

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА**Д.Ф. Давлетшин, И.В. Макарова, Д.П. Тихонов (Набережные Челны)****Введение**

Возрастающие потребности в обеспечении мобильности населения в условиях роста урбанизации и автомобилизации создают серьезную нагрузку на транспортные сети различного типа и назначения. В этих условиях некоторые из них практически исчерпали свои технические возможности. Строительство новых и модернизация действующих сетей требуют решения комплекса инженерных вопросов, одним из которых является обоснование необходимости реализации новых инфраструктурных решений и определение параметров реконструируемых участков действующих транспортных сетей.

Для оценки эффективности предлагаемых планировочных решений по реконструкции существующих транспортных сетей необходима информация о параметрах их функционирования, которая с достаточной степенью адекватности отражала бы параметры транспортных и пешеходных потоков и позволяла бы прогнозировать последствия предлагаемого решения.

Для этих целей проводятся натурные исследования, которые служат основой для построения моделей.

Для классификации моделей, применяемых при анализе транспортных сетей, служат различные признаки. Это может быть тип решаемых задач, математический аппарат, используемые данные, степень детализации описания движения и другие. Так, по функциональному признаку, т.е. по типу решаемых задач, можно условно выделить три основных класса моделей:

- ❖ прогнозные,
- ❖ имитационные,
- ❖ оптимизационные.

Объектом исследования является транспортная система города Набережные Челны, городской общественный транспорт которого представлен двадцатью одним автобусным маршрутом, а также четырнадцатью маршрутами трамвая.

Набережные Челны – второй по величине и численности населения городе Республики Татарстан, 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 [1, 2]. Поскольку город активно развивается, актуальными являются такие задачи анализа и прогноза пассажирских и автомобильных потоков на улично-дорожной сети города [3], 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.

Поскольку Набережные Челны город молодой, при планировании транспортной системы для городского трамвая были выделены отдельные полосы, параллельные автомобильным дорогам. Таким образом, в отличие от большинства городов, где трамвайные пути разделяют полосы автомобильной дороги, создавая проблемы для движения автомобильного транспорта, набережночелнинский трамвай практически не имеет конфликтных точек с автомобильным транспортом. Кроме того, такое планировочное решение более безопасно для пешеходов и пассажиров общественного транспорта. Однако, до недавнего времени, существующая маршрутная сеть не имела маршрута, связывающего новую и старую части города прямой веткой.

Такая ветка была введена в строй в 2014 году (рис. 2, зелёное выделение). Главной проблемой, возникшей после реализации данного планировочного решения, явилась необходимость создания развязки, «встраивающей» новую ветку в существующую трамвайную сеть. Основной сложностью при решении данной проблемы явилось то, что на данном ограниченном по площади участке расположена развязка автомобильной дороги, в связи с чем, образовалось две дополнительных конфликтных точки с автомобильным транспортом (рис. 2, синее выделение).

В результате возник проблемный участок улично-дорожной сети от остановки «Пединститут» до остановки «Микрорайон Бумажников». Существующее ранее пересечение служило только для движения трамваев при заезде в депо и выезде из него, что не вызывало каких-либо серьезных затруднений движению автомобильного транспорта (рис. 1), поскольку такие проезды трамваев не совпадали с пиковыми нагрузками в транспортной системе и являлись достаточно редкими. После введения нового маршрута по данному пересечению трамваи движутся с частотой не реже четырех минут. Это приводит к возникновению заторов на участке в часы пик, а также к повышению аварийности.



Рис. 1. Трамвайная линия без новой ветки



Рис. 2. Трамвайная линия с новой веткой

Поэтому в качестве объекта моделирования был выбран участок дорожной сети города Набережные Челны от остановки «Пединститут» до остановки «Микрорайон Бумажников».

Оптимальным методом решения данной задачи является имитационное моделирование. Поскольку адекватность результатов моделирования и последующего поиска на модели оптимального решения зависит от точности входной информации, т.е. параметров транспортных потоков, было проведено натурное исследование на указанном участке, после которого была выполнена оценка интенсивности движения в часы пик [4].

