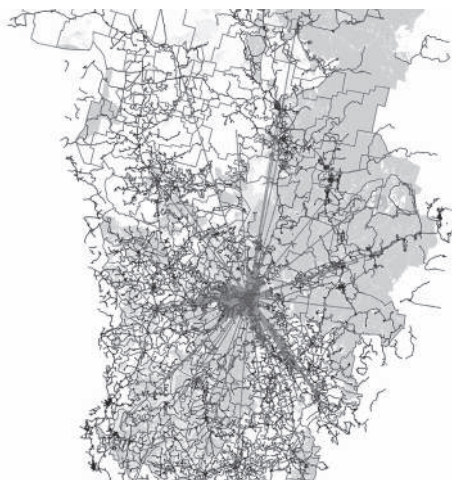


Рис. 77. Основные транспортные корреспонденции между Пермской городской агломерацией и населенными пунктами Пермского края

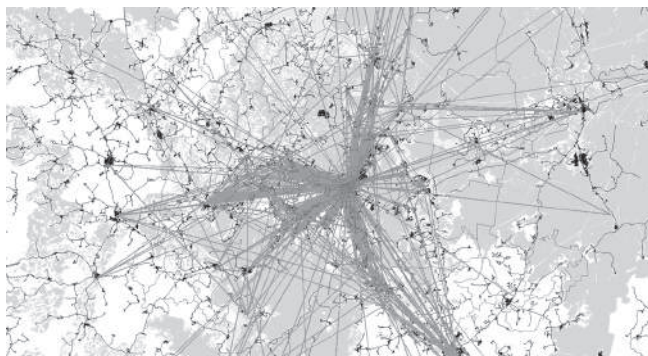


Рис. 78. Основные транспортные корреспонденции в пределах Пермской городской агломерации и близлежащих муниципальных образований Пермского края

Среди основных направлений за пределами Пермской городской агломерации можно выделить Нытву, Кунгур, Суксун, Чусовой, Губаху, Березники, Соликамск, Осу. Внутри городской агломерации можно выделить Краснокамск, Полазну, Кондратово, Гамово, населенные пункты Кунгурского направления (Бершеть, Звездный, Лобаново и др.). Объемы прибытия из данных населенных пунктов, а также из-за пределов Пермского края были агрегированы по направлениям въезда на территорию Пермской городской агломерации. Таким образом, для каждого района-кордона и каждого въезда на территорию Пермской городской агломерации в транспортной модели были определены значения объемов въезда-выезда.

На основе полученных данных о количестве корреспонденций между населенными пунктами были также откалиброваны параметры функций предпочтения, используемых в транспортной модели Пермского края (рис. 79).

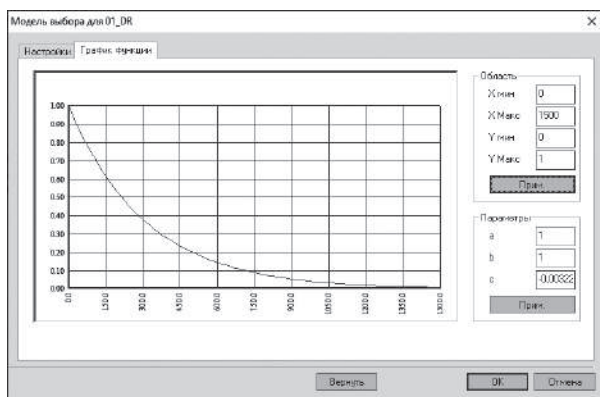


Рис. 79. *Корректировка функции предпочтения в транспортной модели Пермского края на основе данных геоаналитики перемещений абонентов сотовой связи*

После калибровки функций предпочтения, характеризующих вероятность совершения корреспонденции в зависимости от затрат на ее совершение, были улучшены показатели калибровки транспортной модели. Так, коэффициент корреляции повысился на 0,04. Средняя относительная ошибка уменьшилась на 5,7%.

3.4. Работы по калибровке и верификации модели

Под калибровкой транспортных моделей понимают широкий набор способов, технологий и инструментов, целью которых является повышение достоверности модели, то есть соответствие расчетных значений основных параметров модели наблюдаемым состояниям функциониро-

вания транспортной системы. Теоретические основы процедуры калибровки транспортных моделей подробно рассмотрены в [3].

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

3.4.1. Калибровка транспортной модели по скоростным характеристикам транспортных потоков

Как уже было сказано ранее 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 натуральных обследований скорости движения транспортных потоков.

Также авторы хотели бы обратить внимание, что в январе 2014 года в Великобритании вышла новая редакция нормативного документа, 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)) пункт 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 данных требований авторами со специалистами Департамента транспорта г. Лондона (Transport for London (<http://www.tfl.gov.uk/>)) английские специалисты пояснили, что данное требование

связано в большей степени с вопросами лучшей сходимости процедур расчета. При этом важная особенность данных требований 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 интенсивностей движения: задержки, вызванные 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 г. 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.

3.4.1.1. 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 картограммы необходимо в окне управления матрицами перейти во вкладку «Матрицы» (рис. 80).

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.

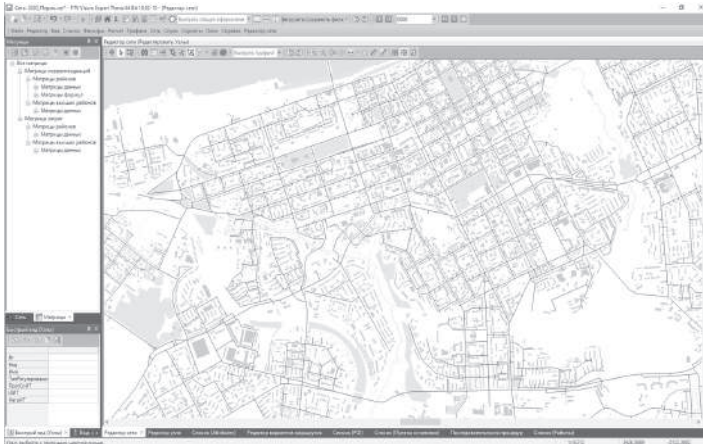


Рис. 80. Окно управления матрицами в PTV Vision® VISUM 18

Выбрав матрицу корреспонденций для анализа, необходимо нажать на нее правой кнопкой мыши и выбрать в открывшемся меню пункт «Создать гистограмму» (рис. 81). Также можно воспользоваться специальной пиктограммой в верхней части окна управления матрицами.

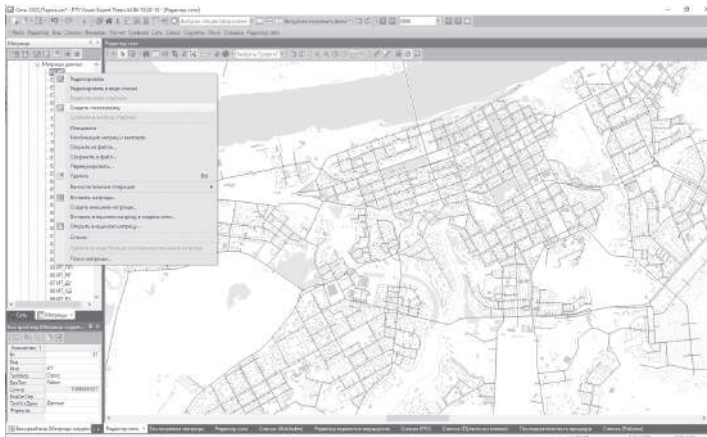


Рис. 81. Создание гистограммы для матрицы в PTV Vision® VISUM 18

После нажатия данной кнопки откроется окно редактора гистограммы (рис. 82).

Теперь необходимо выбрать матрицу затрат, на основе которой будет проводиться анализ распределения транспортных корреспонденций по времени их реализации. Для этого необходимо перейти в меню «Гистограмма матрицы» — «Опции вида» (рис. 83).

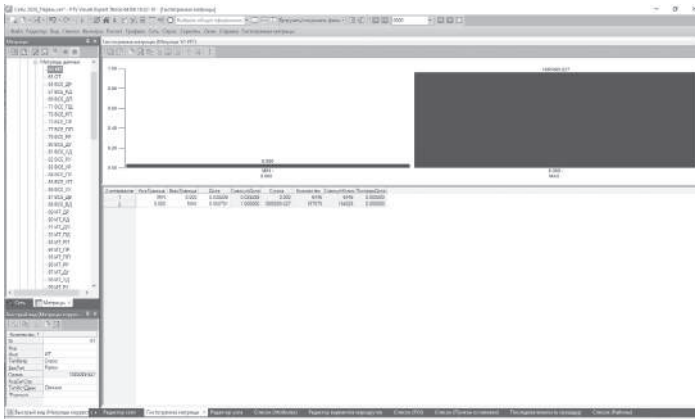


Рис. 82. Начальный вид редактора гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 18 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

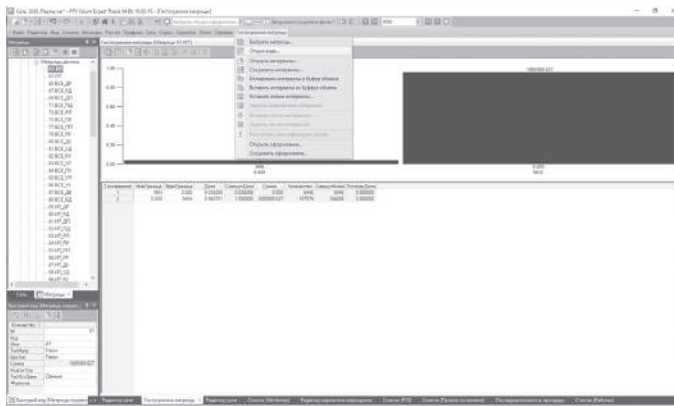


Рис. 83. Настройки редактора гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 18 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

В открывшемся окне необходимо выбрать опцию «Применить матрицу классификации» и далее выбрать матрицу затрат, на основе которой планируется проводить анализ (классификацию) распределения транспортного спроса по временным затратам (рис. 84). При этом временные затраты для анализа разбиваются на интервалы. 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 соверше-

ния корреспонденций, ось ординат — доля объема корреспонденций, совершаемых в заданный промежуток времени.

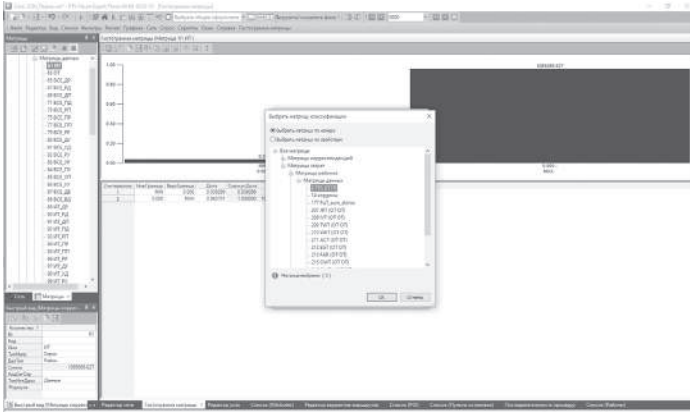


Рис. 84. Выбор матрицы классификации в редакторе гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 18 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

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 необходимо выделить их в нижней панели списка интервалов и нажать пиктограмму вверху окна гистограммы «Удалить выделенные интервалы» (рис. 85).

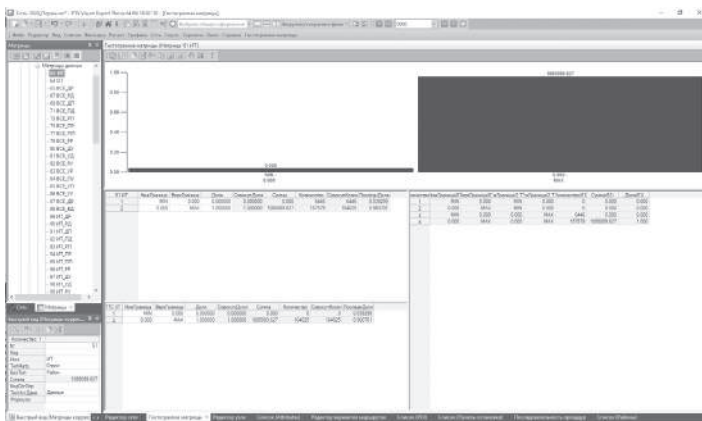


Рис. 85. Удаление стандартных интервалов для анализа в редакторе гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 18 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

После удаления стандартных временных интервалов анализа необходимо создать новые интервалы. Для этого надо нажать на пиктограмму «Вставить новые интервалы» в окне редактора гистограммы или перейти в меню «Редактор гистограммы» — «Вставить новые интервалы» (рис. 86).

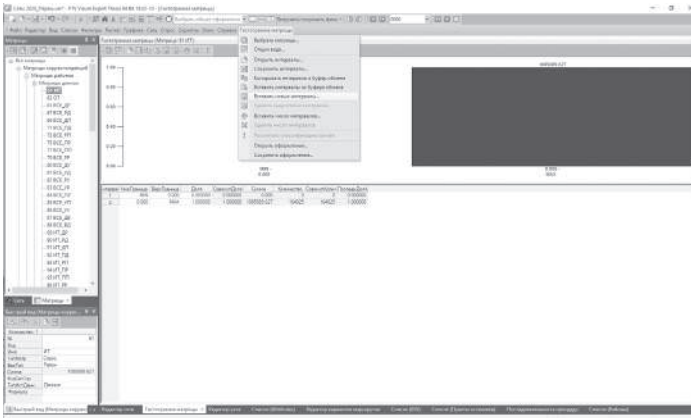


Рис. 86. Ввод новых интервалов анализа через меню «Гистограммы матрицы» в PTV Vision® VISUM 18

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. 87).

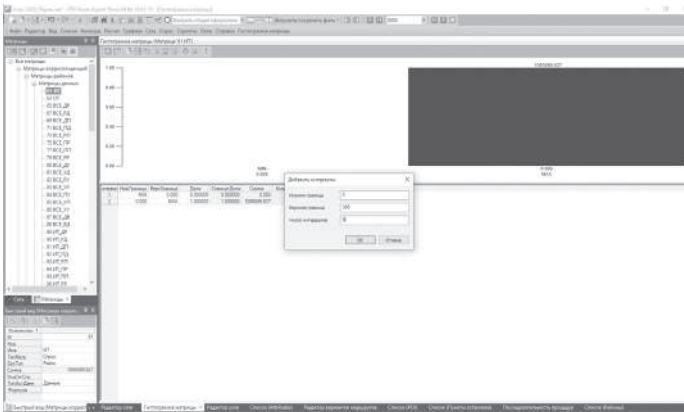


Рис. 87. Ввод новых интервалов анализа в редакторе гистограммы матрицы в PTV Vision® VISUM 18 на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми

Созданные интервалы анализа появятся в виде списка в нижнем окне редактора гистограммы матрицы (рис. 88). После создания временных интервалов анализа необходимо нажать пиктограмму «Рассчитать классификацию заново».

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. 88).

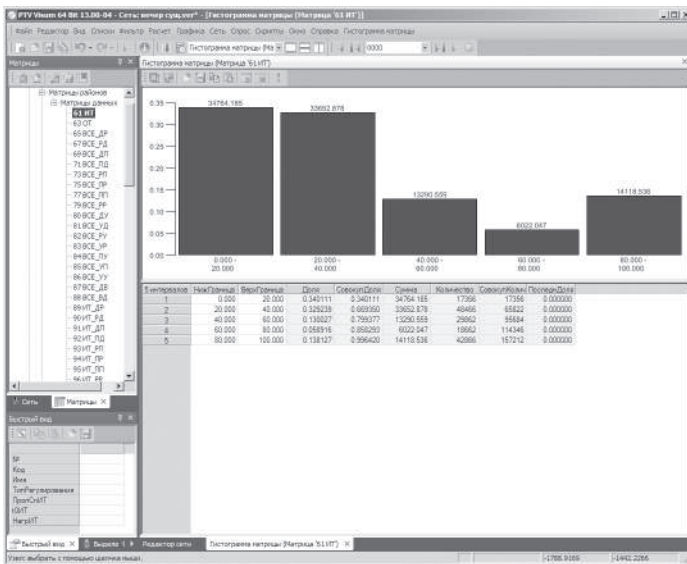


Рис. 88. Гистограмма распределения матрицы корреспонденций по времени их реализации на примере матрицы корреспонденций индивидуального транспорта в вечерний час пик для г. Перми в PTV Vision® VISUM 18

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, кроме функций предпочтения, также 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 попадают только 13% от общего объема. Это связано в первую очередь с тем, что в вечерний час пик велика доля слоя спроса «работа — прочее». Так, для г. 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 такой анализ для каждого из слоев спроса отдельно. В случае выявленных в результате анализа несоответствий авторы рекомендуют в первую очередь проверить параметры функций предпочтения и распределения источников и целей транспортных корреспонденций — расселения жителей, трудящихся, студентов, дислокации 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 будет 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.

3.4.1.2. Оценка временных затрат между произвольными точками города

После проведения анализа распределения транспортного спроса по временным интервалам обычно уточняются 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 могут быть связаны также с неточностью параметров используемых функций сопротивления. Для уточнения вида и па-

раметров 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 сравнения их с натурными, можно определить, на каких участках сети затраты на перемещения завышены или занижены в сравнении с реально наблюдаемыми.

Рассмотрим необходимую последовательность действий. Сначала надо выбрать две условные точки города, временные затраты между которыми мы хотим узнать. Далее нужно 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. 89).

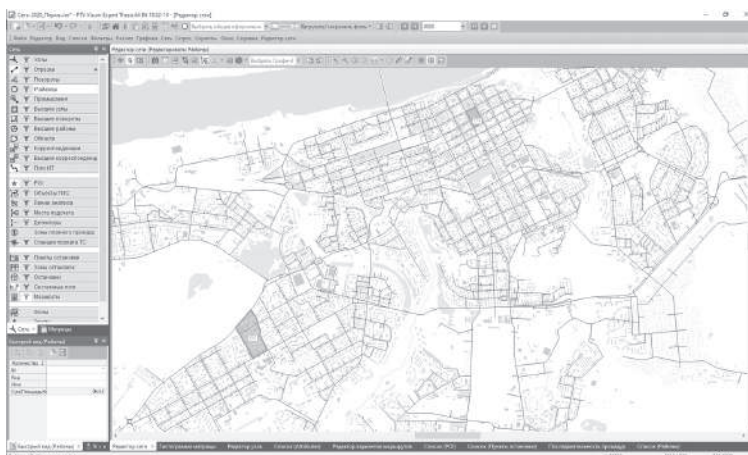


Рис. 89. Выбор двух транспортных районов для анализа временных затрат в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми для вечернего часа пик

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. Для этого необходимо перейти в меню «Списки» — «Пути» — «Пути ИТ» (рис. 90).

