

**ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ
ГОРОДА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, Э.И. Беляев, И.Х. Салаватов
(Набережные Челны)**

Процессы глобализации промышленного производства, рост числа и размеров мегаполисов, вызывают необходимость эффективной организации перемещения пассажиров и грузов. Рост уровня автомобилизации характерен как для развитых, так и для развивающихся стран, причем, в соответствии с прогнозами, приведенными в докладе ЮНЕП [1], к 2050 году численность мирового автопарка утроится, причем почти весь рост придется на развивающиеся страны. Значительный рост интенсивности движения на городских улицах влечет за собой ухудшение условий движения, приводит к росту числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и пострадавших в них людей, а также резкому ухудшению уровня транспортного обслуживания города в целом. По статистике, свыше 60% всех ДТП приходится на города и другие населенные пункты. При этом на перекрестках, занимающих незначительную часть территории города, концентрируется более 30% всех ДТП.

В настоящее время для управления транспортными системами создают специальные средства, такие как системы поддержки принятия решений, экспертные системы и информационные системы управления. Такие системы предназначены как для 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 транспортного комплекса на окружающую среду. В качестве интеллектуального ядра в таких управляющих системах часто используют имитационные модели, с помощью которых проводят эксперименты по оптимизации параметров транспортной системы города. Такие эксперименты позволяют прогнозировать последствия их изменения с учетом множества факторов, отражающих тенденции развития экономической системы города и региона [2, 3].

Как показывает мировой опыт, проблема образования многокилометровых заторов и пробок зачастую обусловлена нерациональным управлением транспортной системой. Исследование параметров транспортного потока позволяют определить состояние улично-дорожной сети (УДС) и проблемы, которые надо решать для улучшения ситуации на дорогах города:

- загруженность полос дорожного движения;
- средняя скорость потока в участке улично-дорожной сети (УДС);
- плотность транспортного потока;
- интенсивность потока;
- экологические параметры окружающей среды вблизи проезжей части улиц и автострад.

Для выявления причин возникновения неблагоприятных ситуаций на участках УДС проводятся натурные обследования, после чего данные анализируются с помощью имитационной модели проблемных участков с последующей оптимизацией различных параметров.

Для безопасного функционирования транспортной системы 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 вследствие реконструкции участков дорог, строительства новых центров притяжения, жилых районов крайне сложно, поскольку необходимо учесть большое число стохастических факторов. В большинстве случаев реконструкция УДС осуществляется без учета роста интенсивности движения и плотности потоков, вследствие чего такие меры, как расширение участка дорожной сети, строительство новых разворотов, дополнительных полос движения не дают положительного эффекта, а в ряде случаев приводят и к ухудшению ситуации на дорогах. Комплексное решение указанных проблем может обеспечить использование интеллектуальной транспортной системы (ИТС), учитывающей различные характеристики УДС [4].

Многомерная модель данных (OLAP-куб), позволяет накапливать и обрабатывать большие массивы оперативной информации, которая служит основой для принятия управленческих решений (Рисунок 1).

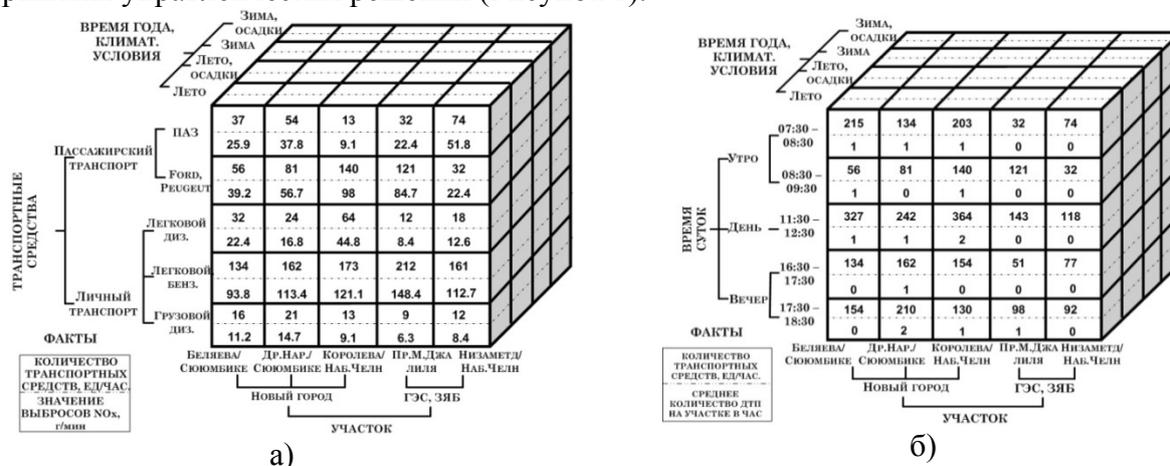


Рис. 1. OLAP-куб: а) измерение «вид транспорта»; б) измерение «время суток»

Хранение информации в виде OLAP-куба и последующая ее обработка позволит с высокой точностью оценить динамику параметров УДС по разным измерениям (количество транспортных средств, участок дороги, время года, средняя скорость, наличие светофора и т.д.).

