

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, К. А. Шубенкова (Набережные Челны)

## Актуальность исследования

В перечне критических технологий РФ на период до 2010 года безопасность движения, управление транспортом были выделены как приоритетные направления.

Обеспечивая новое качество жизни людей и способствуя развитию рыночной экономики, автомобилизация сопровождается и негативными последствиями. Одним из них является ущерб от дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Ежегодно на российских дорогах гибнут 35 тыс. человек, 200 тыс. человек получают увечья.

Как показывает анализ состояния транспортной сети городов и способов организации дорожного движения, существует целый ряд проблем, которые требуют поиска научно обоснованных путей решения.

## Существующие способы решения проблемы

На сегодняшний день предлагается множество вариантов решения проблемы, как технических, так и организационно-управленческих, таких как: переход на малолитражные автомобили, создание резиновых дорог, повышение культуры вождения, использование информационных технологий и математических методов и моделей управления.

Существующие методы анализа и обработки статистической информации позволяют выявлять закономерности и анализировать процессы в сложных организационно-технических системах, к которым можно отнести и транспортно-дорожный комплекс. Для этих целей создаются информационные системы, используются имитационные модели, методы статистического анализа и прогнозирования. Однако результаты анализа будут корректными только в том случае, если информация, на основе которой он производится, будет полной, хорошо структурированной и формализованной. В настоящее время трудности формализации процесса движения транспортного потока стали серьезной причиной отставания результатов научных исследований от требований практики.

Поскольку организация управления транспортными потоками относится к такой области, где проведение натурального эксперимента затруднительно или невозможно, имитационное моделирование во многих случаях становится единственным инструментом эффективного принятия решений в данной области. Одним из основных достоинств этого метода является то, что в отличие от аналитического имитационное моделирование транспортных потоков позволяет многократно воспроизводить исследуемую систему и определять оптимальное ее состояние.

Таким образом, создание имитационной модели маршрутной сети города на основе научного анализа статистической информации позволит демонстрировать, а также прогнозировать ситуацию на дорогах г. Набережные Челны.

Разработка имитационной модели маршрутной сети города и эксперимент на модели включали в себя три этапа:

1. Разработка имитационной модели маршрутной сети города;
2. Компьютерный эксперимент с моделью – выделение наиболее перегруженных участков;
3. Выработка рекомендаций по перераспределению транспортных потоков на основе анализа имитационной модели.

## Моделирование транспортных потоков г. Набережные Челны. Отличительные особенности модели

Авторами [4] предлагается для анализа транспортных потоков использовать модель системы городского общественного транспорта, реализованную средствами языка GPSS.

Создание такой модели было обусловлено необходимостью решения транспортной проблемы крупных городов России, поскольку их транспортная инфраструктура не соответствует современным требованиям и росту числа автомобилей.

Набережные Челны – город молодой и в силу этого сравнительно компактный, к тому же он проектировался с учетом возможного роста на дорогах количества как индивидуального, так и пассажирского транспорта. Однако даже эти меры (широкие проспекты, прямоугольная планировка, вынос трамвайных линий за пределы движения автотранспорта) не снимают проблемы перегруженности автомобильных дорог города, особенно в так называемые «часы пик».

Предлагаемая модель имеет свои отличительные черты, обусловленные особенностями как города, так и среды моделирования.

Для разработки имитационной модели дорожно-транспортной сети была выбрана среда имитационного моделирования AnyLogic, поскольку в данной среде реализованы средства визуализации модели, существует возможность создания библиотеки объектов и есть средства для проведения оптимизационного эксперимента на модели.