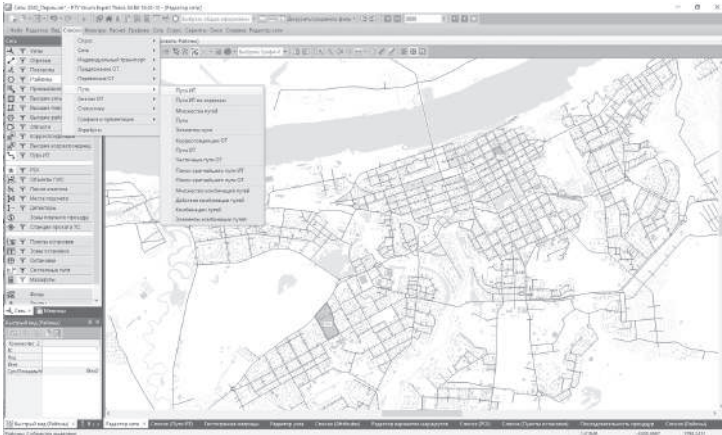


Рис. 90. Выбор списка путей индивидуального транспорта для анализа временных затрат в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми для вечернего часа пик

В результате откроется список всех путей индивидуального транспорта между всеми транспортными районами (рис. 91). В данном 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 данными 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 разных точек, находящихся на разных расстояниях, в разных районах города с тем, чтобы выделить возможные несоответствия на разных участках УДС.

Стоит отметить, что данный метод анализа позволяет также выявлять возможные ошибки в транспортном предложении, так как 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 одной особенностью данного метода является 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.

Ид	Имя	Откуда	Куда	Длина	Скорость	Тип	Состояние	Свойства	Свойства	Свойства	Свойства
1761	1761	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1762	1762	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1763	1763	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1764	1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1765	1765	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1766	1766	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1767	1767	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1768	1768	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1769	1769	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1770	1770	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1771	1771	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1772	1772	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1773	1773	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1774	1774	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1775	1775	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1776	1776	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1777	1777	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1778	1778	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1779	1779	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1780	1780	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1781	1781	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1782	1782	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1783	1783	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1784	1784	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1785	1785	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1786	1786	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1787	1787	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1788	1788	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1789	1789	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1790	1790	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1791	1791	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1792	1792	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1793	1793	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1794	1794	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1795	1795	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1796	1796	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1797	1797	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1798	1798	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1799	1799	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1800	1800	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Рис. 91. Окно списка путей индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми для вечернего часа пик

3.4.2. 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 ранее, информация о натуральных интенсивностях 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. 92.

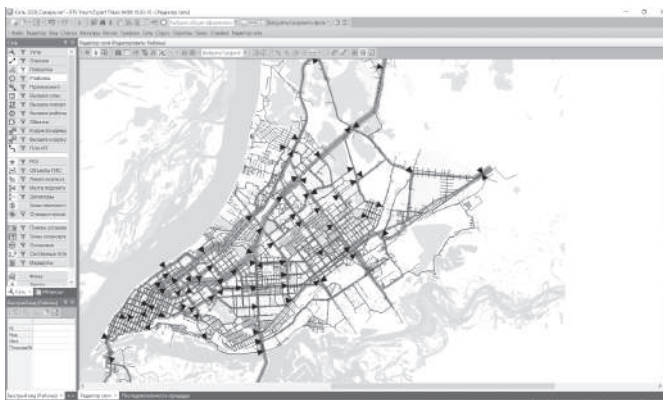


Рис. 92. Дислокация «мест подсчета» в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Самары

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

Для того чтобы определить, в каком порядке проводить калибровку, необходимо для каждого из отрезков, для которого 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. Рассмотрим пример транспортной модели г. Самары. 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. 93). 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 (рис. 93). Необходимо выбрать пункт «Да».

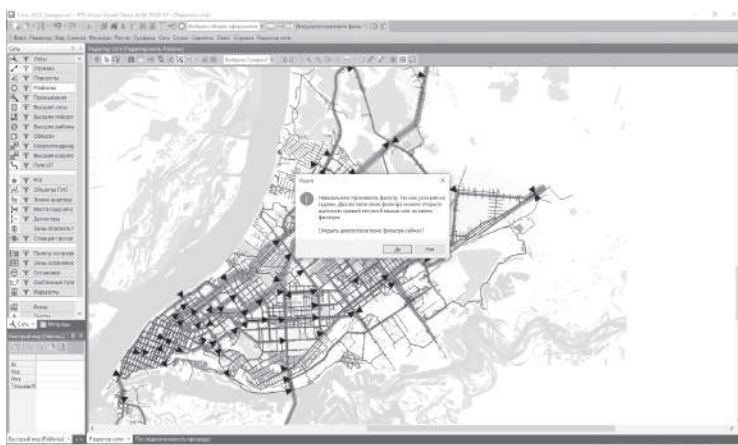


Рис. 93. Диалоговое окно перехода к редактированию фильтра в PTV Vision® VISUM 18

После нажатия кнопки «Да» откроется окно редактирования фильтра (рис. 94). Оно имеет ряд настроек, которые также подробно описаны в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM.

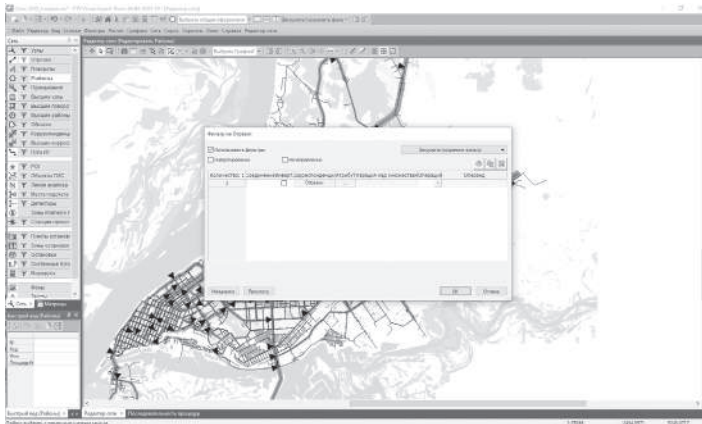


Рис. 94. Окно редактирования фильтра в PTV Vision® VISUM 18

В окне редактирования фильтра необходимо 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. 95).



Рис. 95. Выбор необходимого атрибута мест подсчета для фильтрации отрезков в PTV Vision® VISUM 18

После выбора необходимого атрибута его значение будет отображаться вместо «...» в столбце «Атрибут» в окне редактирования фильтра (рис. 96).

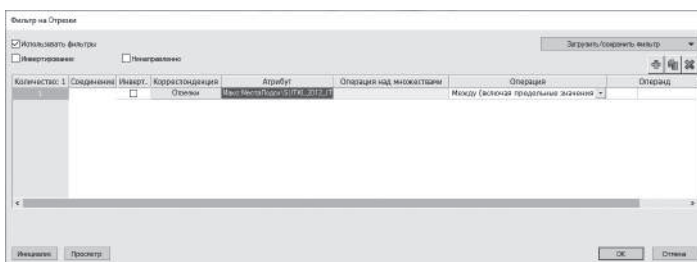


Рис. 96. Выбранный атрибут для фильтрации «отрезков» в окне редактирования фильтра в PTV Vision® VISUM 18

Далее необходимо задать значение атрибута для фильтрации. Нас будет интересовать все отрезки, которые имеют значение атрибута места подсчета «SUTKI_2012_1Т» больше нуля. Для этого в столбце «Операция» необходимо выбрать пункт «>Значение» и ввести значение ноль в поле справа (рис. 97).

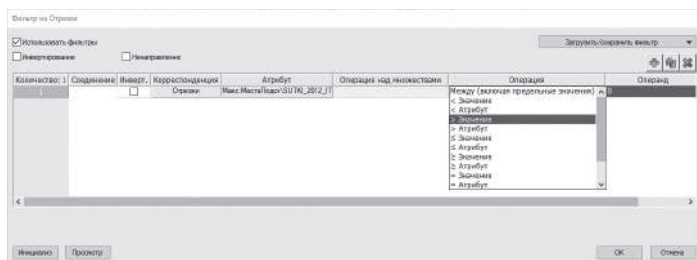


Рис. 97. Ввод значения атрибута для фильтрации отрезков в окне редактирования фильтра в PTV Vision® VISUM 18

После нажатия кнопки «Ок» нужные отрезки будут отфильтрованы (рис. 98).

Далее необходимо создать атрибут для хранения значения относительного отклонения расчетного значения от натурального значения интенсивности транспортных потоков. Для этого надо перейти в меню «Сеть» — «Определенные пользователем атрибуты» (рис. 99). Далее выбрать объект «Отрезки» и создать в открывшемся окне атрибут типа «Число со знаками после запятой». Для атрибута нужно задать имя, код и идентификатор (начиная с версии 12 их можно задавать кириллицей), а также указать необходимое количество знаков после запятой (рис. 100).

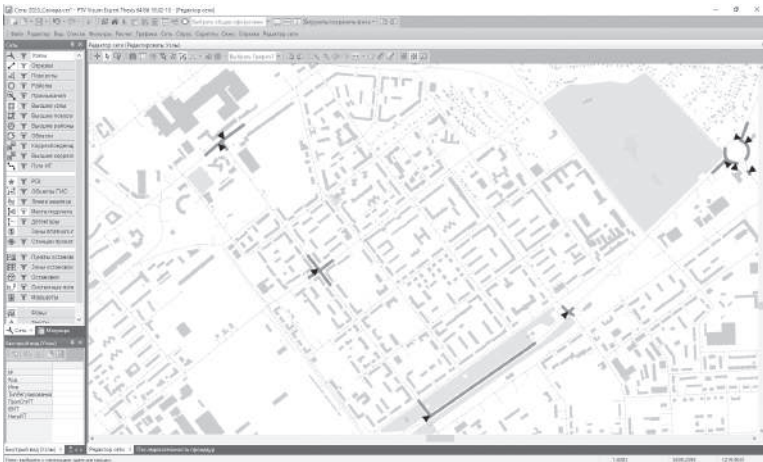


Рис. 98. Отображение отфильтрованных отрезков, имеющих натурные значения интенсивности транспортных потоков, в PTV Vision® VISUM 18

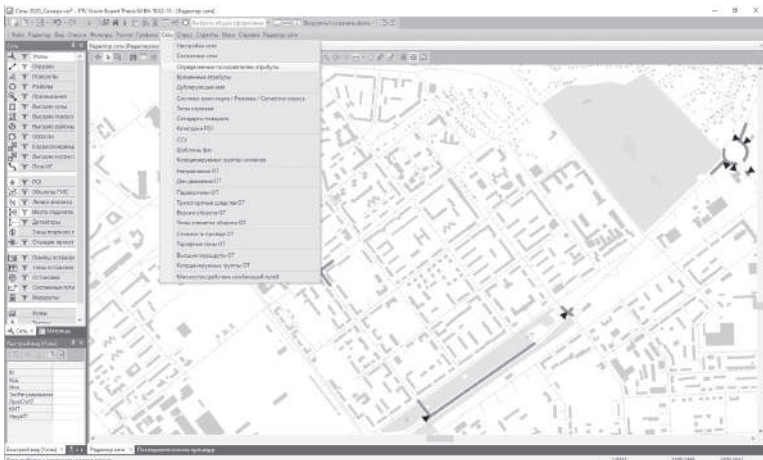


Рис. 99. Переход к созданию пользовательского атрибута в PTV Vision® VISUM 18

После создания пользовательского атрибута возможно рассчитать значения относительного отклонения 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. 101).

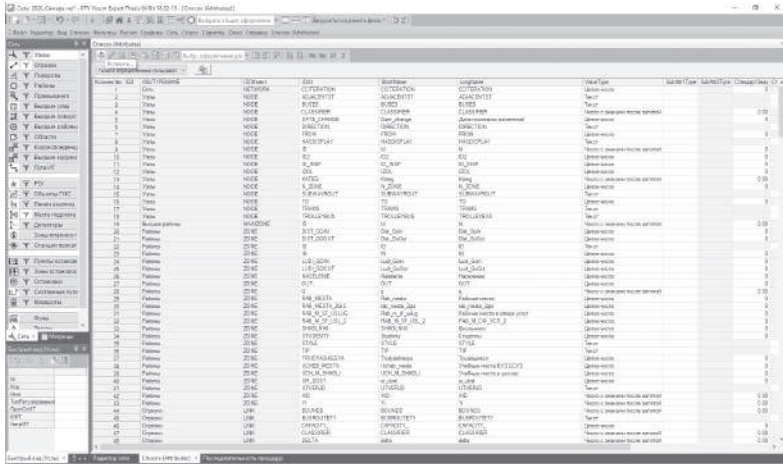


Рис. 100. Окно создания пользовательского атрибута в PTV Vision® VISUM 18

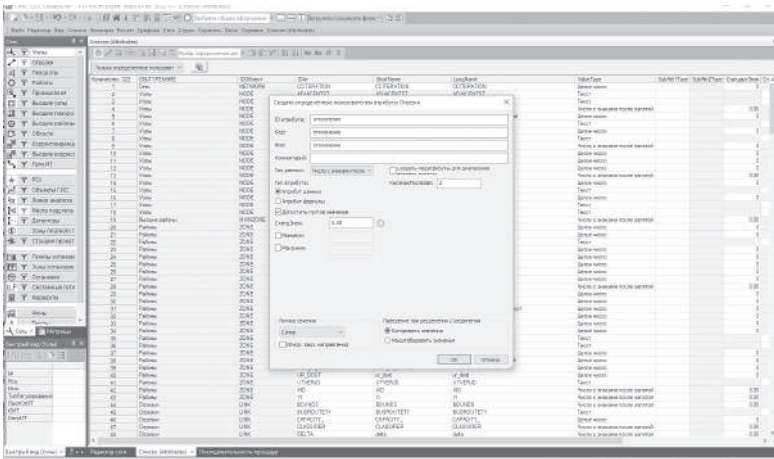


Рис. 101. Мультиредактирование объектов в PTV Vision® VISUM 18

В открывшемся окне необходимо выделить нужный атрибут «Отклонение» и нажать кнопку «Формула» (рис. 102).

Начиная с версии 13 в PTV Vision® VISUM изменился редактор формул. Подробнее работа с интерфейсом редактора формул описана в руководстве пользователя PTV Vision® VISUM 18. Вид формулы для расчета атрибута «Отклонение» представлен на рис. 103.

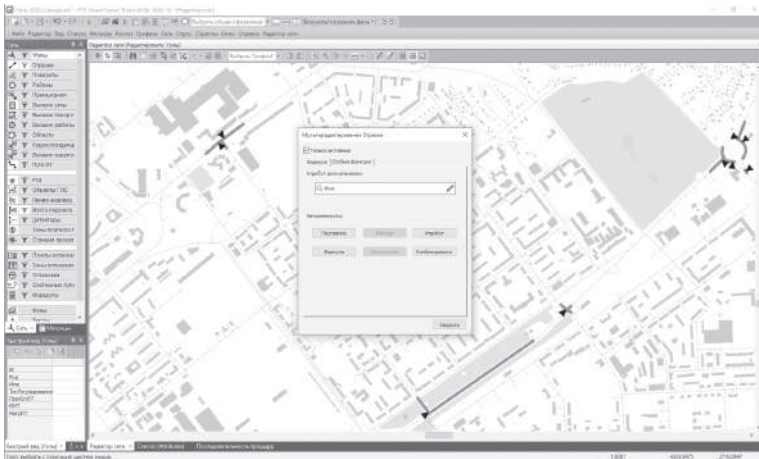


Рис. 102. Выбор атрибута для мультиредактирования объектов в PTV Vision® VISUM 18

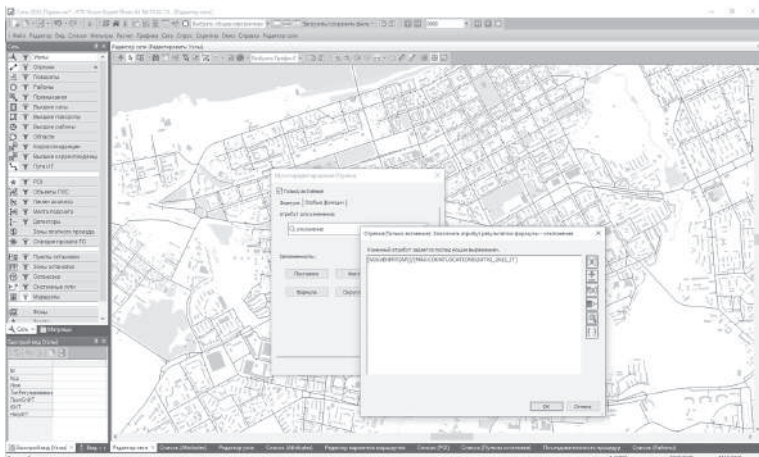


Рис. 103. Задание формулы для расчета атрибута «Отклонение» в PTV Vision® VISUM 18

Посмотреть рассчитанные значения атрибута «Отклонение» можно в списке отрезков (рис. 104). При этом для удобства стоит воспользоваться опцией «Показать только активные отрезки».

После расчета значений относительного отклонения расчетного значения от натурального значения интенсивности транспортных потоков можно приступать 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 от натурального значения интенсивности транспортных потоков [13].

№	Имя	Число ЛТ	нагрузка	интенсивность	отношение
1	113	2106	2030	0,96	
2	274	2	340	0,30	
3	1364	1800	1200	0,25	
4	1425	3024	2320	1,64	
5	1683	12294	14800	0,72	
6	1882	29018	33210	0,86	
7	2024	36212	43840	0,82	
8	2058	33902	40300	0,83	
9	2078	11308	14730	0,80	
10	2616	16301	20304	0,84	
11	2852	12411	25330	0,49	
12	4074	22600	27240	0,82	
13	4300	1207	5400	0,23	
14	4326	1190	15200	0,07	
15	5114	11300	13100	0,84	
16	5480	19481	26840	0,71	
17	5503	4891	10000	0,56	
18	7414	0	80	0,00	
19	1480	36020	27300	1,30	
20	7930	24400	33700	0,71	
21	7932	27700	32700	0,89	
22	7930	11000	26300	0,53	
23	7460	30770	36300	1,20	
24	7462	26000	29700	1,01	
25	784	5113	19540	0,30	
26	6382	19103	7120	1,40	
27	6378	18900	42400	1,91	
28	6380	17798	15200	1,30	
29	6380	20001	27700	0,90	
30	6380	20407	23900	0,76	
31	6380	11336	17400	0,76	
32	6380	26126	12000	1,76	
33	6310	47900	40100	1,11	
34	6310	53000	67000	0,80	
35	6320	46403	44700	1,08	
36	6310	1600	17300	2,08	
37	6310	28746	10000	1,41	
38	12340	11540	19000	0,57	
39	11000	40000	29400	1,28	
40	11020	19007	13800	1,31	
41	11020	27100	23700	0,91	
42	11020	30500	14000	1,90	

Рис. 104. Список отрезков со значениями атрибута «Отклонение» в PTV Vision® VISUM 18

По опыту авторов, чаще всего причинами больших отклонений являются ошибки в транспортном предложении. Наиболее характерными ошибками являются 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, так как точное определение их количества является довольно сложной

задачей. 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. Так, на примере 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 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 таких ошибок авторы рекомендуют пользоваться дополнительными источниками информации, такими как: печатные справочники, интернет-ресурсы, компьютерные справочники типа «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 юридической регистрации данного предприятия, а также производится проверка наличия у данного предприятия сети филиалов и проверка фактического расположения объектов транспортного притяжения по другому адресу, отличному от юридического адреса регистрации предприятия.

