

УДК 656.13

*ДОМБАЛЯН А.В., ассистент  
Ростовский государственный строительный университет*

## **ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО СПРОСА НА ТРАНСПОРТНЫЕ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ**

*В данной статье затрагивается актуальная проблема – моделирование и определение перспективного спроса на транспортные передвижения. Прогноз интенсивности движения автомобильной дороги основан на создании и использовании компьютерной модели транспортной системы зоны тяготения участка. Компьютерная модель реализует двухэтапную вычислительную процедуру и имеет традиционную для мировой практики транспортных расчетов структуру «спрос - нагрузка».*

**Ключевые слова:** транспортный спрос, перспективная интенсивность, транспортная модель, платная дорога

### **Постановка проблемы**

Российские системы управления платными транспортными магистралями в своем развитии стремятся к лучшим европейским аналогам, поддерживающим широчайший спектр современных технических решений для оптимизации проезда через контрольно-пропускные пункты и обеспечения максимально высокой пропускной способности.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Современные достижения транспортного моделирования позволяют получать удовлетворительные результаты на субрегиональном, региональном, государственном и межгосударственном уровнях. В связи с этим к задачам транспортного моделирования могут быть добавлены результаты исследований эффективности работы контрольно-пропускных пунктов на платных автомобильных дорогах[1, 2].

### **Цель статьи**

Целью статьи является анализ методики моделирования и определения перспективного спроса на транспортные передвижения. В работе представлены схемы работ по прогнозированию интенсивности движения транспорта на автомобильной дороге.

### **Основная часть**

Автодорожная сеть во всем мире изначально формировалась в рамках государственного сектора экономики, и её финансирование осуществлялось за счет средств государственного бюджета, а позже также и за счёт дорожных фондов, входивших в систему государственных финансов. Складывавшаяся на протяжении многих десятилетий система финансирования автодорожной инфраструктуры стала давать серьёзные перебои в середине XX века, и её кризис все более обострялся в течение второй половины столетия. В 50-е – 60-е годы в промышленно развитых странах резко возросли темпы автомобилизации, и на основных транспортных магистралях стали возникать загрузки, создавшие серьёзные экономические, социальные и экологические проблемы. Возникла потребность в существенном расширении автодорожной сети и реконструкции существующих дорог и других объектов автодорожной инфраструктуры. В то же время возможность финансирования крупных дополнительных капиталовложений в автодорожную инфраструктуру были крайне ограничены, учитывая обостряющиеся дефициты госу-

дарственных бюджетов многих промышленно развитых стран; возможности дальнейшего наращивания доходной базы дорожных фондов также были в значительной мере исчерпаны. До середины 80-х годов большую часть поступлений в дорожные фонды Западной Европы и США составляли отчисления в виде налога на автомобильное топливо; в условиях энергетического кризиса вызвавшего рост цен на топливо, значительное увеличение указанного налога исключалось. В 70 – 80-е годы происходило постепенное изменение структуры доходной базы дорожных фондов, но без значительного увеличения объёмов поступлений в них [3].

В этих условиях ряд государств в 50-е – 60-е годы начал прибегать к таким способам финансирования капиталовложений в автодорожную инфраструктуру, как выдача бюджетных кредитов на строительство дорог и получение займов от банков и других кредитных учреждений на те же цели. Получателями бюджетных кредитов, а также средств мобилизуемых с помощью займов являлись дорожные агентства и специально создаваемые государственные или смешанные компании, которые реализовывали соответствующие инвестиционные проекты и возвращали государству основную сумму долга и проценты ( в случае бюджетных кредитов проценты иногда не начислялись. В некоторых случаях агентства и компании, реализовавшие проект, получали заемные средства непосредственно от негосударственных банков и кредитных учреждений под гарантии государства и после реализации проекта погашали долг напрямую этим организациям.

