

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО УЧАСТКА

*Маврин В.Г., Булатова В.А., Галиакбаров Р.Н., Хаертдинов А.И.*

*Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
423812, г. Набережные Челны, пр. Суюмбике, д.10а.*

*e-mail: bomund@mail.ru*

*поступила в редакцию 30 октября 2013 года*

### Аннотация

В статье представлено исследование участка улично-дорожной сети города и метод улучшения его параметров. В основе метода лежит выбор наилучших параметров участка с использованием имитационного моделирования. К существующим параметрам исследования улично-дорожной сети было предложено использовать количество фаз светофорного регулирования.

**Ключевые слова:** *транспортная система города, безопасность дорожного движения, участок улично-дорожной сети, имитационное моделирование, фазы светофорного регулирования.*

**Введение.** Ни для кого не секрет, что по уровню автомобилизации Россия пока еще не догнала развитые европейские страны и США. В США и Европе на 1000 жителей приходится вдвое больше автомобилей, чем в России. Но, несмотря на это, Россия испытывает те же проблемы, обусловленные ростом автомобилизации, что и более развитые страны:

- Рост числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с летальным исходом.
- Увеличение плотности транспортного потока, вызывающее возникновение пробок и заторов.
- Негативное влияние на экологическую обстановку.

Для решения существующих проблем необходимо выявлять причины их возникновения, а затем принимать соответствующие меры. Для выявления причин возникновения проблем на магистралях города применяют имитационное моделирование. В особенности данный метод дает положительные результаты в случае необходимости внесения изменений в конфигурацию улично-дорожной сети города [1].

**Основная часть.** Набережные Челны – второй по величине и численности населения город Республики Татарстан, крупный индустриально-промышленный центр, важнейший транспортный узел Республики. В связи с этим возникают задачи анализа и прогноза пассажирских и автомобильных потоков на улично-дорожной сети города:

- Оценка принятых планировочных решений по транспортным параметрам: уровню загрузки участков и узлов, скорости сообщения, доступности, количеству 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.

Для решения вышеуказанных проблем требуется использовать современный аппарат, позволяющий исследовать сложные организационно-технические системы. Таким аппаратом сегодня является имитационное моделирование [2].

Использование имитационной модели позволяет сравнить несколько возможных вариантов и выбрать наилучший для данных условий, а также дает возможность для выработки рекомендаций по развитию улично-дорожной сети города.

Применение данного метода позволяет:

- повысить эффективность функционирования транспортного комплекса города;
- повысить эффективность расходования бюджетных средств при внесении изменений в конфигурацию улично-дорожной сети города;
- повысить уровень безопасности водителей и пешеходов на дорогах города;
- обеспечить рост инвестиционной привлекательности городской экономики за счет оптимизации инфраструктуры пассажирских перевозок;
- оптимизировать работу общественного транспорта;
- увеличить пропускную способность улиц и магистралей города;
- снизить плотность транспортного потока, уменьшив вероятность возникновения заторов и пробок;
- улучшить экологическую ситуацию вблизи магистралей города [3,4].

Одним из «проблемных» участков города Набережные Челны является пересечение Набережночелнинского проспекта и улицы Низаметдинова. Администрацией города были предоставлены данные о транспортных потоках на участке. На основании данных, представленных ГИБДД, было выявлено, что на данном участке имеет место высокая концентрация ДТП. Для более детального анализа участка была построена его имитационная модель (рисунок 1).

Были учтены такие факторы, как:

- Геометрия участка.
- Интенсивность движения автомобилей.
- Интенсивность появления пешеходов на участке с распределением по полосам движения.
- Режимы работы светофоров на предыдущих и последующих участках.
- Количество фаз светофорного регулирования.
- Результаты эксперимента на модели показали, что на рассматриваемом участке движение характеризуется наличием следующих неблагоприятных факторов:
- Большая плотность потока.
- Несоответствующая потоку геометрия участка.
- Наличие большого количества элементов транспортной инфраструктуры (остановки, развороты).

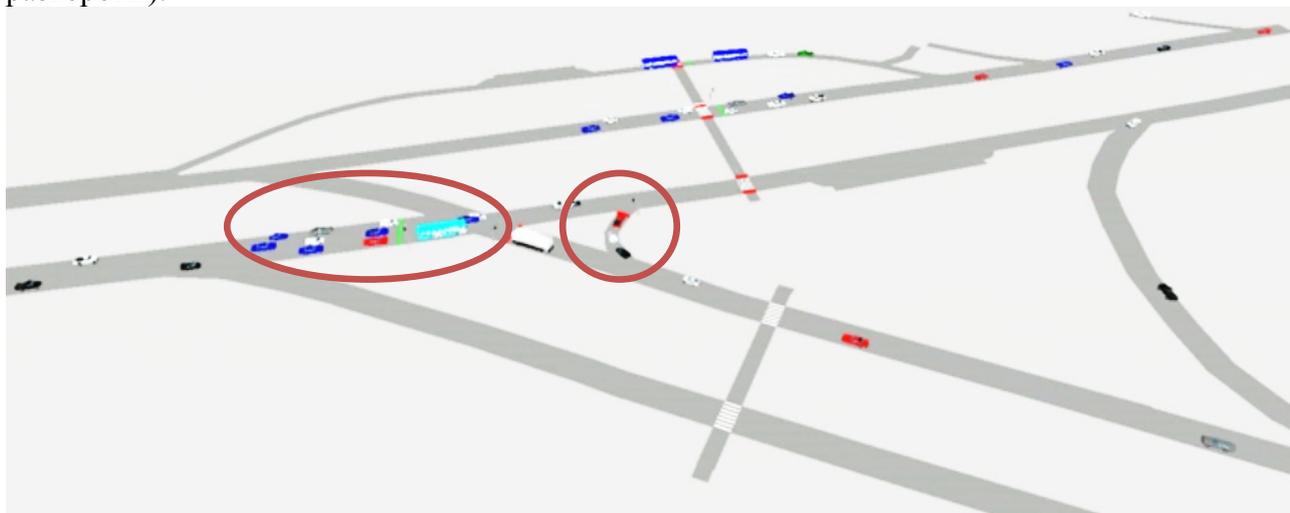


Рисунок 1. – Вид имитационной модели рассматриваемого участка дорожной сети до внесения изменений.