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 параметров функции сопротивления может за собой повлечь 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.

3.4.3. Калибровка транспортных моделей регионов и городских агломераций

В рамках реализации Национального проекта «Безопасные качественные дороги» (ранее — «Безопасные и качественные автомобильные дороги») документы транспортного планирования разрабатываются в соответствии с требованиями «Методических рекомендаций по разработке документов транспортного планирования субъектов Российской Федерации» (утв. протоколом заседания рабочей группы проектного комитета по Национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» от 12.08.2019 № ИА-63).

Так, в соответствии с данными методическими рекомендациями все мероприятия по развитию транспортных систем городских агломераций и регионов в обязательном порядке оцениваются с помощью прогнозной транспортной модели. При этом методические рекомендации содержат ряд требований к процессам создания и калибровки прогнозных транспортных моделей. В частности, методические рекомендации содержат следующие требования к калибровке моделей.

67. При осуществлении калибровки модели рекомендуется принимать во внимание следующее:

1. Достижение точного совпадения расчетных данных и данных наблюдений на практике невозможно. При этом изменение параметров модели с целью улучшения сходимости по одному набору данных может приводить к ухудшению сходимости по другому набору данных.

2. На практике данные наблюдений транспортных потоков на связях графа сети дорог подвержены значительным случайным колебаниям. Поэтому более показательным является сравнение не локальных, а агрегированных результатов транспортных обследований.

3. Данные об интенсивности транспортных и пассажирских потоков на отдельных ребрах графа транспортной сети не дают информации о конечных целях поездок и, следовательно, о корреспонденциях, лежащих в основе формирования данных потоков. Рекомендуется проводить агрегирование данных об интенсивности транспортных потоков с тем, чтобы выявить корреспонденции между отдельными крупными транспортными зонами в области моделирования.

68. При калибровке точность воспроизведения показателей, агрегированных по укрупненным транспортным зонам, является более приоритетной целью, чем улучшение сходимости на отдельных ребрах графа транспортной сети (участках маршрутной сети ПТОП и сети дорог), поскольку именно правильное воспроизведение пространственной структуры передвижений в целом позволит получить обоснованные прогнозы при моделировании.

Таким образом, калибровку прогнозных транспортных моделей регионов и городских агломераций стоит осуществлять по укрупненным

показателям, двигаясь от глобальных показателей к более локальным, но не переходя к отдельным элементам сети.

Возможен следующий порядок калибровки прогнозных транспортных моделей регионов и городских агломераций.

1. Калибровка параметров генерации транспортного спроса по показателям:

- a) общий объем транспортного спроса для всех систем транспорта;
- b) объем транспортного спроса для каждой системы транспорта по отдельности;
- c) объем транспортного спроса по слоям спроса;
- d) объем транспортного спроса по временным периодам (дням недели, часам и т.д.).

2. Калибровка параметров функции затрат по показателям:

a) объем транспортного спроса по слоям спроса и системам транспорта.

3. Калибровка функций предпочтения по показателям:

- a) распределение транспортного спроса по затратам (подробнее см. раздел 3.4.1.1);
- b) объем транспортного спроса для каждой системы транспорта по отдельности.

4. Калибровка функций сопротивления по показателям:

- a) среднее время реализации транспортных корреспонденций по видам транспорта;
- b) актуальное время для объектов «путь» по видам транспорта.

5. Калибровка параметров перераспределения и характеристик транспортных районов по показателям:

- a) объемы въезда/выезда из районов-кордонов по видам транспорта;
- b) объемы въезда/выезда для отдельных территорий по видам транспорта (с помощью объекта «линии анализа»);
- c) объемы корреспонденций между отдельными территориями (в качестве основы для сравнения может быть использована матрица корреспонденций необходимого масштаба, построенная на основе данных операторов сотовой связи);
- d) интенсивности транспортных и пассажирских потоков на основных магистральных направлениях;
- e) пассажиропотоки на маршрутах общественного транспорта;
- f) пассажирооборот крупных транспортно-пересадочных узлов.

Предлагаемый порядок калибровки прогнозных транспортных моделей регионов и городских агломераций позволит получить необходимую точность и достоверность прогнозирования для решения задач транспортного планирования в масштабах городских агломераций и регионов [14].

При этом, по мнению авторов, при разработке комплексных схем организации дорожного движения транспортные модели муниципалитетов и городских агломераций все же требуют большей локальной калибровки, в том числе по отдельным участкам улично-дорожной сети. Это связано с тем, что масштаб мероприятий комплексных схем организации дорожного движения является более мелким и требует детализации транспортных моделей вплоть до организации дорожного движения на перекрестках вплоть до каждой полосы движения и фаз светофорного регулирования. Такие транспортные модели требуют также тщательной калибровки параметров, используемых для расчета показателей движения для перекрестков — пропускной способности, времени задержек, длины очереди.

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 рассмотрим 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 задачей, поэтому для практических задач авторы рекомендуют пользоваться готовыми прогнозами. В частности, авторы могут порекомендовать прогнозы под-

вижности населения, рассчитанные авторами 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, 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 данного 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 четырехшаговой 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 транспортных корреспонденций. Прежде всего это касается сферы услуг, так как 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 в себя 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 интенсивностей 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 [15]. 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 так далее в каждом из транспортных районов [16].

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 интенсивности транспортных потоков индивидуального транспорта и пассажиропотоки на маршрутах общественного транспорта.

Таким образом, 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 нужно сформировать сценарий, включающий изменения как в транспортном спросе, так и в транспортном предложении.

При долгосрочном прогнозировании обязательно использование полного четырехшагового расчета, так как 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 УДС.
- Параметры новых или реконструируемых элементов УДС. К таким параметрам относятся, прежде всего, количество полос, ограничения скорости и тип (для назначения пропускной способности) новых или реконструируемых участков УДС. Параметры новых маршрутов для общественного транспорта: трассировка маршрутов, расписание движения маршрутов.
- Организация дорожного движения на изменяемых перекрестках и пересечениях. Организация дорожного движения должна содержать 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 [17]. Далее на рис. 105–108 приведены примеры реальных исходных данных для проектов, выполненных авторами [18].

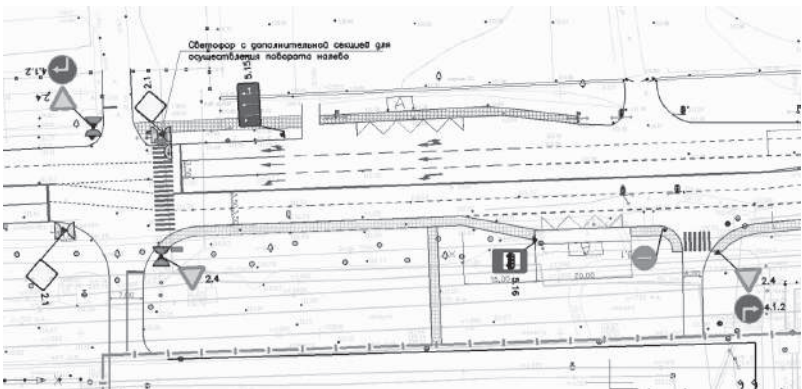
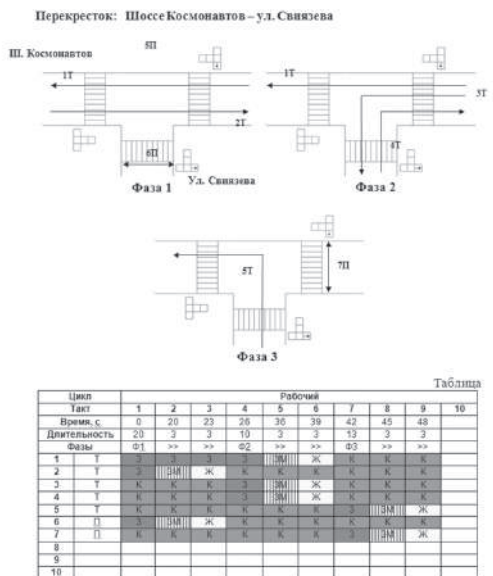


Рис. 105. Пример схемы организации дорожного движения



Время полного цикла: 51 с



Время полного цикла: 51 с

Рис. 106. Пример представления режима работы светофорного объекта

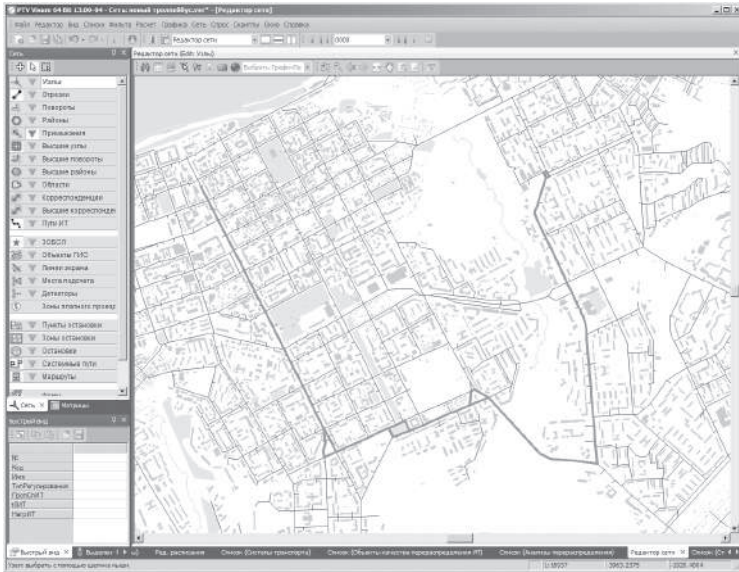


Рис. 107. Пример предоставления заказчиком трассировки нового маршрута общественного транспорта

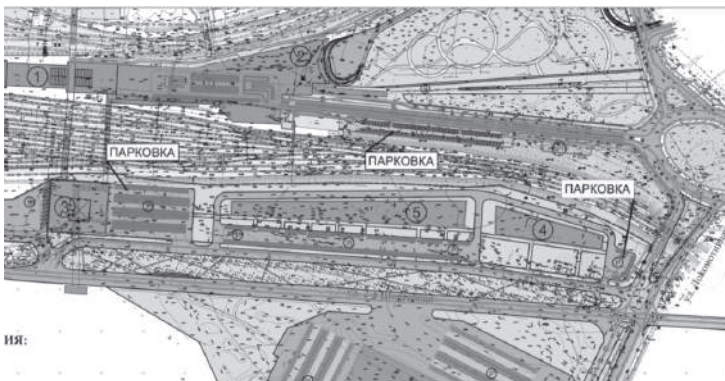


Рис. 108. Пример проектной схемы движения транспорта в составе проекта планировки территории

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 краткосрочному прогнозированию). 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, то есть для горизонта планирования от 5 лет, обязательно должны корректироваться.

Исходные данные для прогнозирования транспортного спроса обычно вызывают наибольшие затруднения при получении от заказчика работ. Это связано с тем, что ряд необходимых данных является специфичным и используется только в транспортном моделировании и не применяется 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 так далее по территории города для долгосрочного прогноза, так как планы по развитию территорий постоянно корректируются, и Генеральные планы редко исполняются по графику. В связи с этим авторы рекомендуют анализировать текущие планы реал-

лизации 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 позволит с разных сторон изучить поставленную задачу.

4.3. Моделирование 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 включает 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 включает 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). Данные технические задания содержат стандартный набор работ по моделированию, который необходим для принятия того или иного проектного решения.

4.3.1. Редактор сценариев в PTV Vision® VISUM

В связи с развитием и широким внедрением транспортного моделирования значительно увеличивается количество сценариев, которые необходимо промоделировать и сравнить при работе над проектами. В связи с этим начиная с 13 версии PTV Vision® VISUM появился редактор сценариев. Редактор сценариев позволяет значительно сократить время как при работе со сценариями, так и при их расчете.

При работе с менеджером сценариев создается проект, содержащий базовую версию, соответствующую существующему состоянию транспортной системы, модификации, сценарии и наборы процедур.

Модификация представляет собой набор изменений транспортного спроса и транспортного предложения. Модификация может быть создана как на основе базовой модели, так и на основе другой модификации.

Сценарий, в свою очередь, является набором модификаций. Таким образом, каждый сценарий можно сформировать из любого набора модификаций на основе базовой модели.

Сохраняется проект в виде каталога, содержащего папки модификаций, сценариев, наборов процедур и файла с разрешением *.vpdbx.

Первым шагом при работе с редактором сценариев является создание проекта (рис. 109). Для этого необходимо перейти в меню «Файл» — «Менеджер сценариев» — «Новый проект».

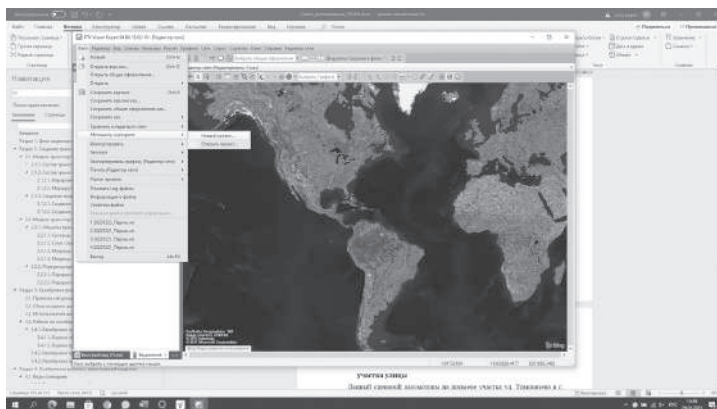


Рис. 109. Создание нового проекта в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

В открывшемся меню необходимо выбрать папку проекта, ввести название проекта, выбрать базовую версию и выбрать способ управления базой данных — локально или на SQL-сервере для одновременной работы нескольких пользователей (рис. 110).

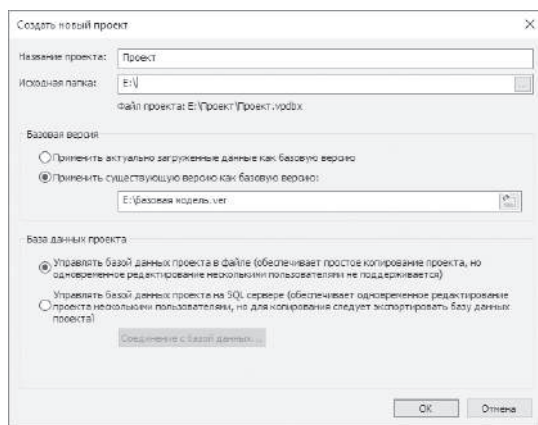


Рис. 110. Выбор базовой версии в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

Для создания модификаций в открывшемся окне необходимо перейти на вкладку «Модификации» и нажать на плюс внизу (рис. 111).

В открывшемся окне нужно ввести название модификации и ее описание при необходимости.

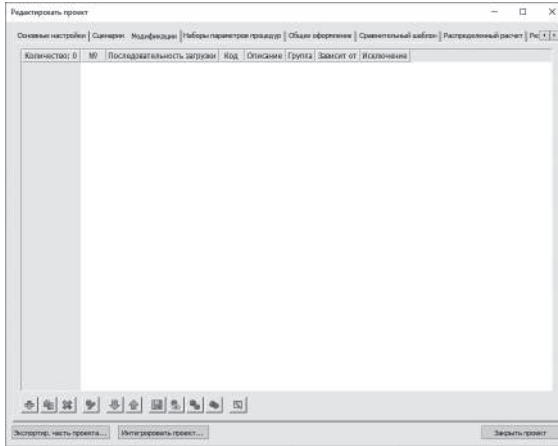


Рис. 111. Создание модификации в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

В открывшемся окне можно выбрать базовый сценарий, обычно это базовая версия. Также можно выбрать модификации, которые могут быть в основе создаваемой модификации, а также исключаются из нее (рис. 112).

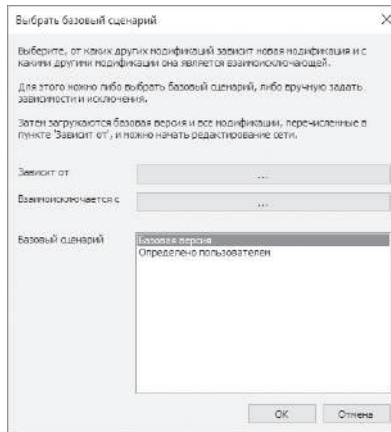


Рис. 112. Выбор параметров модификации в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

После этого откроется стандартное окно редактирования версии. В одну модификацию возможно внести изменения как в транспортном

предложении, так и в транспортном спросе. При этом состав модификаций важно продумать заранее, чтобы далее было удобно комбинировать при создании сценариев. После внесения изменений необходимо нажать кнопку «Установить» для сохранения модификации (рис. 113).

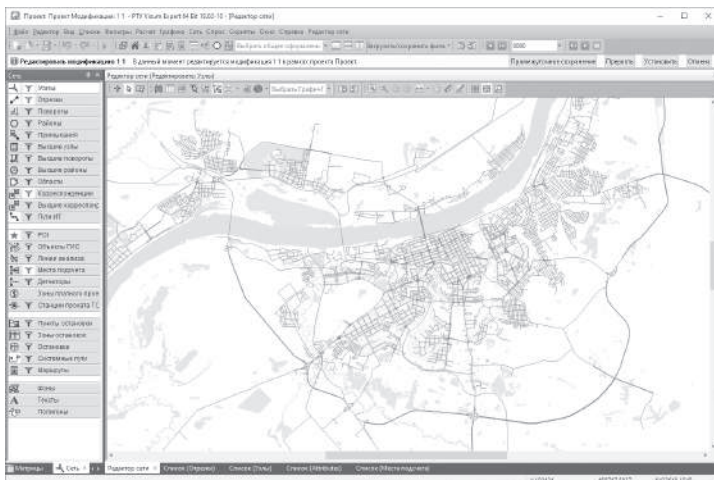


Рис. 113. Редактирование модификации в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

После создания всех необходимых модификаций можно приступать к созданию сценариев. Для создания сценария необходимо нажать «плюс», выбрать набор параметров процедур и модификации, которые будут входить в состав сценария (рис. 114). Аналогичным образом можно создать любое необходимое количество сценариев (рис. 115).

