

Отзыв официального оппонента о диссертационной работе  
Татьяны Сергеевны Бабичевой “Методы математического и  
имитационного моделирования процессов локального взаимодействия в  
транспортных системах”, представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 –  
“математическое моделирование, численные методы и комплексы  
программ”

Процессы массового производства автомобилей, строительства сетей автомобильных дорог и внедрение в логистику экономического производства в мировом масштабе начались около ста лет назад. В настоящее время автомобильный транспорт занял достойное место в жизнеобеспечении государств. Так уровень насыщения автомобильным транспортом передовых стран составляет около восьми сотен на тысячу населения, что в разы превышает показатель автомобилизации некоторых менее развитых стран. Рост мирового автомобильного парка продолжается.

Проблемы автомобильно - дорожного движения заключены в триаде *безопасность - эффективность - комфорт*, которая проецируется как на отдельного водителя, так и на автотранспортные потоки - естественную форму существования современного автомобиля. Эффективность в данном контексте определяют материальные и временные затраты, зависящие как от конструкции автомобиля, так и от управления отдельным автомобилем и потоком.

Несмотря на то, что первые "камни" в теорию автотранспортных потоков заложены в 30-х годах прошлого века Гриншилдсом и др., проблемы моделирования движения на сетях автомобильных дорог до сих пор не стали менее острыми, что особенно ярко проявляется на примере мегаполисов. Описание законов движения больших масс автомобилей на сложных сетях до сих пор недостаточно ни в передовых, ни в менее развитых странах, поскольку объект исследования - сложная социально-техническая система. Именно это обстоятельство делает актуальным научные исследования по теории автотранспортных потоков.

Перейдем к содержанию диссертации.

Введение посвящено общей характеристике проблемы и ее места в научных исследованиях по данной тематике. Автор конкретизирует сектор собственных интересов и декларирует полученные результаты.

Первая глава является обстоятельным обзором по теории автотранспортных потоков, моделей и их авторов. Приведена краткая история

дорожного строительства, начиная с Древнего Египта, Греции с указанием материалов (камень, дерево - Россия, 10 век, цементобетон и асфальт - Западная Европа и США, 19 век), российских транспортных модельеров (Дубелир, графы городов), светофор - в начале двадцатого века. Гриншильдс, используя современные технические средства измерений - кино съемку, в начале тридцатых годов заложил основы двух типов моделей - микроскопическую, следование за лидером и мезоскопическую, в терминах плотность - скорость - интенсивность. В дальнейшем исследования транспортных потоков развивались в самых широких направлениях с привлечением математического аппарата, хорошо зарекомендовавшего себя в других областях естественной науки: вероятностные процессы, устойчивые распределения, теория переноса в сплошных средах. Однако "социальная" часть моделируемой системы не позволяла достичь достаточного качества построением аналогов моделей "неодушевленных" объектов. Одной из относительно удачных попыток преодоления этих трудностей является модель Нэша - Вардропа, восходящая из теории игр, где делается попытка постулировать поведение участников движения, связать индивидуальное и коллективное. Значительное число работ посвящено определению и способам восстановления матрицы корреспонденций - одному из основных компонентов макроскопического подхода.

Сама конструкция матрицы корреспонденций уже подразумевает дискретизацию пространства и актуализирует разработку вычислительных средств и алгоритмов. Применение имитационного моделирования транспортных потоков с использованием ЭВМ начато в 60- годах 20 века. В первой фазе этих научных опытов компьютеры "решали" континуальные модели, полученные предельным переходом в процессе моделирования рассматриваемой социально-технической системы. Лишь в 90-х годах Нагель и Шрекенберг перешли к прямому дискретному моделированию, клеточным автоматам. В настоящее время на основе клеточного подхода созданы пакеты (VISSUM, VISSIM и др.), позволяющие априори оценить пропускную способность проекта строительства или реконструкции элемента сети.

В первой главе отмечается, что несмотря на значительное количество исследований, до сих пор недостаточно развиты модели многополосного движения, перестроений, обгонов, поведения АТС на сложных перекрестках и управления движением на сложных фрагментах УДС.

Во второй главе рассмотрены собственные модели автора для расчета эффективного числа полос. Получены априорные математические соотношения для средних значений компонентов потока на перекрестках. Разработан подход, сводящий задачу управления движением на управля-

емом многополосном перекрестке к оптимизации конечно-параметрической функции с ограничениями. Полученные результаты применены к расчету реального перекрестка УДС г. Перми.