Независимо от конкретных схем такого возвратного финансирования инвестиционных проектов, все они предусматривали принцип платности дорог и других объектов автодорожной инфраструктуры. Средства, взимавшиеся с пользователей платных дорог (ПД), использовались на погашение основной суммы долга процентов по кредитам, займам и ссудам, а также направлялись на содержание и ремонт платных магистралей. В некоторых случаях плата за проезд устанавливалась на существующих дорогах. В этом случае сборы предназначались для финансирования реконструкции этих дорог и повышения качества их содержания. Иногда предусматривалось, что выручка, получаемая компанией - оператором данной дороги, используется не только для поддержания на должном уровне её качества, но также и для строительства другой дороги. Сложные схемы могли предусматривать передачу государством компании-оператору нескольких дорог одновременно при одновременном обязательстве со стороны компании осуществлять финансирование строительства нескольких новых дорог[4].

С целью обеспечения максимальной точности и объективности результатов прогноза перспективной интенсивности дорожного движения по участку км 1119+500 – км 1195 автомобильной дороги М-4 «Дон» в математической модели учтена динамика изменения основных технических параметров опорной сети автомобильных дорог, расположенных в Ростовской области, Краснодарском крае и Республике Адыгея (далее – зона влияния). В качестве опорной сети данных субъектов Российской Федерации приняты все участки автомобильных дорог федерального и регионального или межмуниципального значения, проходящие по территории зоны влияния, которые обеспечивают международные и межрегиональные связи и, соответственно, могут формировать потенциальные альтернативные автодорожные маршруты проезда в обход рассматриваемого в данной работе участка автомобильной дороги М-4 «Дон»[5].

Основными техническими параметрами автомобильных дорог, использованными при математическом моделировании транспортных потоков и определении перспективной интенсивности дорожного движения, являлись техническая категория и число полос движения.

При расчете транспортных потоков были учтены следующие факторы, влияющие на загрузку автомобильных дорог области и распределение транспортных потоков: ширина проезжей части и количество полос движения; категория дороги и расчетная скорость; наличие ограничений скорости транспортных потоков; особенности организации дорожного движения, конфигу-

рации развязок; наличие платных объектов дорожной инфраструктуры (для прогнозных расчетов); система оплаты и тарифы на автомобильной дороге М-4 «Дон».

Особенностью методики моделирования, предлагаемой для участка км 1119+500 - км 1195 автомобильной дороги М-4 «Дон», является возможность учета при распределении спроса на пассажирские передвижения транспорта общего пользования, прежде всего пригородного железнодорожного. Необходимость такого учета обусловлена прохождением в зоне непосредственного тяготения участка автомобильной дороги М-4 «Дон» линии железной дороги, характеризующейся наличием достаточно интенсивного пригородного движения, и высокой плотностью станций[6].

Зона моделирования охватывает территорию Краснодарского края, Ростовской области и Республики Адыгея. Это позволяет учесть возможности перераспределения транзитных относительно рассматриваемого участка транспортных потоков, реализующих протяженные грузовые и пассажирские корреспонденции центра европейской части России с районами черноморского побережья Новороссийского и Сочинского направлений и с регионом Северного Кавказа.

Важным этапом прогноза транспортных потоков является процесс калибровки модели, состоящий в подборе ее расчетных параметров (коэффициентов предпочтения), которые в принципе невозможно получить в результате обследований и сбора статистической информации. Калибровка модели осуществлялась на основе ретроспективных расчетов, в процессе которых достигалась близость результатов, полученных на основе моделирования, к данным, описывающим известную по результатам детального обследования интенсивности транспортных потоков ситуацию. В качестве описания такой эталонной ситуации (нулевой вариант) были использованы данные об интенсивности транспортных потоков, полученные в результате обследований[7].

Общая схема работ по прогнозированию интенсивности движения транспорта на автомобильной дороге М-4 «Дон» и дорожной сети зоны моделирования представлена на рисунках 1, 2 и 3. Предлагаемая структура спроса позволила:

- выделить поездки различной степени частоты:
  - ежедневные (трудовые и учебные);
  - совершаемые с регулярностью 1-2 раза в неделю (деловые и культурно-бытовые);
  - разовые (транзитные и реализующие внешние связи зоны моделирования);
- учесть сезонную неравномерность спроса на передвижения;
- оценить и спрогнозировать транспортную ситуацию на дорожной сети зоны моделирования в будни для дневного часа «пик», когда преимущественно осуществляются деловые и культурно-бытовые поездки, а также для утренних и вечерних часов, определяемых пиком трудовых перевозок.

