

дований должны содействовать *применению передовых технологий сбора данных*, например, мобильных и стационарных дистанционных датчиков, специализированных лабораторий (в том числе и специально укомплектованных), видеотехники и современных средств обработки изображений и видеоматериалов, систем обработки треков мобильных телефонов и ГЛОНАСС (GPS)-треков автомобилей и *валидации платежных инструментов на общественном транспорте* и т.п.».

*Окончательно поступила 22.01.2017 г.*

**УДК 625. 656:712**

**ПЕТЕРБУРГСКИЙ ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ЗАДАЧ**

**Л.А. Лосин**

*В статье представлено описание информационно-программного комплекса по моделированию транспортных потоков, разработанного специалистами СПб экономико-математического института РАН и ЗАО «Петербургский НИПИГрад». Приведено описание основных модулей данного комплекса применительно к транспортно-градостроительным задачам с кратким описанием постановок задач и расчетных возможностей.*

*The software complex for traffic flow modeling, developed by specialists of St. Petersburg State Research Institute of Economics and Mathematics (Russian Academy of Sciences) and St. Petersburg Research Institute of Urban Planning, is described. The article presents the main modules of the complex in relation to transport and urban development tasks and the summary of the modeling capabilities.*

В настоящее время в транспортно-градостроительном проектировании используются различные программные продукты, ориентированные на расчет матриц межрайонных корреспонденций и потоков в сети индивидуального и общественного транспорта. В соот-

ветствии со спецификой решаемых задач программные средства могут отличаться подходами к построению алгоритмов расчета.

В практике ряда петербургских проектных организаций уже много лет применяется информационно-программный комплекс по моделированию транспортных и пассажирских потоков, разработанный совместно специалистами Санкт-Петербургского экономико-математического института РАН (СПб ЭМИ РАН) и ЗАО «Петербургский НИПИГрад». На базе этого комплекса реализовано большое количество разработок в сфере градостроительства и территориального анализа, включая обоснование решений Генерального плана Санкт-Петербурга (2005 г.), Отраслевой схемы развития Петербургского метрополитена, Генеральной схемы развития Петербургского железнодорожного узла и другой документации, создаваемой для различных городов России.

История создания описываемого информационно-программного комплекса насчитывает уже более 50 лет, а идеологической основой моделей городских передвижений являются работы Г.В. Шелейховского середины XX века. Еще в 1960-х годах по его методу в НИИММ ЛГУ были начаты работы, связанные с применением математических методов в градостроительных расчетах. В те годы были выполнены первые разработки, связанные с проблемами функционально-пространственного развития городов, которые были посвящены применению математических методов для моделирования процессов транспортно-градостроительного развития. В период 60–70 годов достижения в области математического программирования в сочетании с ростом возможностей вычислительной техники создали благоприятные условия для широкого использования математических методов в различных областях социально-экономических исследований. Относительная автономность, технологичность, массовость транспортных процессов оказались стимулом к появлению целого ряда математических моделей транспортных перевозок, созданию эффективных алгоритмов, реализующих методы математического программирования для решения транспортных задач в матричной и сетевой постановках. Высокая степень универсальности транспортных моделей дала возможность широкого использования их в других областях исследований. Так, рассматриваемые нами транспортно-градостроительные модели являются не только инструментом совершенствования транспортной

системы, но и одним из основных звеньев в решении еще более крупных проблем, лежащих в сфере экономики недвижимости и связанных с эффективным развитием городских территорий.

К настоящему моменту разработан пакет прикладных программ, позволяющий реализовать решение целого спектра задач не только в сфере транспортно-градостроительного проектирования, но и в сфере комплексной градостроительной оценки территории. Таким образом, широкий охват решаемых задач позволяет говорить об универсальности данного информационно-программного комплекса с точки зрения его применения для решения задач прогнозирования и развития городской территории. Именно такой комплексный подход с использованием всех возможностей данного программного пакета и был реализован на этапе разработки действующего Генерального плана Санкт-Петербурга, когда был произведен сравнительный анализ вариантов территориального развития города, на основе которого и был предложен подход к функциональному зонированию территории.

Содержательная и алгоритмическая основа моделей, составляющих информационно-программный комплекс, отражены в многочисленных публикациях, в том числе в сборниках статей и монографиях [1], [2], [3].