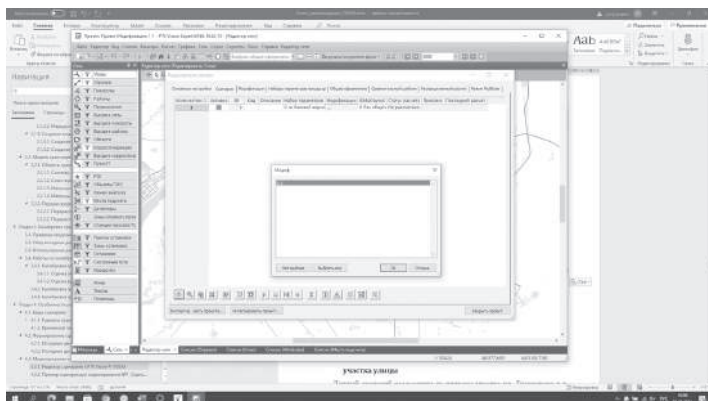


Рис. 114. Создание сценариев в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

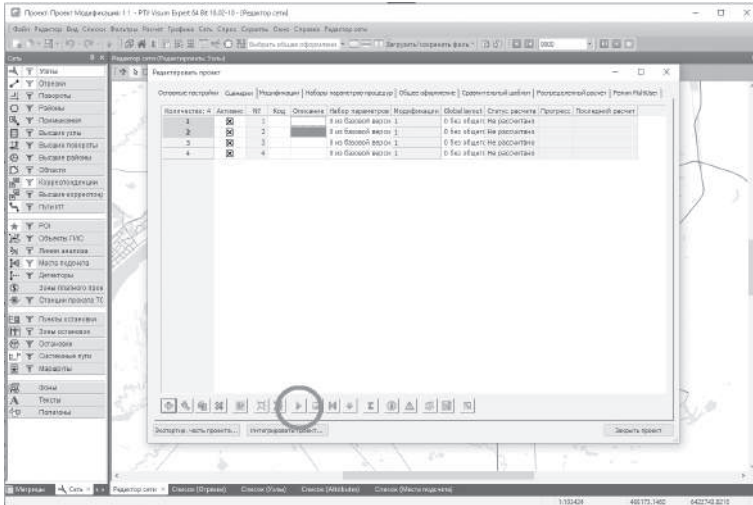


Рис. 115. Расчет сценариев в менеджере сценариев в PTV Vision® VISUM 18

Для проведения расчета для созданных сценариев необходимо выделить нужные сценарии и нажать кнопку «Расчет» (рис. 115). В результате выделенные сценарии будут постепенно по очереди рассчитываться. В это время возможна параллельная работа в редакторе как с модификациями, так и со сценариями.

Таким образом, использование менеджера сценариев позволяет уменьшить объем работ и затраты времени при создании и расчете большого количества взаимосвязанных сценариев.

Далее рассмотрим типичные сценарии для моделирования из практики авторов.

4.3.2. Пример сценария для моделирования № 1.

Оценка целесообразности перевода в односторонний режим участка улицы

Данный пример относится к изменениям организации дорожного движения. В практике авторов такие сценарии являются одними из наиболее востребованных при прогнозном моделировании. В этом случае прогнозная транспортная модель является источником данных для последующего прогнозного моделирования [19, 20, 21, 22]. Рассмотрим сценарий на примере участка ул. Тимирязева в г. Перми.

Целью работы было 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. 116).

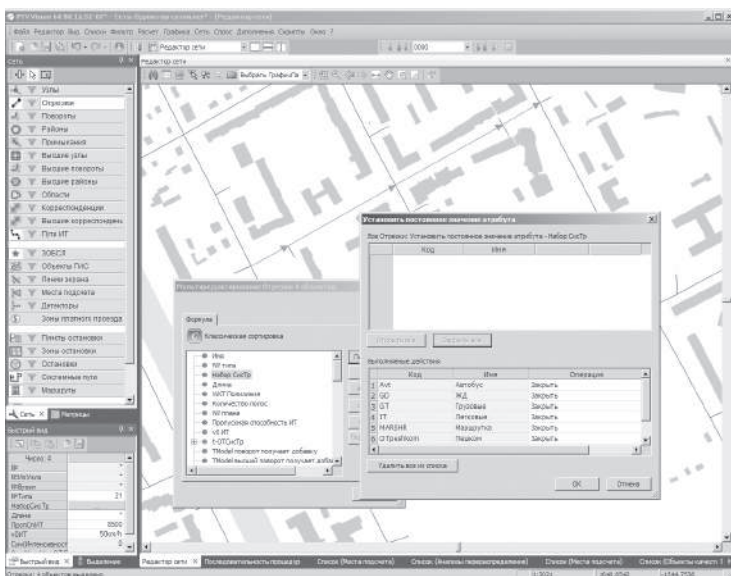


Рис. 116. Процедура закрытия движения по ул. Тимирязева на участке от ул. Н. Островского до ул. 25 Октября в направлении ул. Н. Островского на транспортной модели г. Перми в программном комплексе PTV Vision® VISUM

- 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, по которой по очереди разезжаются транспортные средства в обоих направлениях ул. Тимирязева.

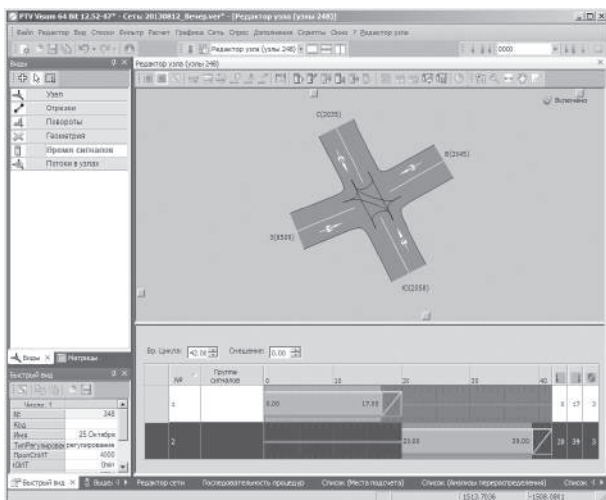


Рис. 118. Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября в г. Перми

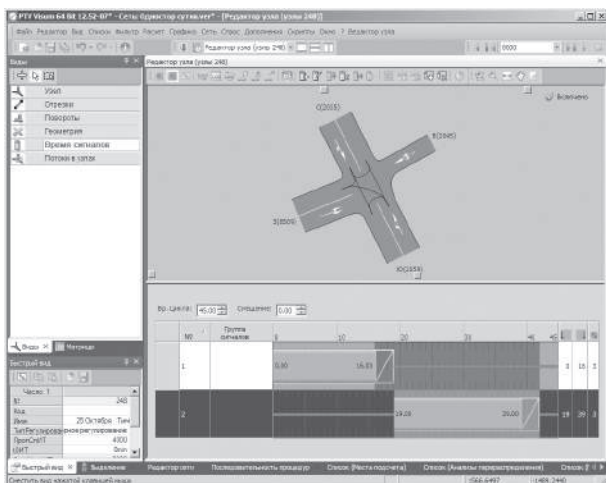


Рис. 119. Проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. 25 Октября в г. Перми

- Изменение схемы организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького. На рис. 120 приведена существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького, на рис. 121 приведена проектная схема организации дорожного движения на перекрест-

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

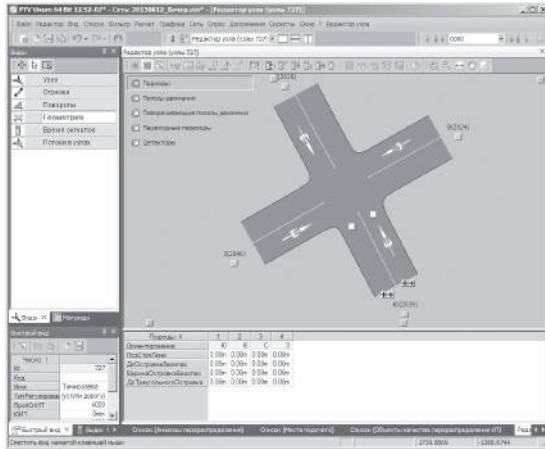


Рис. 120. Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького в г. Перми

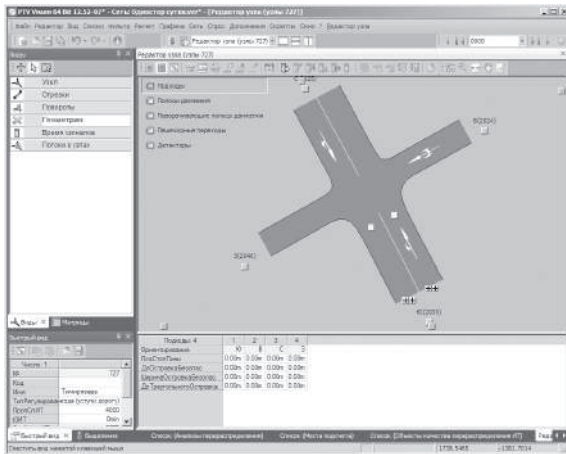


Рис. 121. Проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. М. Горького в г. Перми

- Изменение схемы организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского. На рис. 122 приведена существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского, на рис. 123 приведена про-

ектная 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.

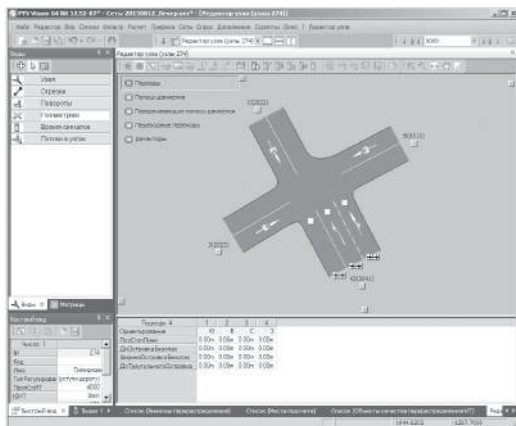


Рис. 122. Существующая схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского в г. Перми

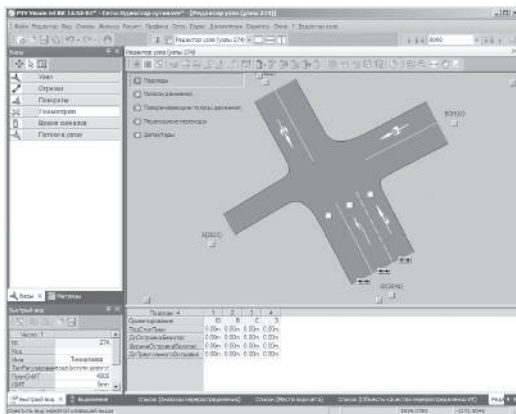


Рис. 123. Проектная схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Тимирязева и ул. Н. Островского в г. Перми

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

и существующей интенсивностей движения транспортных потоков в исследуемой области. Данную картограмму целесообразно строить после моделирования большинства сценариев, так как она позволяет наглядно отобразить изменение интенсивностей движения транспортных потоков на территории как исследуемой области, так и всего города (рис. 124).



Рис. 124. Картограмма разностей прогнозной и существующей интенсивностей движения транспортных потоков в исследуемой области

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. Данные значения приведены в таблице 4.

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

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

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 часов 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. Перми ухудшается, так как значение параметра «среднее время реализации транспортных корреспонденций» увеличивается.

Увеличение значения 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.

4.3.3. Пример сценария для моделирования № 2.

Расчет прогнозного пассажиропотока на автобусном маршруте 36 в г. Перми при изменении трассировки

Одним из важнейших направлений прогнозного моделирования является оценка сценариев изменения маршрутных сетей общественного транспорта [23]. При оценке тех или иных изменений в системе общественного транспорта важно оценивать как общую эффективность системы, для чего существуют разные методические подходы [24], так и локальные эффекты от рассматриваемых мероприятий.

Сценарий прогноза пассажиропотока на автобусном маршруте рассмотрим на примере расчета прогнозного пассажиропотока на автобусном маршруте 36 при изменении трассировки с ул. Пушкина на ул. Революции в г. Перми.

Целью работы был прогноз изменения пассажиропотока на автобусном маршруте 36 при изменении трассировки с ул. Пушкина на ул. Революции.

Для прогнозирования изменения пассажиропотока на автобусном маршруте 36 при изменении трассировки с ул. Пушкина на ул. Революции в транспортную модель г. Перми были внесены соответствующие изменения.

Предполагается изменение трассировки следующим образом: вместо ул. Пушкина — ул. Н. Островского предполагается движения автобуса 36 по ул. Революции от ЦКР до ул. Н. Островского.

На рис. 125 приведена планируемая трассировка маршрута автобуса 36.

Для измененного маршрута автобуса 36 планируется интервал движения 10 минут в пиковые часы и 15 минут в межпиковое время.



Рис. 125. Трассировка маршрута автобуса 36

Данное расписание движения было введено в транспортную модель г. Перми (рис. 126).

Расписание по остановкам		11:02	11:03	11:03	11:03	11:03
№	Название	№ автобуса	№ автобуса	№ автобуса	№ автобуса	№ автобуса
1	Министерство	11000000	11000000	11000000	11000000	11000000
2	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
3	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
4	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
5	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
6	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
7	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
8	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
9	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
10	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10

Расписание по остановкам		11:02	11:03	11:03	11:03	11:03
№	Название	№ автобуса	№ автобуса	№ автобуса	№ автобуса	№ автобуса
1	Министерство	11000000	11000000	11000000	11000000	11000000
2	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
3	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
4	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
5	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
6	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
7	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
8	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
9	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10
10	Станция Пермь-Славянка	11:02:10	11:03:00	11:03:10	11:03:10	11:03:10

№	Автоб.	Платье / Штаны	Платье / Штаны	Платье / Штаны	Платье / Штаны	Платье / Штаны	Платье / Штаны
346	Автоб. 36	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
357	357	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
378	378	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
389	389	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
376	376	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
342	342	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
340	340	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
340	340	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
485	485	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
485	485	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
328380	328380	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
385	385	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
387	387	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
394	394	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
485	485	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
338143	338143	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40
319	319	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40	08:21:40

Рис. 126. Ввод в транспортную модель расписания для измененного маршрута автобуса 36

Кроме времени отправления с начального и конечного остановочных пунктов, в расписание движения маршрута автобуса 36 введено также время движения между пунктами остановки. Время движения принято равным времени прохождения для других проходящих

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

После добавления в транспортную модель города Перми измененного маршрута автобуса 36 было проведено прогнозирование суточного пассажиропотока на данном маршруте, а также изменение суточного пассажиропотока на других маршрутах городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП).

Картограмма интенсивности прогнозного суточного пассажиропотока на маршруте автобуса 36 приведена на рис. 127.



Рис. 127. Картограмма интенсивности прогнозного суточного пассажиропотока на измененном маршруте автобуса 36, пасс./сутки

По результатам моделирования прогнозное значение пассажиропотока на автобусном маршруте 36 составило 15 826 пасс./сутки в будний день. Таким образом, в результате изменения трассировки пассажиропоток на автобусном маршруте 36 уменьшился на 2154 пасс./сутки.

Кроме прогнозирования пассажиропотока после изменения трассировки маршрута автобуса 36 в г. Перми, была также проведена оценка изменения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы г. Перми и системы ГПТОП после изменения маршрута автобуса 36. Стоит отметить, что оценка изменения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы не менее важна, чем прогноз перспективного пассажиропотока [25].

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 изменения трассировки маршрута автобуса 36 приведены в таблице 5.

Таблица 5

Значения интегральных показателей качества функционирования транспортной системы г. Перми и системы ГПТОП до и после изменения трассировки маршрута автобуса 36

Показатель	Значение показателя до изменения трассировки маршрута автобуса 36	Значение показателя после изменения трассировки маршрута автобуса 36
Объем транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП, чел./сут.	470 555	470 512
Суммарный пассажиропоток на ГПТОП, пасс./сут.	625 180	625 141
Среднее время реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте, мин	48,24786	48,24805

Таким образом, объем транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП, уменьшается на 43 человека после изменения трассировки маршрута автобуса 36. При этом уменьшается суммарный пассажиропоток на ГПТОП. Кроме того, увеличилось среднее время реализации транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП.

По результатам выполненных расчетов были сделаны следующие выводы:

Изменения трассировки маршрута автобуса 36 приводят как к уменьшению пассажиропотока на данном маршруте, так и к уменьшению общего объема пассажиропотока на всем ГПТОП, что приводит к уменьшению выручки перевозчиков на автобусных маршрутах.

Для пассажиров изменения интегральных показателей качества функционирования системы ГПТОП являются отрицательными,

так как происходит увеличение среднего времени реализации транспортных корреспонденций, реализуемых на ГПТОП. В связи с этим изменение трассировки маршрута автобуса 36 не рекомендуется к реализации.

4.3.4. Пример сценария для моделирования № 3. Определение очередности реализации первоочередных сценариев оптимизации работы транспортного комплекса

Данный сценарий рассмотрим на примере г. Самары.

Целью работы было 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 Московского шоссе и от пр. К. Маркса до ул. Ставропольская в г. о. Самара.
2. Реконструкция участка ул. Мичурина от пр. Масленникова до ул. Революционной в г. о. Самара.
3. Строительство участка ул. Дачная от ул. Пензенской до Московского 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. То есть при моделировании принято, что 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 отправок с начальных пунктов остановки, а также время движения между остановочными пунктами.

Авторы хотели бы отметить важность принятия правильных гипотез, принимаемых перед началом моделирования, так как они оказывают непосредственное влияние на результаты моделирования [26]. 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.

Сценарий 1 включает в себя строительство участка ул. 22 Партсъезда от ул. Ново-Садовая до Московского шоссе и от пр. К. Маркса до ул. Ставропольская в г. о. Самара (рис. 128).

