

---

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УЧАСТКА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ  
ГОРОДА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ  
ДВИЖЕНИЯ ЧЕРЕЗ ПУТЕПРОВОД**

**Д.Ф. Давлетшин, И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, П.А. Буйвол, Э.И. Беляев,  
К.В. Попова (Набережные Челны)**

В настоящее время моделирование является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, в частности, транспортных, используемым для принятия решений в различных сферах деятельности.

Модель является аналогом реального объекта, отражающим подобие свойств или соотношений с рассматриваемой реальной задачей. Моделирование позволяет изучать сложные задачи движения транспорта путем постановки компьютерного эксперимента в тех случаях, когда прибегнуть к проведению натурального эксперимента в реальных условиях невозможно. В более общем смысле моделирование можно определить как динамическое отображение некоторой части реального мира путем построения модели на компьютере и проигрывания ее во времени.

В современных условиях задача моделирования автомобильных и пассажирских потоков в транспортной сети крупных городов является актуальной в связи со всевозрастающей мобильностью населения. Математическая модель при этом должна учитывать следующие важные аспекты процесса формирования транспортных потоков [1]:

в условиях высокой степени загруженности улиц и магистралей города пропускные способности элементов улично-дорожной сети (УДС) играют решающую роль при выборе маршрутов передвижений;

плотность транспортных потоков и их распределение в пределах УДС постоянно меняются в течение суток, а также в зависимости от дня недели и времени года;

на выбор путей и способов передвижений влияют факторы разной природы, к которым относится и время, затрачиваемое на перемещения;

существует взаимная зависимость между процессами формирования транспортных потоков и пассажирских потоков в системе общественного транспорта.

За последние 50 лет было создано множество математических вероятностных моделей, которые на микро- и макроуровнях моделируют транспортные потоки. Чаще всего модели, имитирующие движения транспортных потоков, делят на 4 класса, согласно подходу к уровню моделирования деталей:

1. макроскопические модели, в которых транспортный поток представляется как поток частиц, которые подчиняются законам гидродинамики.

2. микроскопические модели, которые сосредотачиваются на индивидуальных транспортных средствах и их поведении. Они используют меньше вычислительных ресурсов и поэтому допускают моделирование больших дорожных сетей, но результаты часто менее точны по сравнению с микроскопическим моделированием.

3. мезоскопические модели, пытающиеся заполнить промежуток между макроскопическим и микроскопическим моделированием при использовании индивидуальных транспортных средств, которые приводятся в действие через контролируемые макроскопические переменные.

4. субмикроскопические модели, обеспечивающие самый высокий уровень детализации. Поэтому они чаще всего используются для моделирования поведения одиночного транспортного средства в автомобильной промышленности [2].

Анализ работ, посвященных моделированию транспортных систем [3,4], показал, что, как правило, работы подобного рода выполняются либо с целью изменения

топологии УДС, либо для обоснования изменения схем движения транспорта (изменения схем светофорного регулирования, введения ограничений и т.п.). Рассматриваемая работа выполнялась для обоснования необходимости корректировки участка УДС, для снижения числа ДТП. Каждый такой участок уникален с точки зрения организации движения транспорта и пешеходов, поэтому требует отдельных исследований.

Учитывая, что транспортная система относится к числу сложных систем, построение имитационной модели включало следующие этапы:

- 1) определение системы – установление границ системы, подлежащей изучению;
- 2) формирование модели – переход от реальной системы к некоторой степени ее детализации, обеспечивающей достижение преследуемой цели моделирования;
- 3) подготовка данных – отбор данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме;
- 4) трансляция модели – построение модели в выбранной среде моделирования, или представление ее на языке, приемлемом для использования на компьютере;
- 5) оценка адекватности – повышение до приемлемого уровня степени уверенности, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальной системе, полученных на основании обращения к модели;
- 6) реализация – практическое использование модели и (или) результатов моделирования [5].

В качестве объекта моделирования был выбран участок УДС города Набережные Челны.

