



**Стандарт
Государственной
компании «Автодор»**

**СТО АВТОДОР
2.2-2013**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО,
ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ
ИНТЕНСИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА ПЛАТНЫХ УЧАСТКАХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОМПАНИИ
«АВТОДОР» И ДОХОДОВ ОТ ИХ
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Москва 2013

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН: Обществом с ограниченной ответственностью "Концессионная инфраструктурная компания ТРАНСПРОЕКТ».
2. ВНЕСЕН: Управлением операторской деятельностью Государственной компании «Российские автомобильные дороги».
3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом Государственной компании «Российские автомобильные дороги» от « 12 » апреля 2013 г. № 65 с 01.05.2013 г.
4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Настоящий стандарт организации запрещается полностью и/или частично воспроизводить, тиражировать и/или распространять без согласия Государственной компании «Российские автомобильные дороги».

Содержание

Стандарт	СТО АВТОДОР	1
1.	Область применения	5
2.	Нормативные ссылки.....	5
3.	Общие положения	6
3.1.	Методические основы прогнозирования	6
3.2.	Практическая реализация вычислений	7
3.3.	Актуальность методики.....	7
3.4.	Последовательность действий по прогнозированию	8
4.	Подготовка исходных данных	8
4.1.	Определение области моделирования	9
4.2.	Информация о транспортной сети.....	9
4.3.	Демографическая и социально-экономическая информация	11
4.4.	Фактические данные по транспортным потокам.....	13
4.5.	Данные о транспортном поведении населения.....	15
4.6.	Исследование потенциального спроса на платную дорогу	15
5.	Разработка и калибровка модели базового года	17
5.1.	Общие положения	17
5.2.	Слои передвижений	18
5.3.	Создание транспортного графа.....	18
5.4.	Транспортное районирование.....	19
5.5.	Генерация транспортных потоков.....	20
5.6.	Расчет матриц корреспонденций.....	23
5.7.	Расщепление корреспонденций по видам транспорта	25
5.8.	Расчет кордонных корреспонденций	26
5.9.	Распределение корреспонденций по сети.....	26
5.10.	Проведение итераций расчета.....	28
5.11.	Калибровка модели базового года.....	29
6.	Разработка моделей прогнозных лет.....	30

6.1.	Необходимые данные для моделей прогноза.....	30
6.2.	Определение сценариев для расчета	30
6.3.	Моделирование влияния платы за проезд	31
6.4.	Определение оптимального уровня тарифов	32
6.5.	Результаты моделирования транспортных потоков.....	34
Приложение 1.	Термины и определения	35
Приложение 2.	Примеры анкет для опроса пользователей	39
Приложение 3.	Пример поэтапного представления результатов моделирования транспортных потоков на платном участке автомобильной дороги	42

Стандарт Государственной компании «Автодор»

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ИНТЕНСИВНОСТИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЛАТНЫХ УЧАСТКАХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОМПАНИИ
«АВТОДОР» И ДОХОДОВ ОТ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Recommendations for traffic and revenues forecasts on tolled sections of roads of the «Russian
Highways» State Company**

1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает правила расчета существующей и прогнозирования ожидаемой на соответствующий перспективный период интенсивности движения на платных участках автомобильных дорог общего пользования, а также прогноза доходов от их эксплуатации, при проведении проектно-изыскательных работ в целях строительства, реконструкции, комплексного обустройства участков автомобильных дорог, проведении дорожных работ, разработке программ развития и проектов на отдельные автомобильные дороги и/или их участки и искусственные сооружения на них, при проведении экономических изысканий по объектам строительства, реконструкции и комплексного обустройства.

Настоящий стандарт предназначен для применения структурными подразделениями Государственной компании, а так же сторонними организациями.

Условия применения настоящего стандарта сторонними организациями оговариваются в договорах (соглашениях) с Государственной компанией.

2. Нормативные ссылки

В Рекомендациях используются нормативные ссылки на следующие документы:

1. СНиП 2.05.02-85*«Автомобильные дороги».
2. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

3. ОДН 218.1.052-2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд».

4. Правила классификации автомобильных дорог в Российской Федерации и их отнесение к категориям автомобильных дорог, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2009 г. № 767.

5. ОДМ. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах, утверждены распоряжением Минтранса России № ОС-557-р от 24.06.2002 г.

6. ОДМ. Методика расчета размера платы за проезд по платным автомобильным дорогам и дорожным объектам. Порядок ее взимания и пересмотра. Определение потребительского спроса (введена в действие распоряжением Минтранса России от 19.05.2003 г. № ОС-435-р).

3. Общие положения

3.1. Методические основы прогнозирования

В соответствии с настоящими Рекомендациями расчет существующей и прогнозирование перспективной интенсивности движения на автомобильных дорогах производится на основе определения вероятного количества автотранспортных средств, совершающих поездки между парами корреспондирующих населенных пунктов рассматриваемой территории, а также определения вероятных маршрутов движения для всех поездок.

Интенсивность движения существенно меняется под влиянием развития и модернизации транспортной сети, включая строительство платных автомобильных дорог, а также градостроительного и социально-экономического развития окружающих территорий. Это влияние проявляется в нескольких аспектах и приводит к изменению:

- общего количества совершаемых передвижений,
- пунктов назначения и средних дальностей передвижений,
- интенсивности использования разных видов транспорта,
- предпочитаемых путей передвижений.

В соответствии с мировым опытом для корректного прогнозирования всех перечисленных изменений необходимо использование комплексных математических моделей, включающих описание всех этапов формирования транспортных потоков (такие модели называются также моделями транспортного спроса). Настоящая Методика основана на использовании классической 4-стадийной или 4-шаговой схемы моделирования транспортных потоков, которая является на

данный момент наиболее распространенной в мировой практике. Указанная схема включает в себя следующие шаги (в скобках приведены стандартные термины, принятые в англоязычной научно-технической литературе):

- оценка общих объемов передвижений (Trip generation);
- расчет матриц межрайонных корреспонденций (Trip distribution);
- расщепление корреспонденций по видам транспорта (Modal split);
- распределение корреспонденций по сети и расчет интенсивности транспортных потоков (Trip assignment).

3.2. Практическая реализация вычислений

Для реализации каждого из этих шагов применяются математические модели и алгоритмы, описанные далее в настоящих рекомендациях. Большинство применяемых алгоритмов требуют значительного объема вычислений, включая построение деревьев оптимальных путей на графе, итеративные вычисления на массивах большой размерности и др. Практическое выполнение этих расчетов (кроме отдельных предельно упрощенных случаев) возможно только с применением специализированного программного обеспечения, созданного для целей прогноза транспортных потоков (разработки моделей спроса).

В рамках 4-стадийной схемы моделирования транспортных потоков существует большое разнообразие конкретных алгоритмов, применяемых для моделирования разных аспектов процесса формирования транспортных потоков. В разделах 5.5-5.9 настоящего руководства сформулированы требования к применяемым алгоритмам и приведены типовые алгоритмы, наиболее распространенные в мировой практике. Помимо приведенных типовых алгоритмов допускается применение иных математических алгоритмов, предлагаемых разработчиками профессиональных программ транспортного моделирования и опубликованных в научной литературе, при условии соблюдения требований настоящего документа.

3.3. Актуальность методики

Рекомендуемая методика прогнозирования интенсивности движения с использованием специализированного программного обеспечения:

- соответствует современному уровню развития зарубежных технологий в данной сфере,
- подтверждается положительными заключениями Главгосэкспертизы РФ по проектам, выполненным по данной методике,

- является обязательным условием со стороны финансовых институтов и банков для принятия положительного решения об инвестициях в крупные инфраструктурные проекты.

3.4. Последовательность действий по прогнозированию

Для прогнозирования интенсивности движения на платных участках автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» и доходов от их эксплуатации рекомендуется следующая последовательность действий:

- 1) определение области моделирования платного участка автомобильной дороги.
- 2) сбор исходных данных, необходимых для построения модели, включая проведение натурных обследований и социологических опросов.
- 3) разработка и калибровка по фактическим данным транспортной модели базового года.
- 4) разработка моделей на рассматриваемую перспективу и прогнозирование интенсивности движения на платных участках, включая анализ эластичности спроса, определение оптимального тарифа и прогноза сборов.

Объемы работ по прогнозированию интенсивности движения и доходов от взимания платы определяют исходя из сроков, установленных заказчиком на выполнение проектно-изыскательских работ.

4. Подготовка исходных данных

Процесс создания модели транспортной сети начинается с выбора границ области моделирования, содержащей платную дорогу. Для выбранной области необходимо собрать следующие виды информации:

- информация о транспортной сети (геометрия и характеристики);
- градостроительная, демографическая и социально-экономическая информация о территории, охваченной моделью;
- информация о транспортной подвижности населения и объемах грузовых перевозок;
- фактические данные по транспортным и пассажирским потокам, необходимые для калибровки модели базового года;
- информация социологических исследований о готовности использования платного участка дороги.

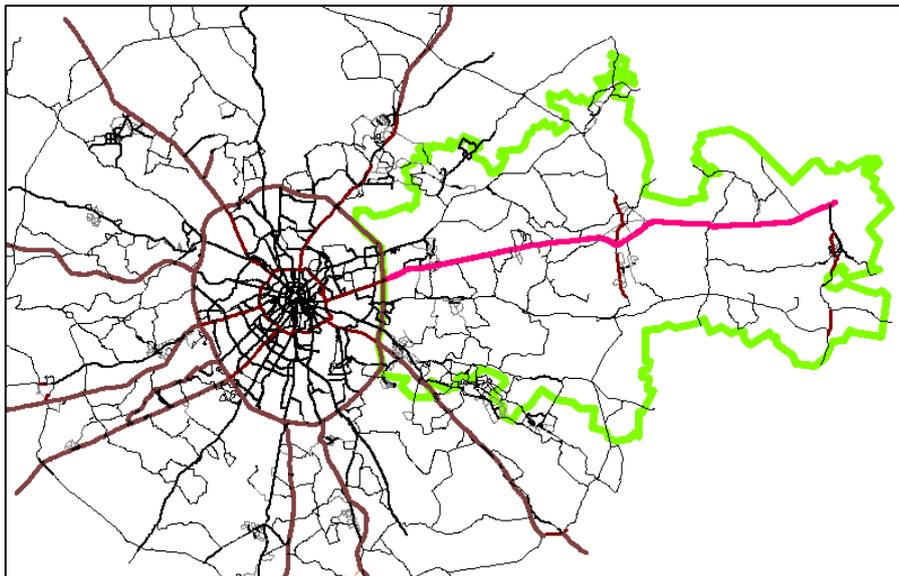
4.1. Определение области моделирования

Для прогнозирования размеров движения или объемов транспортных потоков на проектируемой платной дороге необходимо моделировать передвижения в области тяготения дороги. В область тяготения следует включать:

- альтернативные дороги, т.е. дороги, идущие в близком направлении и предоставляющие альтернативные маршруты движения по отношению к платной дороге,
- все территории, корреспонденции из которых предположительно будут использовать платную дорогу, либо пользоваться предложенными альтернативными дорогами.

Стандартно область моделирования определяется следующим образом: выбираются две ближайшие крупные магистрали справа и слева от платной дороги, затем в область моделирования включаются все административные районы, лежащие внутри альтернативных дорог, а также примыкающие к альтернативным дорогам с внешней стороны. Образец выбора области моделирования показан на Рисунке 1. Красным цветом показана проектируемая платная дорога, зеленым – граница области моделирования.

Рисунок 1



4.2. Информация о транспортной сети.

Транспортная сеть в общем случае включает в себя:

- автомобильные дороги федерального, регионального, межмуниципального и местного значения;
- улично-дорожную сеть городов;

- систему общественного пассажирского транспорта.

Улично-дорожная сеть городов может включаться в модель, если рассматриваемая платная дорога проходит сквозь или вблизи крупных городов. Необходимость описания системы пассажирского транспорта, как альтернативы использованию платной дороги, возникает при моделировании передвижений вблизи крупных городов, когда ежедневные городские передвижения составляют существенную часть предполагаемой загрузки платной дороги.

4.2.1 Информация о дорожной сети

В ходе выполнения работ необходимо собрать следующую информацию:

- 1) геометрия сети (контуры или осевые линии автомобильных дорог); информация импортируется в программу транспортного моделирования из имеющихся ГИС, либо вводится в графическом редакторе, предоставляемом программой транспортного моделирования;
- 2) характеристики автомобильных дорог;
- 3) организация движения на перекрестках (схема разрешенных поворотов, наличие светофорного регулирования).

К числу характеристик автомобильных дорог относятся:

- скорость движения при свободном потоке, км/ч;
- пропускная способность, приведенные транспортные единицы в час;
- количество полос движения в каждом направлении;
- признаки разрешения или запрета для движения отдельных видов транспортных средств;
- категория дороги;
- является ли дорога платной;
- стоимость проезда;
- другие параметры, которые могут влиять на фактическую скорость движения по дороге при разной степени загрузки.

Указанные параметры для автомобильных дорог федерального, регионального, межмуниципального и местного значения рекомендуется задавать на основе Правил классификации автомобильных дорог в РФ и их отнесения к категориям автомобильных дорог, утвержденных постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2009 г. № 767, СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги», ОДМ «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» (утв. распоряжением Минтранса России № ОС-557-р от 24.06.2002 г.); для

улично-дорожной сети – классификации СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» или городских строительных норм, принятых в крупных городах (например, МГСН).

Для платных участков автомобильных дорог необходима информация о тарифах и системе взимания платы – в зависимости от расстояния, зон, времени проезда и типа транспортного средства.

4.2.2 Информация о системе общественного транспорта

Состав необходимой информации о системе общественного пассажирского транспорта (ОПТ) может различаться в зависимости от избранной методики учета ОПТ в модели (см. раздел 5.1) и включает в себя следующие данные:

- 1) информацию о сети внеуличного (рельсового) транспорта; геометрия линий и места остановочных пунктов;
- 2) описание системы маршрутов ОПТ; возможно детализированное описание в «маршрутной» форме (перечень отдельных маршрутов с трассами) или упрощенное описание в «сетевой» форме (перечень улиц и дорог, несущих ОПТ);
- 3) места остановочных пунктов;
- 4) средние интервалы движения;
- 5) средняя вместимость применяемых транспортных средств;
- 6) средние скорости движения на разных участках маршрутов; при отсутствии детальной информацией допускается использовать приближенные оценки по разным зонам области моделирования.

Параметры 3)-6) при маршрутном описании собираются отдельно по маршрутам, при сетевом описании – суммарно по дугам сети, несущим ОПТ.