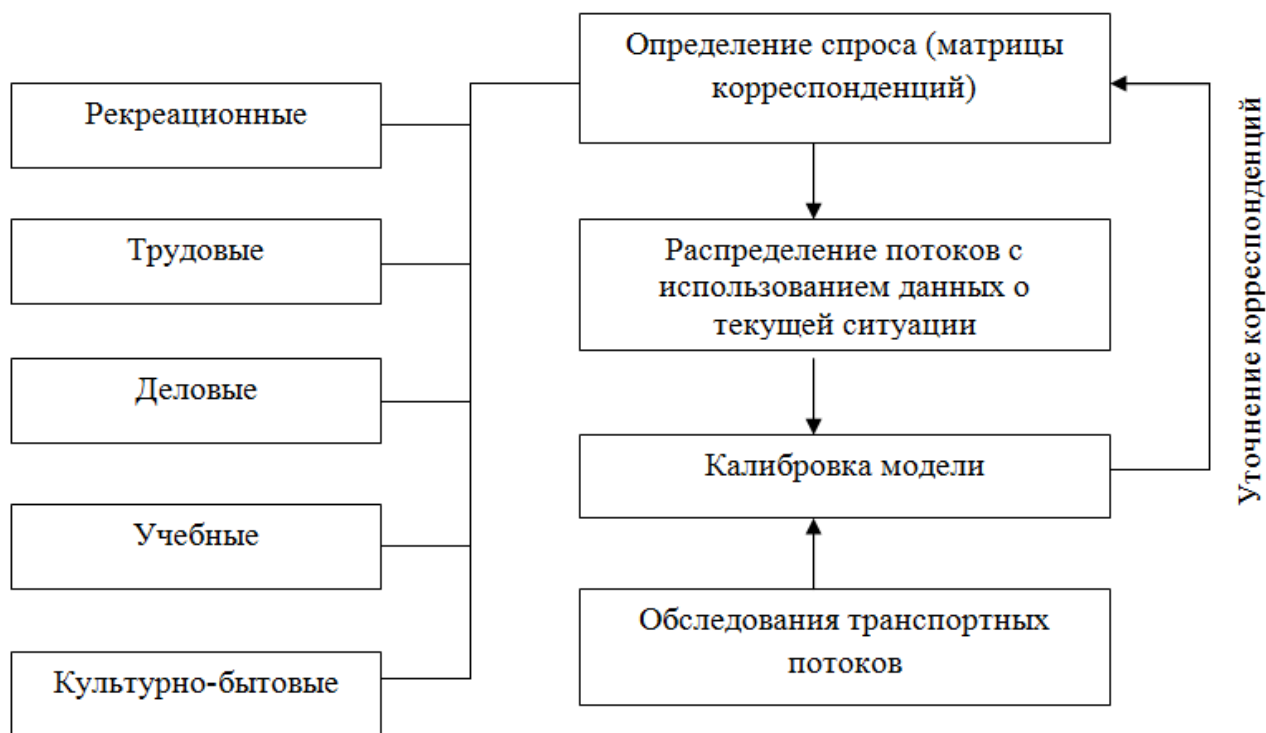


Рис.1. Схема структуры спроса

