

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ**

**И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, Д.П. Тихонов, Э.И. Беляев, Д.Ф. Давлетшин
(Набережные Челны)**

Анализ состояния и функционирования транспортной системы (ТС) городов России свидетельствует о том, что ее стабильность и безопасность с каждым годом снижаются, ввиду несоответствия темпов роста автомобилизации уровню развития инфраструктуры улично-дорожной сети (УДС). Такие тенденции сохраняются, несмотря на принимаемые меры по обеспечению безопасности на транспорте, а также на то, что уровень автомобилизации в России еще далек от аналогичных показателей в странах Европы.

Для безопасного функционирования ТС развитие инфраструктуры и, в частности УДС должно опережать, либо, по крайней мере, соответствовать изменениям уровня автомобилизации. Прогнозировать изменение интенсивности движения автомобильного транспорта на УДС города сложно, поскольку необходимо учесть большое число стохастических факторов. Часто реконструкция УДС осуществляется без учета роста интенсивности движения и плотности потоков, поэтому расширение дорог с выделением дополнительных полос движения, строительство новых разворотов иногда не улучшают ситуацию на дорогах, а приводят к ее ухудшению.

Рост численности автомобильного парка зачастую не учитывается также и при строительстве центров притяжения населения. Это создает проблемы для водителей и пешеходов в местах въездов на территорию новых торговых центров и зон отдыха, вызывает рост числа ДТП и повышает вероятность возникновения пробок.

Поскольку ТС относится к классу больших систем, то оптимизация процессов в них связана с обработкой больших массивов данных и моделированием процессов. Это предполагает использование информационно-коммуникационных технологий. Не случайно такие исследования объединены единым термином «Интеллектуальные транспортные системы» (Intelligent transport systems). Наряду с системами искусственного интеллекта, эта область исследований является одной из самых динамично развивающихся и объединяет самые разные классы задач.

Устойчивость ТС больших городов и мегаполисов определяется устойчивостью входящих в них подсистем, а также устойчивостью связей между ними. Это, в значительной мере, обеспечивается качеством управления. В настоящее время для управления большими системами создают специальные средства, такие как системы поддержки принятия решений, экспертные системы и информационные системы управления. При этом такие системы предназначены как для целей стратегического управления, так и для решения локальных тактических задач. Рациональное управление позволяет не только повысить экономические показатели работы системы, но и решить социальные задачи по улучшению транспортного обслуживания населения, а также снизить негативное воздействие транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду.

Исследование с использованием ИТС можно проводить в нескольких направлениях:

1. Анализ реальных ситуаций, возникающих на УДС (например, авария, уборочные работы) на имитационной модели с учетом средней скорости движения и

плотности транспортного потока, времени ожидания в очередях (задержки в пути) транспортных средств и пассажиров

2. Поиск оптимального решения задач управления движением с выбором изменяемых параметров (таких как, время переключения светофоров, количество полос движения и др.). Целевой функцией в этом случае может быть средняя скорость на анализируемом участке УДС, время ожидания на перекрестках и т.д.

3. Прогнозирование влияния изменения топологии УДС (строительство объездных дорог, введение датчиков наличия транспортных средств на перекрестке, изменение типов перекрестков и т.д.) на важные характеристики транспортного потока.

4. Борьба с пробками на дорогах. Данная задача решается регулированием интенсивности движения в заданном направлении, например, перенаправлением маршрута пассажирского транспорта на альтернативные дороги.