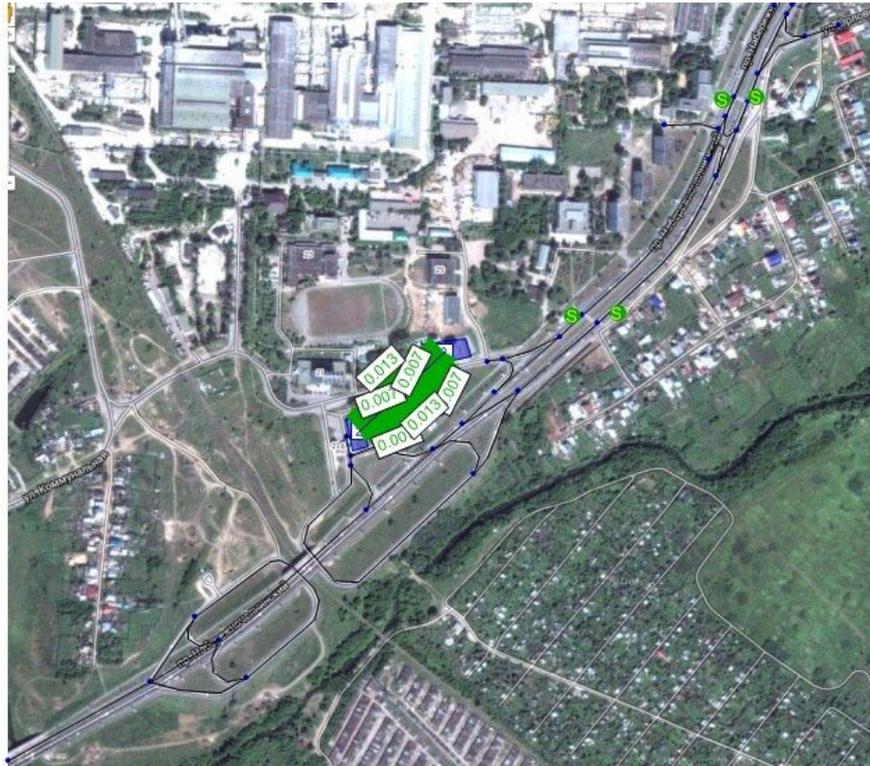
Аналогично другим крупным городам, в Набережных Челнах с каждым годом наблюдается рост уровня автомобилизации. За первый квартал 2013 года в Набережных Челнах зарегистрировано 4887 новых автомобилей, что на 4,5% больше, чем за тот же период прошлого года. По сравнению с показателями 2011 года, прирост составил 43% [6]. Сегодня в городе на 1 тыс. жителей приходится около 300 автомобилей [7]. Всего в Набережных Челнах на 30.07.2013 зарегистрировано 172 тысячи транспортных средств, в то время как на аналогичный период прошлого года их численность составляла 164 тысячи. Прирост, таким образом, составил 8 тысяч машин. Ранее, когда действовала прежняя программа дешевых автокредитов, годовой прирост составлял 15 800 автомобилей, то есть в два раза больше. В ноябре правительство возобновит льготное автокредитование для граждан. И, опираясь на эту статистику, можно предположить, что прирост челнинского автопарка с началом льготного автокредитования может увеличиться вдвое [8].

На пространственно-планировочную организацию города существенное влияние оказала природно-ландшафтная ситуация: город ориентирован на акваторию Нижнекамского водохранилища, Шильнинский залив, а также на расположенные на их берегах лесные массивы. В основу планировочной организации города была положена линейная структура открытого типа с «классическим» функциональным зонированием, с параллельным расположением промышленной и жилой зон, пригородной зоны отдыха. Транспортно-планировочный каркас города составляют продольные магистрали, связывающие жилые районы города, что дает основание отнести планировочную схему УДС города к прямоугольной. Главным «диаметром» города является продольная магистраль, включающая в себя пр. М. Джалиля, пр. Набережночелнинский и пр. Мира [9]. По своему назначению и транспортным нагрузкам, наиболее важными существующими транспортными магистралями города является Набережночелнинский проспект [10]. Путепровод, связывающий два района города – Новый город и его старую часть (поселки ГЭС, ЗЯБ, Сидоровка, район Замелекесья) представляет собой участок данного проспекта от остановки «Пединститут» до остановки «Орловка». Исследование данного

участка УДС проводилось с выездом на место, а также с помощью изучения данных электронных карт.

