

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Калужный Николай Анатольевич

ФГБУН Институт проблем региональной экономики Российской академии наук, Санкт-Петербург (старший научный сотрудник, кандидат технических наук)
e-mail: koka2424@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2269-5195

***Аннотация:** В статье приводятся основные этапы математического моделирования транспортных систем на сетевом и досетевом уровнях. Предлагается способ формирования системы транспортно-пересадочных узлов на основании показателей (характеристик), полученных при сетевом моделировании системы городского пассажирского транспорта. Полученные результаты сравниваются с известными программами развития транспортной системы Санкт-Петербурга.*

***Ключевые слова:** транспортно-пересадочные узлы, моделирование, система городского пассажирского транспорта.*

THE METHOD OF FORMING A SYSTEM OF TRANSPORT HUBS BASED ON THE ANALYSIS OF THE RESULTS OF MODELING THE URBAN PASSENGER TRANSPORT SYSTEM

Kalyuzhnyi Nikolaj Anatolievich

Institute for Regional Economic Studies Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg
(Senior Researcher, PhD in Technics)

***Abstract:** The article presents the main stages of mathematical modeling of transport systems at the network and pre-network levels. A method of forming a system of transport hubs is proposed based on the indicators (characteristics) obtained during network modeling of the urban passenger transport system. The results obtained are compared with well-known programs for the development of the transport system of St. Petersburg.*

***Keywords:** transport hubs, modeling, urban passenger transport system.*

На сегодняшний день моделирование потоков транспорта и пассажиров в городах является первостепенной задачей при технико-экономических обоснованиях развития транспортной системы города. Ни один проект не может быть принят в разработку без прогнозной оценки принимаемых решений на перспективное развитие.

Математические модели прогноза потоков пассажиров и транспорта, разработанные в лаборатории математического моделирования социально-пространственного развития городов ИПРЭ РАН [5], состоят из трех больших групп транспортно-градостроительных моделей (рис. 1):

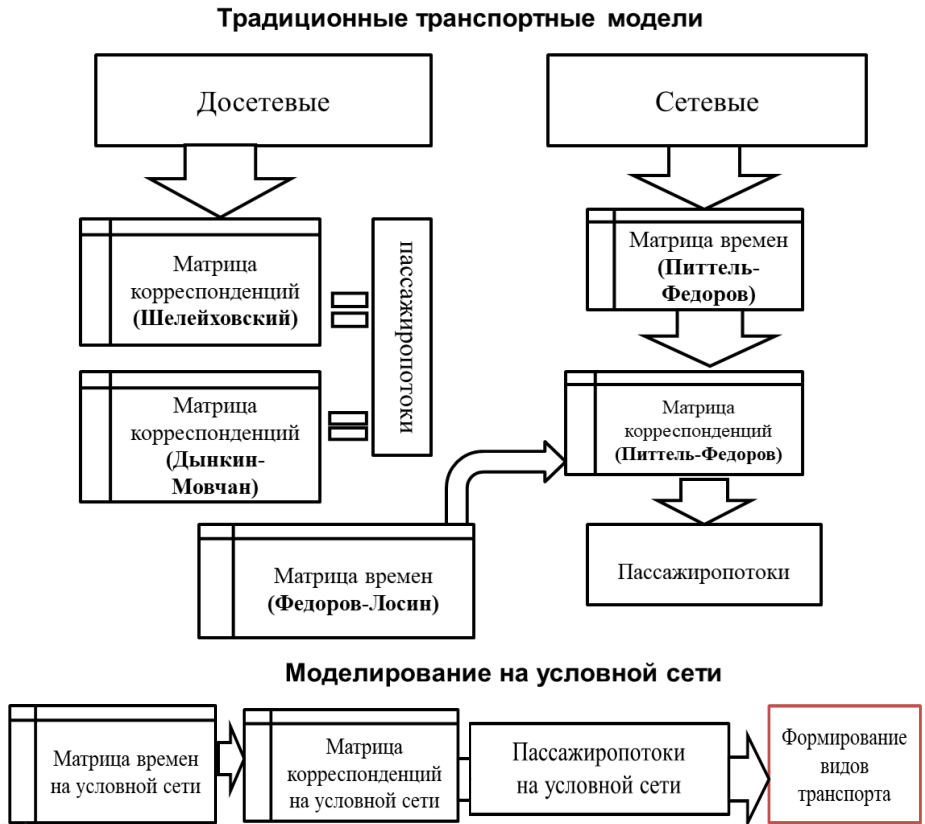


Рис. 1. Основные математические модели, разработанные в лаборатории математического моделирования функционально-пространственного развития городов ИПРЭ РАН

- сетевые модели – для классических расчетов транспортных систем на сложившейся или проектируемой сети;
- досетевые модели – решающие задачу синтеза (построения) сети на основе среднего уровня транспортного обслуживания с учетом взаимо-

расположения потокообразующих и потокопоглощающих центров и поведенческих факторов населения (функция тяготения);

- модели на условной сети – транспортный граф задается условной сеткой.