Поскольку качество принимаемых решений по управлению большими системами зависит от качества информации, адекватности способов ее анализа, а также эффективного инструмента для работы с большими массивами данных, для этих целей создаются системы поддержки принятия решений (СППР) (англ. Decision Support System, DSS). Это компьютерные автоматизированные системы, сочетающие в себе свойства и возможности информационных систем управления и систем управления базами данных. Для анализа и выработки рекомендаций в СППР используются информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др. Конструкция СППР существенно зависит от вида задач, для решения которых она разрабатывается, от доступных данных, информации и знаний, а также от пользователей системы. При этом в СППР выделяют три основные части:

1. Система данных для сбора и хранения информации, получаемой из внутренних и внешних источников, как правило, это хранилище данных.
2. Система диалога, позволяющая пользователю задавать, какие данные следует выбирать и как их обрабатывать.
3. Система моделей - идеи, алгоритмы и процедуры, которые позволяют обрабатывать данные и проводить их анализ. Пользователь имеет опыт, знает ситуацию и руководствуется определенными соображениями при выборке данных. В обработке данных используются различные процедуры, от простого суммирования до статистического анализа и нелинейной оптимизации.

В качестве интеллектуального ядра СППР часто используют имитационные модели. Это позволяет выполнить не только качественный анализ процессов, но и исследовать последствия изменений в ТС. Кроме того, дает возможность выбрать вариант, удовлетворяющий всем ограничениям и получить при этом те оптимальные параметры системы для заданных условий [1, 2].

Разрабатываемое для этих целей программное обеспечение позволяет строить модели, отображающие процессы так, как они проходили в действительности, а затем проводить серию виртуальных экспериментов, задавая модельное время. При этом можно исследовать процесс как с помощью единичного испытания, так и задавая некоторое их множество, позволяющее подобрать оптимальные параметры процессов: результаты при этом будут определяться их случайным характером.

Поскольку модернизация топологии УДС города может применяться в

ограниченном числе случаев и является дорогостоящей, то наиболее часто применяется комплекс организационных и управленческих мер. Проверка эффективности предлагаемых мероприятий основана на всестороннем изучении транспортных потоков, что позволяет повысить эффективность использования УДС и повысить безопасность и устойчивость транспортной системы в целом.

Анализ транспортных потоков является наиболее важным этапом управления дорожным движением, при котором могут использоваться [3]:

1. Статистические данные, полученные с помощью:
 - 1.1. Транспортного обследования;
 - 1.2. Информации с автоматизированных пунктов учёта движения на дорогах, оснащенных детекторами транспорта;
 - 1.3. Экспертных оценок, полученных, в том числе, и при помощи виртуальных транспортных детекторов;
2. Результаты моделирования дорожно-транспортных ситуаций при помощи специального компьютерного обеспечения;
3. Результаты комплексных исследований.

Именно комплексный или комбинированный подход, при котором объединяются статистические данные, собранные при помощи всех доступных методов, и результаты моделирования, даёт обычно наилучшие показатели.

Основной задачей анализа транспортных потоков является формулировка заданий по разработке системы мероприятий, направленных на оптимизацию дорожного движения, среди которых могут быть [4]:

1. Реконструкция УДС;
2. Оптимизация работы имеющихся в наличии технических средств организации дорожного движения (информационных табло, светофоров и др.);
3. Разработка новых ИТС-решений.

Исследования проводились в г. Набережные Челны – втором по величине и численности населения городе Республики Татарстан. Это крупный индустриально-промышленный центр и важнейший транспортный узел республики. Аналогично другим крупным городам, для Набережных Челнов характерен рост уровня автомобилизации, так на 1 тыс. жителей города приходится порядка 300 автомобилей. Транспортно-планировочный каркас города составляют продольные магистрали, связывающие жилые районы города, что дает основание отнести планировочную схему УДС города к прямоугольной. По своему назначению и транспортным нагрузкам, наиболее важными существующими транспортными магистралями города являются улицы:

в широтном направлении: пр. М. Джалиля, пр. Набережно-Челнинский, пр. Мира, пр. Московский, пр. Сююмбике, пр. Чулман;

в меридиональном направлении: пр. Королева, пр. Дружбы Народов, пр. Хасана Туфана, пр. Вахитова, пр. Автозаводской, пр. Яшлек.