Примером таких решений может служить проект по разработке ИТС для г.Набережные Челны – второго по величине и численности населения города Республики Татарстан, крупного индустриально-промышленного центра, важнейшего транспортного узла Республики. Аналогично другим крупным городам, для Набережных Челнов характерен рост уровня автомобилизации, так на 1 тыс. жителей города приходится порядка 300 автомобилей [5].

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 [6]. По своему назначению и транспортным нагрузкам, наиболее важными существующими транспортными магистралями города является Набережночелнинский проспект - центральная автомагистраль, соединяющая Старую и Новую части города

Набережные Челны [7].

Светофоры являются одним из основных элементов оперативного управления движением на УДС города. Интеллектуализация управления светофорным регулированием позволяет подобрать оптимальные режимы для снижения плотности потока на проблемных участках, тем самым повысить безопасность и устойчивость транспортной системы города.

По своему назначению и транспортным нагрузкам, одним из «проблемных» участков города Набережные Челны является пересечение проспектов Сююмбике и Дружбы Народов (Рисунок 2). Пересечение имеет сложную конфигурацию в виду того, что просп. Дружбы Народов при фактически перпендикулярном расположении относительно трех основных проспектов (Московского, Мира и Сююмбике), в то же время имеет два пересечения с проспектом Сююмбике, образующих развязку треугольной конфигурации. Кроме того, на участке организовано три разворота. Таким образом, участок имеет шесть точек пересечения со встречным потоком движения.

Статистическая информация, предоставленная ГИБДД, свидетельствует о том, что данный участок является местом концентрации ДТП, несмотря на то, что средняя скорость движения автомобильного транспорта составляет 35- 40 км/ч. В пиковое время данный участок не справляется с транспортным потоком: наблюдаются заторы, нередко возникают серьезные пробки. На имеющихся разворотах водители тратят немало времени на маневр из-за огромного потока машин. Эти опасные проблемы возникают ввиду неоптимальной организации транспортных потоков. В настоящее время ситуация усугубилась в связи с вводом нового участка трамвайной маршрутной сети.

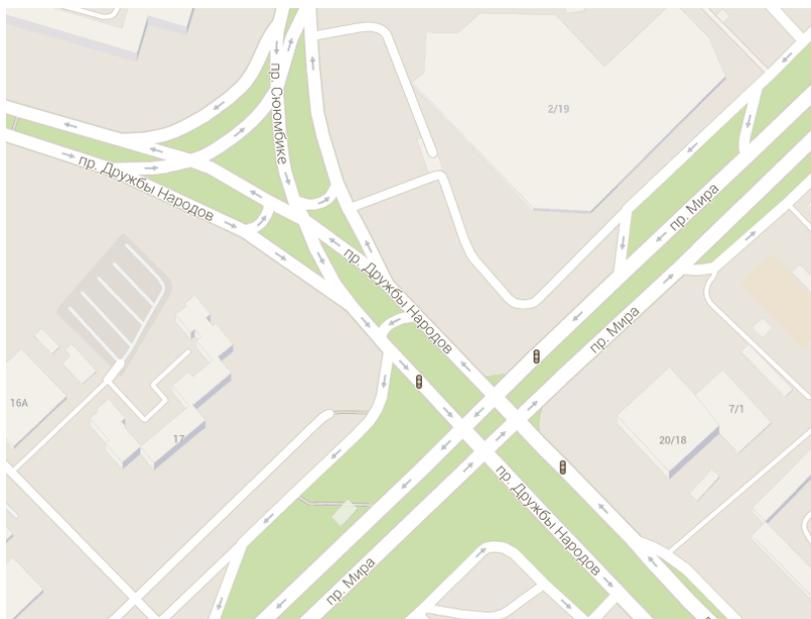


Рис. 2. Схема моделируемой развязки улично-дорожной сети

Для более детального анализа участка была построена его имитационная модель, в которой учитывались:

- геометрия участка;

- плотность транспортного потока;
- режимы работы светофоров на предыдущих и последующих участках;
- число фаз светофорного регулирования.