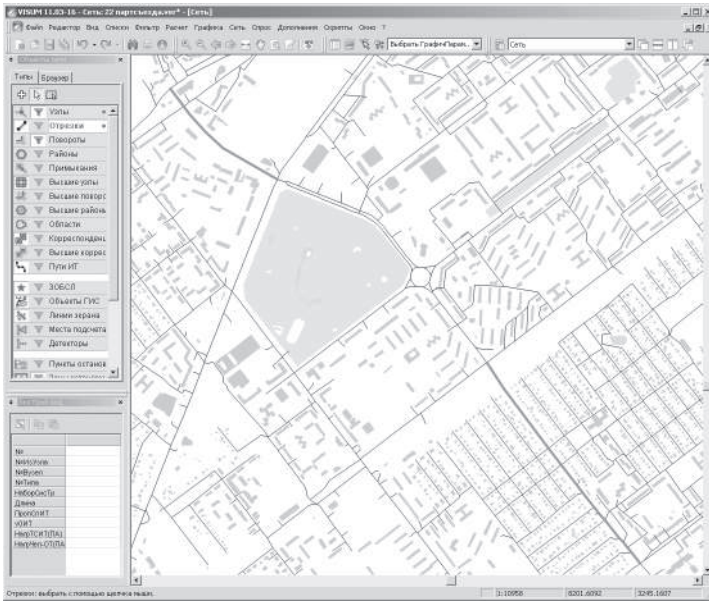


Рис. 128. Трассировка новых участков ул. 22 Партсъезда в г. о. Самара

Согласно переданному Департаментом строительства и архитектуры администрации г. о. Самара проекту предполагается, что участок ул. 22 Партсъезда от ул. Ново-Садовая до Московского шоссе будет иметь по 2 полосы движения в каждом направлении с уширениями у перекрестков с Московского шоссе и ул. Ново-Садовая. Количество полос введено в параметры соответствующих участков ул. 22 Партсъезда в транспортную модель г. о. Самара (рис. 129).

Проектные схемы организации движения на данных перекрестках представлены на рисунках 130 и 131. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и пр. К. Маркса представлена на рис. 132.

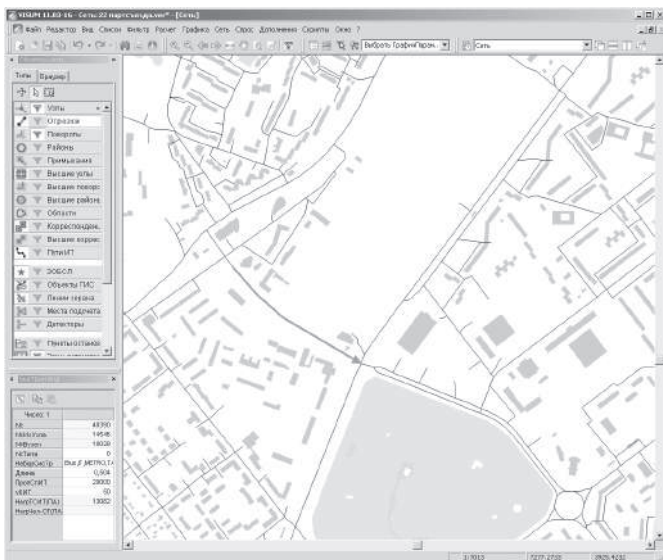


Рис. 129. Параметры новых участков ул. 22 Партсъезда в г. о. Самара

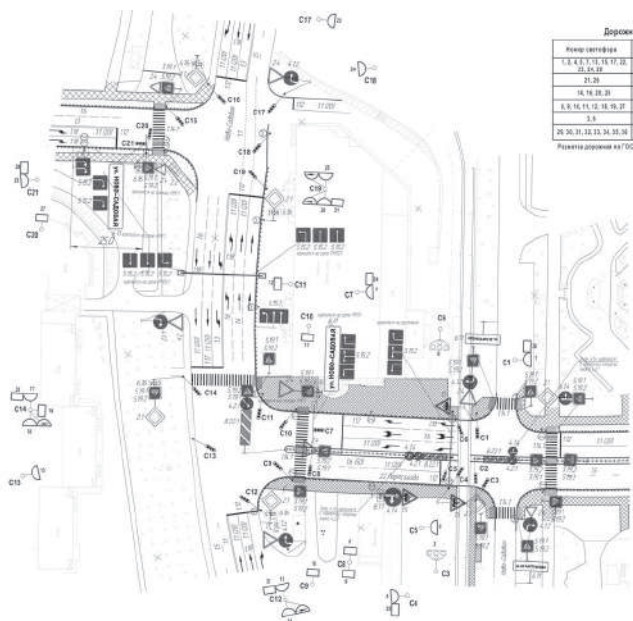


Рис. 130. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и ул. Ново-Садовая в г. о. Самара



Рис. 131. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и Московское шоссе в г. о. Самара

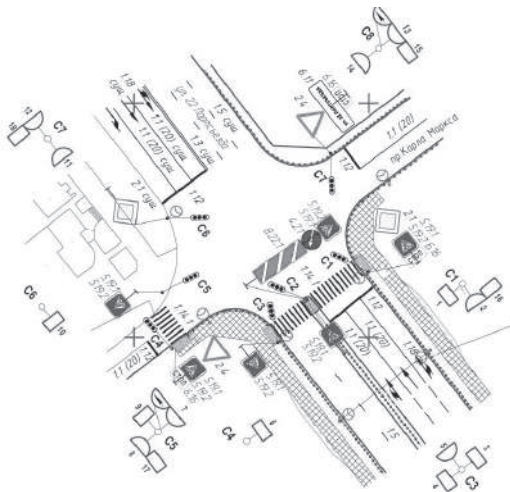


Рис. 132. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и пр. К. Маркса в г. о. Самара

Соответствующие проектным схемам организации движения изменения (направления движения по полосам, а также параметры светофорного регулирования) введены в транспортную модель г. о. Самара (рис. 133–135). Авторы рекомендуют тщательно проверять изменяемые параметры организации дорожного движения в узлах, так как такие ошибки оказывают большое влияние на результаты моделирования.

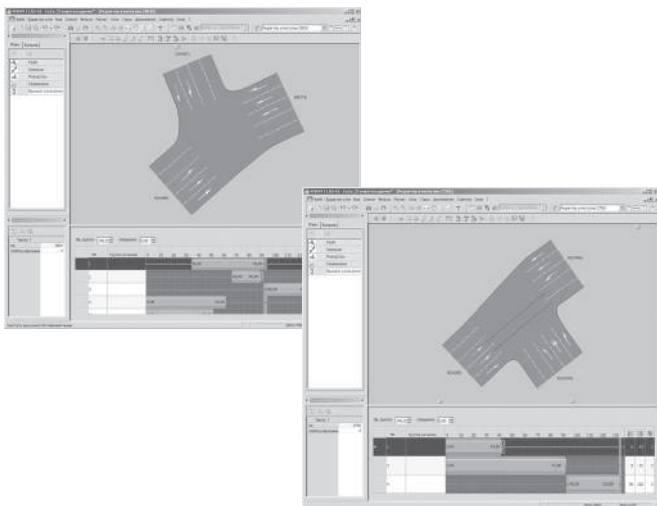


Рис. 133. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и ул. Ново-Садовая в транспортной модели г. о. Самара

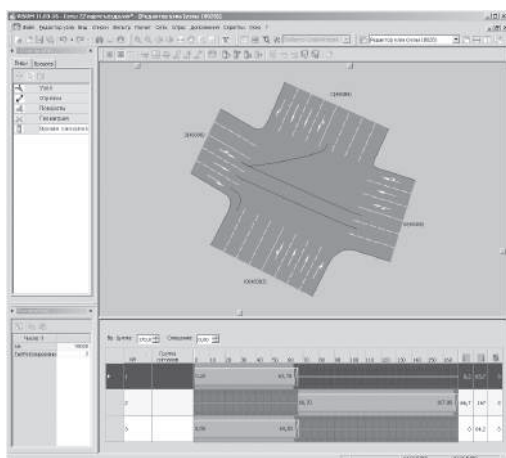


Рис. 134. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и Московское шоссе в транспортной модели г. о. Самара

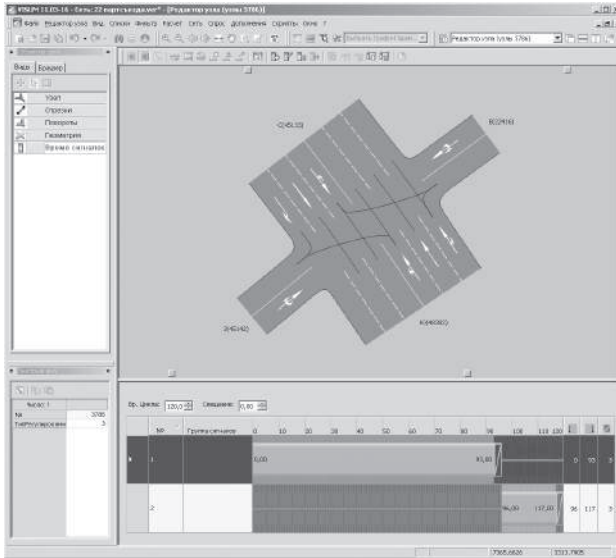


Рис. 135. Проектная схема организации движения на перекрестке ул. 22 Партсъезда и пр. К. Маркса в транспортной модели г. о. Самара

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 таблице 6.

Таблица 6

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

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

По полученным в результате расчетов значениям среднего времени реализации транспортных корреспонденций все 3 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 реали-

зации транспортных корреспонденций по сравнению со сценариями № 1 и № 3. На основании значений среднего времени реализации транспортных корреспонденций определен порядок реализации сценариев (таблица 7).

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

Различия в значениях среднего времени реализации транспортных корреспонденций для рассмотренных сценариев объясняются тем, что в системе улично-дорожной сети г. о. Самара можно наблюдать нехватку поперечных связей. 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. Революционной до пр. Масленникова обслуживает прилегающую территорию, при этом не повышается связность улично-дорожной сети.

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

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, 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.

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 [27, 28]. Данные показатели можно условно разбить на две группы: интегральные и локальные. К интегральным относятся следующие показатели качества функционирования дорожно-транспортного комплекса города [29]:

- 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:

- интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости;
- коэффициент загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости;
- 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 позволяют 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 ин-

тегральных 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. Данный показатель является суммой 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. 136).

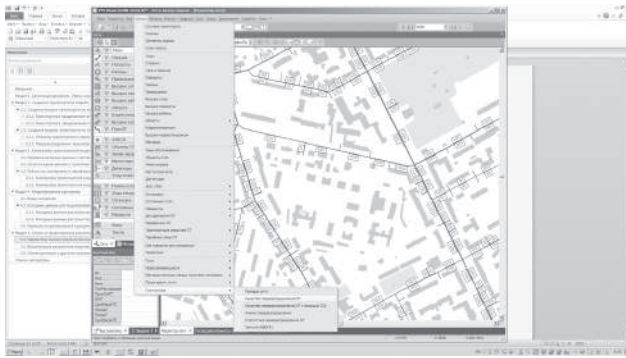


Рис. 136. Расчет суммарного суточного пробега индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Далее в списке атрибутов необходимо выбрать атрибут «ТС Км ИТ» (рис. 137).



Рис. 137. Выбор атрибута суммарного суточного пробега индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Столбец со значением выбранного атрибута для каждой из итераций перераспределения появится в открытом списке (рис. 138).

Итерация	Город	Суммарный суточный пробег индивидуального транспорта (км)
1	Пермь	10316233
2	Пермь	10316233
3	Пермь	10316233
4	Пермь	10316233
5	Пермь	10316233
6	Пермь	10316233
7	Пермь	10316233
8	Пермь	10316233
9	Пермь	10316233
10	Пермь	10316233
11	Пермь	10316233
12	Пермь	10316233
13	Пермь	10316233
14	Пермь	10316233
15	Пермь	10316233
16	Пермь	10316233
17	Пермь	10316233
18	Пермь	10316233
19	Пермь	10316233
20	Пермь	10316233
21	Пермь	10316233
22	Пермь	10316233
23	Пермь	10316233
24	Пермь	10316233
25	Пермь	10316233
26	Пермь	10316233
27	Пермь	10316233
28	Пермь	10316233
29	Пермь	10316233
30	Пермь	10316233
31	Пермь	10316233
32	Пермь	10316233
33	Пермь	10316233
34	Пермь	10316233
35	Пермь	10316233
36	Пермь	10316233
37	Пермь	10316233
38	Пермь	10316233
39	Пермь	10316233
40	Пермь	10316233

Рис. 138. Выбор атрибута суммарного суточного пробега индивидуального транспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

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 Перми, Самары и Екатеринбург приведены в таблице 8.

Таблица 8

Расчетные значения суммарного суточного пробега для транспортных систем 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

5.1.2. Суммарный суточный пассажиропоток общественного транспорта

Суммарный суточный пассажиропоток общественного транспорта также напрямую рассчитывается в PTV Vision® VISUM. Получить

значение данного показателя можно следующим образом. Необходимо зайти в меню «Списки» — «Маршруты» — «Маршруты» (рис. 139).

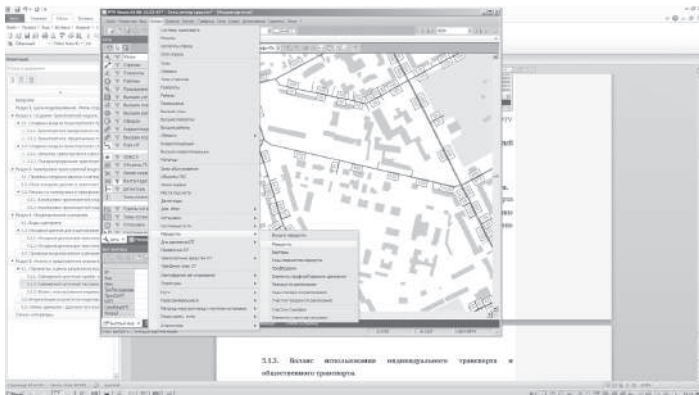


Рис. 139. Расчет суммарного суточного пассажиропотока на общественном транспорте в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Далее в открывшийся список необходимо добавить атрибут «Перевозки по маршрутам» (рис. 140).

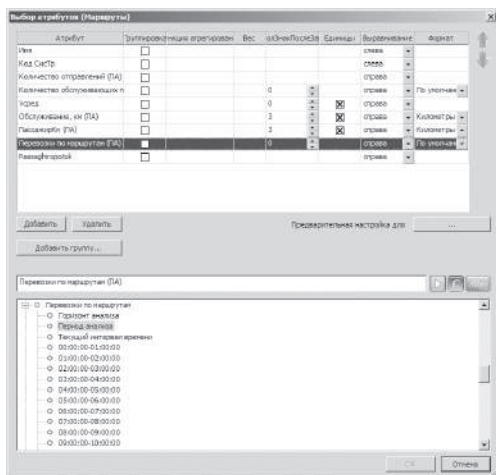


Рис. 140. Добавление атрибута маршрутов «Перевозки по маршрутам» в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

В результате в открытом списке появится столбец со значениями пассажиропотока за выбранный временной период анализа для каждого маршрута (рис. 141).

The screenshot shows the 'Список (Маршруты)' window in PTV Vision 18. The window title is 'PTV Vision 18 ВМ 12.52-07 - Список маршрутов'. The main area displays a table with columns for '№', 'Имя', 'Место: 222', and 'Место: 959101'. The 'Имя' column lists routes from 'Автобус 01' to 'Автобус 43'. The 'Место: 222' column shows passenger volume values, and the 'Место: 959101' column shows values for a specific location. The table data is as follows:

№	Имя	Место: 222	Место: 959101
1	Автобус 01	28021	959101
2	Автобус 02	11762	
3	Автобус 03	6980	
4	Автобус 04	8608	
5	Автобус 05	6057	
6	Автобус 06	2919	
7	Автобус 07	3085	
8	Автобус 08	15700	
9	Автобус 09	149	
10	Автобус 10	20552	
11	Автобус 11	17917	
12	Автобус 12	680	
13	Автобус 13	16281	
14	Автобус 14	19000	
15	Автобус 15	3595	
16	Автобус 16	7842	
17	Автобус 17	12658	
18	Автобус 18	0	
19	Автобус 19	8662	
20	Автобус 20	17391	
21	Автобус 21	33299	
22	Автобус 22	937	
23	Автобус 23	2572	
24	Автобус 24	1389	
25	Автобус 25	2218	
26	Автобус 26	147	
27	Автобус 27	20868	
28	Автобус 28	9651	
29	Автобус 29	1050	
30	Автобус 30	12664	
31	Автобус 31	0	
32	Автобус 32	12630	
33	Автобус 33	918	
34	Автобус 34	3737	
35	Автобус 35	363	
36	Автобус 36	17630	
37	Автобус 37	4349	
38	Автобус 38	5051	
39	Автобус 39	2509	
40	Автобус 40	10958	
41	Автобус 41	11385	
42	Автобус 42	4589	
43	Автобус 43	5075	

Рис. 141. Значения атрибута «Перевозки по маршрутам» для маршрутов общественного транспорта в редакторе списков PTV Vision® VISUM 18 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 транспорта и общественного транспорта

Баланс использования индивидуального транспорта и общественного транспорта рассчитывается как соотношение объемов транспортного спроса на индивидуальный и общественный транспорт. Очевидно, что данные объемы определяются суммой ячеек матриц корреспонденций индивидуального и общественного транспорта. Найти данные суммы ячеек матриц можно в меню «Списки» — «Матрицы» (рис. 142).

В появившемся окне редактора списков по умолчанию добавлен атрибут «Сумма» (рис. 143). В случае если данный атрибут не добавлен в список, необходимо добавить его. Значение данного атрибута и будет являться объемом спроса на индивидуальный и 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%.