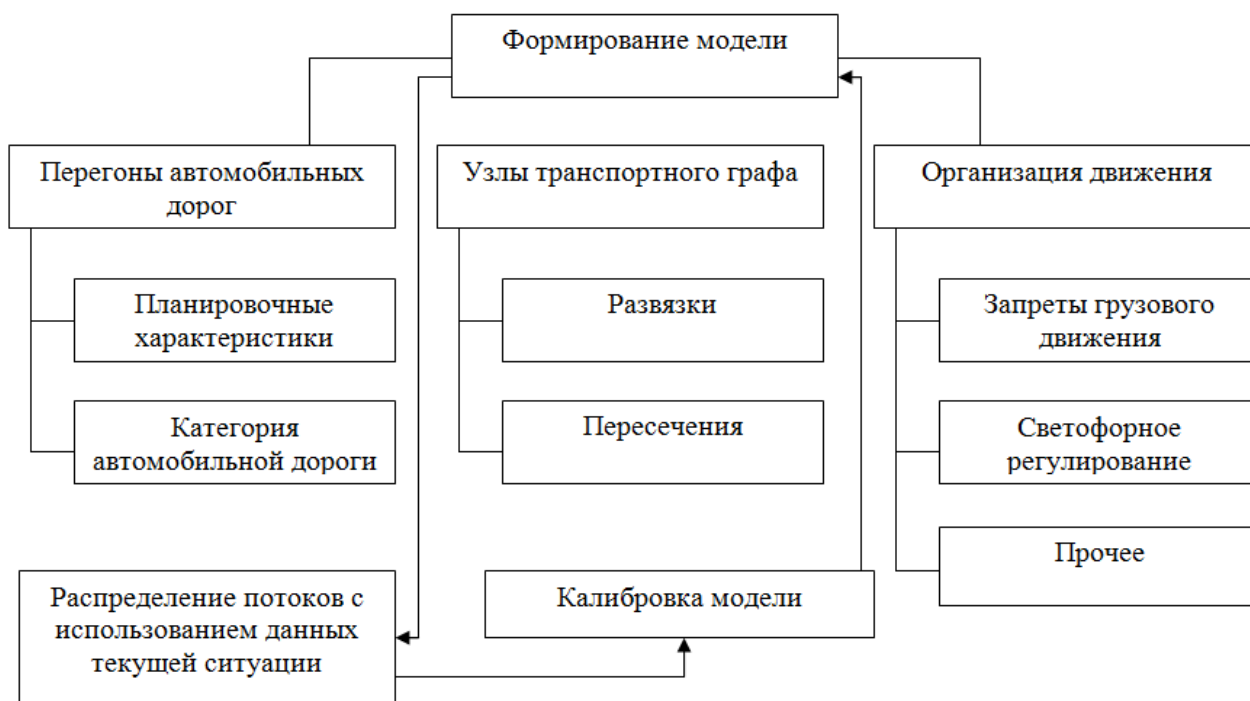
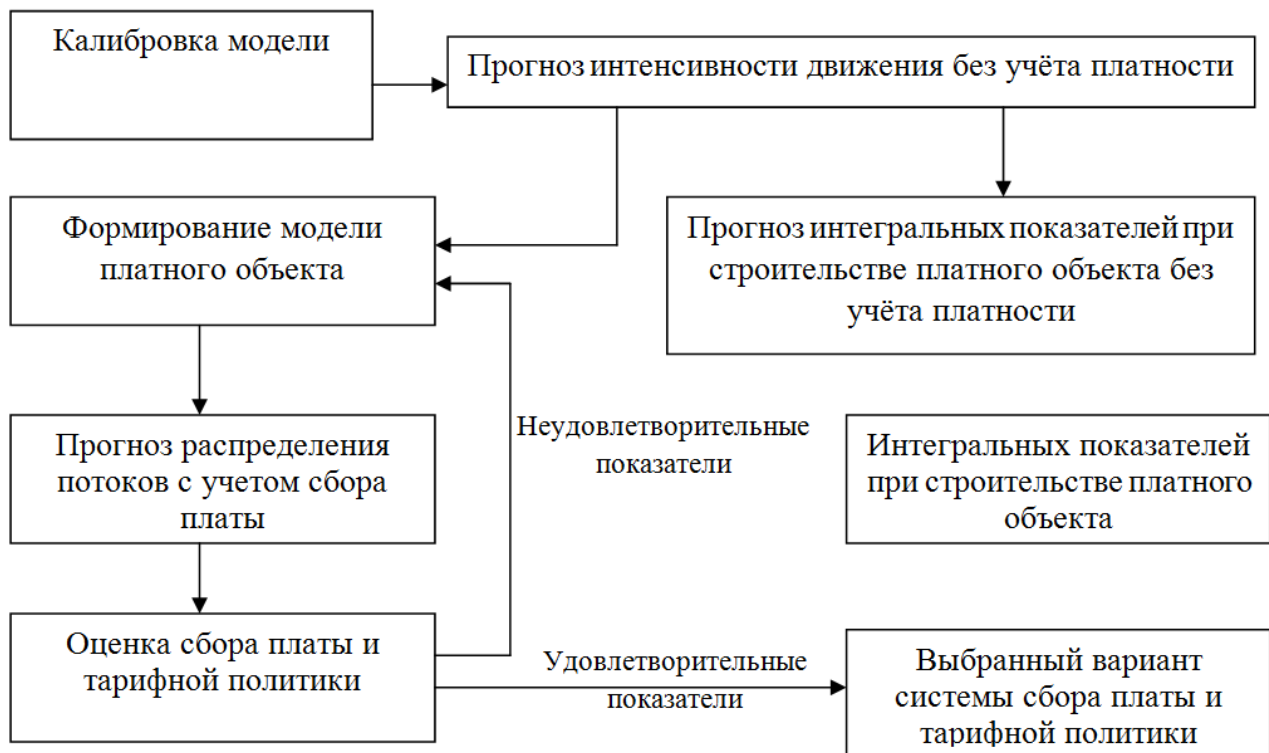