4.3. Демографическая и социально-экономическая информация

Поскольку передвижения всегда совершаются к конкретным объектам посещения, необходимо собрать информацию о размещении различных объектов на территории, охваченной моделью. Состав требуемых данных:

- размещение населения;
- размещение мест труда;
- размещение объектов культурно-бытового и административного назначения (объекты торговли, медицинского обслуживания, учебные заведения и др.);

- размещение объектов, порождающих грузовые перевозки, или оценки объема таких перевозок.

В качестве оценки наполнения районов объектами разных типов могут быть использованы данные по количеству работников, занятых в тех или иных видах деятельности, доступные в официальной статистике. Рекомендуется собирать данные по видам деятельности, взятым в разбивке на 5 групп, перечисленных в Таблица 1.

Таблица 1

Группа	Вид деятельности
1	Сельское хозяйство, охота и лесоводство
	Рыболовство
	Горнодобывающая промышленность и разработка
	Строительство
2	Обрабатывающая промышленность
	Электроэнергия, газ и водоснабжение
	Транспорт, складское хозяйство и связь
	Оптовая торговля
3	Розничная торговля
4	Гостиницы и рестораны
	Финансовое посредничество
	Деятельность по операциям с недвижимым имуществом и арендой; деятельность исследовательская и коммерческая
	Государственное управление и оборона; обязательное социальное страхование
	Образование
	Здравоохранение и социальные услуги
	Деятельность по предоставлению коммунальных, социальных и прочих персональных услуг
	Деятельность по ведению частных домашних хозяйств с наемным обслуживанием
	Деятельность экстерриториальных организаций и органов
5	Неэкономическая деятельность

Для оценки наполнения районов могут использоваться и другие данные, если они имеются для территории моделирования. Данные по размещению объектов и населения в идеальном случае должны быть детализированы до уровня расчетных транспортных районов (см. раздел 5.4).

4.4. Фактические данные по транспортным потокам

4.4.1 Контрольные учеты интенсивности движения автотранспортных средств

Основными данными, необходимыми для калибровки транспортной модели, являются значения интенсивности движения в отдельных сечениях транспортной сети. Для сбора данных проводятся полевые обследования, а также используются автоматические датчики учета интенсивности.

Интенсивности замеряются в разбивке по типам транспортных средств. В зависимости от целей и задач полевого исследования при замерах может быть учтена различная дифференциация по типам, но в любом случае она должна быть согласована с дифференциацией, используемой в транспортной модели (см. 5.1).

При выборе сечений для проведения обследования следует придерживаться следующих рекомендаций:

- Контрольные учеты необходимо выполнять на основных магистралях/дорогах и основных транспортных пересечениях, при этом замеряется как движение по основному ходу, так и поворотные потоки.
- Учеты по основному ходу на дорогах, параллельных трассе проектируемой платной дороги (включая платную дорогу, в случае реконструкции существующей дороги), должны быть согласованы по месту с тем, чтобы давать суммарный поток во всем транспортном коридоре вдоль платной дороги;
- Учеты должны по возможности покрывать все основные въезды-выезды области моделирования (кордоны).

Конкретный набор сечений, в которых необходимо обследование, должен быть уточнен на этапе выбора границ модели (см. 4.1) и при разработке схемы транспортного районирования (см. 5.4).

Для получения наиболее достоверных данных натурные обследования рекомендуется проводить с апреля по октябрь. Продолжительность замера, часы начала и окончания уточняются после анализа имеющейся статистической информации о движении за ряд предшествующих лет, а также в зависимости от времени года и характера преобладающего движения (местное или транзитное).

Результаты контрольных учетов фактической интенсивности движения подлежат переводу в осредненный годовой показатель интенсивности движения в пределах моделируемого промежутка времени с использованием коэффициентов распределения по часам суток, дням недели и месяца на основе данных из непрерывного автоматического учета интенсивности и состава движения. В случае

невозможности получения непрерывных данных автоматического учета за необходимый срок допускается использование коэффициентов из аналогичных обследований за ряд предшествующих лет, срок давности которых не превышает 5 лет. В крайних случаях, при отсутствии статистических данных, допускается использование коэффициентов из ОДН 218.1.052-2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд».

Рекомендуется проводить контрольные учеты движения средствами видеозаписи с последующей обработкой видеоматериалов и заполнением формуляров учета. Допускается проведение контрольных учетов ручным способом с одновременным заполнением формуляров учета на автомобильных дорогах с незначительной интенсивностью движения (до 200 авт./час в одном направлении). Структура и содержание формуляра устанавливается исполнителем работ исходя из особенностей проводимых исследований, требуемой дифференциации транспортных средств по группам, продолжительности замеров.

4.4.2 Замеры интенсивности пассажирских потоков

В случаях, когда в составе расчетов планируется явное моделирование пассажирских потоков (см. раздел 5.1), дополнительно выполняется сбор данных об:

- интенсивности пассажирских потоков в важных сечениях улично-дорожной сети и сети внеуличного транспорта;
- объемах входа и выхода пассажиров в остановочных пунктах общественного транспорта.

4.4.3 Данные о структуре передвижений

Для калибровки модели в части расчета корреспонденций, определения параметров распределения передвижений по дальности, расчета транзитных потоков необходимы дополнительные данные, которые характеризуют структуру передвижений. Для получения этих данных необходимы придорожные опросы водителей, основная цель которых – выяснить, откуда, куда и с какой целью совершается поездка, а также насколько регулярно совершается эта поездка.

При проведении придорожных опросов рекомендуется проводить опросы водителей ТС в долях, соответствующих структуре транспортного потока в данной точке. Для обеспечения несмещенной выборки желательно проводить опрос в сотрудничестве с работниками ГИБДД.

Примерная анкета, применяемая при проведении придорожных опросов, приведена в Приложение 2. Исполнитель, по согласованию с Заказчиком, может

вносить дополнительные вопросы, либо корректировать представленные выше для получения наиболее удобной для использования при транспортном моделировании информации.

4.5. Данные о транспортном поведении населения

Для создания и калибровки транспортной модели нужен ряд показателей, характеризующих транспортное поведение населения:

- показатели подвижности, т.е. среднее число поездок, совершаемых с различными целями в течение определенного периода (например, за сутки);
- распределение времени и длины поездок, совершаемых с различными целями;
- распределение поездок с различными целями между видами транспорта.
- Источники данных для оценки численных значений этих параметров:
- социологические исследования,
- мировой опыт,
- предшествующий опыт моделирования (успешная калибровка проектов),
- определение значений в ходе калибровки создаваемой модели.

Для надежной количественной оценки всех параметров и закономерностей транспортного поведения населения обычно применяются масштабные дорогостоящие социологические исследования, проводимые путем опросов и ведения «дневников передвижений». Такие исследования нецелесообразно проводить в рамках проектов по прогнозу интенсивности на отдельных дорогах. Поскольку в настоящее время в РФ ощущается серьезная нехватка указанных данных, рекомендуется пользоваться данными исследований, проводимых в Европейских странах, которые имеются в свободном доступе (см., например, <http://www.tu-dresden.de/srv/>). Учитывая возможные существенные отличия показателей в разных странах, следует использовать указанные данные в качестве начальных и уточнять их в процессе калибровки модели, добиваясь согласования расчетных и фактических данных. Рекомендуется также накопление данных с целью выработки конкретных рекомендаций по численным значениям показателей в будущем.

4.6. Исследование потенциального спроса на платную дорогу

Потенциальный спрос на платную дорогу определяется готовностью пользователей транспортной сети платить за проезд по дороге с целью экономии времени и повышения комфортности поездки. Основным источником данных о

готовности использовать платную дорогу является социологический опрос. По результатам опроса определяется субъективная «стоимость времени», которая используется в транспортной модели для определения обобщенной цены передвижения. Обобщенная цена влияет на прогноз величины корреспонденций, а также на распределение корреспонденций по путям в сети (см. разделы 5.6-0). Тем самым данные о стоимости времени определяют расщепление транспортных потоков между платными маршрутами и бесплатными альтернативными маршрутами.

В силу естественного социально-экономического расслоения населения разные пользователи имеют разную стоимость времени. Для повышения точности прогноза необходимо оценить не только усредненную стоимость времени, но и гистограмму распределения пользователей транспортной сети по этому параметру.

Для обеспечения репрезентативности выборки рекомендуется проводить придорожные социологические исследования в нескольких местах, охватывающих максимальное количество корреспонденций, которые в будущем, как предполагается, будут проходить по платным участкам автомобильных дорог

Для оценки потенциального спроса на перемещение по платным участкам автодорог грузовых транспортных средств рекомендуется проводить дополнительные исследования – телефонный опрос руководителей транспортных предприятий.

Во время социологического анкетирования водителей необходимо использовать разработанную ранее анкету и карту, на которой представлены платные участки и бесплатные альтернативы с временными и денежными затратами и значениями перепробега. Вопросы анкеты должны содержать градации возможной стоимости проезда по платному участку от высокой до низкой, вплоть до "не готов платить", при этом для транспортных средств разных типов применяются разные градации

Примерная анкета, заполняемая при проведении опроса, приведена в Приложение 2. Исполнитель, по согласованию с Заказчиком, может вносить дополнительные вопросы, либо корректировать представленные выше для получения наиболее удобной для использования при транспортном моделировании информации.

5. Разработка и калибровка модели базового года

5.1. Общие положения

5.1.1 Учет разных видов транспорта

Методической основой транспортной модели является классическая 4-шаговая схема транспортного моделирования (см. раздел 3.1). В рамках этой схемы в общем случае предполагается расчет расщепления корреспонденций по использованию разных видов транспорта – легкового автомобиля или общественного пассажирского транспорта (ОПТ).

Как показывают данные замеров, доля автобусов на междугородних магистралях обычно пренебрежимо мала. Однако возможность передвижения в системе ОПТ как альтернатива поездке по платной дороге может оказывать существенное влияние на интенсивность транспортного потока на дороге, в особенности вблизи крупных городов. В таких случаях следует вводить описание системы ОПТ в модель. При этом учет ОПТ допустимо производить в упрощенной форме: возможность проезда в системе ОПТ должна учитываться на уровне расщепления матриц корреспонденций по видам транспорта, однако распределения пассажирских потоков по путям в сети можно не производить.

Данные замеров также показывают, что доля пассажирских микроавтобусов среди предполагаемых пользователей платной дороги бывает заметной. В этих случаях необходим явный прогноз интенсивности для этого типа ТС. В отличие от моделей внутригородских передвижений, потоки пассажирских микроавтобусов на междугородних трассах рекомендуется моделировать как специфический вид легкового, а не общественного транспорта.

Грузовые транспортные средства разделяются по грузоподъемности и количеству осей на три типа: легкие, средние и тяжелые грузовики (см.

Таблица 2).

Таблица 2

Тип	Описание	Габарит
Легкие	Среднегабаритные транспортные средства (автомобили с прицепом выше 2м, фургоны на легковых шасси, пикапы и мини-фургоны)	$2 \text{ м} < H < 2.60\text{м}$
Средние	Автомобили для перевозки тяжёлых грузов с 2 осями:	$H \geq 2.60\text{м}$
Тяжелые	Автомобили для перевозки тяжёлых грузов с 3 или более	$H \geq 2.60\text{м}$

Тип	Описание	Габарит
	осями (грузовики и транспортные средства с прицепом выше 2.6 метров)	

5.2. Слои передвижений

Все передвижения делятся по целям – передвижения «на работу», «в магазин», «деловая поездка» и др. Передвижения, совершаемые с разными целями, относятся к разным «слоям». Передвижения разных слоев могут сильно отличаться по дальности, а также по-разному распределены по времени суток, поэтому для каждого слоя рассчитывается отдельная матрица корреспонденций.

Все эти аспекты играют ключевую роль при моделировании внутригородских передвижений. При моделировании участков магистралей и дорог, используемых в основном для междугородних поездок, допустимо использование единого унифицированного слоя междугородних передвижений на легковом автомобиле. Однако, для участков вблизи крупного города, где велика предполагаемая доля ежедневных местных поездок, необходимо рассматривать как минимум 2 типа объектов посещения: «работа» и «другое». При этом возникает 6 слоев передвижений между объектами типа «дом», «работа» и «другое» (передвижения в одну и другую сторону считаются принадлежащими разным слоям).

При моделировании длинного участка трассы, проходящего мимо нескольких крупных городов, рекомендуется рассматривать как унифицированный слой междугородних передвижений, так и указанные выше слои для местных передвижений, прибытия и отправления которых сосредоточены вблизи городов.

5.3. Создание транспортного графа

В состав транспортного графа входят дороги с характеристиками средней скорости и пропускной способности, а также средними интервалами движения общественного транспорта, а также (при необходимости) линии внеуличного общественного транспорта. Дуги графа соответствуют отрезкам дорог, на протяжении которых параметры не меняются. Узлы соответствуют пересечениям, либо разделяют дуги с разными характеристиками.

Главной характеристикой дуг транспортного графа является функция, отражающая зависимость времени проезда по дуге от суммарной загрузки дуги всеми типами транспортных средств. Характеристики дуг, перечисленные в составе исходных данных в разделе 4.2.1, используются в основном для определения

параметров этих функций. Эти функции часто называются функциями VDF (Volume Delay Function; применяется также термин Capacity Restraint – CR-функции).

При создании транспортного графа рекомендуется типизировать все отрезки в графе, сопоставив каждому типу определенный набор параметров и определенную функцию VDF. Рекомендуемый вид функции VDF:

$$(1) \quad t = t_0 \left(1 + a \left(\frac{F}{F_0} \right)^b \right), t_0 = L/V_0,$$

где t – время проезда по дуге с учетом загрузки, t_0 – время, V_0 – скорость проезда по свободной дуге, L – длина дуги, F – суммарный поток, F_0 – пропускная способность, a и b – калибровочные константы.

Для построения графа транспортной сети рекомендуется использовать имеющиеся для области моделирования цифровые карты в формате ГИС или качественные растровые карты в качестве подложки для дальнейшей оцифровки.

5.4. Транспортное районирование

Для описания распределения объектов, порождающих передвижения, необходимо разделить город на некоторое количество районов прибытия и отправления (ПО). Каждый район ПО включается в граф как узел, соединенный с обычными узлами графа специальными дугами-связями.

В описание системы районов ПО входят

- границы районов;
- условные центры районов;
- дуги-связи, соединяющие условные центры районов с узлами сети.

Границы районов нужно знать, чтобы определить, какие объекты попадают на территорию района, и оценить емкости районов по прибытию и отпращиванию. Собственно для расчетов по транспортному графу границы районов не нужны, так как в состав графа входят только условные центры и дуги-связи.