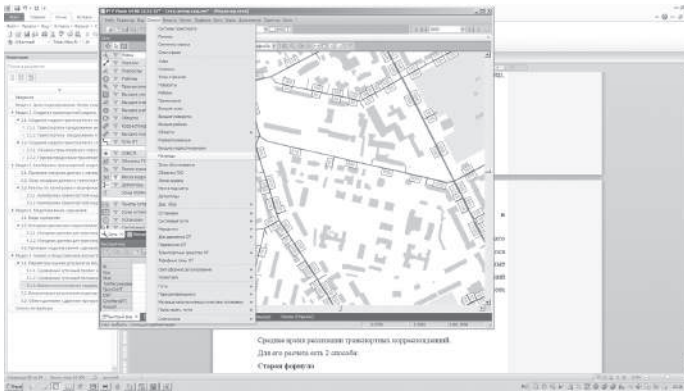


Рис. 142. Расчет объемов спроса на индивидуальный и общественный транспорт в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Число	№	Код	Имя	ТипMatrix	Баз Тип	Сумма	КлассСтр.
1	2	ТТС	Завтрак	Район	Район	2102452.493	ИТ
2	14		Колония	Завтрак	Район	125150.112	
3	61	ИТ	ИТ	Спрос	Район	103209.929	
4	63	ИТ	ИТ	Спрос	Район	546103.038	
5	65	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	338625.261	
6	67	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	231171.077	
7	69	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	364500.038	
8	71	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	395292.322	
9	73	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	40543.938	
10	75	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	20050.361	
11	77	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	111556.458	
12	79	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	47752.515	
13	80	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	49151.000	
14	81	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	42461.016	
15	82	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	281.393	
16	83	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	4445.948	
17	84	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	4092.399	
18	85	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	12254.121	
19	86	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	548.000	
20	87	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	0.000	
21	88	ВСЕ_ДП		Спрос	Район	0.000	
22	89	ИТ_ДП		Спрос	Район	173205.965	
23	90	ИТ_ДП		Спрос	Район	16760.044	
24	91	ИТ_ДП		Спрос	Район	23230.080	
25	92	ИТ_ДП		Спрос	Район	23497.168	
26	93	ИТ_ДП		Спрос	Район	38066.720	
27	94	ИТ_ДП		Спрос	Район	12132.013	
28	95	ИТ_ДП		Спрос	Район	46464.801	
29	96	ИТ_ДП		Спрос	Район	18824.907	
30	97	ИТ_ДП		Спрос	Район	28160.095	
31	98	ИТ_ДП		Спрос	Район	27939.986	
32	99	ИТ_ДП		Спрос	Район	1602.576	
33	100	ИТ_ДП		Спрос	Район	2654.725	
34	101	ИТ_ДП		Спрос	Район	2293.961	
35	102	ИТ_ДП		Спрос	Район	6754.952	

Рис. 143. Значения объемов спроса на индивидуальный и общественный транспорт в PTV Vision® VISUM 18 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 будет иметь вид:

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

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 — сумма ячеек матрицы корреспонденций индивидуального транспорта;

2) параметр «*Часы ТС $t_{акм}$* » (параметр «*VehHourTravTcur*» по-английски 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 пункте 5.1.3 подробно описано, как получить значение суммы матрицы корреспонденций индивидуального транспорта.

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

тате в список добавится столбец со значениями атрибута «*Часы TC_t акт*» каждой из итераций процедуры перераспределения. Для расчета среднего времени реализации транспортных корреспонденций на индивидуальном транспорте необходимо значение только для последней итерации (рис. 144–145).

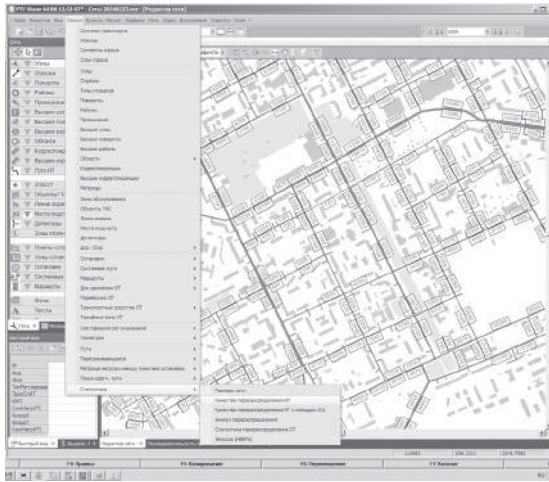


Рис. 144. Расчет суммарного времени реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Итерация	Среднее время реализации	Суммарное время реализации	Среднее время реализации на индивидуальном транспорте
1	10.000000	10.000000	10.000000
2	10.000000	10.000000	10.000000
3	10.000000	10.000000	10.000000
4	10.000000	10.000000	10.000000
5	10.000000	10.000000	10.000000
6	10.000000	10.000000	10.000000
7	10.000000	10.000000	10.000000
8	10.000000	10.000000	10.000000
9	10.000000	10.000000	10.000000
10	10.000000	10.000000	10.000000
11	10.000000	10.000000	10.000000
12	10.000000	10.000000	10.000000
13	10.000000	10.000000	10.000000
14	10.000000	10.000000	10.000000
15	10.000000	10.000000	10.000000
16	10.000000	10.000000	10.000000
17	10.000000	10.000000	10.000000
18	10.000000	10.000000	10.000000
19	10.000000	10.000000	10.000000
20	10.000000	10.000000	10.000000
21	10.000000	10.000000	10.000000
22	10.000000	10.000000	10.000000
23	10.000000	10.000000	10.000000
24	10.000000	10.000000	10.000000
25	10.000000	10.000000	10.000000
26	10.000000	10.000000	10.000000
27	10.000000	10.000000	10.000000
28	10.000000	10.000000	10.000000
29	10.000000	10.000000	10.000000
30	10.000000	10.000000	10.000000
31	10.000000	10.000000	10.000000
32	10.000000	10.000000	10.000000
33	10.000000	10.000000	10.000000
34	10.000000	10.000000	10.000000
35	10.000000	10.000000	10.000000
36	10.000000	10.000000	10.000000
37	10.000000	10.000000	10.000000
38	10.000000	10.000000	10.000000
39	10.000000	10.000000	10.000000
40	10.000000	10.000000	10.000000
41	10.000000	10.000000	10.000000
42	10.000000	10.000000	10.000000
43	10.000000	10.000000	10.000000
44	10.000000	10.000000	10.000000
45	10.000000	10.000000	10.000000
46	10.000000	10.000000	10.000000
47	10.000000	10.000000	10.000000
48	10.000000	10.000000	10.000000
49	10.000000	10.000000	10.000000
50	10.000000	10.000000	10.000000

Рис. 145. Значения суммарного времени реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

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.

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

Таблица 9

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

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

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

Расчет среднего времени реализации транспортных корреспонденций на общественном транспорте с помощью 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;
- среднее время конечного пешеходного подхода;
- средняя частота пересадок.

Для того чтобы посмотреть значения этих параметров, необходимо перейти в меню «Списки» — «Статистика перераспределения ОТ» (рис. 146–147).

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

$$T_{OT} = T_{cp_поездки} + T_{cp_пересадки} + T_{cp_пеш_пересадки} + T_{cp_нач_пеш_подх} + T_{cp_конеч_пеш_подх} + K_{пересадки} \cdot T_{cp_поездки} \quad (8)$$

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

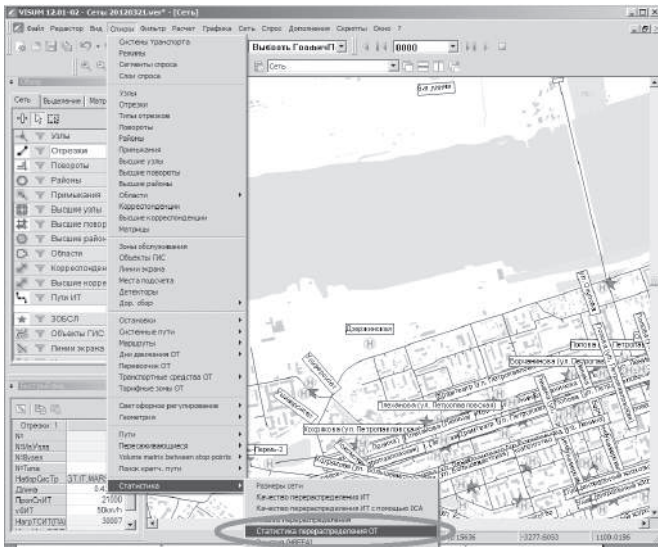


Рис. 146. Меню статистики перераспределения времени реализации корреспонденций на общественном транспорте PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

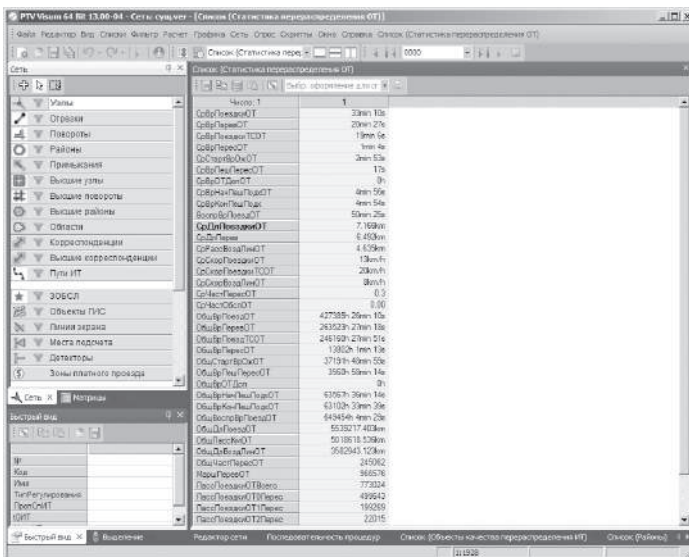


Рис. 147. Параметры статистики перераспределения времени реализации корреспонденций на общественном транспорте PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

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

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

5.2. Возможности представления результатов моделирования

Наряду с рассчитанными интегральными параметрами оценки рассчитанных сценариев, не менее важен пространственный анализ результатов моделирования. Для этого в PTV Vision® VISUM есть множество инструментов графического представления данных. Это такие традиционные инструменты, как эпюры, диаграммы, таблицы, «пауки» корреспонденций. В новых версиях PTV Vision® VISUM появились новые возможности графического представления данных, далее рассмотрим некоторые из них.

5.2.1. Отображение трассировок маршрутов и систем транспорта

В предыдущих версиях PTV Vision® VISUM существовал инструмент графических параметров «Путь маршрута». Данный инструмент позволял отображать трассировки как отдельных маршрутов, так и систем транспорта. Однако ранее данный инструмент не был удобен для использования в больших сетях, так как в нем не было возможности отобразить отдельные трассировки на участках, где происходит наложение (дублирование) маршрутов.

В версии PTV Vision® VISUM 18 стало возможно отображать отдельные трассировки маршрутов и на дублируемых участках улично-дорожной сети. Для этого необходимо перейти в меню «Графика» — «Редактировать графические параметры», выбрать объект «Ход маршрута» (рис. 148). Далее необходимо выбрать класс объектов, по которому будет происходить дифференциация отображения. Это может быть система транспорта, высший маршрут, маршрут, вариант маршрута, перевозчик. После выбора класса необходимо настроить стиль отображения для каждого класса (рис. 149). После применения настроек маршрутная сеть будет отображена в редакторе сети в соответствии с заданными параметрами (рис. 150).

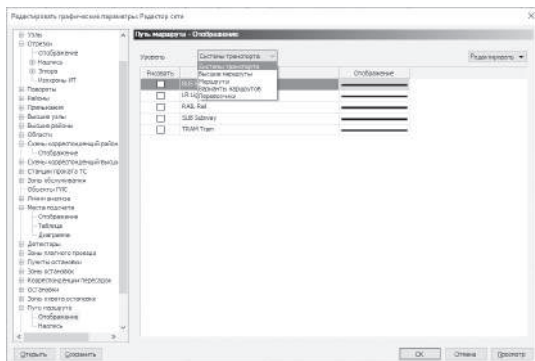


Рис. 148. Окно редактора графических настроек путей маршрута в PTV Vision® VISUM 18

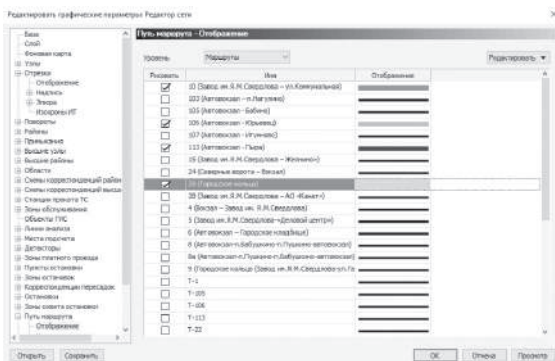


Рис. 149. Настройка параметров отображения для отдельных объектов в графических настройках путей маршрута в PTV Vision® VISUM 18



Рис. 150. Отображение путей маршрута в редакторе сети PTV Vision® VISUM 18

Данный инструмент оказывается очень полезен при анализе дублирования маршрутов и систем транспорта и стал максимально удобен для применения.

5.2.2. Трехмерное отображение атрибутов

В новых версиях PTV Vision® VISUM реализована функция трехмерного отображения. Для вызова данной функции на основной панели инструментов необходимо выбрать кнопку «Пространственный вид сети». После этого откроется окно настроек трехмерного отображения (рис. 151).

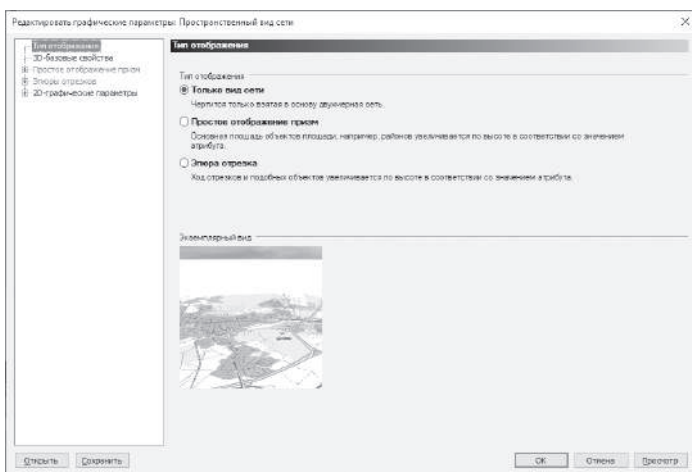


Рис. 151. Окно настроек трехмерного отображения в PTV Vision® VISUM 18

В данном меню в первую очередь необходимо выбрать тип отображения: только вид сети, отображение призм или эпюры отрезка. В случае выбора отображения только вида сети все настройки останутся такими же, как обычно, только сеть будет отображаться под углом к наблюдателю. В случае выбора отображения призм трехмерным станет отображение выбранного атрибута для выбранного класса полигонов (районы, высшие районы, области, зоны обслуживания).

При выборе эпюр отрезка в объемном виде отобразится выбранный атрибут отрезка.

Примеры такого отображения представлены на рисунках 152–154.

Применение данной функции позволяет наглядно отображать соотношение характеристик объектов и является альтернативой применения обычных диаграмм и эпюр.

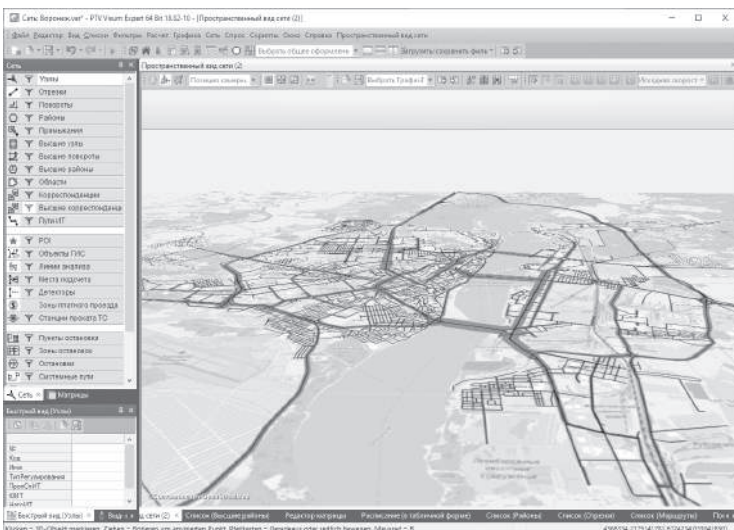


Рис. 152. Трехмерное отображение сети на примере транспортной модели г. Воронежа в PTV Vision® VISUM 18

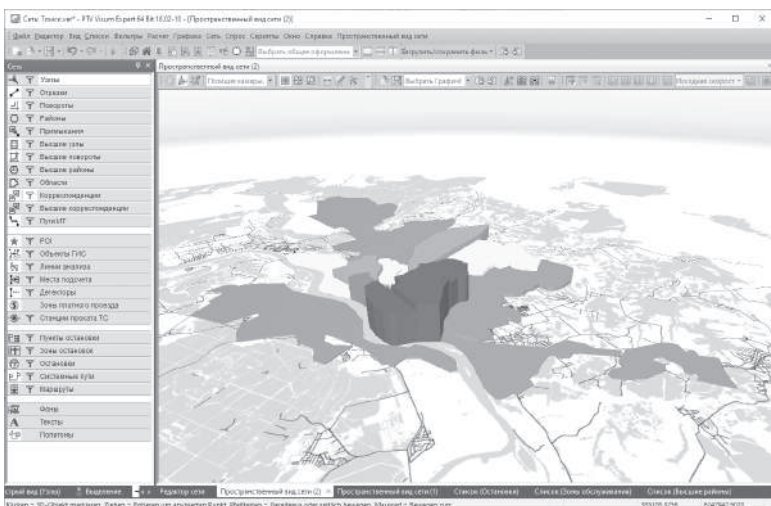


Рис. 153. Трехмерное отображение атрибутов полигонов на примере транспортной модели г. Томска в PTV Vision® VISUM 18

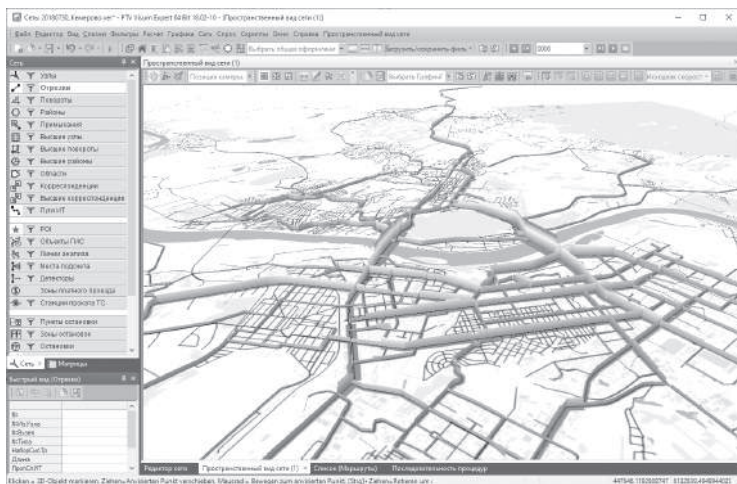


Рис. 154. Трехмерное отображение эюор отрезков на примере транспортной модели г. Кемерово в PTV Vision® VISUM 18

5.3. Обмен данными с другими программными продуктами и приложениями

Последние версии PTV Vision® VISUM позволяют обмениваться данными с множеством программных продуктов. В данном 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.

5.3.1. 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 данного модуля позволит экспортировать в PTV Vision® VISSIM только исследуемый фрагмент сети, который может включать в себя несколько перекрестков или даже всего один перекресток. Кроме того, экспортируемый фрагмент сети будет включать информацию о маршрутах движения транспортных средств и интенсивностях 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 PTV Vistro, в PTV Vision® VISSIM экспортировать всю транспортную модель в большинстве случаев невозможно,

так как 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. 155).