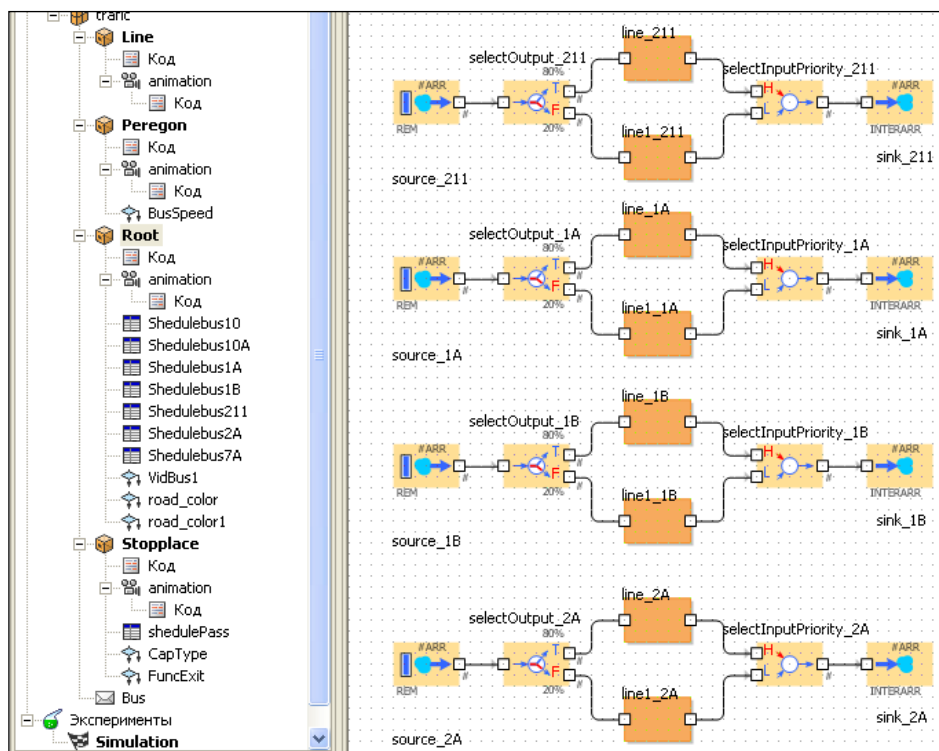
Для построения модели работы городского маршрута объявлены следующие классы для описания реальных объектов: *Root*, *Line*, *Peregons*, *Stopplace*.

*Root* является основным классом, описывающим транспортную сеть города. Как видно из рис. 1, в нем построена блок-схема с помощью объектов библиотеки *Enterprise Library*, а также двух активных объектов *Line*, моделирующих работу каждого направления маршрутов. Класс *Line*, в свою очередь, имеет дочерние классы *Peregon* и *Stopplace*, объекты которых моделируют соответственно перегоны между остановками и непосредственно остановки с ожидающими людьми на них. Активный объект *Line* включает в себя необходимое количество объектов *Peregons* и *Stopplaces*, генератор заявок (автобусов) *Sourse*, а также блок уничтожения заявок и подсчета статистических данных *Sink*. Все объекты в модели взаимосвязаны друг с другом.

Маршрутная сеть городского пассажирского транспорта содержит 34 маршрута, однако на интерактивную карту города при разработке модели было наложено 7 маршрутов со всеми остановочными пунктами на линии и конечными остановками. Это позволило провести компьютерный эксперимент и оценить эффективность идеи создания подобной модели. Также было задано количество транспортных средств (ТС) каждого типа, непосредственно действующих на каждом из маршрутов, с учетом таких входных параметров модели, как вместимость и скорость движения каждого из них. Интервалы движения транспортных средств на маршрутах задавались согласно графику движения. Время выхода на линию, время нахождения на остановках, а также количество пассажиров на остановках были заданы определенными законами в зависимости от времени суток. Исходными данными для вывода математических зависимостей служила статистическая информация результатов натурных наблюдений.

### **Компьютерный эксперимент с моделью**

Суть имитационного эксперимента на модели состоит в том, что микроавтобусы разных типов, с разными скоростями движения и разной вместимостью, выходя с заданным интервалом времени на линию, перемещаются по маршрутам от одного остановочного пункта до другого, останавливаются в них, высаживают пассажиров и забирают людей с остановки. Появление людей на остановках задается также по определенному закону в зависимости от времени суток.