При построении модели были учтены параметры транспортных потоков, полученные в ходе натуральных наблюдений, а также информация о конфигурации улично-дорожной сети. Моделирование включало ряд этапов:

- ❖ прорисовка дорожной сети участка с учетом полос движения, съездов и правил приоритета движения;
- ❖ прорисовка трамвайных путей;
- ❖ настройка потоков транспортного движения;
- ❖ установка остановок общественного транспорта;

- ❖ установка пешеходных переходов;
- ❖ настройка и установка светофоров.

Для моделирования участка города Набережные Челны от остановки «Пединститут» до остановки «Микрорайон Бумажников» использовался специализированный программный комплекс VISSIM (PTV Vision) [5].

Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе была построена модель участка при существующем планировочном решении с учетом параметров транспортных потоков, полученных в ходе натурных исследований (рис. 3). Была выполнена верификация и валидация модели.

Далее был проведен эксперимент на модели, который показал, что в часы пик на указанном участке возникают заторы. При этом неизбежны ситуации, которые приводят к ДТП, что вызывает дальнейшее усложнение условий движения и ведет к возникновению пробок. Как свидетельствует статистика ГИБДД по г. Набережные Челны, данный участок является местом с высокой концентрацией ДТП.

Поскольку уровень автомобилизации в России пока не достиг европейского, то можно предположить, что рост численности автомобильного транспорта на дорогах города приведет к росту плотности транспортного потока и интенсивности движения. С другой стороны, требования по повышению экологичности транспорта, а также стратегии преимущественного использования общественного транспорта в городах, могут привести к росту интенсивности движения трамваев. Подобные тенденции будут способствовать ухудшению ситуации на данном участке, что требует принятия организационных мер по управлению движением.

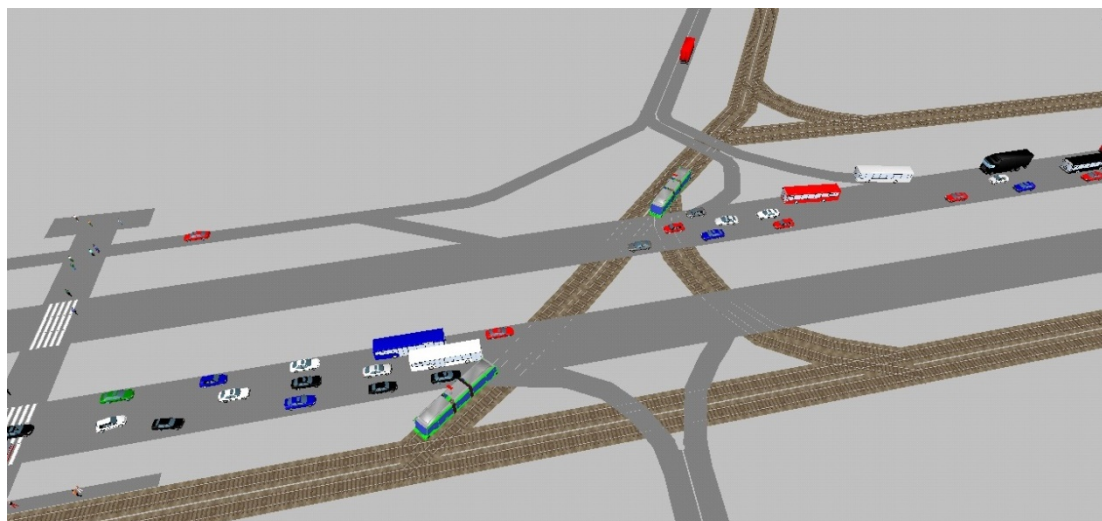


Рис. 3. Существующая структура рассматриваемого участка

Одной из организационных мер, позволяющих улучшить ситуацию на данном участке, может быть реализация адаптивного светофорного регулирования на данном участке. Для проверки данной гипотезы была построена имитационная модель рассматриваемого участка с учетом адаптивного светофорного регулирования (рис. 4). Адаптивное светофорное регулирование позволяет регулировать параметры

транспортных потоков на участках улично-дорожной сети. Реагируя на критические параметры потока на одном участке путем изменения времени фаз, адаптивный светофор предупреждает появление заторов на последующих участках.