Дуги-связи – это условные дуги, они не соответствуют физическим объектам (употребляется также термин «виртуальные дуги»). Движение по дуге-связи соответствует выходу или выезду из дворов и мелких улиц до попадания в узлы транспортной сети, к которым проведены связи. Необходимое для этого среднее время указывается в качестве параметра дуг-связей.

Замена пространственно распределенных районов на точечные центры вносит в модель неизбежные искажения. Чем мельче районы – тем меньше эти искажения. Однако, количество районов – это критический параметр с точки зрения затрат

вычислительных ресурсов. Для уменьшения искажений при ограниченном числе районов требуется соблюдать следующие принципы транспортного районирования:

- Важные магистрали, пересечения и станции внеуличного транспорта должны располагаться внутри районов.
- Границы районов должны по возможности проходить по естественным преградам, таким как железнодорожная магистраль, лесная полоса, река, а также на «водоразделах» областей притяжения крупных дорог или станций.
- Рекомендуется согласовывать систему районов с административным делением территории. Это облегчает возможность сбора исходных данных по районам и позволяет агрегировать результаты до уровня административных районов.
- Не обязательно следовать критерию равенства районов по площади или численности населения. Так, рекомендуется выделять более мелкие районы в тех областях территории, которые примыкают к наиболее загруженным и важным участкам платной дороги, и более крупные районы на краю области моделирования.

5.5. Генерация транспортных потоков

5.5.1 Генерация передвижений населения

Генерация транспортных потоков – это оценка суммарных объемов прибытия и отправления (ПО) в каждом расчетном районе. Оценка ПО производится отдельно для каждого слоя передвижений на основе следующих данных:

- данные о пространственном размещении населения и других объектов создания и притяжения передвижений, относящихся к данному слою;
- данные о подвижности населения, то есть среднее количество поездок в данном слое, совершаемых в течение суток.

Общая схема расчета ПО в районах такова: исходя из коэффициента подвижности и общего количества населения в системе оценивают общее количество передвижений данного слоя в системе. Объемы ПО во всех районах рассчитывают, распределяя общее количество ПО между районами пропорционально оценкам пространственного размещения объектов создания и притяжения.

Рассмотрим в качестве образца слой передвижений «дом-работа». В качестве оценки емкости районов по объему отправления служит количество населения, по

объему прибытия – количество рабочих мест. Таким образом, исходными данными расчета являются характеристики расчетных районов:

R – число районов,

n_i – количество населения в i -м районе,

w_i – количество рабочих мест в i -м районе, где $i = 1, \dots, R$,

а также

k – коэффициент подвижности, т.е. среднее количество поездок на работу в сутки.

Обозначим также:

$N = \text{SUM}_i(n_i)$ – суммарное количество населения в системе,

$W = \text{SUM}_i(w_i)$ – суммарное количество рабочих мест в системе.

Выходные показатели расчета:

M – общее количество передвижений слоя «дом-работа»,

O_i – объем отправления в i -м районе,

D_i – объем прибытия в i -м районе, где $i = 1, \dots, R$.

Выходные показатели рассчитываются по формулам:

$$M = N * k,$$

$$O_i = M * n_i / N,$$

$$D_i = M * w_i / W.$$

Примечание 1. Употребляется также терминология, в рамках которой коэффициент $A = M/N$ называется коэффициентом создания, а $B = M/W$ – коэффициентом притяжения для слоя «дом-работа».

Примечание 2. При наличии соответствующих данных социологических обследований в модели может учитываться различие в подвижности населения в разных районах. В этом случае значения $k=k_i$ могут задаваться индивидуально для каждого района или применяться классификация районов по характерному значению подвижности.

Изложенная расчетная схема работает без изменений для всех слоев. В качестве оценки емкости районов могут выступать различные социально-экономические параметры, такие как число рабочих мест в разных видах деятельности, торговые площади и др.

Значения подвижности для разных слоев передвижений, характерных для условий РФ, могут уточняться в ходе калибровки моделей, а также по мере накопления социологических исследований и опыта практического моделирования в

РФ. В Таблица 3 даны примерные значения суточной подвижности (для среднего рабочего дня):

Таблица 3

	Дом	Работа	Прочие передвижения
Дом		0.57	0.19
Работа	0.53	0.16	0.04
Прочие	0.23	0	0.03

5.5.2 Генерация грузовых передвижений

Объектами, порождающими потоки грузовых транспортных средств в городах и регионах, являются промышленные предприятия, логистические центры, сельскохозяйственные объекты, стройки, торговые объекты, объекты сферы услуг, офисы, различные учреждения, а также население (домохозяйства). Суммарные объемы прибытия и отправления грузовых транспортных средств рассчитываются исходя из предположения об их линейной зависимости от количества рабочих мест. При этом к рабочим местам, связанным с разными видами деятельности (торговля, промышленность и т.д.) применяются разные коэффициенты создания грузового движения.

Для реализации такого метода все виды деятельности разделены на пять групп, приведенных в Таблица 1 (раздел 4.3). Грузовые транспортные средства разделены на 3 типа, приведенных в Таблица 3 (раздел 5.1). В Таблица 4 представлены примерные коэффициенты генерации грузовых передвижений. Для каждого типа грузовых ТС и каждого вида деятельности указано среднее количество грузовых передвижений в сутки, порождаемые в расчете на одного занятого.

Исследования в США, Германии и Нидерландах показали наличие определенных регрессионных зависимостей, позволяющих говорить о конкретных степенях создания и притяжения грузовых транспортных средств по видам деятельности.

Таблица 4

Типы грузовых ТС	Группы по виду деятельности				
	1	2	3	4	5
лёгкие	0.200	0.094	0.160	0.044	0.045
средние	0.145	0.048	0.127	0.014	0.020
тяжёлые	0.174	0.062	0.065	0.005	0.016
Всего	0.518	0.205	0.351	0.063	0.081

5.6. Расчет матриц корреспонденций

5.6.1 Расчет матриц обобщенных цен

Базовым положением для расчета межрайонных корреспонденций является следующее: корреспонденция из одного района в другой будет тем больше, чем больше емкости районов прибытия и отправления, и чем ближе друг к другу расположены эти районы.

Здесь близость или дальность районов понимается не в географическом, а в транспортном смысле, как некоторая комплексная оценка быстроты и удобства передвижения по транспортной сети. В рамках данной методики рекомендуется в качестве численной меры дальности использовать обобщенную цену передвижения из района в район по оптимальному пути. Тем самым обеспечивается согласованность расчета корреспонденций с процедурой расщепления корреспонденций по видам транспорта (см. раздел 5.7), а также с распределением корреспонденций по путям в сети (см. раздел 5.9).

Таким образом, первым шагом в расчете матриц корреспонденций является расчет матриц обобщенных цен передвижений между районами. Цена передвижения по всякому пути в транспортном графе определяется как сумма цен на передвижение по всем дугам, входящим в путь, а также цен всех переходов с дуги на дугу (поворотов). Для расчета матрицы цен необходимо для каждой пары районов i и j отыскать оптимальный путь (путь с наименьшей ценой). Кроме отдельных предельно простых случаев это невозможно осуществить вручную. Для решения этой задачи используются специальные быстродействующие алгоритмы поиска оптимальных путей по графу, которые входят в состав программ транспортного моделирования.

Расчет матриц обобщенных цен передвижений производится отдельно для всех видов легкового и грузового транспорта.

В случае, когда в модели учитывается взаимное влияние легкового и общественного пассажирского транспорта (ОПТ, см. 5.1), рассчитывается также матрица соответствующих обобщенных цен передвижений на ОПТ. В этом случае рамках данной методики сначала рассчитываются матрицы суммарных корреспонденций как на легковом, так и на общественном транспорте, а затем суммарные матрицы расщепляются по видам транспорта (см. раздел 5.7). Для оценки межрайонных дальностей при расчете суммарных матриц необходимо усреднить обобщенные цены передвижений на легковом и общественном транспорте. Допустимым способом усреднения является взятие средневзвешенного с

постоянными весовыми коэффициентами. Пусть индекс k нумерует виды транспорта, t_{ij}^k – обобщенная цена передвижения для вида k , t_{ij} – обобщенная цена, усредненная по видам транспорта. Тогда

$$(2) \quad t_{ij} = \sum_k t_{ij}^k a^k,$$

где a^k – весовые коэффициенты, удовлетворяющие условию $\sum_k a^k = 1$. Численные значения a^k можно принять равными средним коэффициентам расщепления по видам транспорта согласно данным натурных обследований.

Примечание. Возможно применение более сложных математических методов получения усредненной по видам транспорта оценки обобщенной цены, предлагаемых в научной литературе по теории дискретного выбора.

5.6.2 Расчет корреспонденций

Убывание корреспонденций с ростом дальности описывается некоторой функцией, которая в данной методике называется «функцией тяготения» (употребляются также термины «функция вероятности совершения поездки» и «функция полезности совершения поездки»). В качестве функций дальности могут использоваться следующие функции:

$$(3) \quad c(t) = ae^{-bt}, \quad \text{или} \quad c(t) = \left(1 + \left(\frac{t}{c}\right)^b\right)^{-a},$$

где a , b , c – константы, определяемые в ходе калибровки.

Передвижения, относящиеся к разным слоям, по-разному чувствительны к фактору дальности. Поэтому параметры функции тяготения, применяемой к разным слоям могут различаться и уточняются в процессе калибровки модели.

Типовой математической моделью для расчета межрайонных корреспонденций является гравитационная модель. В рамках этой модели матрица корреспонденций рассчитывается отдельно для каждого слоя передвижений по следующим формулам.

Для каждой пары районов i и j ($i, j=1, \dots, R$) обозначим

O_i – суммарный объем отправления из района i ;

D_j – суммарный объем прибытия в район j ;

t_{ij} – дальность между районами i и j (усредненная по видам транспорта обобщенная цена передвижения, вычисленная на предыдущем шаге).

Пусть, далее, $c(t_{ij})$ – функция тяготения между районами i и j . Тогда корреспонденция оценивается формулой

$$(4) \quad F_{ij} = A_i B_j O_i D_j c(t_{ij}).$$

где A_i и B_j – наборы коэффициентов, называемые коэффициентами балансировки. Коэффициенты балансировки определяются из решение следующей системы уравнений, выражающих баланс прибытия и отправления в каждом районе:

$$(5) \quad O_i = \sum_j F_{ij} \text{ и } D_j = \sum_i F_{ij}.$$

Указанная система уравнений решается на компьютере с применением специального итерационного алгоритма балансировки, который входит в состав программ транспортного моделирования.

Рассчитанные указанным способом суточные матрицы корреспонденций могут при необходимости быть приведены к часовым матрицы (для среднего часа или часа пик) умножением на коэффициенты – доли соответствующего часа, определенные натурными обследованиями суточной неравномерности транспортного потока.

В настоящее время в мире существуют различные математические модели и алгоритмы для расчета межрайонных корреспонденций. Допускается применение иных математических алгоритмов, предлагаемых разработчиками профессиональных программ транспортного моделирования и опубликованных в научной литературе, при условии соблюдения базовых требований настоящего документа.

5.7. Расщепление корреспонденций по видам транспорта

Расщепление корреспонденций по видам транспорта (модальное расщепление) производится индивидуально для каждой пары районов на основе сопоставления обобщенных цен передвижений, совершаемых разными видами транспорта. Маршрутные такси в городах являются естественной частью общественного маршрутного пассажирского транспорта. Однако, при моделировании междугородних поездок более адекватно рассматривать «маршрутки» как особый вид легкового транспорта (с повышенной вместимостью).

Задача расщепления корреспонденции по видам транспорта является частным случаем задачи дискретного выбора, для решения которой имеется хорошо разработанная теория (discrete choice theory). Наиболее распространенной моделью такого выбора является LOGIT-модель. В рамках этой модели вводятся функции полезности, оценивающие привлекательность (или полезность) выбора альтернатив – в нашем случае, видов транспорта. Естественно оценивать полезность пропорционально обобщенной цене передвижения, взятой с обратным знаком, поскольку возрастание цены, очевидно, соответствует убыванию полезности. Если t_k - обобщенная цена, а U_k – полезность выбора k -го вида транспорта, то

$$(6) \quad U_k = -\alpha_k t_k + \beta_k.$$

Коэффициенты расщепления по видам транспорта s_k вычисляются по значениям полезности по следующей формуле:

$$(7) \quad s_k = e^{U_k} / \sum_j e^{U_j}.$$

Коэффициенты в формуле (6) определяются в ходе калибровки модели. Эти коэффициенты существенно зависят от уровня автомобилизации населения. В частности, при перспективном планировании следует корректировать эти коэффициенты с учетом прогнозируемого увеличения автомобилизации.

Примечание. Помимо экспоненциальных функций в формуле (7) в профессиональном программном обеспечении транспортного моделирования применяются и другие аналитические выражения.

5.8. Расчет кордонных корреспонденций

Кордонными мы будем называть корреспонденции, въезжающие в область моделирования или выезжающие из нее через границы области (кордонные корреспонденции, проходящие через область насквозь, будем также называть транзитными). Особенность кордонных корреспонденций состоит в том, что

- районы отправления и/или прибытия этих корреспонденций расположены в неопределенных местах за пределами области моделирования;
- для этих корреспонденций не определена обобщенная цена пути, поскольку неконтролируемая часть путей находится за пределами области моделирования.

Для расчета этих корреспонденций в системе расчетных районов формально определяются условные «кордонные» районы. Объемы прибытия и отправления для кордонных районов не рассчитываются, а оцениваются на основе обследований интенсивности в близких сечениях. Для расчета кордонных корреспонденций приближенно применима гравитационная модель, однако чувствительность этих корреспонденций к фактору дальности должна быть ослаблена по сравнению с корреспонденциями внутри области. Модельное расщепление кордонных корреспонденций по видам транспорта не производится, объемы прибытия и отправления сразу задаются в разбивке по типам ТС (кордонные корреспонденции и потоки на ОПТ не учитываются).

5.9. Распределение корреспонденций по сети

Завершающий шаг задачи прогноза транспортных потоков – распределение межрайонных корреспонденций по конкретным путям в транспортной сети.

Наиболее распространенный в мировой практике подход к моделированию распределения потоков в транспортной сети основан на концепции «равновесного распределения потоков». Равновесное распределение – это распределение автомобильных потоков по различным альтернативным путям в сети, возникающее в результате стремления всех участников движения уменьшить обобщенную цену своей поездки в сети с ограниченной пропускной способностью. В результате выбора всеми участниками движения (на основании предшествующего опыта) оптимальных путей, возникает распределение, в котором уже ни один участник не может так изменить свой путь, чтобы уменьшить его обобщенную цену. Именно такое распределение называется равновесным.