Рис.2. Схема процесса формирования модели автомобильной дороги



**Рис.3. Схема процесса прогнозирования интенсивности движения автотранспорта на платных объектах дорожной инфраструктуры**

Модель, использованную для расчета транспортных потоков на автодороге М-4 «Дон» и дорожной сети зоны моделирования, отличают несколько принципиальных особенностей, а именно:

– Традиционно в модельных расчетах не выполнялось стратификации спроса на передвижения по его целям. В предлагаемой методике и модели осуществлен независимый расчет всех перечисленных выше видов корреспонденций. Выделение в структуре спроса на передвижения целевых составляющих (трудовых, деловых и культурно-бытовых, в том числе рекреационных корреспонденций) позволяет детально учесть специфику распределения их терминальных пунктов по зоне моделирования, что значительно увеличивает точность транспортной модели.

– При прогнозе поездок с трудовыми целями были учтены не только данные о количестве жителей и количестве мест приложения труда, но и их специфика, в частности, выделяются корреспонденции на связях с Ростовом-на-Дону. Дифференциация информации о местах приложения труда по видам занятости позволила смоделировать отличия в транспортном поведении разных участников движения, что повысит достоверность расчета матриц корреспонденций.

– При прогнозе поездок с деловыми и культурно-бытовыми целями также была выделена составляющая, связанная с поездками в Ростов-на-Дону и Краснодар. Была учтена возможность перераспределения части регулярного пассажиропотока на альтернативные виды транспорта, в частности на железную дорогу.

Моделирование распределения транспортных потоков на дорожной сети области осуществлялось путем построения равновесного потока на специальном графе организации движения, вершины которого соответствуют стоп - линиям на подходах к перекресткам, а дуги – проездам транспорта между стоп – линиями[8].

С математической точки зрения задача прогноза интенсивности движения транспортных потоков представляет собой задачу минимизации интегрального функционала специального вида при ограничениях потокового типа. Эта задача решается методом градиентного спуска (алгоритм Франка-Вольфа).

При определении времени проезда учитывались:

- расчетные скорости движения на участках автодорог;
- ограничение скорости движения на отдельных участках и на территории населенных пунктов;
- снижение скорости транспортного потока, обусловленное ростом его интенсивности, которое рассчитывалось с учетом характеристик участков дорожной сети;
- задержки транспорта, обусловленные проездом через перекрестки, оборудованные светофорным регулированием (на территориях населенных пунктов), которые рассчитывались по формуле Вебстера с учетом параметров светофорного регулирования;
- задержки транспорта на железнодорожных переездах.