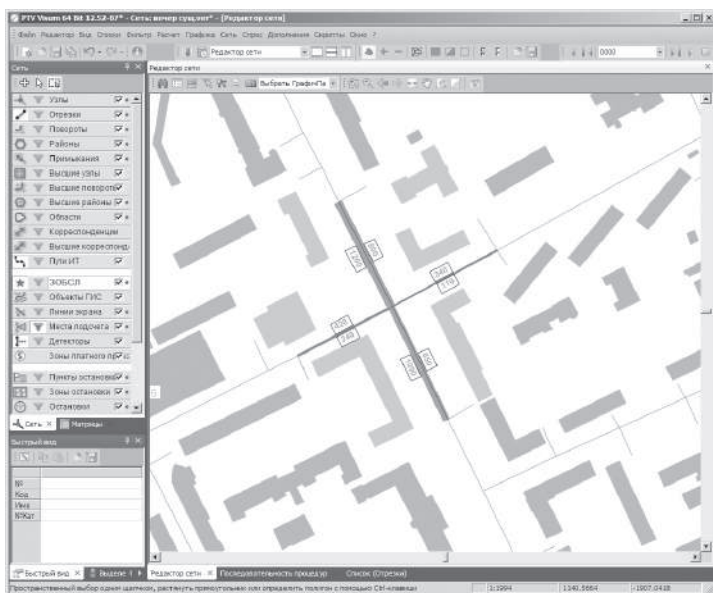


Рис. 155. Выделение исследуемой области в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

В приведенном на рисунке примере исследуемая область включает один перекресток. После выделения исследуемой области необходимо перейти в меню «Расчет» — «Генератор фрагмента сети» (рис. 156).

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. 157).

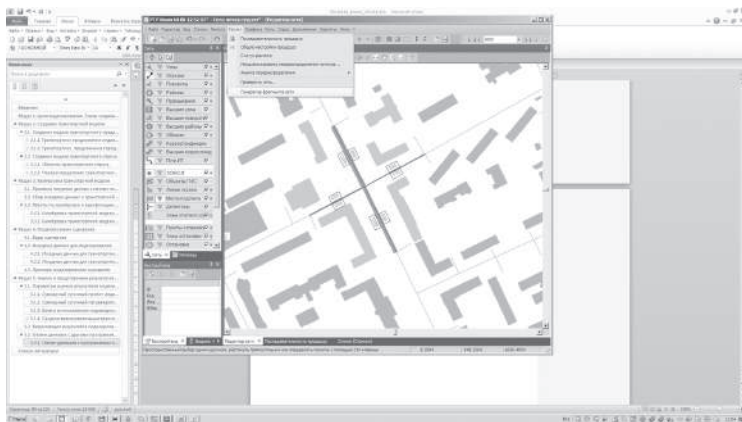


Рис. 156. Генерация фрагмента сети, содержащего исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

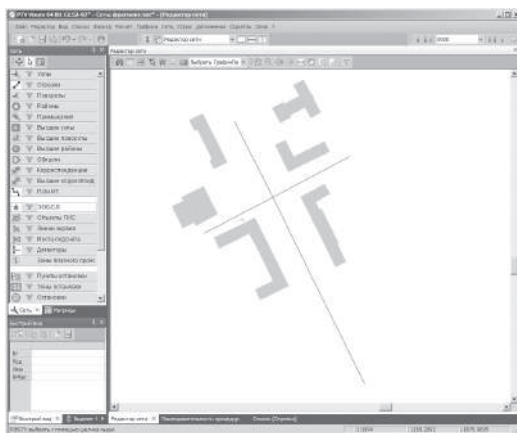


Рис. 157. Сгенерированный фрагмент сети, содержащий исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

В сгенерированном фрагменте сети необходимо выполнить процедуру перераспределения транспортных потоков индивидуального транспорта.

После выполнения процедуры перераспределения транспортных потоков индивидуального транспорта необходимо провести непосредственно экспорт данных в PTV Vision® VISSIM. Для этого надо перейти в меню «Файл» — «Экспорт» — «Vissim (ANM)» (рис. 158).

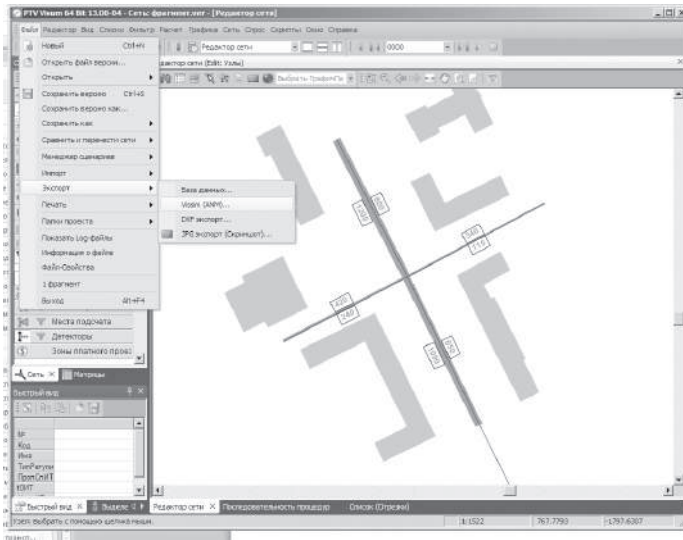


Рис. 158. Экспорт фрагмента сети, содержащего исследуемую область, в формат ANM для экспорта в PTV Vision® VISSIM в программном комплексе PTV Vision® на примере транспортной модели г. Перми

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 интенсивности движения для каждого из путей экспортируемого фрагмента сети.

Авторы рекомендуют экспортировать все три файла, поставив соответствующие «галочки» в открывшемся меню настроек ANM-экспорта (рис. 159).

В результате выполнения процедуры ANM-экспорта будут сформированы 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 интенсивности движения для каждого из путей придется вручную.

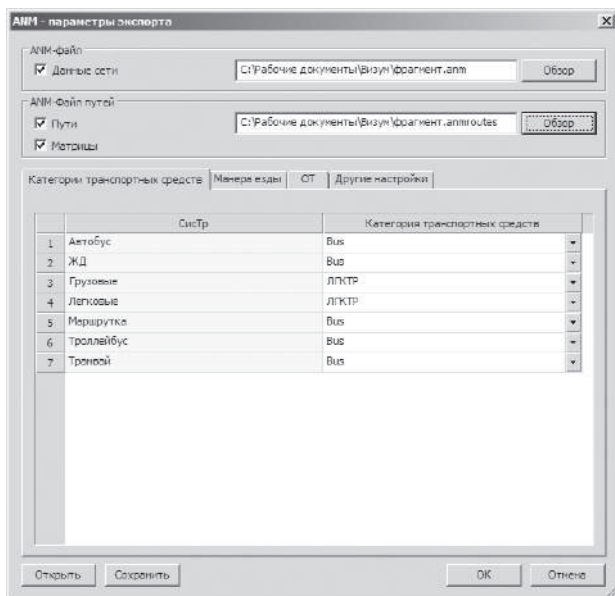


Рис. 159. Меню настроек экспорта в формат ANM в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Далее на рисунках приведены процесс и результат импорта полученных файлов в PTV Vision® VISSIM (рис. 160–161).

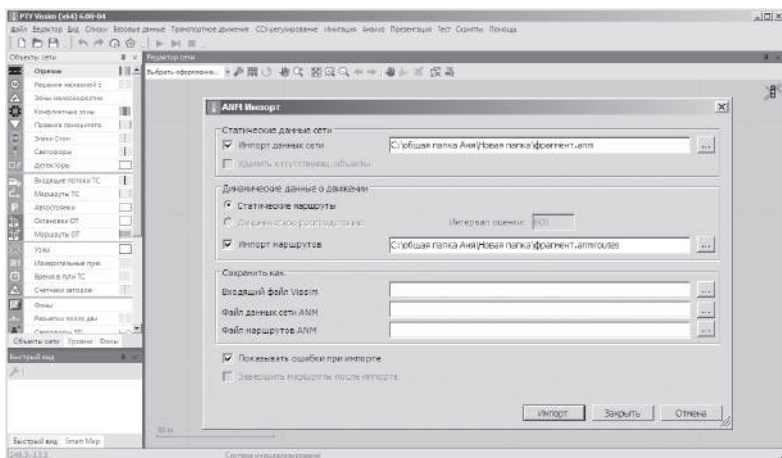


Рис. 160. Импорт фрагмента сети в формате .ant и .antroutes в PTV Vision®VISSIM

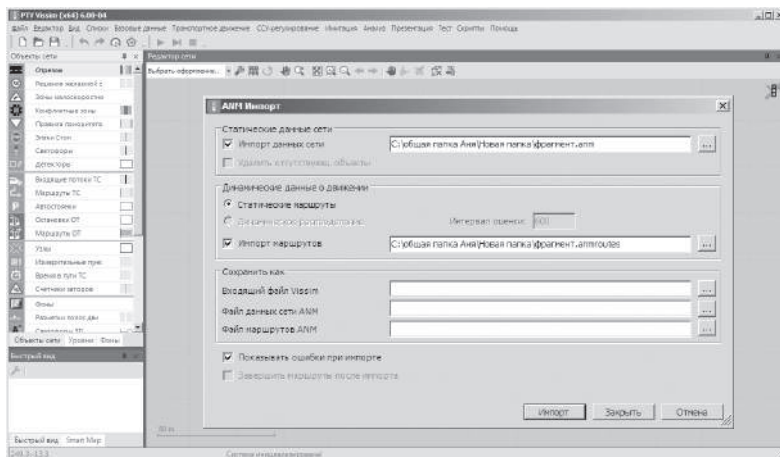


Рис. 161. Импортированный фрагмент сети в PTV Vision® VISSIM

Таким образом, после импорта данного фрагмента в PTV Vision® VISSIM были автоматически импортированы все параметры улично-дорожной сети, маршруты движения и интенсивности движения транспортных потоков.

5.3.2. 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. 162) предназначен для решения таких задач, как:

- 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.

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

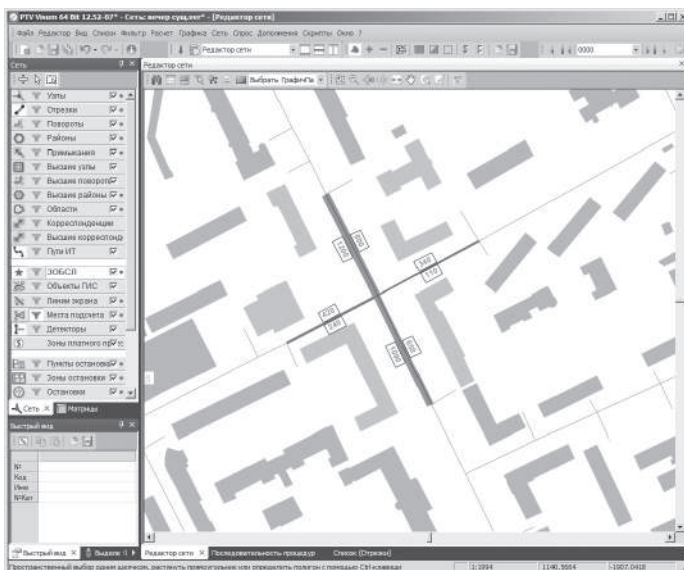


Рис. 163. Выделение исследуемой области в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

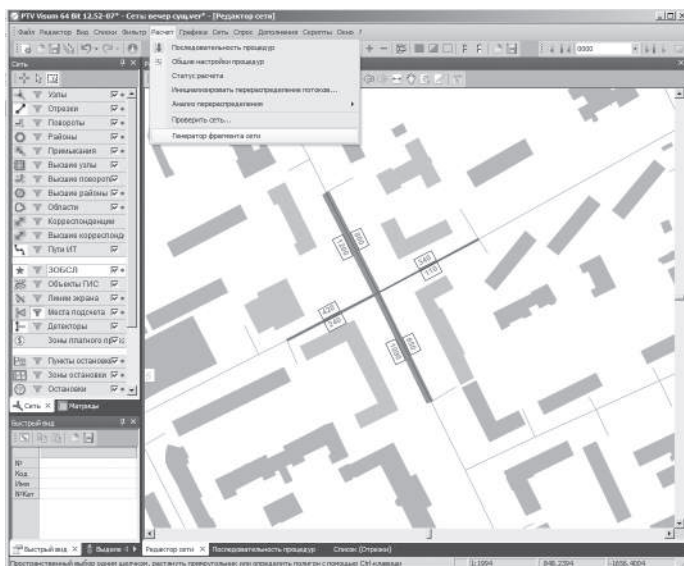


Рис. 164. Генерация фрагмента сети, содержащего исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

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. 165).

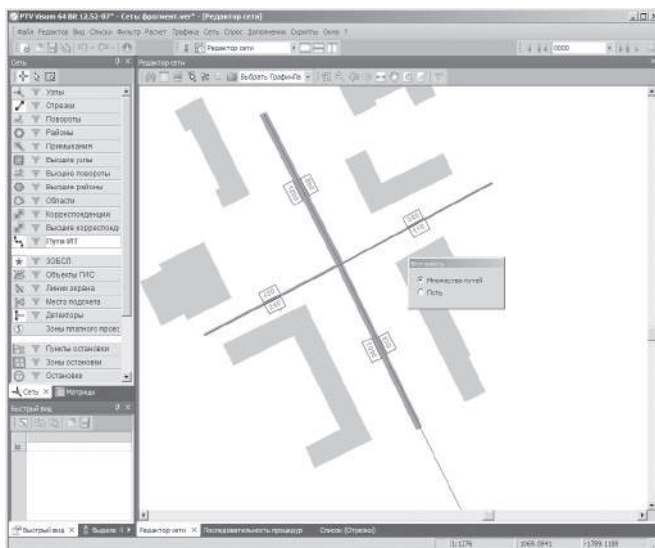


Рис. 165. Сгенерированный фрагмент сети, содержащий исследуемую область, в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

В сгенерированном фрагменте сети необходимо выполнить процедуру перераспределения транспортных потоков (рис. 166). Очень важно отметить, что при выборе процедуры LUCE для перераспределения экспорт в PTV Vistro значений интенсивностей будет невозможен, так как для данной процедуры невозможна работа с путями в PTV Vision VISUM.

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. 167–168). Очень важно обязательно задать имя и код заглавными буквами.

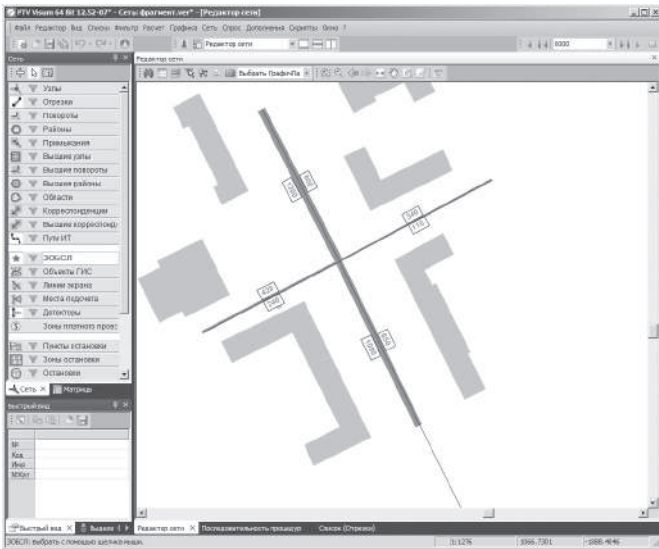


Рис. 166. Сгенерированный фрагмент сети, содержащий исследуемую область, после перераспределения интенсивностей транспортных потоков в программном комплексе PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

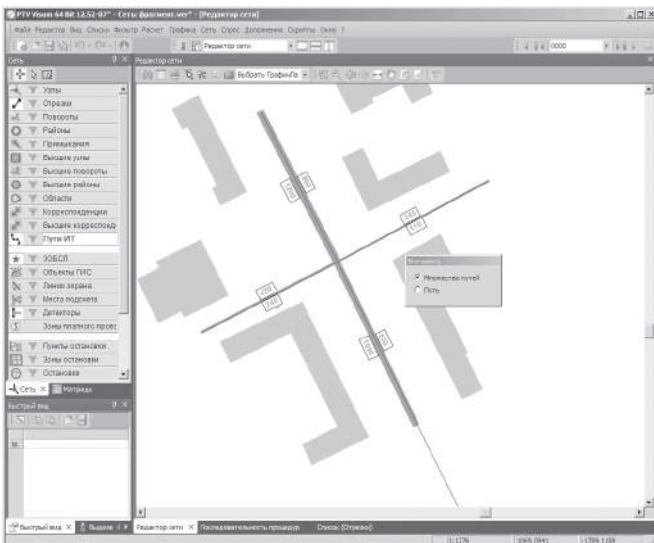


Рис. 167. Создание множества путей в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

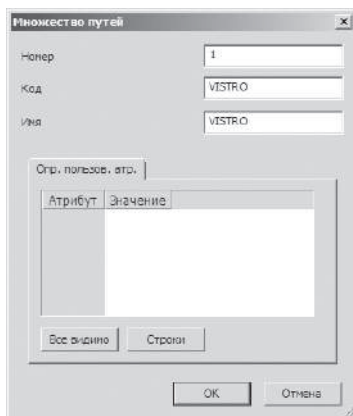


Рис. 168. Ввод кода и имени для множества путей в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

После создания нового множества путей необходимо перенести все существующие пути ИТ в данное множество. Для этого надо 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. 169).

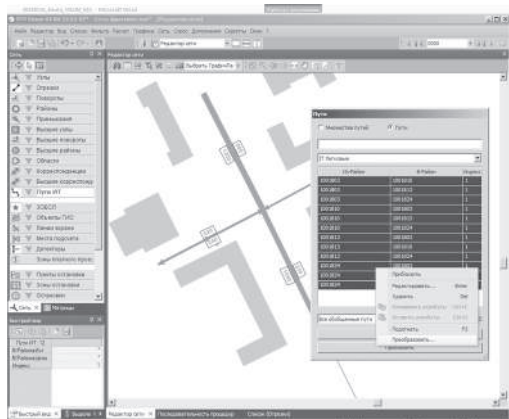


Рис. 169. Преобразование путей индивидуального транспорта во множество путей для последующего экспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

В открывшемся диалоговом окне в поле «Target of conversation» необходимо выбрать новое множество путей (рис. 170). После этого нужно сохранить файл версии фрагмента. Теперь модель фрагмента сети готова к тому, чтобы ее импортировать в PTV Vistro.