Математически задача поиска равновесного распределения потоков сводится к следующей задаче математического программирования:

$$(8) \quad \sum_i \int_0^{u_i} t_i(v) dv \rightarrow \min,$$

где u_i – суммарная приведенная интенсивность потока на i -й дуге, $t_i(v)$ – функция, описывающая зависимость обобщенной цены движения по i -й дуге от этой интенсивности, суммирование ведется по всем дугам сети. Обозначим через u_{π}^{pq} долю корреспонденции из района p в район q , распределенную на некоторый путь π , соединяющий эти районы. Совокупность этих величин полностью определяет распределение корреспонденций, при этом выполнено условие

$$(9) \quad u_i = \sum_{\pi \in \pi} u_{\pi}^{pq},$$

а минимизация в (8) производится при следующих ограничениях:

$$(10) \quad \sum_{\pi} u_{\pi}^{pq} = F^{pq}, \quad u_{\pi}^{pq} \geq 0.$$

Данная модель является в настоящее время общепринятым в мировой практике инструментом расчета загрузки УДС в условиях большой плотности потока.

Для учета взаимного влияния разных типов ТС необходимо использовать алгоритм поиска равновесного распределения, одновременно осуществляющий распределение потоков нескольких классов пользователей. На входе в алгоритм для каждого класса пользователей указывается (предварительно рассчитанная) матрица корреспонденций.

В распределении участвуют только автомобильные классы пользователей, однако вклад автобусов в загрузку дуг учитывается. Для этого используются частоты движения, заданные для всех маршрутов или для всех дуг сети.

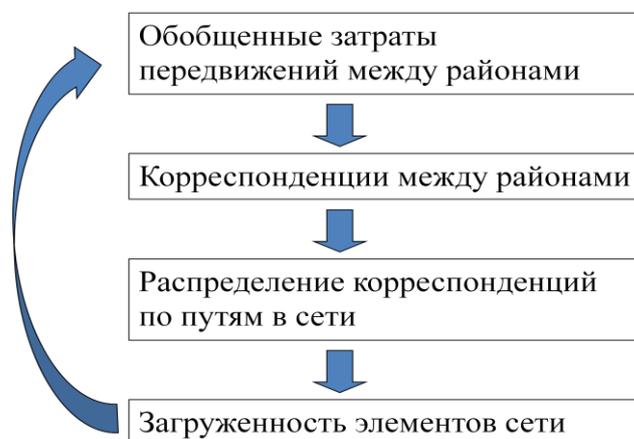
5.10. Проведение итераций расчета

Приведенная в настоящей Методике схема расчета имеет следующую важную особенность. Расчет начинается с определения обобщенных цен межрайонных передвижений (см. 5.6.1). Однако сами эти цены зависят от результирующей загрузки элементов транспортной сети. Следовательно, после расчета матриц и распределения корреспонденций по сети мы получим на выходе, вообще говоря, другие цены межрайонных передвижений.

Для того, чтобы описанный расчет был корректным, необходимо несколько раз циклически повторить шаги расчетов, начиная с вычисления матриц обобщенных цен (раздел 5.6.1) и заканчивая распределением корреспонденций по сети (раздел 5.9). При этом обобщенные цены на каждой итерации рассчитываются с учетом загрузки сети, достигнутой на предыдущей итерации (см. Рисунок 2).

Для уменьшения колебаний расчетных значений от итерации к итерации рекомендуется на каждой итерации усреднять матрицы обобщенных цен, полученные в результате выполнения раздела 5.6.1, на данной и предыдущей итерации. Как показывает практика, если расчет начинается с «пустой» сети, рекомендуется сделать не менее 6-8 итераций цикла. Уменьшить необходимое число итераций до 2-3 можно, если расчет каждого нового калибровочного (или прогнозного) варианта начинать не с пустой сети, а с матриц времен, полученных в другом уже завершеном прогоне модели. Точное значение необходимого числа итераций описанного процесса для каждого конкретного проекта можно оценить, отслеживая изменение расчетных результатов с ходом итераций. Если изменения расчетных значений интенсивности на важных сечениях не превышают 3-5%, то итерации можно остановить.

Рисунок 2



5.11. Калибровка модели базового года

Транспортная модель является упрощенным представлением реальной транспортной ситуации. После ввода всех исходных данных и проведения расчета транспортных потоков по выбранной методике производится валидация модели, т.е. проверяется соответствие результатов моделирования имеющимся фактическим данным. При наличии значительных отклонений заранее определенных показателей от допустимой нормы вносятся необходимые коррекции в значения параметров модели и/или исходных данных и расчеты повторяются. Этот процесс называется калибровкой модели.

Основные данные, которые используются для оценки качества модели – это замеры интенсивности транспортного потока в отдельных сечениях. При сравнении модельных и фактических значений допустимым отклонением на дугах с высокими (порядка нескольких тысяч авт/час) значениями интенсивности можно считать отклонение в пределах 20%. Необходимо стремиться улучшить совпадение на ключевых сечениях с высокой интенсивностью транспортного потока, в то время как на отдельных сечениях с низкой интенсивностью (меньше 1000 авт/час) допустимы большие относительные отклонения.

В качестве агрегированной оценки качества могут служить:

- средняя относительная ошибка - среднее отклонение абсолютных значений по всем обследованным сечениям;
- коэффициент корреляции между совокупностями модельных и фактических значениях интенсивности потоков на местах подсчета и интенсивности по всем обследованным сечениям.

Дополнительным источником данных для калибровки являются данные опроса по структуре передвижений в области моделирования (см. раздел 4.4.3). Эти данные используются для калибровки модели корреспонденций. Поскольку для численной оценки отдельных элементов матриц корреспонденций нужна слишком большая выборка (проведение таких масштабных опросов нецелесообразно), рекомендуется сопоставлять агрегированные показатели, связанные с корреспонденциями – распределение матриц по дальностям передвижений, доля транзита в сечениях в местах опросов, агрегированные матрицы по укрупненным зонам.

Процесс калибровки рекомендуется начинать с настройки общих калибровочных параметров, таких как параметры подвижности, параметры функций тяготения и др. Затем, при необходимости, возможна локальная коррекция характеристик элементов транспортной сети и данных о наполнении районов.

В ходе калибровки рекомендуется на каждом прогоне модели изменять только один параметр и проверять его влияние на результаты расчета. Если на один и тот же объект оказывают влияние несколько параметров, необходимо провести несколько испытаний и выбрать оптимальный набор значений параметров.

6. Разработка моделей прогнозных лет

6.1. Необходимые данные для моделей прогноза

Модели прогноза транспортных потоков на будущие годы разрабатываются путем внесения корректив в модель базового года. Для их создания необходимо провести дополнительные исследования и собрать следующие данные:

1. Прогноз изменения социально-экономических и демографических показателей (численность населения, численность работников и т.д.) на территории моделирования. Соответственно изменятся оценки общих объемов прибытия и отправления согласно разделу 5.5.
2. Прогноз роста уровня автомобилизации населения. Рост уровня автомобилизации влияет на коэффициенты в модели расщепления поездок по видам транспорта, а также на рост кордонных корреспонденций;
3. Проектируемые изменения в улично-дорожной сети, сети автомобильных и железных дорог, системе общественного пассажирского транспорта;
4. Прогноз изменения в оценке стоимости времени. Данный прогноз может быть выполнен на основе прогноза изменения таких показателей, как ВРП и располагаемые денежные доходы населения.

Перечисленные данные должны формироваться на основе анализа прогнозов и программ развития транспортного комплекса Российской Федерации, анализа градостроительных планов и стратегий развития территорий, входящих в зону тяготения исследуемого объекта, а также других документов, содержащих информацию о прогнозах развития территорий в области тяготения.

6.2. Определение сценариев для расчета

С учетом прогноза изменения параметров, полученного на предыдущем этапе, а также требований проекта по прогнозному периоду, необходимо составить различные сценарии для моделирования. Рекомендуется выполнять моделирование:

- для разных вариантов прогноза развития социально-экономической ситуации (например, пессимистического и наиболее вероятного сценария);

- при необходимости – для разных вариантов развития перспективной сети (реализация различных проектов развития);
- для различных уровней тарифа и применения различной тарифной политики.

Рекомендуется выполнять расчет на 5, 10, 15 и 20-летнюю перспективу с интерполяцией результатов на промежуточные годы, на более далекую перспективу результаты моделирования допускается экстраполировать. На ближайшую перспективу (до 5 лет от базового года) рекомендуется проводить расчет на каждый год

6.3. Моделирование влияния платы за проезд

Расчеты перспективной интенсивности движения с учетом ввода платы за проезд основаны на включении платы в оценку обобщенной цены передвижений. Для сопоставления обобщенных цен платных и бесплатных дорог необходимо привести плату за проезд и затраченное время к общим единицам измерения. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется приводить плату за проезд к условным минутам. Коэффициент приведения – это величина, обратная стоимости времени, определенная по результатам социологического опроса (см. раздел 4.6).

Существует 2 типа алгоритмов распределения корреспонденций по сети с учетом оплаты проезда:

- монокритериальные, в которых для каждого класса пользователей транспортной сети используется единая средняя стоимость времени;
- бикритериальные, в которых применяется непрерывное распределение водителей по готовности платить.

Распределение по готовности платить задается в бикритериальных моделях аналитическим выражением (например, логнормальным распределением), параметры которого калибруются на основе данных социологического опроса. Так как респонденты склонны отвечать с занижением размера тарифа, который готовы оплачивать, необходимо корректировать распределения, полученные из опроса, в сторону увеличения медианы. Кроме того, для прогнозных лет дополнительно необходимо увеличивать медиану для функции распределения легкового транспорта с учетом роста реального дохода. Для грузового транспорта необходимо корректировать медиану для прогнозных лет с учетом прогнозируемого роста ВВП и/или ВРП.

Учет разброса водителей по готовности оплачивать проезд позволяет дать более точный прогноз использования платной дороги, поэтому бикритериальный

алгоритм при прочих равных является более предпочтительным. Однако, непрерывное распределение по готовности платить может быть с хорошей точностью смоделировано также при помощи монокритериальных алгоритмов, позволяющих ввести много классов пользователей. Для этого на стадии распределения корреспонденций по сети (см. раздел 5.9) производится дополнительное разбиение классов пользователей на подклассы, различающиеся средней стоимостью времени. Данный подход эквивалентен представлению непрерывной кривой распределения ступенчатой гистограммой (см. Рисунок 3). При таком подходе рекомендуется для каждого типа ТС рассматривать не менее 3 классов пользователей (условно «бедных», «средних» и «богатых»). Выбор алгоритма определяется функциональностью используемого программного обеспечения.

Рисунок 3

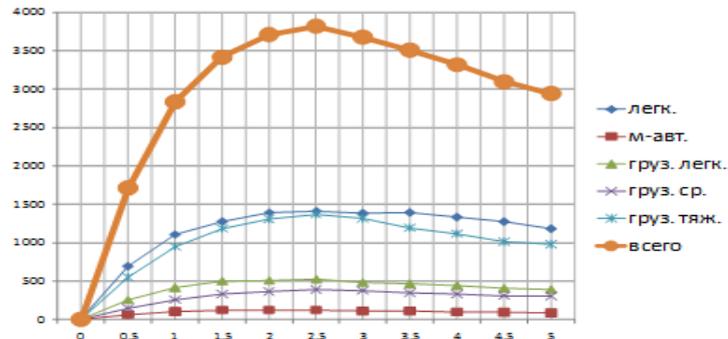


6.4. Определение оптимального уровня тарифов

Рекомендованный размер платы за проезд на платных автомобильных дорогах должен принести потенциальному концессионеру максимальный доход с учетом различного поведения участников движения при разных уровнях тарифа. Чтобы определить точку максимального дохода, необходимо провести расчет эластичности дохода. Моделируются последовательно несколько сценариев при увеличении уровня тарифа с шагом 0,5 рублей за километр, при этом рассчитывается интенсивность и доход в каждом сценарии. При увеличении уровня тарифа интенсивность снижается. При этом сначала доходы растут до определенного

уровня, после чего тоже начинают снижаться. Тариф, соответствующий максимальному доходу (точка экстремума), является оптимальным тарифом с точки зрения концессионера. Результаты расчета эластичности дохода рекомендуется представлять графически, как показано на Рисунок 4.

Рисунок 4



По требованию заказчика на платной дороге с несколькими пунктами взимания платы (ПВП) можно провести расчет эластичности отдельно для каждого ПВП. В результате такого расчета можно определить индивидуальные оптимальные тарифы для каждого ПВП. Также анализ эластичности может быть проведен для разных вариантов тарифной политики в отношении дифференциации оплаты для разных типов транспортных средств, и на этом основании определены оптимальные с точки зрения концессионера коэффициенты, применяемые к разным тарифным группам. Кроме того, может проводиться сравнительный анализ разных систем взимания платы – например, открытой или закрытой.

В реальных транспортных системах возможна ситуация, когда из-за отсутствия или недостаточной привлекательности альтернативных маршрутов пользователи транспортной сети вынуждены пользоваться платной дорогой, и прогнозируемый доход не продолжает расти с ростом тарифа до высоких значений. В этом случае следует применять ограничение максимального уровня тарифа величиной, равной 100% экономии пользователя.

Экономия пользователя рассчитывается с использованием положений ОДМ «Методика расчета размера платы за проезд по платным автомобильным дорогам и дорожным объектам. Порядок ее взимания и пересмотра. Определение потребительского спроса», утвержденного распоряжением Минтранса России от 19.05.2003 №ОС-435-р. Однако допускается проведение сокращенного расчета величины экономии по формуле $\mathcal{E}_\Sigma = \mathcal{E}_{\text{зр}} + \mathcal{E}_{\text{вр}}$, где $\mathcal{E}_{\text{зр}}$ – экономия затрат на эксплуатацию транспортного средства при проезде по платному дорожному объекту

по сравнению с альтернативным проездом, $\Delta_{вр}$ – экономия от сокращения времени нахождения в пути (экономии времени).

Указанное сокращение допустимо по следующим причинам: во-первых, экономия от ускорения доставки грузов может считаться экономией только для грузоперевозчиков, а не для перемещений на легковых автомобилях, во-вторых, расчет экономии от снижения рисков дорожно-транспортных происшествий в ближайшее время представляется трудно осуществимым ввиду отсутствия статистических данных по дорожно-транспортным происшествиям на платных дорогах.

Расчет указанных составляющих экономии пользователя проводится согласно указанной ОДМ.

6.5. Результаты моделирования транспортных потоков

Основные выходные данные модели прогноза:

- интенсивность транспортного потока на всех элементах сети,
- объем выручки на всех платных участках.

Результаты представляются в разбивке по типам транспортных средств.