Указанные магистральные улицы, выполняют функции внутригородского распределения потоков массового пассажирского и грузового автотранспорта, обслуживание прилегающих районов и доставку населения к местам трудовой деятельности, учебы, досуга и отдыха. В городе на данный момент существуют 14 трамвайных маршрутов, а также 21 автобусный маршрут. Поскольку город активно развивается, актуальными являются такие задачи анализа и прогноза пассажирских и

автомобильных потоков на улично-дорожной сети города, как:
 оценка принятых планировочных решений по транспортным параметрам: уровню загрузки участков и узлов, скорости сообщения, доступности, числу ДТП;
 определение участков и узлов улично-дорожной сети, требующих перепланировки (изменение геометрических параметров, корректировка режимов работы светофора);
 определение требуемой пропускной способности реконструируемых и вновь строящихся участков и узлов сети.

Оптимальным методом для решения вышеуказанных проблем является имитационное моделирование. Для того, чтобы модель адекватно описывала существующую ситуацию, подготовительный этап включает в себя:

сбор сведений о городе в целом,
 составление схемы существующей улично-дорожной сети города,
 изучение планов по реконструкции улично-дорожной сети;
 мониторинг пассажиропотоков и транспортных потоков;
 сбор данных по уровню загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом на дорогах города.

В 2014 году проводилось натурное исследование транспортных потоков в городе Набережные Челны. В качестве объекта исследования был выбран участок дорожной транспортной сети города Набережные Челны рядом с торговым центром «Омега» (Рисунок 1). На данном участке пересекаются два основных проспекта города. Он является местом объединения большого числа маршрутов общественного транспорта. Кроме того, в 2014 году через данный перекресток прошла новая трамвайная линия, что привело к появлению остановки трамвая.

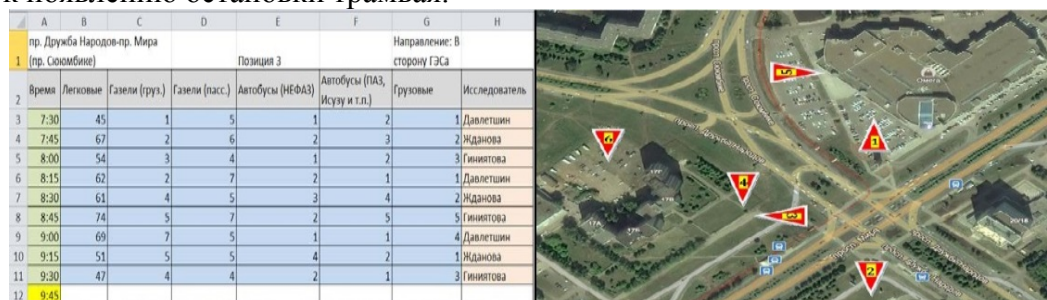


Рис. 1. Моделируемый участок УДС

Одним из методов оптимизации параметров транспортного потока на рассматриваемом участке является совершенствование маршрутной сети с помощью оптимизации светофорного регулирования. При обследовании измерялись такие параметры транспортного потока, как его интенсивность, состав по типам транспортных средств, плотность потока, скорость движения и задержки движения.

Исследование велось с использованием видеорегистраторов, установленных в автомобиле и видеокамер с последующей компьютерной обработкой изображений. Для выявления пиковых нагрузок УДС замеры проводились в будние дни по следующему графику: 1) 07:00 – 09:00 2) 11:30 – 13:30 3) 16:30 – 18:30

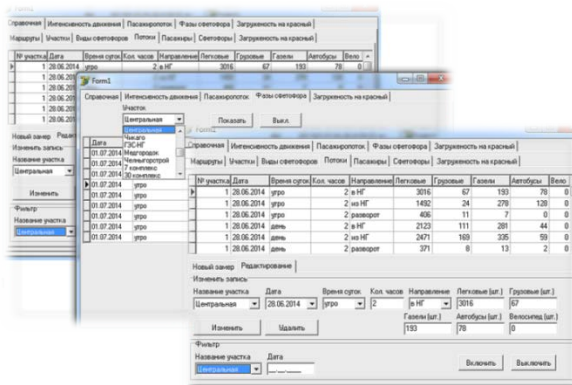


Рис. 2. Формы для ввода данных, полученных по результатам съемки

Исходные данные для анализа систематизировались в таблицах (рисунок 1), а затем вносились в базу данных (рисунок 2). Для работы с базами данных был разработан комплекс программных модулей, включающий специальные формы сбора информации, в которых систематизировались группы факторов, оказывающих влияние на дорожную ситуацию, а также содержатся общие данные, необходимые для последующего статистического анализа.