Сравнение возможностей отечественных и зарубежных разработок в сфере транспортно-градостроительного моделирования, проведенное М.Л. Петровичем, Л.Ю. Истоминой, А.Ю. Суших [4], показало, в частности, что описываемый информационно-программный комплекс и достаточно распространенный в России программный пакет VISUM (Германия) очень похожи по структуре и логике. Авторы отмечают их единый понятийный аппарат, совместимую структуру программных средств, возможность получения одинаковых количественных и качественных параметров оценки потоко-распределения, возможность регулирования исходных данных. В тоже время, у информационно-программного комплекса разработки СПб ЭМИ РАН и ЗАО «Петербургский НИПИГрад» имеются и определенные достоинства, такие как доступность для большего числа пользователей вследствие использования программы MapInfo для ввода и анализа графической информации, простота формирования исходных данных и возможность быстрого запуска расчетов, возможность «укрупненного» моделирования (ввод данных только

по агрегированным районам и опорной сети магистралей), отсутствие практического ограничения на число узлов и отрезков сети, автоматизированный вывод обобщенных результатов расчетов, матриц корреспонденций и потоков в текстовом формате и формате MS Access, автоматизированный вывод транспортных потоков и матрицы корреспонденций между агрегированными районами в виде слоев формата MapInfo.

Далее приведем описание основных модулей программного комплекса применительно к транспортно-градостроительным задачам с кратким описанием постановок задач и расчетных возможностей.

### ***1. Модули, реализующие сетевой расчет матрицы межрайонных корреспонденций и потокораспределения на улично-дорожной сети и на сети общественного транспорта.***

Для распределения передвижений между парами транспортных районов при расчете матрицы межрайонных корреспонденций применяется так называемый «энтропийный» подход; затраты времени на передвижения между пунктами отправления и прибытия при расчете матриц определяются с учетом скоростных параметров элементов транспортной сети. Распределение корреспонденций производится на основе взаиморасположения потокообразующих и потокопоглощающих центров, конфигурации и параметров сети, а также поведенческих факторов. Алгоритм расчета потокораспределения на улично-дорожной сети и на сети общественного транспорта базируется на следующей гипотезе: выбор участниками движения пути следования определяется затратами на передвижение и осуществляется последовательным выбором в каждом промежуточном узле транспортной сети направления, обеспечивающего наилучшие условия дальнейшего движения. То есть, выбор пути следования определяется предстоящими затратами и не зависит от предыстории движения.

Данный подход является традиционным в транспортно-градостроительном моделировании и может применяться для решения задач диагностики и прогнозирования в рамках разработки документации территориального планирования городов и агломераций, а также комплексных транспортных схем, отраслевых схем развития отдельных видов транспорта, схем организации движения, иных видов проектной документации.

## ***2. Модуль, реализующий досетевой расчет матрицы межрайонных корреспонденций***

Чем больше горизонт планирования, тем большее значение приобретают досетевые методы расчета матриц. При долгосрочном планировании, т.е. в условиях значительной неопределенности, мы не можем ориентироваться на сеть, построение которой и является целью разработки транспортных проектов. Определяющим фактором при моделировании распределения корреспонденций на досетевом уровне становится взаимное расположение ареалов расселения и ареалов размещения мест приложения труда, то есть на первый план выходят такие факторы как параметры конфигурации городской территории, плотность размещения населения и мест приложения труда, а также взаимное расположение функциональных зон. Определение затрат времени на передвижения при таком подходе осуществляется на основе среднего (обобщенного) уровня транспортного обслуживания.

Расчет досетевых матриц межрайонных корреспонденций, затрат времени на межрайонные передвижения, а также скоростей основан на использовании следующих зависимостей, задаваемых на входе задачи:

- «функция тяготения», характеризующая изменение вероятности совершения корреспонденции с ростом затрат времени;
- зависимость затрат времени передвижения от «воздушных» расстояний между транспортными районами, определяющая средний (обобщенный) уровень транспортного обслуживания.

На основе полученных досетевых матриц возможно решение следующих задач:

- диагностика современного состояния транспортной системы;
- распределение корреспонденций по видам транспорта (синтез укрупненных показателей системы городского общественного транспорта).

Матрицы корреспонденций, полученные на досетевом уровне, могут использоваться при оценке таких показателей как транспортная работа, требуемая для реализации спроса, а также длина сети в целом по городу. Эта информация может быть востребована, в том числе, и для решения задачи синтеза транспортных сетей. Также

досетевая матрица может служить основой и для расчета потоко-распределения в сети.