Формы представления данных:

- числовая (электронные таблицы),
- графическая (на карте средствами специализированного ПО),
- полный банк данных модели (в формате используемого специализированного ПО с предоставлением средства просмотра на экране компьютера).

Приложение 1. Термины и определения

Валидация (Validation) – сравнение данных, полученных из натуральных наблюдений, с данными из модели. С помощью стандартных статистических показателей, (коэффициент корреляции, среднеквадратическое отклонение, средняя относительная ошибка и т.д.) определяется качество результатов расчетов транспортной модели.

Верификация (Verification) – проверка соответствия формы модели условиям исследуемого объекта, другими словами, это процесс проверки правильности структуры (логики) модели.

Генерация передвижений (Trip generation model) – начальный этап стандартной 4-шаговой модели расчета транспортных потоков. В качестве исходных данных используются данные демографической и социально-экономической статистики по районам. Для каждого слоя спроса рассчитываются суммарные объемы отправления и прибытия. Они являются исходными данными для этапа расчета матриц корреспонденций.

Дальность/Мера дальности – обобщенная мера трудности передвижения между парами районов в гравитационной модели. Обычно определяется обобщенной ценой передвижения по оптимальному пути. При расчете суммарных (не расщепленных по видам транспорта) корреспонденций дальность оценивается путем усреднения обобщенных цен передвижений разными видами транспорта.

Данные по районам (Land use statistics) – социально-экономические характеристики транспортных районов, которые используются в качестве исходных данных на этапе генерации движения в стандартной 4-шаговой модели, в результате которого рассчитываются общие объемы отправления и прибытия для каждого транспортного района. В состав данных по районам обычно включают численность населения, численность рабочих мест по видам деятельности, численность учебных мест на территории данного транспортного района и др.

Дуга (Link) – элемент транспортного графа, представляющий участок автомобильной дороги, линии внеуличного транспорта, водного пути и т.д. Каждая дуга характеризуется рядом геометрических параметров (длина, кривизна и др.) и динамических параметров (скорость свободного движения, максимальная разрешенная скорость, пропускная способность), а также признаками разрешения или запрета для движения транспортных средств разных типов.

Дуга-связь/Виртуальная дуга/Коннектор (Connector) – специальная дуга транспортного графа, которая связывает условный центр района с узлом транспортной сети.

Калибровка (Kalibration) – процесс настройки параметров модели с целью улучшения результатов валидации, т.е. снижения отклонения между натурными наблюдениями и результатами транспортного моделирования.

Кордонный транспортный район (Cordon traffic zone) – фиктивный транспортный район, расположенный на границе области моделирования. Кордонные районы играют роль источников и целей корреспонденций между внутренними районами области моделирования и «внешним миром», а также транзитных корреспонденций через область моделирования.

Коэффициент загрузки дуги (Volume-capacity ratio) – отношение суммарной интенсивности движения на дуге к ее пропускной способности. Служит, в частности, для определения времени движения по дуге при заданной интенсивности.

Матрица корреспонденций (Trip matrix) – матрица, элементами которой являются значения количества передвижений между каждой парой транспортных районов. Матрицы корреспонденций можно детализировать по видам транспорта, длительности анализируемого интервала времени и причинам поездки (слоям передвижений).

Матрица обобщенных цен (Skim matrix) – матрица, элементами которой являются обобщенные цены передвижения между всеми парами транспортных районов. Используются при расчете и расщеплении матриц корреспонденций по видам транспорта.

Модальное расщепление (Mode choice model) – третий этап стандартной 4-шаговой модели расчёта транспортных потоков. Основано на вероятностных моделях дискретного выбора (Probit-или Logit-модель, модель бинарного, множественного или ранжированного выбора, «гнездовая» модель и т. д.).

Обобщенная цена передвижения (Generalized cost) – агрегированная количественная оценка трудности передвижения, включающая в себя затраченное время, денежные затраты, оценку комфортности и другие показатели. Является основным инструментом моделирования транспортного поведения пользователей транспортной сети. Используется для сравнения альтернативных путей и способов передвижения.

Отправление из района (Production) – общее количество передвижений в единицу времени, источником (отправным пунктом) которых является данный транспортный район.

Подвижность (Mobility) – характеристика транспортного поведения населения, определяющее среднее количество передвижений, совершаемых в течение фиксированного промежутка времени с теми или иными целями. Близко к понятиям степени притяжения и создания.

Полезность/Функция полезности (Utility function) – функция, оценивающая вероятность выбора способа передвижения (вида транспорта) на этапе модального расщепления, а также вероятность совершения поездки при расчете матриц корреспонденций (эквивалентна функции тяготения гравитационной модели).

Прибытие в район (Attraction) – общее количество передвижений в единицу времени, целью (конечным пунктом) которых является данный транспортный район.

Равновесное распределение (User Equilibrium Assignment) – распределение автомобильных корреспонденций в сети автодорог, удовлетворяющее условию Вардрупа: «Ни один участник движения не может изменить свой путь с тем, чтобы уменьшить обобщенную цену своего пути». Предположение о том, что распределение автомобильных потоков в каждый момент времени является приближенно равновесным лежит в основе моделирования загрузки транспортных сетей.

Распределение корреспонденций по сети (Assignment model) – четвёртый, завершающий этап стандартной 4-шаговой модели расчёта транспортных потоков. Стандартный алгоритм распределения автомобильных корреспонденций основан на поиске равновесного распределения. Для распределения пассажирских корреспонденций в системе общественного транспорта

применяются иные алгоритмы. Распределение осуществляется сразу для нескольких видов транспорта с учетом вклада всех видов в общую загрузку улиц и дорог.

Расчет корреспонденций (Trip distribution model) – второй этап стандартной 4-шаговой модели расчёта транспортных потоков. Результатом расчёта являются матрицы корреспонденций, детализированные по слоям спроса, но без разделения по видам транспорта.

Расщепление передвижений по видам транспорта – то же, что модальное расщепление.

Слой спроса (Demand stratum) – класс перемещений, имеющих общую причину и совершаемых участниками движения, которые характеризуются однородностью транспортного поведения. Для каждого слоя спроса рассчитываются отдельная матрица корреспонденций (а также объемы прибытия и отправления).

Степень притяжения (Attraction rate) – среднее количество передвижений совершаемых в единицу времени к объектам определенного типа (целям), приходящееся на «один» объект-цель (например, количество прибытий на работу в день в расчете на 1 рабочее место). Вычисляется через коэффициент подвижности населения.

Степень создания (Production rate) – среднее количество передвижений совершаемых в единицу времени от объектов определенного типа (источников), приходящееся на «один» объект-источник (например, количество отправлений на работу в день в расчете на 1 жителя). Вычисляется через коэффициент подвижности населения.

Стоимость времени (Value of Time) – коэффициент, равный денежному эквиваленту затраченного на передвижения времени. Используется для приведения времени и денежных трат к одному масштабу и вычисления на этой основе обобщенной цены передвижения. В модели распределения корреспонденций по сети используется для определения готовности платить за использование платного участка при условии экономии времени.

Сценарий (Scenario) – набор модификаций модели базового года для расчета различных вариантов прогноза интенсивности движения в транспортной модели.

Транспортное предложение (Traffic supply) – совокупность данных составляющих описание транспортной сети. В общем случае включает описание всех характеристик сети автомобильных дорог и системы общественного пассажирского транспорта

Транспортные районы (Traffic zones) – элементарные единицы пространственной структуры области моделирования. Транспортные районы играют роль источников и целей всех передвижений в транспортной системе. В транспортном графе описываются с помощью специальных узлов – центроидов.

Транспортный спрос (Traffic demand) – совокупность данных о последовательности решений, принимаемых участниками движения по поводу совершения передвижений, используемого вида транспорта и конкретного маршрута передвижения, а также формирующихся в результате этих решений корреспонденций и транспортных потоков в сети. Выражение «модель спроса» является синонимом выражения «модель прогноза транспортных потоков».

Узел (Node) – элемент транспортного графа, представляющий перекресток, развязку, примыкание автомобильной дороги, станцию внеуличного транспорта и д.

Условный центр транспортного района – то же, что центроид.

Функция ограничения пропускной способности/CR-функция (Capacity restraint function) – математическая функция, характеризующая зависимость времени движения по дуге от коэффициента загрузки дуги. Один из наиболее популярных в практике транспортного моделирования вариантов CR-функции – так называемая BPR-1 функция, рекомендованная Бюро дорог общего пользования США (Bureau of Public Roads).

Функция тяготения/Гравитационная функция (Gravity function) – функция, оценивающая вероятность совершения передвижения между двумя районами в зависимости дальности передвижения. Эквивалентна функции вероятности совершения поездки или функции полезности.

Центроид (Centroid) – специальный узел транспортного графа, являющийся модельным образом транспортного района. Центроиды соединяются с обычными узлами сети специальными дугами-связями и играют роль начальных и конечных узлов всех расчетных путей по графу.

Приложение 2. Примеры анкет для опроса пользователей

Примерная анкета для придорожного опроса о структуре передвижений и готовности вносить плату за проезд.

Лицевая сторона формуляра						
АНКЕТА придорожного опроса о структуре передвижений и готовности вносить плату за проезд.						
№ опросного листа _____						
ФИО Интервьюера	Подпись	№ точки опроса	Местоположение опроса	Направление движения	Дата	Точное время опроса водителя
					___/___/___	___ ч ___ мин
№	Вопрос					
1	Определите группу ТС (заполняется интервьюером)					
	1. Мотоциклы, мотоциклы с коляской		2. Легковые, легковые с прицепом		3. Микроавтобусы, пикапы, легковые с прицепом выше 2 м (фургон, крупногабаритный груз)	
	4. Легкие грузовые общим весом до 3,5 т и грузоподъемностью до 2 т с 2 осями		5. Средние грузовые общим весом до 12 т и грузоподъемностью до 8 т с 2 осями		6. Средние грузовые общим весом свыше 12 т и грузоподъемностью свыше 8 т с 2 осями	
	7. Автобусы с 2 осями		8. Автобусы с 3 осями		9. Тяжелые грузовые общим весом свыше 12 т и грузоподъемностью свыше 14 т с 3 и более осями	
	10. Автопоезда на базе седельного тягача		11. Автопоезда на базе 2-осного шасси с надстройкой		12. Автопоезда на базе 3(и более)-осного шасси с надстройкой	
2	Сколько пассажиров едет вместе с Вами? (кроме грузовых АТС)					
3	Какова цель Вашей поездки? (только для легковых)					
	Частная			Деловая		6. Другое _____
	1. С работы/на работу	2. По личной надобности	3. По работе	4. Везу пассажиров	5. Везу груз	
6	Назовите место въезда на трассу М-7 "Волга"					
7	Назовите место выезда с трассы М-7 "Волга"					
9	Сколько поездок в одном направлении в месяц вы совершаете по данному участку М-7 "Волга"?					
	1. Менее 1		2. 1 - 4		3. 5 - 10	
	4. 10 - 20		5. 20 - 30		6. Более 30	
Внимание!!!						
При проведении придорожных опросов сотрудник обязан проводить опрос водителей ТС в долях, соответствующих структуре транспортного потока в данной точке, включая иностранные ТС.						

Оборотная сторона формуляра				
А Н К Е Т А придорожного опроса о структуре передвижений и готовности вносить плату за проезд.				
10	Источник средств для оплаты проезда по платной дороге <i>(Дальнейшие вопросы задаются только в случае, если оплата производится из личных средств)</i>			
	1. Личные средства	2. Работодатель	3. Иное (укажите)	
11	Представьте, что будет построен платный участок дороги от Москвы до Ногинска. Дорога будет иметь параметры автомагистрали (двухуровневые развязки, барьерное ограждение, освещение и т.д.). По сравнению с участком М-7 "Волга", протяженностью 37 км и проходящим через населенные пункты, экономия времени составит от 40 минут и более. Будете ли вы готовы заплатить за проезд следующую сумму _____ (Интервьюеру: Варианты ответов зачитываются для пользователя соответствующего транспортного средства сверху вниз до получения положительного ответа)			
	Мотоциклы, легковые (группы 1,2 вопроса № 1)	Микроавтобусы, пикапы, легковые с прицепом выше 2 м (гр.3)	Легкие и средние грузовые, автобусы с 2 осями (гр.4-7)	Тяжелые грузовые, автопоезда, автобусы с 3 и более осями (гр.8-12)
	170	250	400	500
	120	190	300	400
	80	140	220	300
	60	100	150	200
	40	70	100	120
	25	40	60	70
	15	20	30	40
не готов	не готов	не готов	не готов	
12	Какова величина среднего дохода на одного члена Вашей семьи в месяц?			
	1. До 10 тыс. руб.	2. 10-15 тыс. руб.	3. 15-20 тыс. руб.	
	4. 20-25 тыс. руб.	5. 25-30 тыс. руб.	6. 30-35 тыс. руб.	
	7. 35-40 тыс. руб.	8. 40-50 тыс. руб.	9. Более 50 тыс.руб.	

Примерная анкета для телефонного опроса предприятий - грузоперевозчиков.

Формуляр __				
АНКЕТА потенциального пользователя услуг платного проезда по М-4 "Дон" км 21 - км 225 (телефонный опрос предприятий - грузоперевозчиков)				
№ опросного листа				
ФИО Интервьюера	Подпись	Наименование компании- грузоперевозчика	Должность (фамилия) интервьюируемого	Дата проведения опроса
				___/___/___
Добрый день! Меня зовут ... По заказу Государственной компании "Российские автомобильные дороги" мы проводим опрос предприятий-грузоперевозчиков для определения приемлемого уровня платы за проезд по автомобильной дороге М-4 "Дон". Пожалуйста, уделите 5 минут нашему исследованию.				
№	Вопрос			
1	Использует ли Ваша компания следующие автомобили для перевозок грузов?			
	1. Легкие грузовые общим весом до 3,5 т		2. Средние грузовые общим весом до 12 т	
	3. Тяжелые грузовые полной массой свыше 12 т		4. Автопоезда	
2	Осуществляются ли Вашей компанией перевозки грузов по автомобильной дороге М-4 "Дон" (на участке от МКАД до Каширы)?			
	1. Да	2. Нет		
3	Сколько перевозок в одном направлении осуществляются Вашей компанией по			
	1. Менее 1	2. 1 - 4	3. 5 - 10	
	4. 10 - 20	5. 20 - 30	6. Более 30	
4	Назовите, пожалуйста, основные маршруты грузоперевозок Вашей компании по М-4 "Дон"?			
	1.		2.	
	3.		4.	
	5.		6.	
5	Представьте, что после реконструкции (до 6 полос) участок М-4 от МКАД до Каширы протяженностью 99 км станет платным и будет иметь параметры автомагистрали. По сравнению с альтернативным маршрутом (Каширское шоссе), протяженностью 106 км и проходящим через населенные пункты (в том числе Домодедово и Ступино), экономия времени составит 1 ч 10 минут, вероятность ДТП снизится на 70%, а экономия топлива составит 300 или 600 рублей (для тарифных групп 1 и 2), вы готовы заплатить за проезд следующую сумму _____ (Интервьюеру: Варианты ответов зачитываются для пользователя соответствующего транспортного средства сверху вниз до получения положительного ответа)			
	1. Легкие и средние грузовые массой до 12 т		2. Тяжелые грузовые (более 12 т) и автопоезда	
	700		1000	
	500		750	
	350		500	
	200		300	
	150		200	
	100		150	
	70		100	
	не готов		не готов	
6	Кем принимается решение о выборе между платным и альтернативным маршрутом?			
	1. Грузоперевозчиком	2. Грузоперевозчиком	3. Водителем	4. Иное (укажите) _____
Благодарим за участие в нашем исследовании! Всего доброго!				