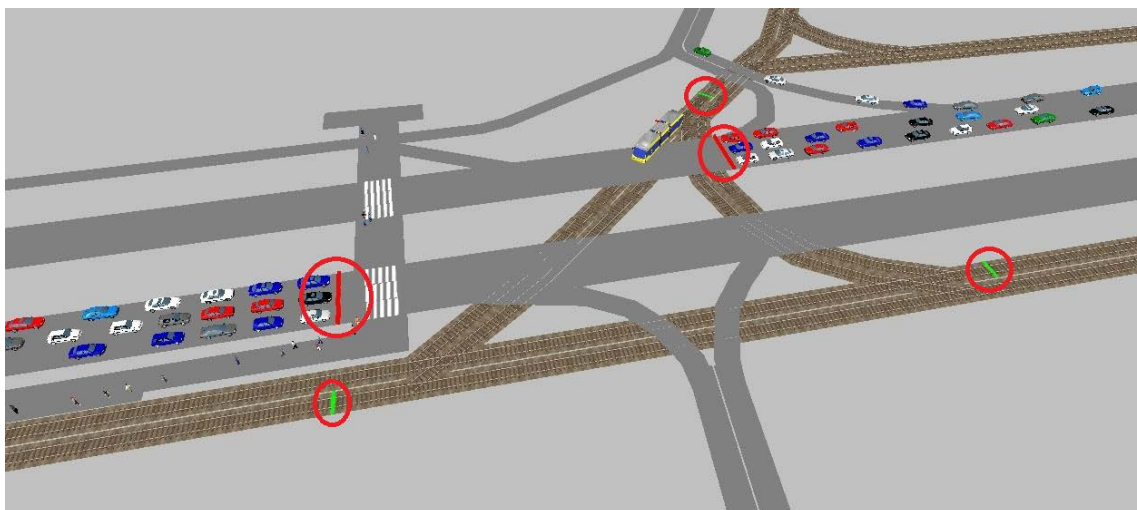


Рис. 4. Вид имитационной модели рассматриваемого участка со светофорным регулированием (красным выделены светофоры)

Для повышения эффективности функционирования участка необходима настройка фаз светофоров с целью создания «зелёной волны» для автомобильного транспорта, а также минимизации задержек для трамваев.

С помощью имитационной модели исследовались режимы работы светофора (табл. 1) на моделируемом участке при разной плотности транспортного потока.

Плотность потока	Общее время фазы, сек.	Красный сигнал (осн. такт), сек.	Зелёный сигнал (осн. такт), сек.	Красный с жёлтым сигналом, сек.	Жёлтый сигнал, сек.
95%	136	30	100	2	4
80%	106	30	70	2	4
65%	86	30	50	2	4
50%	76	30	40	2	4

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

Результаты, полученные с помощью имитационной модели, подтвердили эффективность применения светофорного регулирования на данном участке. Данное решение уменьшает вероятность образования заторов на рассматриваемом участке, как

при текущей, так и при повышенной плотности транспортного потока. Результаты представлены в таблице 2.

Наименование параметра	Значение до внесения изменений	Значение после внесения изменений
Средняя скорость на участке, км/ч	21	35
Количество остановок за единицу времени, ед.	3	1
Плотность потока, % отн. дороги	93	71
Среднее время преодоления участка, мин.	3	1,6

Таблица 2. Расчетные параметры рассматриваемого участка улично-дорожной сети

Выводы

Предложенное решение позволит повысить безопасность и эффективность функционирования транспортной системы города. Кроме того, установка адаптивных светофоров позволит выполнить перенос нерегулируемого пешеходного перехода, что повысит безопасность пешеходов, переходящих дорогу и, в свою очередь, позволит увеличить среднюю скорость транспортного потока, поскольку исключит задержки транспортных средств для пропуска пешеходов на нерегулируемом переходе.

Литература

1. Генеральный план г. Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т.3. – Казань: 2009. – 140 с.
2. Генеральный план г. Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т. 9. – Казань: 2009. – 72 с.
3. Проект Программы социально-экономического развития муниципального образования город Набережные Челны на 2011-2015 годы. – Набережные Челны, 2011. – 69 с.
4. 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, Volume 7, Part 3. Bulgaria. – 2013. P. 189-199. URL: <http://www.scientific-publications.net/download/ecology-and-safety-2013-3.pdf> – Дата обращения: 29.08.2015.
5. Vissim: [Электронный ресурс] // PTV PARTNER. URL: <http://www.ptv-vision.ru/produkty/vissim>. (Дата обращения 19.04.2015).