Для проведения эксперимента и выбора оптимального решения была построена имитационная модель рассматриваемого участка УДС (Рисунок 3а), с параметрами транспортных и пешеходных потоков, рассчитанными с учетом собранных данных. После верификации и валидации модели был проведен эксперимент, в ходе которого была выявлена большая вероятность дорожного затора, а так же вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов, особенно в часы пиковой загрузки улично-дорожной сети.

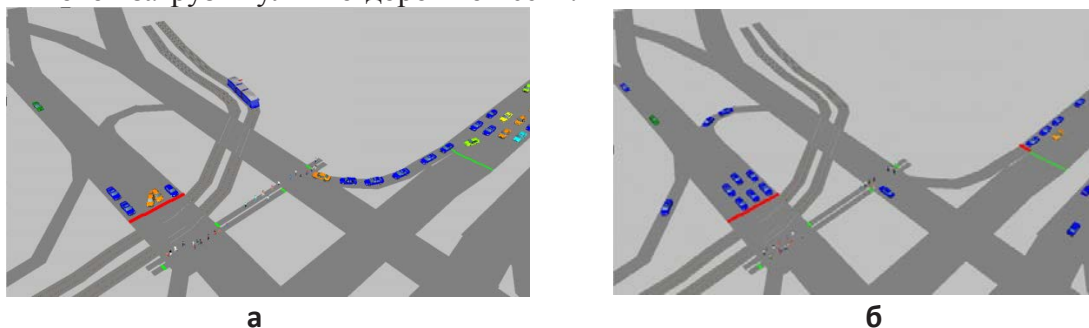


Рис. 3 – Имитационная модель рассматриваемого участка (а – модель в текущем состоянии, б - оптимизированная модель)

Для повышения безопасности функционирования данного участка УДС был предложен вариант модернизации светофорного регулирования путем введения дополнительной секции. Данный вариант был реализован на модели (Рисунок 3б), после чего была проведена серия оптимизационных экспериментов. Анализ результатов показал, что при рекомендуемых параметрах, включающих установление дополнительной секции светофора, время работы которой составит 20 секунд времени в общем цикле работы светофора, риск возникновения аварийных ситуаций может быть снижен на 14%.

Выводы

Предложенное решение позволит повысить безопасность и эффективность функционирования транспортной системы города. Кроме того, реализация предложенного решения позволит повысить безопасность пешеходов, переходящих дорогу на данном перекрестке.

Литература

1. Irina Makarova, Rifat Khabibullin, Eduard Belyaev, Dmitry Zhdanov. Intellectualization of transport systems for the benefit of safety and the sustainable development of territories. // Journal of International Scientific Publications: Ecology&Safety, Vol. 7, Part 3. Bulgaria. – 2013. P. 189-199. <http://www.scientific-publications.net/download/ecology-and-safety-2013-3.pdf>
2. Irina Makarova, Rifat Khabibullin, Eduard Belyaev and Vadim Mavrin Increase of City Transport System Management Efficiency with Application of Modeling Methods and Data Intellectual Analysis // Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives, Springer International Publishing AG Switzerland is part of Springer Science+Business Media. 2015, P. 37-80
3. Анализ транспортных потоков: - URL <http://www.arterylite.ru/resources/analiz-transportnyih-potokov/>. Дата обращения 15.09.15.
Организация Дорожного Движения: - URL http://www.apluss.ru/activities/transportnyy_konsalting/organizatsiya_dorozhnogo_dvizheniya. Дата обращения 16.09.15.