При разработке моделей и выборе направлений исследований обычно ориентируются на следующие основные направления развития городов и их транспортных систем, базирующиеся на передовом опыте многих городов мира:

- опережающее развитие общественного транспорта;
- организация мультимодальных транспортно-пересадочных узлов;
- интеграция различных видов общественного транспорта в единую систему внутриагломерационных перевозок;
- развитие альтернативных видов городского пассажирского транспорта;
- полицентризм.

Вместе с транспортными показателями могут быть поставлены задачи исследования экономических показателей функционирования транспортных систем:

- обоснование критических значений затрат времени и стоимости проезда;
- проведение анализа эластичности спроса на пассажироперевозки в зависимости от размера платы за проезд и моделирование тарифных планов оплаты проезда по элементам системы общественного транспорта.

Классическая четырехступенчатая модель расчетов предполагает: расчет матриц корреспонденций между транспортными районами, распределение перемещений по транспортной сети, выбор транспорта, формирование транспортного потокораспределения.

Основой правильного моделирования является формирование матриц корреспонденций, т.е. спроса на перемещения. Начало расчета матриц межрайонных передвижений в аналитическом виде было предложено в 1934 году в качестве табличного представления плотности распределения населения к местам приложения труда в зависимости от времени доступности. Далее был предложен способ построения матрицы корреспонденций на основании разработанного табличного представления плотности распределения населения к местам приложения труда в зависимости от времени доступности с учетом максимальной дальности передвижения в 6 км.

Сегодня для построения матриц корреспонденций используется в том или ином виде **гипотеза трудового расселения [4]** – доля населения в транспортном районе прямо пропорциональна селитебной емкости и обратно пропорциональна квадрату трудности сообщения. Для наглядности ее представляют кри-

выми расселения, которые строятся на основании информации о системах расселения в рассматриваемых городах (рис. 2).

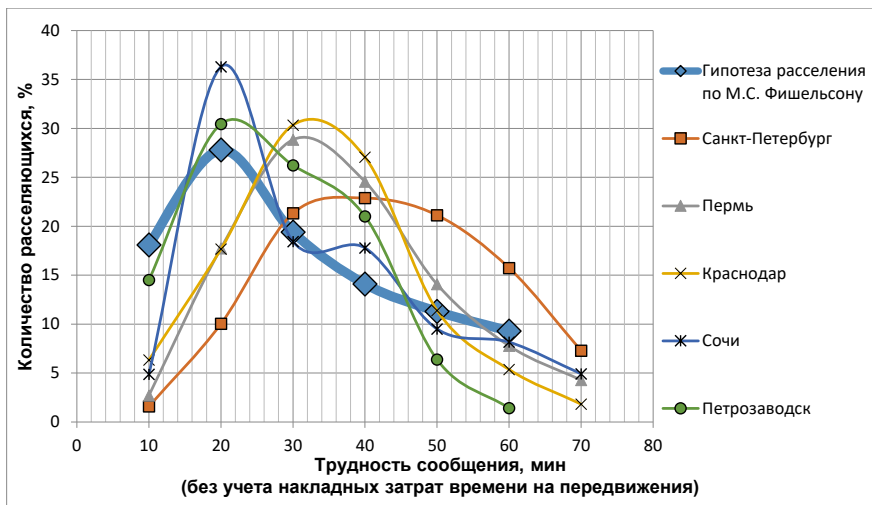


Рис. 2. Гипотеза трудового расселения

В классической (сетевой) схеме расчета матриц межрайонных передвижений подразумевается выбор корреспондентами районов прибытия исходя из возможностей сети. При разработке же проектов на перспективу, даже когда речь идет о сложившихся городах, такой подход не всегда приемлем.

Например, близко расположенные районы, разделенные водной преградой и потому практически недоступные в настоящее время друг для друга по сети, вполне могут быть взаимно привлекательны для жителей при строительстве мостового перехода.