В качестве среды моделирования были выбраны продукты PTV Vision VISUM и PTV Vision VISSIM, в которых в соответствии с принятой классификацией реализуются макро- и микроскопические модели.

Основу модели составила предварительно загруженная в PTV Vision VISUM карта рассматриваемого участка города, на которой затем, с помощью отрезков и узлов, была нарисована модель, с указанием числа полос, направления движения, места остановок маршрутных автобусов и районов (рис.1)



**Рис. 1. Готовая модель участка в PTVVisionVISUM**

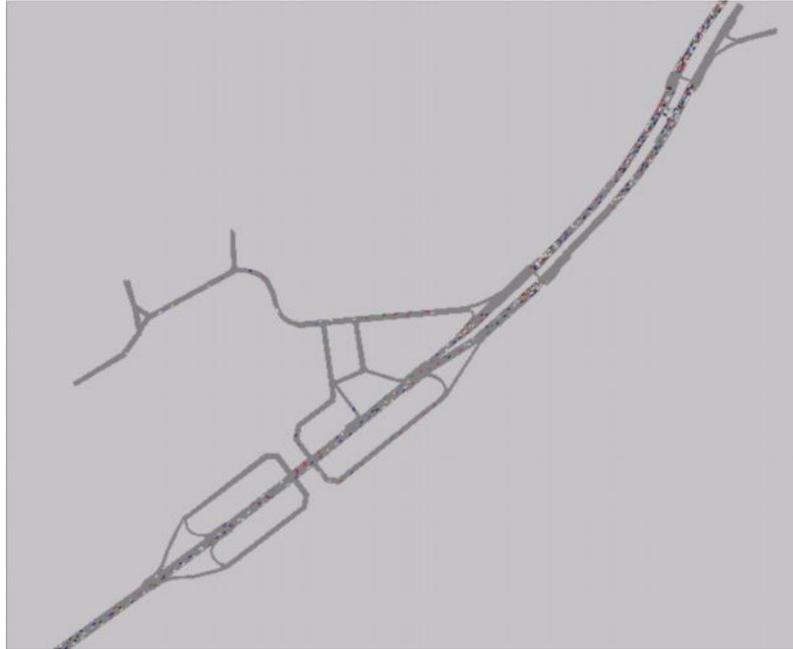
Разработка модели в PTV Vision VISSIM включала следующие этапы:

1. Прорисовка модели участка с учетом полос движения, съездов, разворотов, остановок.

2. Установка светофоров и их настройка, определение мест остановок маршрутных автобусов, пешеходных переходов. Запуск потоков транспортных средств и пешеходов (рис.2).

Для калибровки модели использовались результаты замеров потоков автотранспорта на рассматриваемом участке УДС. В ходе исследования участка УДС, расположенного от остановки «Орловка» до остановки «Пединститут» была выполнена оценка интенсивности движения в часы наибольшей плотности транспортного потока, т.е. в часпик, что наблюдалось в утренние часы с 7:00 до 9:00, в обеденное время с 11:00 до 13:00 и в вечернее время с 16:00 до 18:00.

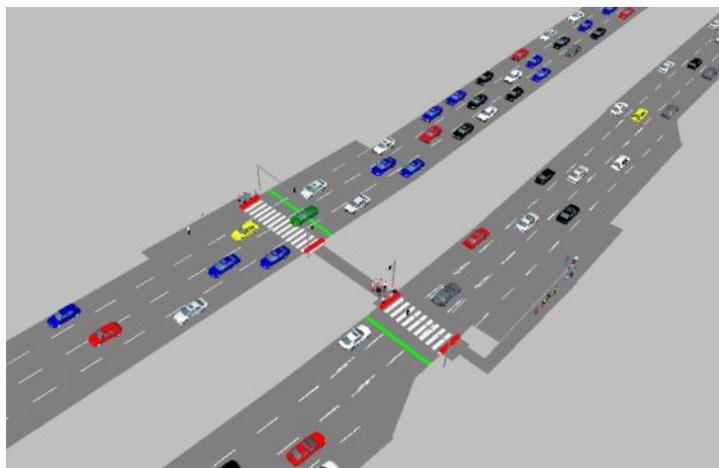
В ходе калибровки модели была достигнута приемлемая согласованность результатов расчета с имеющимися фактическими данными. Модель работоспособна и может использоваться для прогнозирования ситуаций, возникающих на транспортной сети в случае изменения ее структуры или градостроительных условий. Прогнозирование может осуществляться для любых периодов рабочего дня.