Приложение 3. Пример поэтапного представления результатов моделирования транспортных потоков на платном участке автомобильной дороги

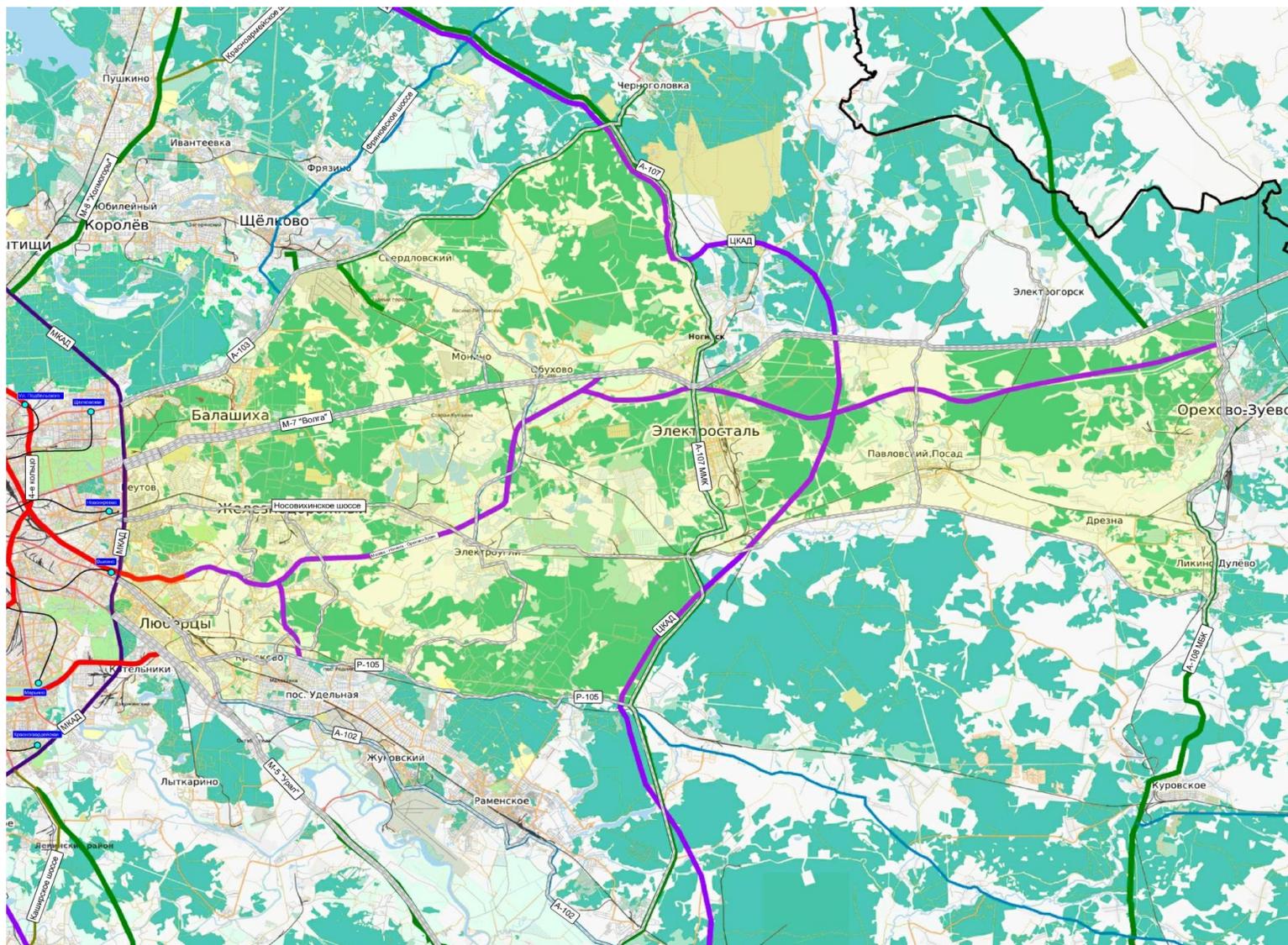
В качестве примера рассмотрен проект «Строительство с последующей эксплуатацией на платной основе «Нового выхода на Московскую автомобильную дорогу с федеральной автомобильной дороги М-7 «Волга» на участке МКАД – км 60 (обход гг. Балашиха, Ногинск), Московская область».

1. Пример определения зоны предстоящих экономических изысканий.

При определении зоны проведения экономических изысканий (см. Рисунок 5) важно установить границы зоны. Для рассматриваемой трассы такими границами стали Московская кольцевая автомобильная дорога (МКАД) на западе, А-108 Московское большое кольцо (МБК) на востоке, Р-105 Егорьевское шоссе и Носовихинское шоссе на юге, А-103 Щелковское шоссе и М-7 «Волга» на севере.

Данный выбор обусловлен тем, что именно с автомобильных дорог, входящих в границы данной зоны, ожидается перераспределение транспортных потоков на проектируемую трассу. Для прочих автомобильных дорог использование проектируемой трассы нецелесообразно и экономически неэффективно.

Рисунок 5. Зона тяготения проектируемой автомобильной дороги Москва – Ногинск – Орехово-Зуево.



2. Пример представления результатов по полевым исследованиям.

Различают следующие основные виды работ:

Классифицированный ручной подсчет КРМ/МСС – для определения интенсивности и состава движения на основных автомобильных дорогах зоны тяготения, а также на основных автомобильных дорогах, наполняющих зону тяготения транспортными потоками.

Подсчет поворачивающих потоков ППП/ТМС – для определения интенсивности и состава движения в основных транспортных узлах зоны тяготения. Исследуется как интенсивность на основном ходу пересекающихся дорог, так и интенсивность поворачивающих потоков на перекрестках, примыканиях и транспортных развязках.

Придорожный опрос ПО/RSI - для установления основных корреспонденций, сбора данных о характере, частоте, продолжительности совершаемых поездок, о структуре транспортного потока.

Социологические опросы – для установления готовности платить.

Замеры времени в пути – для установления скорости и времени движения на основных альтернативных маршрутах.

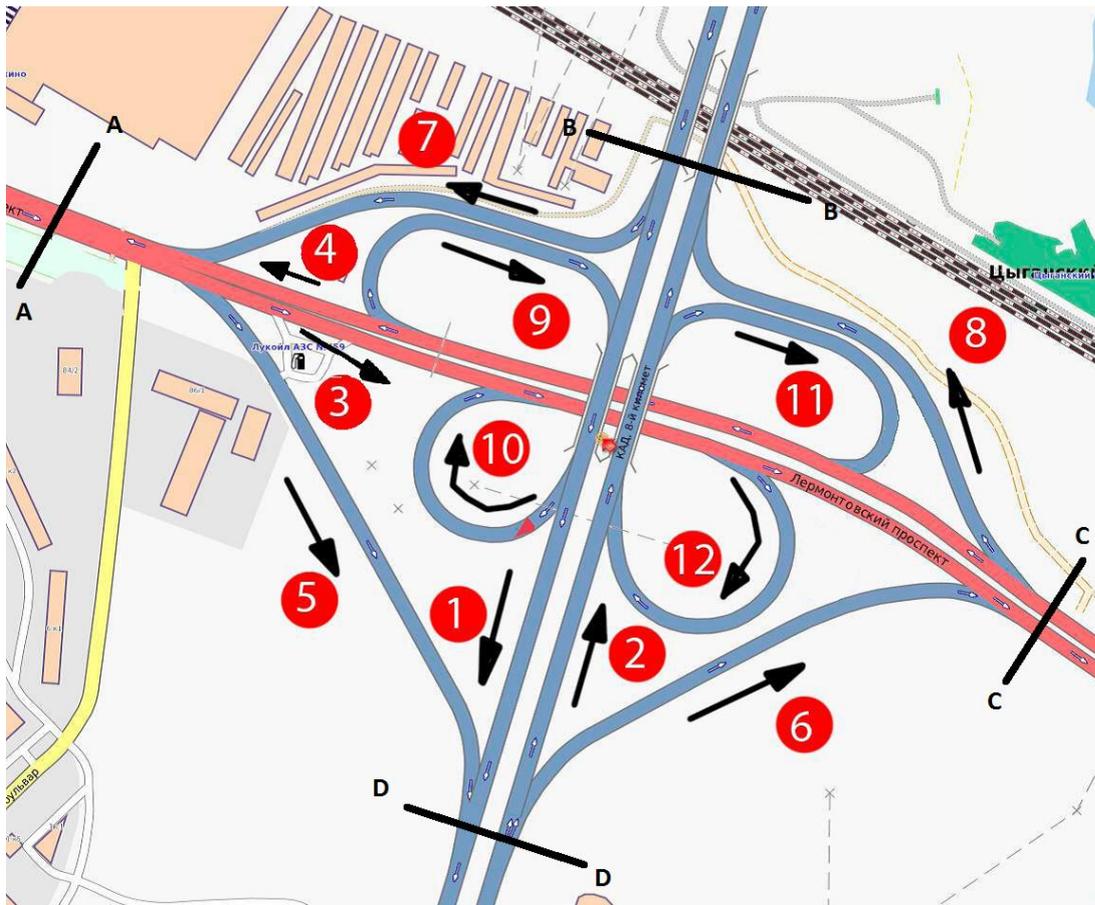
Количество точек замеров должно обеспечивать получение достаточных данных об объемах движения на всех основных автомобильных дорогах зоны тяготения, а также на всех основных автомобильных дорогах, наполняющих зону тяготения транспортными потоками.

После определения количества и местоположения всех точек замеров составляется сводная схема проведения полевых исследований, на которой условными знаками показываются места проведения контрольных учетов, придорожных и социологических опросов, маршруты для установления времени в пути. Пример схемы полевых исследований представлен на Рисунок 6.

Таблица 5. Пример представления результатов контрольных учетов в точках МСС.

местоположение и индекс точки	МСС1					
дата	19.01.2012					
день недели	Четверг					
МСС/КРП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
в Электрогорск	xx.00-yy.00	105	2	1	2	110
	...	122	6	2	8	138
	...	128	4	7	2	141
	...	121	4	2	3	130
	...	161	5	4	1	171
	...	145	5	3	9	162
	Общий поток за X часов	782	26	19	25	852
	% от общего потока в Электрогорск	91,78	3,05	2,23	2,93	100
МСС/КРП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
из Электрогорска	xx.00-yy.00	242	1	2	1	246
	...	144	4	4	4	156
	...	118	2	3	4	127
	...	138	2	2	3	145
	...	129	3	4	5	141
	...	167	1	2	4	174
	Общий поток за X часов	938	13	17	21	989
	% от общего потока из Электрогорска	94,84	1,31	1,72	2,12	100
МСС/КРП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
Двустороннее движение	xx.00-yy.00	347	3	3	3	356
	...	266	10	6	12	294
	...	246	6	10	6	268
	...	259	6	4	6	275
	...	290	8	8	6	312
	...	312	6	5	13	336
	Общий поток за X часов по 2 направлениям	1720	39	36	46	1841
	% от общего потока по 2 направлениям	93,43	2,12	1,96	2,50	100

Рисунок 7. Пример подсчета поворачивающих потоков на транспортной развязке.



СТО АВТОДОР 2.2-2013

Таблица 6. Пример представления результатов контрольных учетов в точках ТМС.

местоположение и индекс точки	ТМС03					
дата	18.01.2012					
день недели	Среда					
ТМС/ППП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
Направление 1	хх.00-уу.00	12	0	0	0	12
	...	9	1	0	0	10
	...	6	0	4	0	10
	...	8	0	1	0	9
	...	8	0	0	1	9
	...	4	0	1	0	5
	...	9	0	1	0	10
Общий поток за X часов		56	1	7	1	65
.....						
ТМС/ППП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
Направление 12	хх.00-уу.00	7	0	1	0	8
	...	3	0	0	0	3
	...	4	0	0	0	4
	...	7	0	1	1	9
	...	9	0	1	0	10
	...	6	0	1	0	7
Общий поток за X часов		36	0	4	1	41
ТМС/ППП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
Сечение А-А (2 направления)	хх.00-уу.00	...	...	...	...	...

Общий поток за X часов		...	...	...	...	...
.....						
ТМС/ППП	Время	Группа 1	Группа 2	...	Группа n	Итого
Сечение D-D (2 направления)	хх.00-уу.00	...	...	...	...	...

Общий поток за X часов		...	...	...	...	...

3. Пример создания транспортной модели базового года.

Рисунок 8. Фрагмент расчетного транспортного графа.
Толщина линий отражает число полос, цвет – пропускную способность на полосу.



Рисунок 9. Фрагмент системы расчетных транспортных районов.
Показаны условные центры и границы районов.

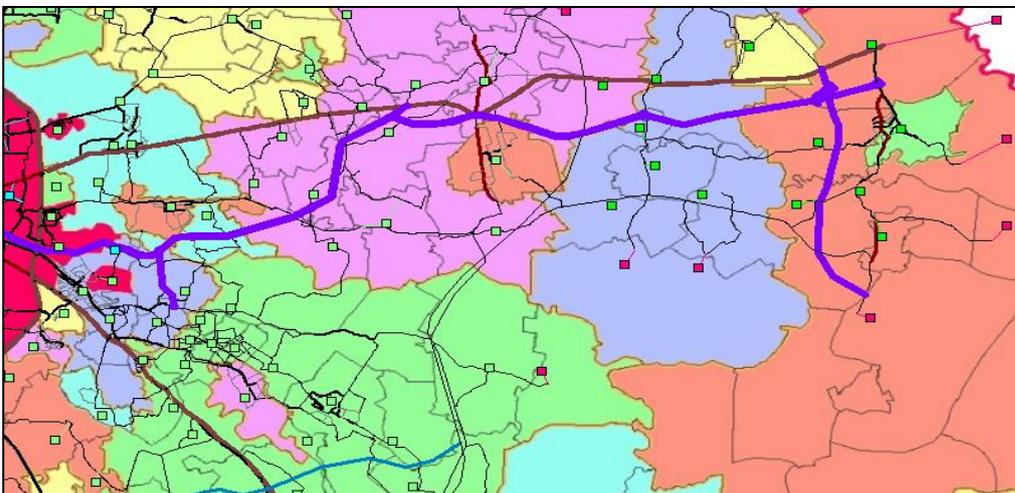


Таблица 7. Исходные демографические и социально-экономические данные по транспортным районам.

