

Утверждаю
И.о. Директора
ГУП «НИИ и ЦИ Генплана
Москвы»



Научно-к.т.н. М.Г. Крестмейн
2016 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Бабичевой Татьяны Сергеевны**

«Методы математического и имитационного моделирования процессов локального взаимодействия в транспортных системах»,

представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Развитие территорий в значительной степени определяется развитием транспортной инфраструктуры, связывающей отдельные объекты в единое целое. Транспортная сеть определяет направление развития как отдельных городов, так и целых стран. При этом с точки зрения экономики развитие транспортной инфраструктуры является высоко затратным процессом. Поэтому вопрос эффективности транспортной сети приобретает чрезвычайно важное значение.

Современные математические методы позволяют решать вопрос повышения эффективности транспортной сети разными способами. В частности, существует большое разнообразие методов математического моделирования, описывающих явления в транспортных сетях в различных масштабах. С практической точки зрения наиболее востребованы методы макро- и микромоделирования.

Методы макромоделирования решают задачу описания поведения транспортной системы на большом масштабе и позволяют решать такие задачи, как оптимизация дорожной сети за счёт строительства новых участков дорог, оптимизация мест проживания населения и мест приложений труда, расчёт матриц корреспонденций и т. д.

Микромоделирование, в свою очередь, используется при решении локальных задач оптимизации, т. е. таких задач, где оптимизации подлежат небольшие по размерам элементы сети, например, отдельные перекрёстки, развязки и т. п. Существуют различные методики микромоделирования, основанные на различных моделях, описывающих поведение водителей. Развитие средств мониторинга, в т.ч. повсеместное использование

технологий GPS/ГЛОНАСС позволило получить принципиально новый набор данных для построения различных моделей.

Таким образом, аппарат математического моделирования транспорта позволяет решать обширный спектр прикладных задач. Существует большое количество коммерческих программных продуктов для транспортного моделирования (как на макро-, так и на микроуровне). Эти продукты находят широкое применение в повседневной инженерной практике.

Тем не менее, количество задач, которые возникают в данной сфере, достаточно велико. Для их решения необходимы новые методы и подходы, которые позволят не только решать старые задачи более эффективно, но и позволят решать принципиально новые задачи. Одной из таких задач является задача оптимизации режима движения автотранспортных средств. Развитие интеллектуальных транспортных систем, в т.ч. систем сбора данных об автотранспортных потоках в реальном времени, позволяет реализовать различные алгоритмы по оптимизации режима движения. При этом методы управления требуют совершенствования и адаптации под существующие условия движения и существующие модели поведения водителей.

Таким образом, можно сказать, что настоящая работа выполнена на **актуальную тему**.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав и заключения. Во введении обоснована актуальность избранной темы, приведена информация об апробации и полноте опубликования материала диссертации.

В **первой главе** описана основная терминология, приведено исследование развития методов математического моделирования в историческом разрезе. Определены задачи данного диссертационного исследования в общем ряде задач моделирования транспортных потоков. Отмечено, что микромоделирование требует более значительных вычислительных ресурсов по сравнению с другими методами моделирования, но даёт наиболее точные результаты. Отмечены особенности таких методов микромоделирования, как метод Нагеля-Шрекенберга и Трайбера. Рассмотрены критерии, по которым оценивается адекватность микромоделей, в числе которых соответствие результатов эмпирической теории трёх фаз Кёрнера. Проведена классификация основных моделей и методов исследования транспортных потоков.

Во второй главе аналитически исследовано движение на перекрёстке с точки зрения теории массового обслуживания, введено понятие "эффективного числа полос", введено "Свойство о равновесной максимальной пропускной способности перекрёстка", послужившее основой ряду выводов. Прибывающие к перекрёстку АТС описываются в виде Пуассоновского потока. При данных допущениях выведены явные зависимости, выражающие интенсивности исходящих потоков по интенсивностям входящих потоков и распределению фаз светофора. Показано, что для ряда значений входных данных существует оптимальное распределение фаз светофора, минимизирующее задержки при проезде перекрестка.

В третьей главе рассматриваются численные методы моделирования движения на изолированных дорогах и перекрёстке. Приводится обобщение модели разумного водителя Трайбера на многополосные дороги. Описывается программа моделирования BTSSIM, реализующая обобщение на многополосные дороги микроскопической модели Трайбера. Показано, что данная программная реализация демонстрирует корректное описание исследуемого процесса за счет наличия фазовых переходов при изменении интенсивности потоков на изолированной многополосной дороге и тем самым соответствует теории трёх фаз Кёрнера.

Далее рассматривается решение задачи о нахождении оптимальных фаз на регулируемом перекрёстке с заранее заданными неоднородными многоцелевыми потоками. Результаты решения задачи соответствуют рассмотренным в литературе. Также показано, что аналитическое решение задачи по методам, приведённым во второй главе, позволяет точнее и быстрее вычислить оптимальные фазы, чем решение задачи оптимизации методом микромоделирования путем перебора возможных значений.