При расчете же корреспонденций в сетевой модели получится, что затраты на такое передвижение оказываются велики, и, как следствие, число корреспондентов между этими районами будет небольшим, из чего можно будет сделать вывод о нецелесообразности строительства переправ на связи этих районов. Говоря же о 20-, 30-летней перспективе, на которую разрабатываются многие проекты, нельзя ориентироваться на конфигурацию сети, так как построение ее и является одной из основных целей разработки таких проектов [2]. Таким образом, возникает потребность в разработке досетевых моделей формирования межрайонных корреспонденций, которые учитывали бы общий уровень транспортного обслуживания, скоростные параметры сети, но были бы менее подвержены влиянию геометрических особенностей и ограничений сети. Такие

модели позволят более адекватно выявлять потенциальный спрос на межрайонные передвижения и называются **досетевыми**.

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. Досетевые модели предоставляют проектировщику информацию о направлениях развития транспортной сети в условиях заданного размещения функциональных зон. Моделирование распределения корреспонденций на досетевом уровне позволяет просчитать ситуацию наиболее полного раскрытия потенциала территории.

На основе описанной модели реализована модель формирования транспортно-пересадочных узлов (рис. 3).

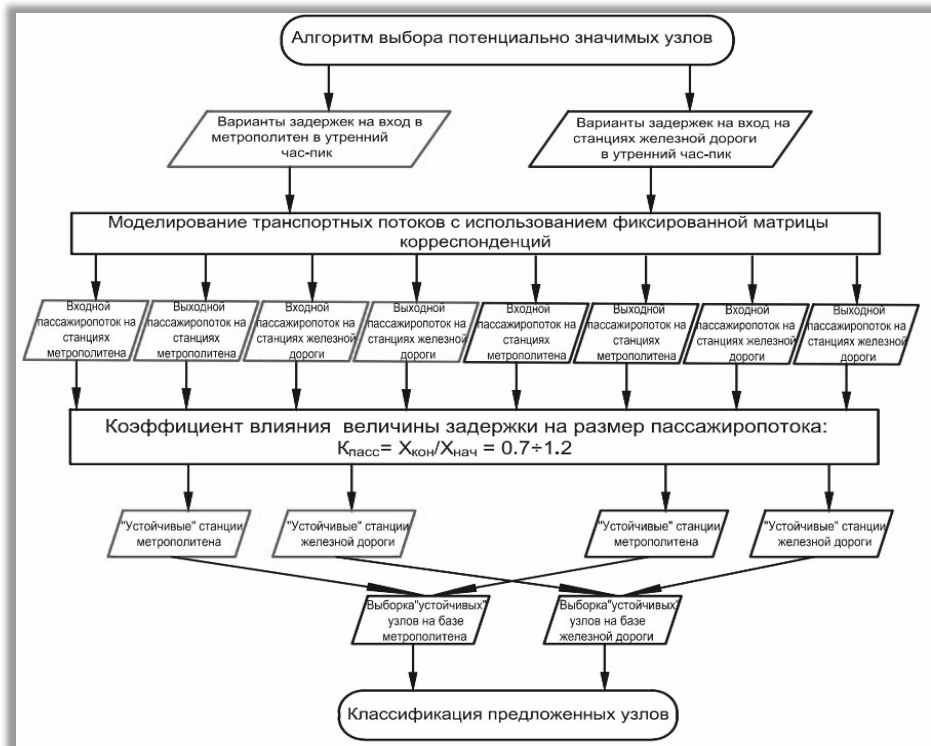


Рис. 3. Алгоритм выбора потенциально значимых узлов

С помощью описанной модели и разработанной методики, на основании спроса на передвижения посредством модельного эксперимента с задержками времени на посадку и высадку пассажиров определяются потенциально значимые узлы, где спрос на передвижения остается значительным и постоянным [1].

В таких узлах предлагается организовывать транспортно-пересадочные узлы, в которых время на пересадку сводится до минимума или нормативного в целях снижения общего времени поездки (рис. 4).

Сравнив выборки, полученные с помощью математического моделирования, с принятыми решениями по созданию транспортно-пересадочного узла (ТПУ) в Стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года [3], возможно получить уточненную сводную таблицу потенциально значимых узлов (табл. 1), на основе которых целесообразно устраивать ТПУ на ближайшую перспективу.