Результаты эксперимента на модели показали, что на рассматриваемом участке на характер движения негативно влияет его геометрия, не соответствующая параметрам транспортного потока. Для снижения влияния вышеперечисленных факторов на параметры дорожного движения была предложена схема оптимизации конфигурации пересечения проспектов Сююмбике и Дружбы Народов. На данном участке было предложено организовать кольцевое движение, что позволяет уменьшить число конфликтных точек (ликвидация разворотов). Кроме того, на прилегающем участке – пересечении проспектов Мира и Дружбы Народов применить светофорное регулирование с альтернативным числом фаз, т.е. совокупностью основного и промежуточного светофорных тактов (Рисунок 3).

В зарубежной практике организации движения одним из самых эффективных приемов снижения аварийности считаются кольцевые пересечения [6]. Преимущества применения кольцевых пересечений убедительно подтверждаются снижением всех показателей аварийности, в особенности снижением тяжести ДТП и уменьшением числа ДТП с погибшими. Это объясняют: значительным уменьшением числа конфликтных точек; улучшением условий движения пешеходов – сокращается протяженность переходов через проезжие части пересечения. Различают три типа круговых транспортных развязок: rotaries; roundabouts; neighborhood traffic circles.

Rotaries – старый тип круговых развязок, характеризующихся большим диаметром, превышающим иногда 100 метров. Большой диаметр обусловлен высокими расчетными скоростями движения, величина которых превышает 50 км/ч. Такие развязки обеспечивают небольшое отклонение от прямолинейного движения и могут функционировать по правилу «уступи дорогу справа» т.е. транспортный поток, входящий на кольцо имеет приоритет перед транспортным потоком, движущимся по кольцу.

Neighborhood traffic circles – круговые развязки, размещаемые, как правило, на улицах местного значения в жилых районах для успокоения дорожного движения. Подходы на таких пересечениях могут быть как нерегулируемыми, так и сопровождаться знаками и разметкой, указывающими на приоритет движения по кольцу. Обычно такие пересечения не сопровождаются канализированием потоков (т.е. на подходах не создаются разделяющие островки по оси проезжей части). На некоторых видах разрешен поворот налево, проезд через центральный островок, фактически образуя конфликт с основным кольцевым потоком.