Рассмотрено решение практической задачи целесообразности модификации схемы дорожного движения добавлением локального расширения дороги на проблемном регулируемом перекрёстке. Целевой функцией задачи оптимизации была длина очереди и сама задача оптимизации состояла в нахождении таких значений длины расширения и его относительного расположения при заданных значениях длительности фаз светофора. Показано, что при изменении размеров и месторасположения локального расширения происходит фазовый переход в средней длине очереди. При этом имеется диапазон значений длина и месторасположения, приводящий к значительному улучшению транспортной обстановки.

В **четвёртой главе** проводится анализ моделирования движения на кольцевой автострате, управляемой светофорами и закрученной в одну сторону. Основываясь на следствии об эффективном числе полос в отсутствии асимметрии очередей, выводятся рекуррентные соотношения, определяющие интенсивности потоков АТС на узлах. Приводится описание программы, реализующей алгоритм определения оптимального значения длины светофорных фаз путём сведения к задаче многокритериальной оптимизации.

Рассмотрено понятие "зелёной волны" и проведён анализ возможности создания "зелёной волны" в случаях различной интенсивности транспортных потоков.

В **заключении** перечислены основные результаты, полученные в работе.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней впервые предложено аналитическое решение задачи оптимального распределения фаз светофора в предположении о том, что все входящие потоки являются Пуассоновскими. Получены аналитические зависимости, выражающие средние временные задержки АТС на светофорах в зависимости от интенсивности потоков и соотношения фаз светофора. Сформулировано и обосновано "свойство о равновесной максимальной пропускной способности на управляемом перекрёстке сложной структуры", из которого выведено понятие "эффективного числа полос на управляемом перекрёстке". Разработано обобщение модели Трайбера, учитывающее полосность движения, возможность перестроения и цели водителей.

Обоснованность научных положений, рекомендаций и достоверность результатов исследований подтверждаются: корректностью применения апробированного математического аппарата теории систем массового обслуживания, успешной апробацией результатов вычислительных экспериментов, согласованностью полученных практических результатов с результатами, полученными другими авторами.

Практическое значение работы определяется тем, что разработанные автором методы могут быть использованы при решении различных задач моделирования транспортных ситуаций.

Результаты диссертационной работы Бабичевой Т.С. **прошли апробацию** на научно-технических конференциях и семинарах.

Учитывая актуальность исследованных проблем, считаем целесообразным в дальнейшем развить работу в направлении практического использования результатов для

анализа и оптимизации схем движения светофорных объектов, имеющих сложную конфигурацию (например, г. Москва, площадь Тверской заставы, Таганская площадь и др).

Вместе с тем работа не лишена ряда недостатков, среди которых мы выделяем следующие.

1. Анализ литературы выполнен недостаточно системно. Связь цитируемых источников с задачами и результатами исследования не всегда ясно прослеживается, что затрудняет оценку новизны результатов исследования, а также затрудняют понимание общей проблематики задач оптимизации транспортной сети.

2. Не указаны границы применимости разработанной аналитической теории расчета задержек на перекрестках.

3. В разделе про имитационную модель отсутствует сравнение выбранного подхода по расширению модели Трайбера на случай многополосных дорог с другими существующими методиками. Кроме того, при сравнении результатов, полученных с помощью имитационного моделирования и с помощью аналитической теории, не указано, почему эти две модели должны давать одинаковый результат, что не очевидно, так как эти модели получены из разных предположений. В частности, модель теории очередей не учитывает перестроения водителей между полосами движения и возникающие в связи с этим задержки, в то время как микромодель — учитывает.

4. В разделе, посвященном имитационному микромоделированию, не представлено описание численного алгоритма, реализующего параллелизм; при этом распараллеливание является важной задачей, т.к. позволяет существенно ускорить расчет. Дополнительно в разделе содержатся фактические неточности, в частности, о невозможности использования системы передачи сообщений MPI в языке программирования Java. Несмотря на то, что данное утверждение не соответствует действительности, на результаты работы, а также на корректность полученных выводов влияния оно не оказывает.

Вместе с тем отмечаем, что указанные недостатки не снижают научной значимости и практической ценности полученных результатов.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Вывод. Диссертация Бабичевой Т.С. является законченной и самостоятельной научной работой. Основная часть результатов работы получена впервые. Проведенные исследования выполнены на высоком уровне, а выводы убедительно обоснованы. Все основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих научных журналах, соответствующих требованиям ВАК, а также неоднократно докладывались на конференциях и семинарах.

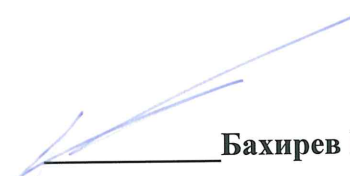
На основании изложенного можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Бабичевой Т.С. «Методы математического и имитационного моделирования процессов локального взаимодействия в транспортных системах» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании секции «Научно-методическое обоснование развития инженерно-транспортной инфраструктуры Московского региона»

«26» апреля 2016 г., протокол № 1.

Руководитель НПО №5, к.т.н.

Начальник отдела ПМ, НПО №5, к.ф. -м.н.


Бахирев И.А.


Меньшутин А.Ю.