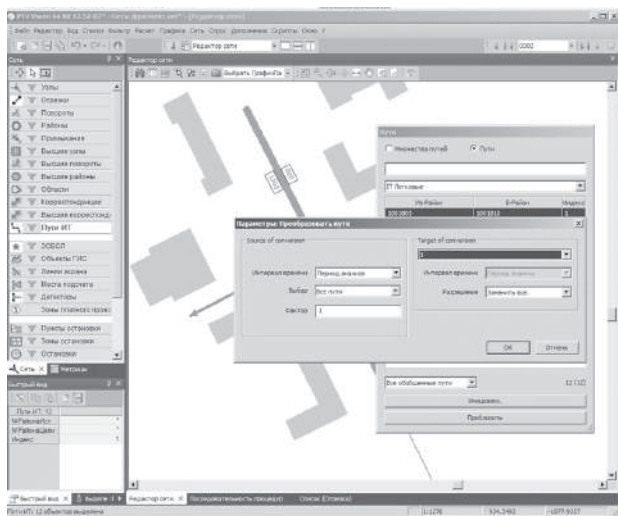


Рис. 170. Настройки для преобразования путей индивидуального транспорта во множество путей для последующего экспорта в PTV Vision® VISUM 18 на примере транспортной модели г. Перми

Для импорта получившегося фрагмента сети в PTV Vistro необходимо перейти в меню «File» — «Import» — «VISUM» (рис. 171–172).

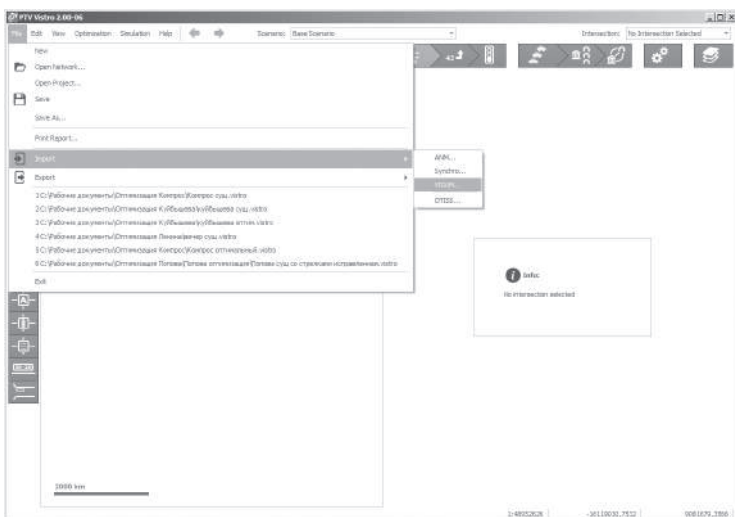


Рис. 171. Импорт фрагмента сети в формате файла версии (.ver) в PTV Vistro

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	Определение транспортных и планировочных требований в связи с вводом в эксплуатацию и подключением к существующей улично-дорожной сети города _____ нового объекта недвижимости — (название объекта).
1.2	Границы проектирования	Объект проектирования представляет собой территорию города, ограниченную: <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 метров.
1.3	Основные задачи проекта	Представить предложения по транспортному обслуживанию нового объекта недвижимости, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> • Индивидуальным транспортом: <ul style="list-style-type: none"> ○ обосновать необходимость либо отсутствие необходимости планировочных решений по изменению основных технико-эксплуатационных параметров элементов УДС в границах проектирования;

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<ul style="list-style-type: none"> ○ разработать схему организации дорожного движения в границах проектирования. ● Городским пассажирским транспортом общего пользования: <ul style="list-style-type: none"> ○ обосновать необходимость либо отсутствие необходимости реконструкции инфраструктуры городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) в границах проектирования (линейные объекты инфраструктуры ГПТОП, остановочные комплексы, разворотные площадки); ○ обосновать необходимость либо отсутствие необходимости изменения маршрутной сети ГПТОП; ○ при необходимости разработать предложения по изменению маршрутной сети ГПТОП города _____. <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	<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 улично-дорожной сети города _____. <p>Концептуальные объемно-планировочные архитектурные решения нового объекта недвижимости.</p>

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
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. • Определение существующих параметров эффективности функционирования элементов улично-дорожной сети в границах проектирования, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> • интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • коэффициент загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости; • интенсивности пассажирских потоков в системе городского пассажирского транспорта общего пользования 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 интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • прогноз изменения коэффициента загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости; • прогнозные интенсивности пассажирских потоков в системе городского пассажирского транспорта общего пользования в зоне влияния нового объекта недвижимости. Разработка проектных предложений по подключению нового объекта недвижимости к улично-дорожной сети города _____ на основе прогнозных

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<p>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: <ul style="list-style-type: none"> ○ реконструкция элементов УДС; ○ строительство новых элементов УДС; ○ 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"> ○ среднее время задержки всех транспортных средств (сек); ○ средняя скорость транспортных потоков (км/час); ○ полное время в пути (час); ○ общее время задержки (час); ○ общее время остановок (час); ○ количество остановок; ○ количество транспортных средств в сети; ○ количество выехавших транспортных средств; ○ среднее число остановок транспортного средства.

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<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"> ○ совершенствование средств организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка); ○ совершенствование, реконструкция и строительство новых технических средств организации дорожного движения (светофоры). • Уточнение параметров подключения нового объекта недвижимости к улично-дорожной сети города _____ на основании результатов микромоделирования существующей и проектной схемы организации движения. • Разработка основных положений технического задания на проектирование нового объекта недвижимости.
IV. СОСТАВ МАТЕРИАЛОВ ПРОЕКТА		
4.1	Основные направления транспортного обслуживания территории	<p>Анализ существующего положения <i>Пояснительная записка:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • анализ современного состояния и загрузки улично-дорожных сетей 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;

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<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 улично-дорожной сети транспортными потоками, построение цифrogramм величин транспортных потоков; • организация пешеходного движения, размещение внеуличных и наземных пешеходных переходов; • 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; • 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 паркования 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.

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<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.
V. ТРЕБОВАНИЕ К РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТ		
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 том числе городского пассажирского транспорта общего пользования).</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 улично-дорожной сети — не менее _____; • количество межузловых отрезков с актуальными дорожно-транспортными характеристиками не менее 60% от общего количества; • маршрутная сеть городского пассажирского транспорта общего пользования должна содержать не менее _____ маршрутов трамваев, _____ маршрутов троллейбусов, _____ маршрутов автобусов; • количество точек сбора статистических данных загруженности улично-дорожной сети для оценки и корреляции модели — не менее 100;

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<ul style="list-style-type: none"> • 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 не только данные помаршрутных обследований пассажиропотока, но и данные 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-ой редакции концептуальных проектных предложений для предварительного рассмотрения проектного решения с заинтересованными организациями и службами.</p> <p>Материалы проекта выпускаются в 3-х экземплярах в составе: пояснительная записка по всем разделам, графические материалы в компьютерном исполнении, текстовые материалы переплетены, графические сфальцованы. Заказчику сдается в 2-х 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>

От Исполнителя:

От Заказчика:

«___» _____ 20___ г. М. П.

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	Определение транспортных и планировочных требований в связи с вводом в эксплуатацию и подключением к существующей улично-дорожной сети города _____ нового объекта недвижимости — (название объекта)
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 метров.
1.3	Основные задачи проекта	Определить основные направления планировочного развития территории города в границах проектирования с расчетом ориентировочных перспективных технико-экономических показателей использования территории нового объекта недвижимости (название

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<p>объекта) на основе данных, предоставленных об объ- емно-планировочных решениях, с учетом транспорт- ных условий, определяемых в ходе работ, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • провести проверку на соответствие предоставлен- ных объемно-планировочных решений утверж- денному Генеральному плану города _____ и проекту планировки территории в границах про- ектирования; • определить изменение параметров транспортного спроса в зоне влияния нового объекта недвижимо- сти (название объекта). • Представить предложения по транспортному об- служиванию нового объекта недвижимости, в том числе: • Индивидуальным транспортом: <ul style="list-style-type: none"> ○ обосновать необходимость либо отсутствие необходимости планировочных решений по изменению основных технико- эксплуатационных параметров элементов УДС в границах проектирования; ○ разработать схему организации дорожного движения в границах проектирования. • Городским пассажирским транспортом общего пользования: <ul style="list-style-type: none"> ○ обосновать необходимость либо отсутствие необходимости реконструкции инфраструктуры городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) в границах проектирования (линейные объекты инфраструктуры ГПТОП, остановочные комплексы, разворотные площадки); ○ обосновать необходимость либо отсутствие необходимости изменения маршрутной сети ГПТОП; ○ при необходимости разработать предложения по изменению маршрутной сети ГПТОП города _____. <p>Представить предложения по обеспечению пеше- ходной доступности нового объекта недвижимости. Разработать схему организации дорожного движе- ния транспорта и пешеходов в границах проекти- рования на период строительства нового объекта недвижимости.</p>
1.4	Проектная организация- исполнитель	

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
2.1	Состав исходных данных, предоставляемых заказчиком	<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 улично-дорожной сети 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. 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>
3.2	Основные направления транспортного обслуживания территории	<ul style="list-style-type: none"> • Определение существующих параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города, в том числе: • 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. • Определение существующих параметров эффективности функционирования элементов улично-дорожной сети в границах проектирования, в том числе:

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<ul style="list-style-type: none"> • интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • коэффициент загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости; • интенсивности пассажирских потоков в системе городского пассажирского транспорта общего пользования в зоне влияния нового объекта недвижимости. • На транспортной модели города проведение моделирования и получение прогнозных параметров эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города, в том числе: • среднее время реализации транспортных корреспонденций после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости; • суммарный суточный пробег индивидуального транспорта после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости; • баланс использования индивидуального транспорта и городского пассажирского транспорта общего пользования после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости; • суточный пассажиропоток городского пассажирского транспорта общего пользования после ввода в эксплуатацию нового объекта недвижимости. • На транспортной модели города проведение моделирования и получение прогнозных параметров эффективности функционирования элементов улично-дорожной сети в границах проектирования, в том числе: • прогнозные интенсивности транспортных потоков в зоне влияния нового объекта недвижимости; • прогноз изменения коэффициента загрузки участков улично-дорожной сети в зоне влияния нового объекта недвижимости; • прогнозные интенсивности пассажирских потоков в системе городского пассажирского транспорта общего пользования в зоне влияния нового объекта недвижимости. • 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.

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<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"> ○ реконструкция элементов УДС; ○ строительство новых элементов УДС; ○ 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"> ○ среднее время задержки всех транспортных средств (сек); ○ средняя скорость транспортных потоков (км/час); ○ полное время в пути (час); ○ общее время задержки (час); ○ общее время остановок (час); ○ количество остановок; ○ количество транспортных средств в сети; ○ количество выехавших транспортных средств; ○ среднее число остановок транспортного средства. • Разработка компенсационных мероприятий, касающихся организации дорожного движения, позволяющих сохранить существующие параметры эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса города:

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<ul style="list-style-type: none"> ○ совершенствование средств организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка); ○ совершенствование, реконструкция и строительство новых технических средств организации дорожного движения (светофоры). ● Уточнение параметров подключения нового объекта недвижимости к улично-дорожной сети города _____ на основании результатов микро-моделирования существующей и проектной схем организации движения. ● Разработка основных положений технического задания на проектирование нового объекта недвижимости.
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>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. <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.

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<p>Анализ существующего положения <i>Пояснительная записка:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • анализ современного состояния и загрузки улично-дорожных сетей 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 устройств; • анализ плотности улично-дорожной сети; • 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. <p>Проектные предложения <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 улично-дорожной сети транспортными потоками, построение цифrogramм величин транспортных потоков; • организация пешеходного движения, размещение внеуличных и наземных пешеходных переходов; • предложения и мероприятия по развитию магистральной и местной улично-дорожной сети с разработкой поперечных профилей участков УСД в границах проектирования; • расчет плотности улично-дорожной сети в границах проектирования; • предложения и мероприятия по развитию наземного пассажирского транспорта и объектов его инфраструктуры;

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
4.2	Основные направления транспортного обслуживания территории	<ul style="list-style-type: none"> • характеристика параметров планируемого развития транспортной инфраструктуры; • рекомендации по обслуживанию рассматриваемой территории автомобильным транспортом; • предложения по установлению, изменению, отмене существующих красных линий; • 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 паркования 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 схем 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 том числе городского пассажирского транспорта общего пользования).</p> <p>При получении прогнозных данных для моделирования необходимо использовать математическую транспортную модель города _____ со следующими характеристиками:</p>

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<ul style="list-style-type: none"> • площадь области моделирования 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 улично-дорожной сети — не менее 11 000; • количество межузловых отрезков с актуальными дорожно-транспортными характеристиками не менее 60% от общего количества; • маршрутная сеть городского пассажирского транспорта общего пользования должна содержать не менее ____ маршрутов трамваев, ____ маршрутов троллейбусов, ____ маршрутов автобусов; • количество точек сбора статистических данных загруженности улично-дорожной сети для оценки и корреляции модели — не менее 100; • периодичность обновления статистических данных не более 3 лет; • коэффициент корреляции модели — не ниже 0,85; • среднее квадратическое отклонение — не выше 0,3. <p>При моделировании должны использоваться не только данные помаршрутных обследований пассажиропотока, но и данные постановочных обследований пассажиропотока.</p> <p>При проведении микромоделирования в обязательном порядке требуется использование специализированного программного обеспечения PTV Vision Vissim.</p>
6	Требования к оформлению и сдаче материалов проекта	<p>Подготовка презентационных материалов 1-ой редакции концептуальных проектных предложений для предварительного рассмотрения проектного решения с заинтересованными организациями и службами.</p> <p>Материалы проекта выпускаются в 3-х экземплярах в составе: пояснительная записка по всем разделам, графические материалы в компьютерном исполнении,</p>

№ п/п	Перечень основных требований	Содержание требований
		<p>текстовые материалы переплетены, графические сфальцованы. Заказчику сдается в 2-х экземплярах и 1 экземпляр в электронном виде в формате PDF, чертежи в масштабе в соответствии с заданием. 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>

От Исполнителя:

«___» _____ 20__ г. М. П.

От Заказчика:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофименко Ю. В., Якимов М. Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. — М.: Логос, 2013.
2. Якимов М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов. — М.: Логос, 2013.
3. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. Modeling Transport. John Wiley & Sons Ltd, 2001.
4. VISUM 18 Fundamentals, VISUM 18 Manual, 2018 PTV AG, Karlsruhe.
5. Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board, 2010.
6. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. — М.: Министерство транспорта Российской Федерации, 2003.
7. 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.
8. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем: пер. с англ. — М.: Наука, 1978. — 248 с.
9. COM — Documentation VISUM 13.0, 2013 PTV AG, Karlsruhe.
10. Якимов М. Р. Анализ данных о дневной неравномерности интенсивности транспортных потоков на улично-дорожной сети города Перми // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. — 2020. — № 1 (37). — С. 5—15.
11. Инновационные технологии сбора данных интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков / М. Р. Якимов // Инновационный транспорт. — 2016. — № 2 (20). — С. 38—41.
12. Yakimov M. R. The Use of Various Input Data in the Design of Public Transport Route Networks // 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. — 2020. — P. 1—5.
13. Yakimov M. Technologies for Restoring the OD Matrix Elements Based on the Results of Processing Video Materials Obtained from the Quadcopters // International Journal of Engineering & Technology. — 2018. — № 2.28. — Vol. 7. — P. 230—233.

14. *Yakimov M. Methods for Spatial Analysis of City Structure Distribution to Estimate City Agglomeration Boundaries // Transportation Research Procedia. — 2018. — Vol. 36. — P. 794–800.*
15. Прогноз уровня автомобилизации суммарного суточного пробега транспортных средств в крупном российском городе на основе статистических параметров транспортного спроса городов Германии / М. Р. Якимов // *News of Science Proceedings of Materials the International Scientific Conference. — 2015. — С. 106–113.*
16. Формирование модели городской структуры на основе пространственно-неравномерной модели формирования транспортного спроса / М. Р. Якимов // *Научные исследования и образовательные практики в XXI веке: состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., г. Смоленск, 30.09.2015 / Межрегион. науч. об-ние «Наукоосфера». — Смоленск: ООО «НОВАЛЕНСО», 2015.*
17. Научное обоснование реконструкции пересечения улицы Дзержинского — улицы Окулова города Перми / М. Р. Якимов // *Международный журнал экспериментального образования. — 2015. — № 3. — Ч. 4.*
18. Анализ эффективности организации кругового движения на пересечении улиц Соликамская и Первомайская в городе Перми / М. Р. Якимов // *Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 4 (35). — Ч. 1.*
19. Методы математического анализа применительно к задачам организации дорожного движения на пересечении улицы Героев Хасана и Бродовского тракта г. Перми / М. Р. Якимов // *Международный союз ученых «Наука. Технологии. Производство». — 2015. — № 3 (7).*
20. Применение инструментов транспортного моделирования в решении задач организации дорожного движения на пересечении проспекта Комсомольский — улицы Революции города Перми / М. Р. Якимов // *Международный независимый институт Математики и Систем «МиС». — 2015. — № 2 (13).*
21. Моделирование изменения схемы организации дорожного движения на участке улицы Локомотивной от площади Гайдара до улицы 2-ая Шоссейная в городе Перми / М. Р. Якимов // *Prospero. — 2015. — № 3 (15).*
22. Исследование целесообразности изменения организации дорожного движения на пересечении бульвара Гагарина — улицы Ушинского в городе Перми / М. Р. Якимов // *Национальная ассоциация ученых (НАУ). — 2015. — № 2 (7). — Ч. 4.*
23. Общественный транспорт в российских городах. Общие проблемы, различные решения / М. Р. Якимов // *Инновационный транспорт. — 2015. — № 4 (18).*

24. Якимов М. Р. О подходах к формированию эффективной системы пассажирского транспорта общего пользования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. — 2019. — № 8. — С. 10–18.
25. Якимов М. Р. Этапы формирования эффективной маршрутной системы городского пассажирского транспорта общего пользования города Дзержинска // Бюллетень транспортной информации. — 2020. — № 5 (299). — С. 11–15.
26. Якимов М. Р., Евсеев О. В. Математические модели в формировании эффективных транспортных систем // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — № 1 (79). — С. 56–60.
27. Показатели качества транспортного планирования в крупных городах и методы их оценки / М. Р. Якимов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2014. — № 3. — С. 50–54.
28. Показатели качества организации дорожного движения в городах и методы их оценки / М. Р. Якимов // Транспорт Урала. — 2014. — № 2 (41).
29. Интегральные оценки качества функционирования транспортных систем городов на примере города Перми / М. Р. Якимов // Научный взгляд на современное общество: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., г. Уфа, 28.06.2015 / Междунар. центр инновац. исслед. «ОМЕГА САЙНС». — Уфа: РИО МЦИИ «ОМЕГА САЙНС», 2015.



**Якимов
Михаил Ростиславович**

доктор технических наук,
профессор, директор
Института транспортного
планирования Российской
академии транспорта



**Попов
Юрий Александрович**

исполнительный директор
Агентства дорожной
информации РАДАР



• ПРОСПЕКТ •

Издательство «ПРОСПЕКТ»
(495) 651-62-62
e-mail: mail@prospekt.org
www.prospekt.org