## **Выводы**

Учет ограничений, связанных с запретами отдельных маневров транспортных средств, в том числе на развязках, осуществлялся путем исключения из графа организации движения соответствующих дуг.

Учет платности проезда на автомагистрали М-4 осуществлялся путем включения в граф дополнительных дуг («дуг оплаты»), отражающих въезд на автомагистраль, затраты на проезд по которым соответствовали тарифу за проезд по автомагистрали, а на других платных участках автодорог - путем включения «дуг оплаты» в перегоны этих магистралей, что позволяет моделировать покилометровую систему оплаты.

Организация платного проезда по рассматриваемому участку дороги приведет к снижению интенсивности движения (примерно на 23-30% по сравнению с вариантом бесплатной эксплуатации). Снижение произойдет как за счет перераспределения части потока по другим бесплатным маршрутам, в том числе и по предлагаемому альтернативному маршруту движения, так и вследствие отказа от поездок на автомобилях части пользователей и предпочтения ими железнодорожного транспорта.

В настоящее время платные автомобильные дороги имеются в большинстве развитых стран мира, при этом отмечается рост их протяженности и формирование взаимосвязанных систем платных магистралей. Правительства целого ряда развивающихся государств реализуют программы строительства платных дорог с привлечением частных инвестиций. Таким образом, положительный опыт создания систем платных автомобильных дорог получает всё большее распространение в мире.

## **Список литературы**

1. **A method of computing the traffic flow distribution density in the network with new flow-forming objects being put into operation Naumova N.A., Zyryanov V.V. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2015. Т. 78. № 1. С. 76-83.**
2. **Особенности методов моделирования на платных дорогах. Домбалян А.В., Галкина Г.А. Инженерный вестник Дона, 2013 Т.27 №4, с.168**
3. **Особенности методов управления транспортным спросом. Домбалян А.В. Научное обозрение, 2014 №10-2 с. 568-571**
4. **Метод динамического расчета матрицы корреспонденций Наумова Н.А., Зырянов В.В. Фундаментальные исследования. 2015. № 2-21. С. 4622-4624.**
5. **Особенности применения основной диаграммы транспортного потока на сетевом уровне. Зырянов В.В. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 7. № 21 (124). С. 71-74.**
6. **Развитие и совершенствование системы управления платными дорогами Домбалян А.В. Научное обозрение, 2014 №10-3 с. 823-826**
7. **Применение моделей выбора маршрута движения при прогнозировании распределения транспортных потоков на проектируемой дорожной сети Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Феофило-**

ва А.А. Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог. Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. 2013. № 4 (63). С. 33-40.

8. Моделирование и анализ спроса на объекты совершенствования транспортной сети Зырянов В.В., Криволапова О.Ю. Инженерный вестник Дона. 2012. Т. 22. № 4-1 (22). С. 117.

**Домбальян А.В. Характеристика методики моделювання та визначення перспективного попиту на транспортні пересування і його розподілу в транспортній системі**

***Анотація.** У даній статті зачіпається актуальна проблема - моделювання та визначення перспективного попиту на транспортні пересування. Прогноз інтенсивності руху автомобільної дороги заснований на створенні та використанні комп'ютерної моделі транспортної системи зони тяжіння ділянки. Комп'ютерна модель реалізує двоетапну обчислювальну процедуру і має традиційну для світової практики транспортних розрахунків структуру «попит - навантаження».*

***Ключові слова:** транспортний попит, перспективна інтенсивність, транспортна модель, платна дорога.*

**Dombalyan A.V. Feature modeling techniques and identify future demand for transport movement and its distribution in the transport system**

***Annotation.** This article address the actual problem - modeling and identification of future demand for transport movement. Forecast of road traffic based on the creation and use of a computer model of the transport system of gravitation zone area. Computer model implements a two-step procedure for computing and has a traditional practice for the global transport calculations of the structure of "demand - load".*

***Keywords:** transport demand, promising intensity, transport model, a toll road*

*Стаття надійшла до редакції 05.03.2015 р.*