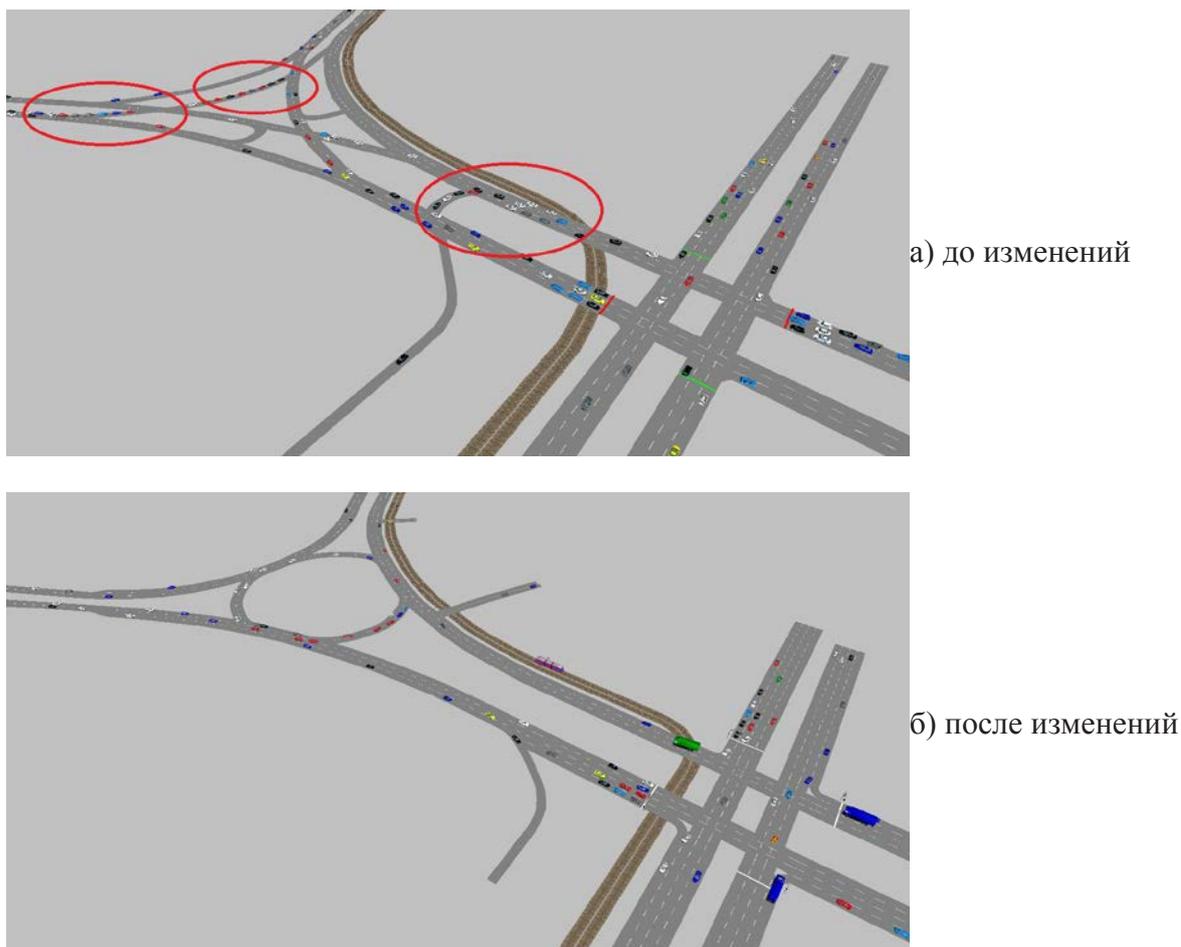


Рис. 3. Вид имитационной модели рассматриваемого участка УДС

Roundabouts – круговые развязки с определенными геометрическими параметрами и формой организации пропуска транспортных потоков, к которым относят:

- дорожные знаки «уступи дорогу» на входах на кольцо;
- геометрию пересечения в плане – радиусы кольцевой проезжей части, непосредственных входов на кольцевую проезжую часть и выходов с нее, походов к пересечению, не позволяющие развивать скорость более 50 км/ч.
- обязательное канализирование транспортных потоков на подходах к кольцу, при этом разделительные островки на подходах используются как островки безопасности для пешеходов.

Анализ результатов исследования данного участка показал, что наиболее приемлемым вариантом является организация на участке кольцевого движения типа «Roundabouts».

В таблице 1 представлены результаты изменений режима работы светофоров с адаптивным управлением в зависимости от плотности потока. Результаты исследования рассматриваемого участка представлены в таблице 2. Приведенные данные свидетельствуют о возможности значительного улучшения параметров движения на рассматриваемом участке УДС.

Плотность потока на участке	Общее время фазы, сек.	Красный сигнал (осн. такт), сек.	Зелёный сигнал (осн. такт), сек.	Красный с жёлтым сигн., сек.	Жёлтый, сек.
95%	85	41	38	3	3
82%	83	37	40	3	3
74%	82	35	41	3	3
61%	81	32	43	3	3

Таблица 1 – Изменение фазы светофора на рассматриваемом участке в зависимости от плотности потока

Наименование параметра	Значение до внесения изменений	Значение после внесения изменений
Средняя скорость на участке, км/ч	35	43
Количество остановок за ед. времени, шт.	6	2
Плотность потока, % отн. дороги	92	67
Среднее время преодоления участка, мин.	4	1,4

Таблица 2. – Расчетные параметры рассматриваемого участка улично-дорожной сети

Выводы

Проведенные исследования показали эффективность данного метода, поскольку он позволяет учесть большое количество факторов, включая стохастические, а также рассмотреть варианты при внесении изменений в управление транспортным потоком и его состав. Проведенные эксперименты с помощью имитационных моделей рассматриваемого участка при существующей планировке и после внесения предлагаемых изменений свидетельствуют о том, что реконструкция участка позволит при существующих параметрах транспортного потока прилегающих участков улучшить ситуацию на рассматриваемой развязке. Это положительно скажется на безопасности и эффективности транспортной системы города в целом.

Литература

1. Технологии для "зеленой" экономики. / Сайт Российского Национального комитета содействия Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕПКОМ). URL: <http://www.unepcom.ru/unep/gei/214-green-course.html>.
2. 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>
3. 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

4. Федоров, С.В. Совершенствование методов проектирования транспортных сетей и маршрутных систем крупных городов: автореф. дис. канд. техн. наук. - МАДИ, 2011. – 20 с.
5. Деловая электронная газета Татарстана. URL: <http://www.business-gazeta.ru/article/55907/>.
6. Генеральный план г.Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т. 3. - Казань: 2009. - 140 с.
7. Генеральный план г.Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т. 9. - Казань: 2009. -12с.
8. Михайлов А.Ю. Современные кольцевые пересечения, Иркутск: 2009. -103с.