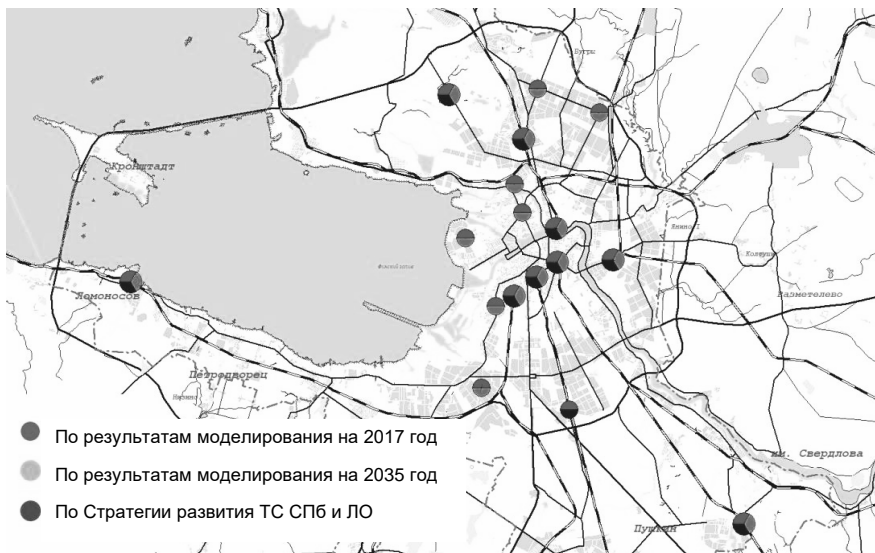


Рис. 4. Расположение потенциально значимых узлов в системе городского общественного пассажирского транспорта Санкт-Петербурга

Сводная таблица потенциально значимых узлов

№ п/п	Название станции	Расчеты на 2017 год	Расчеты на 2035 год	Стратегия развития ТС СПб
1	Нарвская	✓	✓	✗
2	Площадь Ленина (Финляндский вокзал)	✓	✓	✓
3	Площадь Восстания (Московский вокзал)	✓	✓	✓
4	Пушкинская (Витебский вокзал)	✓	✓	✓
5	Балтийская (Балтийский вокзал)	✓	✓	✓
6	Ладожская (Ладожский вокзал)	✓	✗	✓
7	Черная речка	✓	✓	✗
9	Проспект Ветеранов	✓	✓	✗
10	Гражданский проспект	✓	✓	✗
11	Проспект Просвещения	✓	✓	✗
12	Приморская	✓	✓	✗
13	Комендантский проспект	✓	✓	✗
14	Купчино	✓	✗	✓
15	Ораниенбаум I	✓	✓	✓
16	Петроградская	✓	✓	✗
17	Колпино	✗	✓	✓

Следует отметить, что основным критерием выборки потенциально значимых станций, полученных в результате расчетов, являлась величина пассажиропотока, поэтому многие станции, расположенные поблизости от станций железной дороги, но имеющие незначительный пассажиропоток в расчетный утренний час-пик, в представленную выборку не вошли.

Примечательно, что полученные узлы частично отражают решения, принятые в Стратегии. Таким образом, при обосновании решений по модернизации системы городского общественного пассажирского транспорта необходимо применять средства математического моделирования потоков пассажиров и транспорта, а результаты расчетов использовать как один из критериев для сравнения проектных решений.

Библиографический список

1. Калужный Н.А. Методика оптимизации размещения транспортно-пересадочных узлов в системе городского пассажирского транспорта : дис. канд. техн. наук : специальность 05.22.01 / Калужный Николай Анатольевич; – СПб., 2019. – 254 с.
2. Лосин Л.А. Моделирование транспортных систем городов на основе досетевого расчета матриц межрайонных передвижений : дис. канд. техн. наук: специальность 05.22.01 / Лосин Леонид Андреевич; – СПб., 2015. – 173 с.
3. Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года // Дирекция по развитию транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области: сайт. - СПб. – URL: <http://www.spbtrd.ru/program-development/>.
4. Фишельсон, М.С. Транспортная планировка городов: учебное пособие для вузов / М.С. Фишельсон. – М.: Высшая школа, 1985. – 240 с.
5. Экономико-математические исследования: математические модели и информационные технологии. Сборник трудов Санкт-Петербургского экономико-математического института РАН. №9. Математические модели в исследовании процессов развития городской среды / Ред.Засл.дейтель науки, д.ф.-м.н. И.В.Романовский. – СПб.: Нестор-История, 2015. 84 с.