Для снижения влияния вышеперечисленных неблагоприятных факторов на параметры дорожного движения была предложена схема перекрестка с использованием альтернативного количества фаз светофорного регулирования, т.е. совокупности основного и промежуточного светофорных тактов. Соответственно для изменения количества фаз светофорного регулирования предлагается изменить временные промежутки тактов.

Также было доказано, что на плотность потока влияет два нерегулируемых разворота на проспекте Набережночелнинский. В модели был убран ближайший к пересечению улиц разворот, т.к. он обладает наименьшей пропускной способностью. Внесение предлагаемых изменений в имитационную модель рассматриваемого участка (рисунок 2) с проведением последующего эксперимента на ней, показало, что такой вариант приведет к снижению вероятности возникновения ДТП, а также стабилизирует параметры транспортного и пешеходного потоков. В модели был использован объект «светофор» с целью снижения плотности потока и обеспечения безопасного передвижения пешеходов.



Рисунок 2. – Вид имитационной модели рассматриваемого участка дорожной сети после внесения изменений.

В модели методом перебора, основанном на метаэвристике, была определена наиболее подходящая инфраструктура светофорного регулирования, позволяющая обеспечить пешеходам возможность безопасного перехода через проспект, а транспортным средствам беспрепятственного преодоления данного участка. Обычный светофор с двумя режимами работы, фаза в которых длилась 148 секунд, был заменен на адаптивный светофор с автоматической корректировкой фаз светофорного регулирования и временем координации группы светофорных объектов в зависимости от ситуации на участке.

Для установки адаптивного режима работы светофора в модели были выбраны несколько регулируемых перекрестков, находящихся в непосредственной близости от рассматриваемого участка и имеющих «влияние» друг на друга посредством транспортного потока. В процессе работы модели собиралась информация о характеристиках транспортного потока на каждом из участков – его интенсивности и скорости. Непрерывный анализ характеристик транспортного потока, поступающих в режиме реального времени в виде обратной связи от последующих участков улично-дорожной сети позволяет корректировать необходимую длительность разрешающего сигнала светофора для всех направлений на каждом из светофорных объектов и координировать их работу. В таблице 1 представлены изменения фаз светофоров с адаптивным управлением в зависимости от плотности потока.

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

Плотность потока на участке	Общее время фазы, сек.	Красный сигнал (осн.такт), сек.	Зелёный сигнал (осн.такт), сек.	Красный с жёлтым сигналом, сек.	Жёлтый, сек.	Зеленый с желтым сигналом, сек.
95%	112	40	64	2	4	2
82%	112	42	62	2	4	2
74%	86	43	35	2	4	2
61%	86	48	30	2	4	2

Таким образом, адаптивное регулирование позволяет равномерно разгружать все направления на участках улично-дорожной сети, пропуская только то количество транспорта, которое сможет пропустить последующий участок. Общая схема обратной связи в системе светофорного регулирования представлена на рисунке 3.



Рисунок 3. – Схема передачи данных в системе управления адаптивными светофорами.

В рассматриваемой модели возможно изменение параметров светофора по следующим направлениям:

- время каждого такта;
- количество фаз;
- количество циклов регулирования;
- наличие дополнительной секции;
- количество режимов;
- временные рамки режимов
- наличие ночного режима;
- наличие автоматического режима;
- учет данных мониторинга (наличие беспроводной связи с центром управления).

Результаты исследования рассматриваемого участка представлены в таблице 2.

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

Наименование параметра	Значение до внесения изменений	Значение после внесения изменений
<i>Средняя скорость на участке, км/ч</i>	12	27
<i>Количество остановок за ед.времени, шт.</i>	4	1
<i>Плотность потока, % отн.дороги</i>	92	67
<i>Среднее время преодоления участка, мин.</i>	4	1,4

Таблица 2 показывает значительное улучшение параметров рассматриваемого участка улично-дорожной сети.

**Заключение.** Предложенное решение задачи улучшения параметров участка улично-дорожной сети города реализует усовершенствованный метод координированного управления транспортными потоками на больших и наиболее «проблемных» участках. В основе решения лежит использование имитационного моделирования, позволяющее учитывать большое количество факторов транспортной сети, в том числе и стохастических. Анализ рассматриваемого участка с помощью имитационной модели позволил выработать ряд рекомендаций по изменению его параметров.

#### Список литературы

- 1) Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. М: «Транспорт». 1984. 284 с.
- 2) Киселева М.В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ. 2009. 88 с.
- 3) Птицын Г.А., Горелов В.Н., Покровский В.Д. Программный комплекс моделирования транспортных потоков // Программные продукты и системы. 1991. №3. С.11-12.
- 4) Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. М: «Мир». 1966. 288 с.