В третьей главе разработана компьютерная микроскопическая модель потоков на многополосном перегоне и перекрестке. В основу локального взаимодействия положен модифицированный подход Трайбера. Создано программное обеспечение численного моделирования потоков для определения пропускной способности многоканального перегона, различной топологии перекрестков, оптимизации конфигурации Т-образных перекрестков. Автор значительное внимание уделил вычислительной сущности алгоритмов, распараллеливанию вычислений, адаптации алгоритмов к различным вычислительным архитектурам, проведена верификация ПО.

В четвертой главе рассмотрены модели потоков на кольцевой многополосной автостраде с пересечениями. Поставлены несколько задач оптимизации: максимизация пропускной способности, минимизация суммарных задержек на всех направлениях и въездах, минимизация задержек на главной магистрали. Во втором параграфе для определения пропускной способности замкнутого одностороннего многополосного потока с пересечениями получены экстремальные задачи с ограничениями, которые в общем случае решаются численно. В третьем параграфе для задачи о минимуме задержек получены аналитические соотношения, которые в следующих параграфах положены в основу программной реализации. Последние параграфы четвертой главы посвящены методологии разработанных ранее методов и ПО для расчетов "зеленой волны" на магистрали при различных условиях загрузки.

В целом, особенностью данной работы является широкое комплексное исследование задачи с использованием теоретических, аналитических, алгоритмических и программных составляющих. Основываясь на известном пуассоновском приближении и модифицированной модели Трайбера локальных взаимодействий получены аналитические соотношения, которые органически вошли в алгоритмизацию и создание ПО. Автор осознает, что в рассматриваемой многогранной задаче необходимо абстрагироваться от некоторых деталей, уменьшить размерность, поскольку ошибка моделирования весьма существенно зависит от количества базисных параметров. Так современное агентное моделирование и вычислительные комплексы позволяют поштучно моделировать поведение компонентов транспортного потока - этой сложной социально - технической системы. Весь вопрос в том, какова будет элементарная ошибка, которая не контролируется извне, и каково суммарное влияние ошибок на окончательный результат? Может быть, и скорее всего, ситуация не так благодушна,

как во втором замечательном пределе?

Научная новизна работы состоит в том, что в ней предложены две новые модели движения на перекрестках, получены формулы задержек, создана компьютерная модель потоков на многополосных фрагментах, которая может служить модулем для построения модели потоков на сети. Значимость полученных результатов подтверждается положительными отзывами за участие в работе научных семинаров, российских и международных конференций. Все положения, представленные в работе, основаны на корректном использовании математического аппарата и теории транспортных систем. Результаты проведенных экспериментов согласуются с теоретическими расчетами. Таким образом, соискатель показал достаточную квалификацию модельера сложных систем, обладает глубокими знаниями в сущностной и исторической компонентах теории автотранспортных потоков.

В тексте диссертации имеются некоторые опечатки и не совсем определенные фразы. Например, пропущенные знаки препинания, (с.16, 32, 46, 81 и др. ) , описание движения в нарушение ПДД ("доходит до Т-перекрестка и движется прямо.. с.71), одушевление компонентов модели ("движение ... начало изучаться.. с. 22), ("..скоростная трасса начала ехать.. с.35), "..эмпирическая теория.. с.62. В тексте диссертации не везде выдержан однородный стиль изложения. Так в главе 2 содержатся фрагменты , которые можно было бы изложить более развернуто.

Однако отмеченные выше замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку работы.

Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации. Выносимые на защиту научные результаты диссертационной работы получены автором лично, являются новыми и обоснованными. Результаты опубликованы в работе, из них 3 из перечня ВАК РФ.

Оценивая диссертационную работу в целом, можно констатировать ее актуальность и научную новизну и квалифицировать ее как добротное научное исследование. Автором предложены и научно обоснованы решения, имеющие большое практическое значение для развития транспортных систем.

Всё сказанное выше позволяет заключить, что представленная диссертационная работа Т.С.Бабичевой "Методы математического и имитационного моделирования процессов локального взаимодействия в транспортных системах" удовлетворяет всем требованиям пп.9 "Положения присуждения ученых степеней", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Бабичева Татьяна Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-