### ***3. Модуль, реализующий решение задачи синтеза сети***

Как указано выше, на базе матриц, полученных на основе досетевого подхода, возможно решение задачи синтеза сети. Следует отметить, что характерной чертой практически всех используемых в настоящее время модельных комплексов является то, что они предназначены только для анализа вариантов развития транспортной системы; создание же самих вариантов является задачей проектировщика, поскольку при разработке проектных решений необходимо учитывать множество конкретных, иногда трудно формализуемых обстоятельств, которые остаются за рамками используемых моделей. В рамках этого модуля реализована попытка создания средств математического моделирования для синтеза транспортных сетей (под синтезом сети в данной задаче понимается построение обобщенной картограммы потоков, которая может служить основой для последующего проектирования сетевых решений).

Полученная в результате расчета в модуле № 2 матрица корреспонденций представляет собой спрос на услуги транспортной сети. В данном же модуле использован метод построения сети, которая реализовала бы этот спрос: спрос на транспортные услуги переносится на регулярную сетку, в результате чего на ней образуются потоки. При этом скорость движения по каждой дуге является монотонно возрастающей функцией потенциального спроса на ее использование, то есть увеличение спроса делает экономически обоснованной организацию более скоростного транспорта с большей провозной способностью. Такая реакция транспортной инфраструктуры на увеличение спроса будет стимулировать объединение потоков индивидуальных корреспонденций на некоторых участках в более крупные агрегированные потоки.

Отдельно можно выделить группу модулей, ориентированных на решение задач градостроительной оценки территории. Транспортно-градостроительные модели оказались инструментом, который достаточно эффективно используется при решении многих практических задач, связанных с развитием территории, в частности, в рамках разработки схем размещения объектов различных городских систем. В ходе этих разработок в явной или неявной форме возник-

ла тема сравнения различных фрагментов территории, оценка их пригодности для различных видов деятельности. Решение одной из задач можно интерпретировать как построение рационального размещения видов землепользования, учитывающего, с одной стороны, балансовые ограничения на общий объем территории для каждой функции и на размер каждой территориальной единицы, а, с другой стороны, влияние уровня потенциальной доходности территории для различных видов деятельности.

Дальнейшее развитие информационно-программного комплекса СПб ЭМИ РАН и ЗАО «Петербургский НИПИГрад» связано с расширением спектра задач, возникающих при выполнении научно-исследовательских и проектных работ. Принятая модульная структура, реализующая набор взаимосвязанных программ, позволяет оперативно реагировать на появление новых задач в сфере транспортно-градостроительного проектирования и градостроительной оценки территории.

Автор выражает искреннюю благодарность Владимиру Павловичу Федорову за помощь в подготовке текста данной публикации. Под руководством заведующего лабораторией математического моделирования функционально-пространственного развития городов СПб ЭМИ РАН к.ф.-м.н. В.П. Федорова с начала 1970-х годов велись работы по созданию представленного в статье информационно-программного комплекса по моделированию транспортных и пассажирских потоков.

## Литература

1. Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1979.
2. Мягков, В.Н. Математическое обеспечение градостроительного проектирования / В.Н. Мягков, Н.С. Пальчиков, В.П. Федоров. – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1989. – 144 с.
3. Экономико-математические исследования: математические модели и информационные технологии: Сборник трудов Санкт-Петербургского экономико-математического института РАН. – № 9. – СПб.: Нестор-История, 2015. – 84 с.
4. Петрович, М.Л. Сравнительный анализ программных комплексов для моделирования потоков в транспортной сети / М.Л. Петрович, Л.Ю. Истомина, А.Ю. Сущих // Социально-экономические

проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XVII международной научно-практ.конф. – Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2011. – С. 45–52.

*Окончательно поступила 06 января 2017г.*

## **2. Проблемы транспортного планирования и проектирования городов-центров и городских агломераций**

УДК 332:625. 656:712

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ И ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ**

**Л.Ю. Истомина**

*Рассматриваются различия в подходах при проектировании транспортной системы городской агломерации и транспортной системы города-центра системы расселения в рамках разработки документов территориально-транспортного планирования.*

*Discusses the differences in approaches in the design of the urban agglomeration transport system and the main city transport system as well as the settlement system in the framework of the territorial and transport planning documents development.*

В новейшей истории России понятие «городская агломерация» являлось лишь темой научных исследований, не находя ни политического, ни статистического выражения. Несколько лет назад, благодаря усилиям Министерства регионального развития, эта тема была взята на вооружение властями ряда субъектов РФ. По их заказу были разработаны Схемы территориального планирования Новосибирской, Челябинской, Барнаульской, Красноярской агломераций, КТС Екатеринбургской агломерации, находятся в процессе проектирования КТС Новосибирской агломерации. Имеются ли существенные отличия при проектировании развития транспортной системы городской агломерации и транспортной системы города-центра? Рассмотрим несколько аспектов.