**Рис. 2. Готовая модель участка в PTVVisionVISIM**

Прогон модели показал, что дорожная сеть в данный момент справляется с нагрузкой (за исключением ситуаций с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП)), но с увеличением численности транспортных средств эта ситуация может измениться. Поскольку реконструкция путепроводов невозможна вследствие ограничений по нагрузке на несущие конструкции, закладываемых при проектировании, в качестве мероприятий по снижению интенсивности движения на данном участке предлагается применение организационных мер, заключающихся в частичном ограничении доступа личного транспорта на данный участок в часы-пик. Наряду с этим необходима и возможна реконструкция объездных дорог, в частности автодороги № 1.

В результате частых ДТП на данном участке (вследствие плотного потока и низкой культуры вождения), движение транспортных средств по путепроводу сильно замедляется, образуются заторы, что приводит и к ухудшению состояния окружающей среды. Поскольку концентрация угарного газа достигает максимума при работе автомобиля на холостом ходу, вредные вещества попадают не только в атмосферу, но и в организм человека, вызывая в дальнейшем серьезные заболевания.



**Рис. 3. Работа модели в 3D**

Перенаправление основного транспортного потока не через жилые районы, а по объездным автодорогам также поможет негативное воздействие автомобилей на окружающую среду, уменьшив объемы выбросов в атмосферу выхлопных газов.

Дальнейшая работа может быть связана с моделированием различий в структуре передвижений в разные дни недели и разное время года. Такое моделирование возможно после проведения необходимых обследований транспортных потоков.

### Литература

1. **Алиев, А. С.** Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к Московской агломерации / А. С. Алиев, А. И. Стрельников, В. И. Швецов // Автоматика и Телемеханика. – 2005. – № 11. – С. 113–125.
2. **Беспалов, Д.** Методы моделирования транспортных потоков. URL: <http://bespalov.me/2012/07/16/metody-modelirovaniya-transportnyh-potokov/>. – Дата обращения: 15.09.2013.
3. **Яцкив, И.В.** Использование возможностей имитационного моделирования для анализа транспортных узлов / И.В. Яцкив, Е.А. Юршевич, Н.В. Колмакова// II Всероссийская конференция «ИММОД-2005». URL:<http://www.gpss.ru/immod05/s3/yackiv/index.html>. – Дата обращения: 20.09.2013.
4. **Липенков, А. В.** Моделирование пассажирского автобусного маршрута в AnyLogic/ А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев//V Всероссийская конференция «ИММОД-2011». URL: <http://immod.gpss.ru/files/2011/104.pdf>. – Дата обращения: 13.09.2013.
5. **Гуменюк, Н.С.** Разработка имитационной модели работы транспортной системы / Н.С. Гуменюк, И.В. Гамей. URL: [http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7797097](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7797097). – Дата обращения: 13.09.2013.
6. Деловой центр республики Татарстан. URL: <http://tatcenter.ru/news/124596/>. – Дата обращения: 11.07.2013.
7. Деловая электронная газета Татарстана. URL: <http://www.business-gazeta.ru/article/55907/>. – Дата обращения: 11.07.2013.
8. Челны завалит машинами // Челны ЛТД. URL: [http://www.chelnyltd.ru/tema\\_pomera/chelni\\_zavalit\\_mashinami](http://www.chelnyltd.ru/tema_pomera/chelni_zavalit_mashinami). – Дата обращения: 30.07.2013.
9. Генеральный план г. Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т. 3. – Казань: 2009. – 140 с.
10. Генеральный план г. Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т. 9. – Казань: 2009. – 72 с.