**Рис. 1. Окно проекта, активного класса объекта Root**

Модель позволяет фиксировать количество маршрутных транспортных средств на каждом перегоне (участке дороги между остановочными пунктами) в каждый момент времени. Степень загруженности участков маршрутной сети города на модели определяется цветовой окраской. Так как в течение дня интенсивность движения пассажирского транспорта изменяется, то цвет участков маршрутной сети города в модели также будет меняться в зависимости от количества транспортных средств на перегоне в данный момент времени.

Таким образом, при проведении эксперимента на модели можно определять степень загруженности участков маршрутной сети города в каждый период времени. Кроме того, модель позволяет изменять исходные параметры (расписание автобусов, тип и количество ТС на маршруте, сами маршруты, скорость движения автобусов и т.д.) и проводить анализ изменения ситуации.

### **Перераспределение транспортных потоков на основе анализа имитационной модели**

Результаты эксперимента на имитационной модели дают основания для выработки рекомендаций по оптимизации маршрутной сети города, по изменению некоторых маршрутов следования городского пассажирского транспорта с целью объезда наиболее загруженных участков. Кроме того, такой анализ направлен на повышение качества функционирования транспортной системы города путем снижения вероятности ДТП и исключения простоя маршрутных транспортных средств вследствие заторов и пробок, а также способствует своевременности доставки пассажиров.

Анализ результатов имитационного эксперимента свидетельствует о том, что один из центральных проспектов города перегружен, поскольку основная часть маршрутов проходит по данному проспекту. С целью исследования возможности разгрузки указанного участка на модели были изменены интервалы движения автобусов по одному из маршрутов. Было выявлено, что данная мера способствует снижению напряженности на рассматриваемом участке. Кроме того, анализ заполнения транспортных средств и очередей на остановках показал, что даже при сокращении количества транспортных

средств на маршруте транспортная потребность населения будет полностью удовлетворена (указанные изменения параметров модели привели к незначительному увеличению времени ожидания транспортного средства на остановке).

Итак, подводя итог, можно сказать, что предлагаемая модель имеет следующие преимущества:

- 1) модель реальной транспортной системы построена на основе объектно-ориентированного подхода;
- 2) визуализация модели позволяет без труда выявить наиболее загруженные участки транспортной сети города, требующие перераспределения транспортных потоков.

### **Выводы**

Выполненный анализ средств исследования и оптимизации управления транспортными системами показал, что наиболее перспективным направлением для проигрывания упрощенных описаний реальных процессов с целью изучения их поведения в различных возможных ситуациях является имитационное моделирование.

Применение разработанной модели и анализ данных, полученных в результате оптимизационного эксперимента на основе ее использования, позволит повысить качество транспортного обслуживания населения, будет способствовать снижению напряженности на дорогах города и, вследствие этого, снижению числа ДТП, а также повлечет за собой улучшение экологической обстановки в некоторых районах города.

В дальнейшем данную модель можно совершенствовать, вводя в нее информацию о параметрах транспортных потоков немаршрутных ТС (легковых автомобилей и других ТС индивидуального пользования).

### **Литература**

1. Перечень критических технологий РФ, утвержденный президентом РФ 30.03.02 г. Ресурс доступа: <http://imlab.narod.ru/Projects/Prior/Prior.htm>
2. **Семенов В. В.** Смена парадигмы в теории транспортных потоков. М., 2006.
3. Анализ и оптимизация транспортных потоков с помощью моделирования. Ресурс доступа: [masters.donntu.edu.ua/2005/kita/shapovalova/library/sergeeva.pdf](http://masters.donntu.edu.ua/2005/kita/shapovalova/library/sergeeva.pdf)
4. **Воронин В. Е., Куранцева В. С.** Оптимизация управления транспортными системами с использованием имитационного моделирования. Ресурс доступа: <http://www.gpss.ru/immod07/doklad/65.html>