номер	Название	Насел. тыс.	Всего труд по группам (раб.мест.)				
			1	2	3	4	5
1385	Электроугли_1	19	0	1087	9	1146	5698
1479	Электроугли_2	2	0	139	1	147	730
1388	Ямкинское_1	1	3	206	0	150	404
1474	Ямкинское_2	1	3	206	0	150	404
1475	Ямкинское_3	1	3	206	0	150	404
1358	Андреевка	16	88	541	23	1764	4669
1417	Анискинское	9	305	1092	0	1631	2708
1366	Апрелевка	19	0	606	7	1066	5805
1301	Барвихинское	8	6	8	3	1822	2418
1302	Большие Вяземы	15	10	1654	2	1117	4353
1107	Бронницы	21	967	1408	53	2939	6291
1141	Булатниковское	7	118	734	172	445	2083
1399	Быково	10	0	647	4	1586	3150
1183	Верейское (Раменск)	7	96	0	0	279	1954
1142	Видное	57	1056	8277	455	12562	17211
1423	Внуковское	4	0	72	0	72	1191
1144	Володарское	5	0	0	0	44	1426
1422	Воскресенское	7	26	110	5	880	2052
1403	Вялковское	6	0	0	0	40	1809
1349	Габовское	8	0	249	3	511	2372
1185	Ганусовское	5	0	0	0	88	1475
1405	Гжельское	10	0	665	0	21	3113
1303	Голицыно	18	109	711	82	967	5444

Рисунок 10. Результаты расчета объемов прибытия и отправления в расчетных районах для разных слоев передвижений в табличном и графическом представлении.

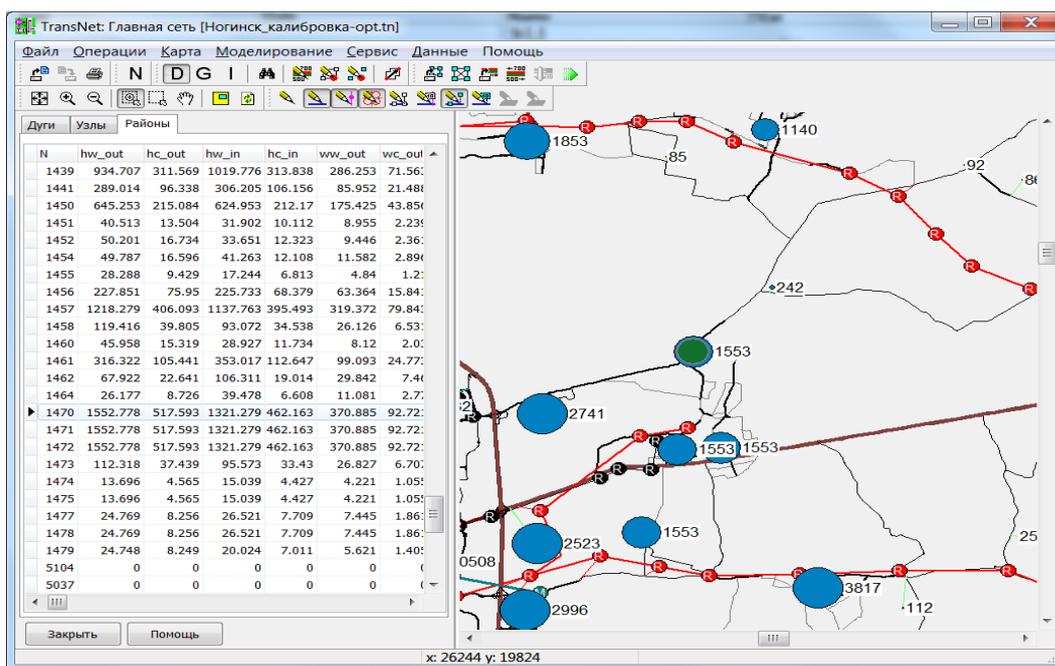
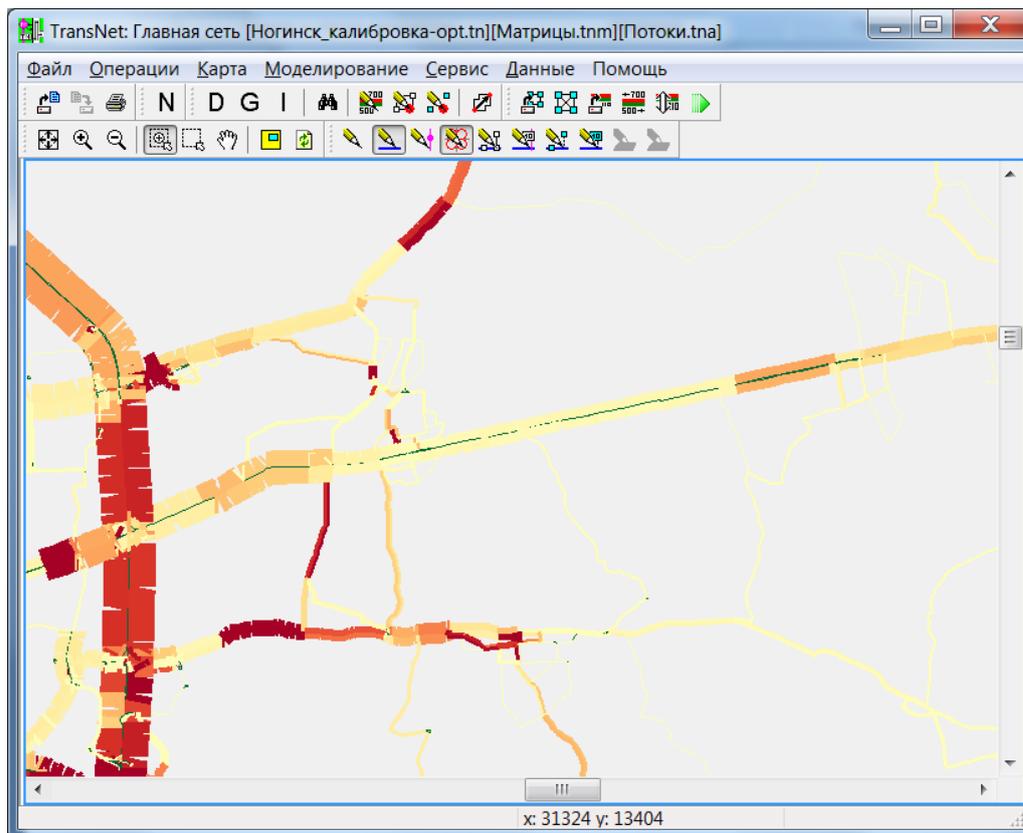


Рисунок 11. Результаты расчета интенсивности транспортных потоков в модели базового года в графическом представлении. Цветом показано замедление движения.



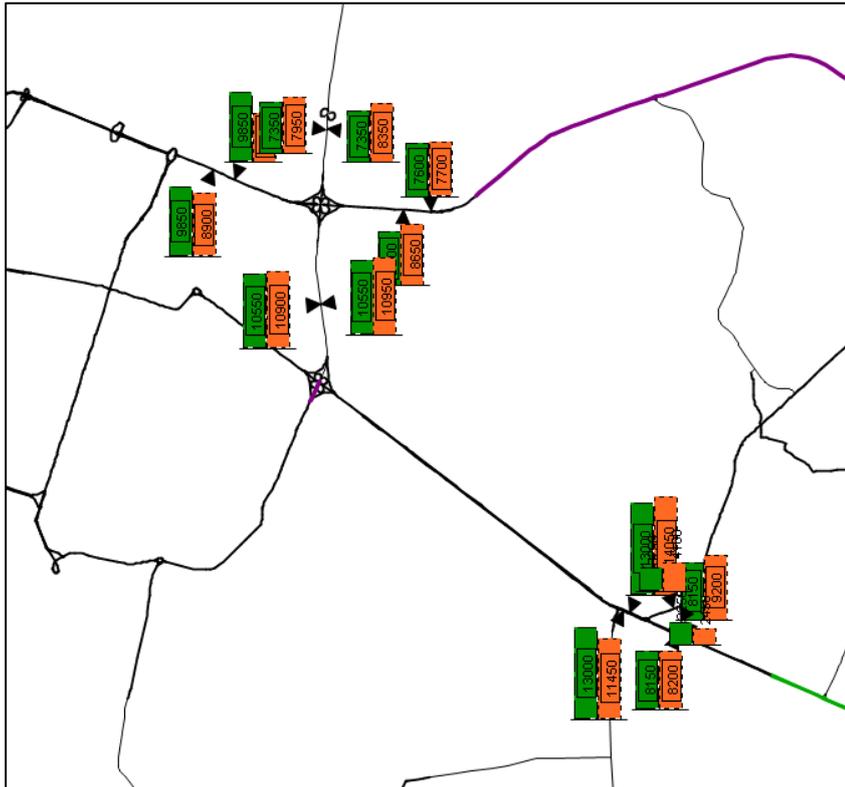
4. Пример представления результатов калибровки модели базового года.

Таблица 8. Фрагмент таблицы сравнения расчетных и фактических значений интенсивности.

номер	легковые			сумма всех автомобилей		
	замеры	модель	разница	замеры	модель	разница
1	637	440	-197	927	543	-384
2	540	352	-188	713	475	-239
3	250	67	-183	381	105	-276
4	250	67	-183	381	105	-276
5	379	218	-161	476	300	-176
6	1336	1178	-158	1964	1857	-108
7	483	335	-148	635	439	-195
8	1817	1670	-147	2382	2038	-344
9	230	86	-144	332	111	-221
10	379	248	-131	476	343	-133
11	662	534	-128	865	780	-85
12	230	107	-123	332	141	-191
13	637	516	-121	927	601	-325
14	4351	4257	-94	6024	5839	-185

номер	легковые			сумма всех автомобилей		
	замеры	модель	разница	замеры	модель	разница
15	2381	2312	-69	3501	3260	-241
16	341	276	-65	494	394	-101
17	483	421	-62	635	532	-102

Рисунок 12. Сравнение расчетных и фактических значений интенсивности в графической форме.



5. Пример создания моделей прогнозных лет

Рисунок 13. Данные для моделей прогнозных лет. Прогноз динамики численности населения.

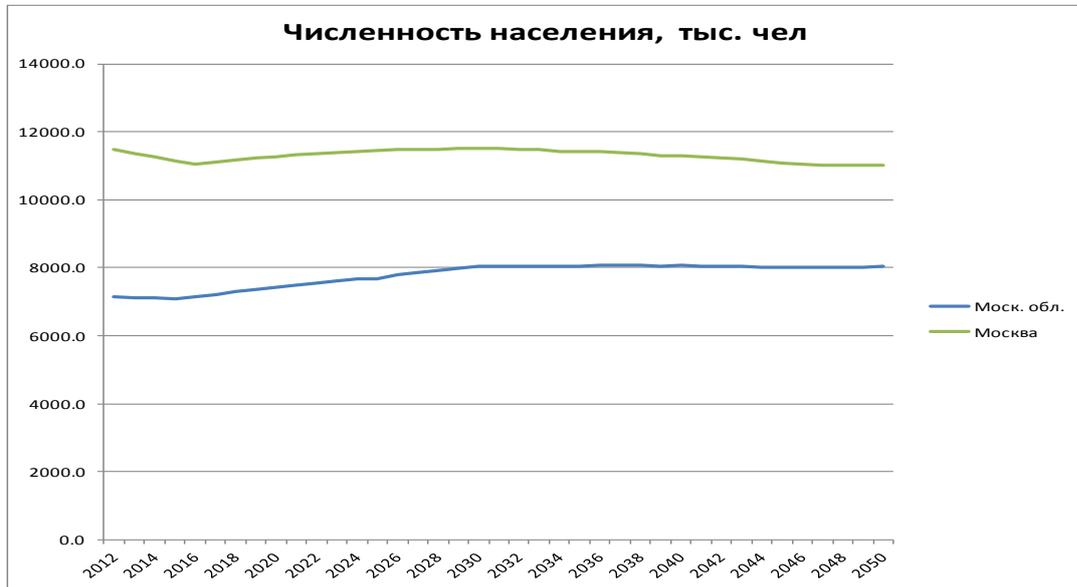


Рисунок 14. Планируемое строительство новых и реконструкция существующих дорог.

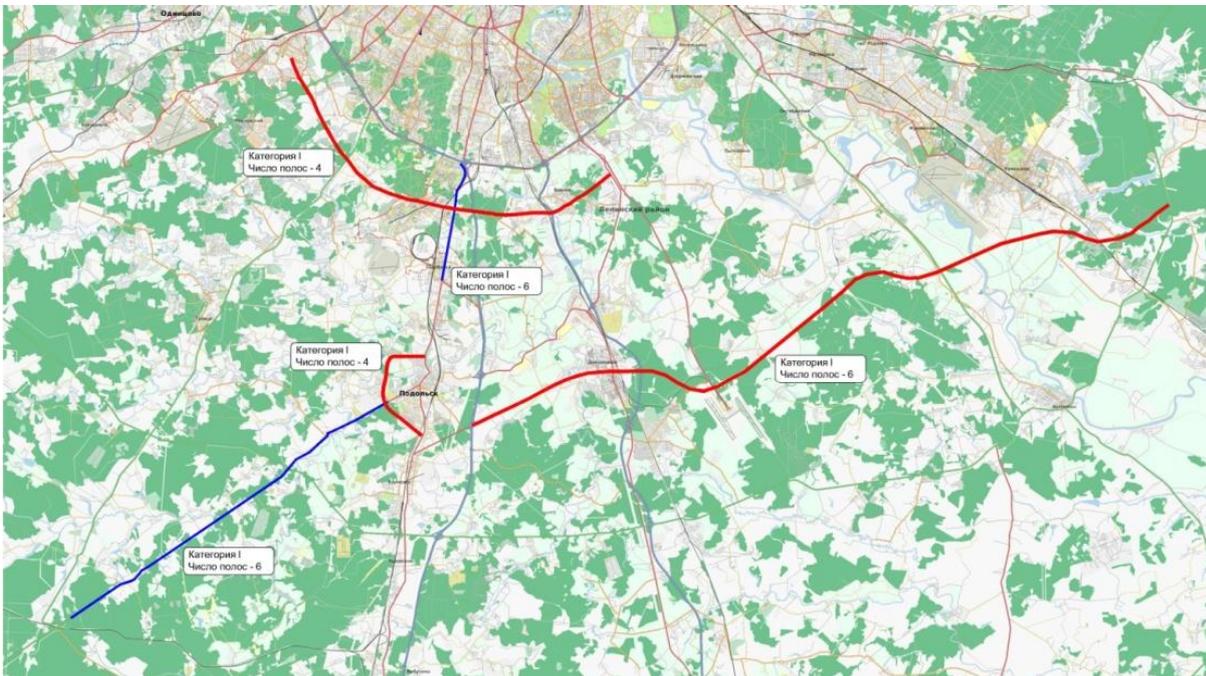


Рисунок 15. Анализ эластичности прогнозируемых сборов на платной дороге и определение оптимального тарифа.

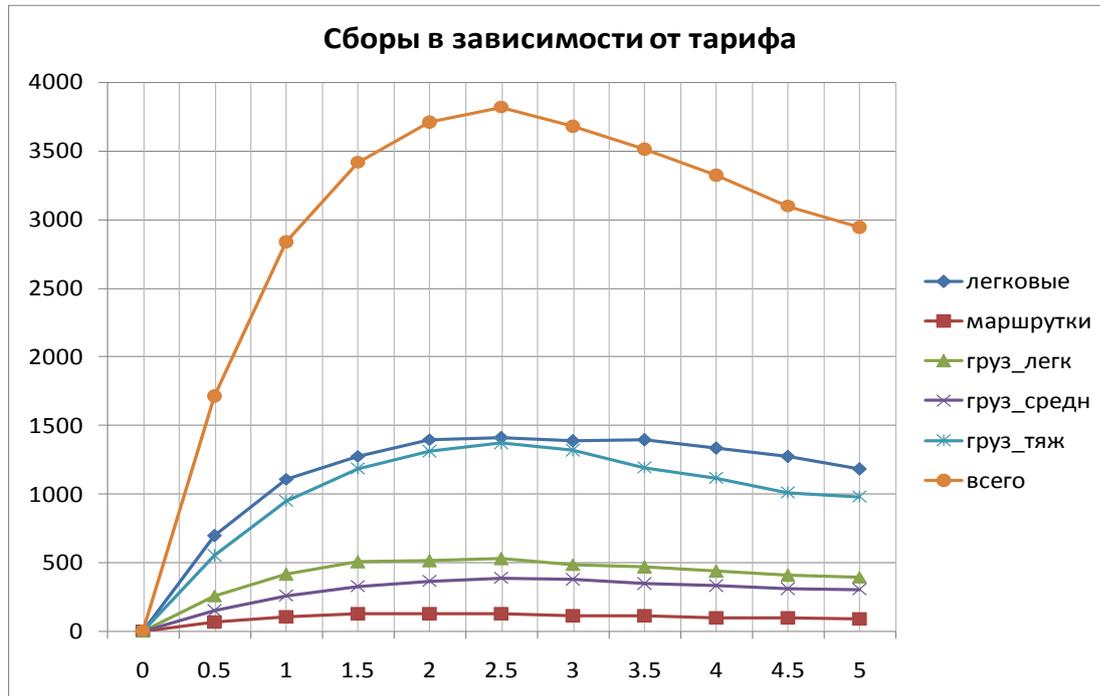


Таблица 9. Результаты прогноза интенсивности движения в табличной форме.

Среднегодовая суточная интенсивность движения по направлениям, ССИД, авт/сут																		базовый сценарий экономического развития				
год		Адрес участка															группы ТС по СНиП 2.05.02-85			Итого, авт/сут	ИТОГО, авт/год	ИТОГО, авт*км/год
номер узла	км	номер узла	км	мотоциклы		легковые	грузовые, грузоподъемностью					автобусы	автопоезда, грузоподъемностью									
				мотоциклы	мотоциклы с коляской		2т	2,1-6т	6,1-8т	8,1-14т	свыше 14т		до 12т	12,1-20т	20,1-30т	свыше 30т						
направление из Москвы																						
1	0,0	2	7,4	0	0	56582	1356	2147	381	260	414	452	0	0	183	3115	64890	23 684 868	174 650 087			
2	7,4	3	10,5	0	0	35831	825	538	95	65	104	260	0	0	119	2031	39868	14 551 756	45 921 995			
3	10,8	4	14,0	0	0	26463	555	340	60	41	66	131	0	0	59	998	28711	10 479 611	33 477 013			
4	14,2	5	24,5	0	0	13174	426	233	41	28	45	112	0	0	51	874	14986	5 469 968	56 821 482			
5	24,8	6	36,8	0	0	7585	30	103	18	12	20	74	0	0	35	591	8468	3 090 645	37 360 030			
6	36,8	7	43,9	0	0	5240	0	57	10	7	11	66	0	0	32	544	5968	2 178 364	15 425 386			
7	52,2	8	53,6	0	0	2492	0	9	2	1	2	3	0	0	1	23	2533	924 679	1 345 852			
8	53,7	9	58,7	0	0	8208	349	212	38	26	41	67	0	0	30	502	9472	3 457 217	17 457 080			
9	59,5	10	73,6	0	0	3623	20	20	4	2	4	17	0	0	8	137	3836	1 399 998	19 787 848			
10	76,4	11	80,2	0	0	2113	12	15	3	2	3	13	0	0	6	106	2272	829 300	3 221 481			
11	36,8	12	38,3	0	0	2345	30	45	8	5	9	7	0	0	3	47	2499	912 281	1 348 899			
12	10,5	13	15,8	0	0	13431	333	248	44	30	48	143	0	0	67	1134	15479	5 649 921	29 569 482			
направление в Москву																						
1	0,0	2	7,4	0	0	56840	3123	2344	416	284	452	527	0	0	217	3690	67895	24 781 518	182 736 684			
2	7,4	3	10,5	0	0	30229	520	512	91	62	99	213	0	0	96	1638	33460	12 213 065	38 541 623			
3	10,8	4	14,0	0	0	22822	385	383	68	46	74	138	0	0	61	1045	25023	9 133 308	29 176 261			
4	14,2	5	24,5	0	0	14189	378	259	46	31	50	122	0	0	56	952	16083	5 870 257	60 979 643			
5	24,8	6	36,8	0	0	7330	0	127	23	15	25	79	0	0	37	626	8262	3 015 502	36 451 690			
6	36,8	7	43,9	0	0	6337	0	73	13	9	14	68	0	0	33	554	7101	2 591 794	18 352 959			
7	52,2	8	53,6	0	0	2433	0	8	2	1	2	3	0	0	1	23	2473	902 792	1 313 996			
8	53,7	9	58,7	0	0	8445	401	149	26	18	29	86	0	0	40	678	9872	3 603 284	18 194 637			
9	59,5	10	73,6	0	0	4106	46	14	2	2	3	20	0	0	10	167	4369	1 594 645	22 539 031			
10	76,4	11	80,2	0	0	1300	29	8	1	1	1	5	0	0	2	37	1384	505 265	1 962 742			
11	36,8	12	38,3	0	0	994	0	54	10	7	10	11	0	0	4	72	1161	423 706	626 492			
12	10,5	13	15,8	0	0	11470	198	180	32	22	35	89	0	0	41	695	12761	4 657 605	24 376 087			
оба направления																						
1	0,0	2	7,4	0	0	113422	4479	4492	798	543	867	979	0	0	400	6804	132785	48 466 386	357 386 771			
2	7,4	3	10,5	0	0	66060	1345	1050	186	127	203	473	0	0	216	3669	73328	26 764 821	84 463 618			
3	10,8	4	14,0	0	0	49285	940	723	128	87	139	269	0	0	120	2042	53734	19 612 919	62 653 274			
4	14,2	5	24,5	0	0	27362	804	493	88	60	95	234	0	0	107	1826	31069	11 340 225	117 801 125			
5	24,8	6	36,8	0	0	14915	30	230	41	28	44	152	0	0	72	1217	16729	6 106 147	73 811 719			
6	36,8	7	43,9	0	0	11577	0	130	23	16	25	134	0	0	65	1098	13069	4 770 158	33 778 346			
7	52,2	8	53,6	0	0	4925	0	18	3	2	3	6	0	0	3	46	5007	1 827 471	2 659 848			
8	53,7	9	58,7	0	0	16654	750	361	64	44	70	153	0	0	69	1180	19344	7 060 501	35 651 717			
9	59,5	10	73,6	0	0	7729	66	34	6	4	7	37	0	0	18	304	8205	2 994 643	42 326 879			
10	76,4	11	80,2	0	0	3413	41	22	4	3	4	18	0	0	8	144	3656	1 334 565	5 184 223			
11	36,8	12	38,3	0	0	3338	30	99	18	12	19	18	0	0	7	119	3660	1 335 988	1 975 391			
12	10,5	13	15,8	0	0	24902	531	428	76	52	83	232	0	0	108	1829	28240	10 307 526	53 945 569			

Таблица 10. Результаты расчетов выручки от взимания платы за проезд.

Выручка от взимания платы за проезд, в ценах базового года, руб.															базовый сценарий экономического развития	
Адрес участка				ССИД, авт/сут, тарифные группы				тариф для соответствующей группы, руб.				Годовая выручка, руб.				ИТОГО, руб.
Начало участка		Конец участка		1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	
номер узла	км	номер узла	км													
направление из Москвы																
1	0,0	нач. пл.	7,4	54968	1614	4223	4079	1,5	3	6	9	221917270	13029468	68201976	98796483	401 945 197
нач. пл.	7,4	2	10,5	34780	1051	1543	2493	1,5	3	6	9	60091812	3631975	10661660	25841606	100 227 053
2	10,8	4	14,0	25664	799	1008	1239	1,5	3	6	9	44885732	2794379	7052339	13006163	67 738 613
4	14,2	5	24,5	12502	671	738	1074	1,5	3	6	9	71105272	7637280	16787725	36643888	132 174 165
5	24,8	6	36,8	7350	235	167	715	1,5	3	6	9	48643496	3112821	4423166	28393608	84 573 091
6	36,8	7	43,9	5119	121	77	651	1,5	3	6	9	19846630	940687	1191345	15135529	37 114 190
7	52,2	8	53,6	2480	11	12	29	1,5	3	6	9	1976554	18085	39767	139302	2 173 707
8	53,7	9	58,7	8026	182	632	631	1,5	3	6	9	22188099	1008441	6988547	10466216	40 651 304
9	59,5	10	73,6	3574	49	48	165	1,5	3	6	9	27654754	763907	1473624	7659321	37 549 321
10	76,4	11	80,2	2074	39	31	128	1,5	3	6	9	4410552	167392	263803	1631568	6 473 315
6	36,8	М-7	38,3	2231	114	90	64	1,5	3	6	9	1805891	184334	292275	312661	2 595 160
2	10,5	3	15,8	13133	298	665	1383	1,5	3	6	9	37631891	1707877	7618964	23768839	70 727 571
направление в Москву																
1	0,0	нач. пл.	7,4	55140	1700	6254	4793	1,5	3	6	9	222612883	13726049	100993494	116110547	453 442 972
нач. пл.	7,4	2	10,5	29292	937	1204	2026	1,5	3	6	9	50610251	3237297	8320538	21004139	83 172 225
2	10,8	4	14,0	22040	782	897	1303	1,5	3	6	9	38547416	2735368	6273665	13672944	61 229 393
4	14,2	5	24,5	13518	671	724	1170	1,5	3	6	9	76880801	7629728	16469899	39910843	140 891 271
5	24,8	6	36,8	7101	230	170	761	1,5	3	6	9	46994894	3038696	4499626	30214846	84 748 062
6	36,8	7	43,9	6134	203	97	666	1,5	3	6	9	23781226	1572272	1511897	15499422	42 364 817
7	52,2	8	53,6	2418	15	11	29	1,5	3	6	9	1926765	24677	36428	136582	2 124 452
8	53,7	9	58,7	8250	195	600	827	1,5	3	6	9	22808526	1078512	6630214	13712146	44 229 398
9	59,5	10	73,6	4053	52	64	199	1,5	3	6	9	31365585	812017	1986513	9239998	43 404 112
10	76,4	11	80,2	1278	22	39	45	1,5	3	6	9	2717507	92983	334657	578404	3 723 550
6	36,8	М-7	38,3	967	27	72	95	1,5	3	6	9	782661	43388	234693	459453	1 520 195
2	10,5	3	15,8	11270	201	437	852	1,5	3	6	9	32292215	1150000	5012107	14653876	53 108 198
оба направления																
1	0,0	нач. пл.	7,4	110108	3314	10477	8872	1,5	3	6	9	444530153	26755517	169195470	214907030	855 388 169
нач. пл.	7,4	2	10,5	64072	1988	2747	4519	1,5	3	6	9	110702063	6869272	18982199	46845744	183 399 278
2	10,8	4	14,0	47704	1581	1905	2542	1,5	3	6	9	83433148	5529746	13326004	26679107	128 968 006
4	14,2	5	24,5	26020	1342	1462	2243	1,5	3	6	9	147986073	15267008	33257624	76554731	273 065 436
5	24,8	6	36,8	14451	465	337	1476	1,5	3	6	9	95638390	6151517	8922792	58608455	169 321 153
6	36,8	7	43,9	11253	324	174	1317	1,5	3	6	9	43627855	2512959	2703242	30634951	79 479 007
7	52,2	8	53,6	4898	27	24	58	1,5	3	6	9	3903318	42762	76195	275884	4 298 159
8	53,7	9	58,7	16276	377	1232	1458	1,5	3	6	9	44996625	2086953	13618761	24178362	84 880 702
9	59,5	10	73,6	7627	102	112	364	1,5	3	6	9	59020339	1575923	3460136	16897034	80 953 433
10	76,4	11	80,2	3352	61	70	173	1,5	3	6	9	7128059	260374	598460	2209972	10 196 865
6	36,8	М-7	38,3	3198	141	163	159	1,5	3	6	9	2588552	227722	526968	772114	4 115 356
2	10,5	3	15,8	24403	499	1102	2235	1,5	3	6	9	69924106	2857877	12631072	38422715	123 835 769
ИТОГО за год по 2 направлениям, руб												1 113 478 682	70 137 631	277 298 921	536 986 098	1 997 901 332

Рисунок 16. Пример картограммы расчетной интенсивности движения.

