

ОТЗЫВ

официального оппонента на автореферат диссертации **Стромова Александра Викторовича** «*Моделирование многопутевой маршрутизации в беспроводных сетях, основанной на геометрии силовых линий потенциального поля*», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Бурное развитие численного моделирования, обусловленное стремительным ростом возможностей вычислительных средств, существенно расширило круг областей науки и техники, в которых применяется математическое моделирование. В то же время чётко прослеживается отход от классических, аналитических методов моделирования на основе дифференциальных уравнений в пользу имитационных моделей. Особенно явно эта тенденция прослеживается в относительно «молодых» направлениях науки и техники, и, в частности, в исследовании вычислительных сетей и сетей связи. В этой области практически с момента её появления господствуют методы теории вероятности, в частности, теории массового обслуживания и теории графов, дополненные в дальнейшем имитационными методами, в частности, реализованными на ЭВМ сетевыми симуляторами. Однако смещение фокуса внимания от проводных сетей к беспроводным и стремительное развитие последних: рост количества абонентов и степени их мобильности, переход от простых полносвязных и звездообразных топологий к распределенным ячеистым структурам, выявил определённые ограничения перечисленных выше методов моделирования. Конфигурация сети перестала быть постоянной, а количество вариантов построения маршрутов передачи данных внутри сети многократно возросло. В этих условиях на первый план выходит задача использования новых методов моделирования таких сетей и маршрутизации в них. Одним из перспективных направлений является использование для реализации и моделирования маршрутизации в беспроводных сетях методов, основанных на аналогии с физическими процессами переноса вещества и энергии. В качестве метода моделирования используются методы математической физики. Исследованию и совершенствованию относящегося к этому направлению метода многопутевой маршрутизации на основе геометрии силовых линий потенциального поля посвящена диссертационная работа А. В. Стромова. Большой научный интерес и высокая практическая значимость объекта исследования – беспроводных сетей и новизна и перспективность используемых методов определяют *актуальность* темы представленной работы.

А. В. Стромов модифицировал эллиптическое уравнение, ранее использовавшееся в работах S. Toumpis, L. Tassioulas и M. Kalantari, M. Shayman, введя в него коэффициент, определяющий свойства беспроводной сети как среды передачи данных. В работе предложена метод оценки данного

коэффициента, основанный на характеристиках узлов сети, учитывающий воздействие на сеть одного или нескольких источников помех и адаптацию сети к этим воздействиям. Подобная методика предложена впервые, что свидетельствует о *новизне* выполненной работы

В процессе исследования данной модели автор выявил, что при моделировании беспроводной сети, находящейся под воздействием источника помех, узлы которой оборудованы адаптивными антеннами и используют изменение диаграммы направленности антенн и скорости передачи данных для компенсации влияния помехи, в краевой задаче имеет место сильное вырождение на границе – коэффициент при одной из старших производных при приближении к границе обращается в 0 вместе со своей производной. Указанное обстоятельство потребовало проведения исследований на предмет определения корректности постановки рассматриваемой задачи.

Подобные краевые задачи для вырождающихся эллиптических уравнений возникают при описании моделей, в которых граница области оказывает существенное влияние на процессы, происходящие внутри области. При этом на границе может меняться как тип уравнения, так и его порядок. Такие уравнения возникают при математическом моделировании некоторых физических процессов, в частности стационарной конвекции – диффузии или теплопроводности в неоднородных анизотропных средах. Краевые задачи для таких уравнений относятся к «неклассическим» задачам математической физики. Их исследованию посвящены работы М. В. Келдыша, О. А. Олейник, С. Г. Михлина и М. И. Вишика, Дж. Кона и Л. Ниренберга, В. П. Глушко и др. Для доказательства корректности постановки своей задачи Стромов А. В. использовал методы, предложенные А. Д. Баевым. Диссертанту удалось получить *новые* научные результаты, доказав корректность постановки рассматриваемой задачи. Наличие доказательства корректности постановки рассматриваемой задачи обеспечивает *обоснованность* и *достоверность* результатов численного моделирования, полученных на основе предложенной модели.

В случае, когда коэффициент информопродности постоянен, автор предлагает использовать для численного решения полученной задачи математической физики метод комплексных полиномов или комплексный метод граничных элементов. В работе проведён сравнительный анализ данных методов между собой, а также в сравнении с другими численными методами. Даны рекомендации по применению того или другого метода в зависимости от формы области, занимаемой сетью. Если же коэффициент информопродности задаётся более сложной функцией – рекомендовано использовать метод конечных элементов. В работе приведено описание разработанного комплекса программ для моделирования маршрутизации на основе геометрии силовых линий потенциального поля в адаптивных и неадаптивных беспроводных сетях. Приводятся также результаты численных экспериментов.

Замечания по работе.

1. Вместо потенциала автор вводит кинетическое соотношение для плотности информационного потока, поэтому полученное поле, строго говоря, нельзя называть потенциальным.

2. Вводя в уравнение (49) коэффициент L_r , автор полагает, что он определяется произвольным образом, и далее рассматривает только случай, когда он постоянен. Желательно попытаться дать физическую интерпретацию данного коэффициента и определить диапазон его изменения.

3. Для решения системы уравнений МКЭ автором использован метод Гаусса, который не является в этом случае эффективным, так как не использует слабую заполненность матрицы системы.

Эти замечания не влияют на общее положительное впечатление от диссертационной работы.

В диссертационной работе А. В. Стророва получены новые результаты:

в области математического моделирования

введением энергетической трактовки потенциала плотности информационного потока модифицирован метод моделирования маршрутизации в беспроводных сетях на основе силовых линий потенциального поля, с помощью которого разработана новая математическая модель маршрутизации в беспроводных адаптивной сетях, учитывающая влияние источника помех (п. 1 Паспорта специальности Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений),

в области численных методов

впервые выполнен сравнительный анализ по эффективности метода комплексных полиномов и комплексного метода граничных элементов (п.2 Паспорта специальности Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов),

в области комплексов программ

разработан комплекс программ, позволяющий рассчитывать векторное поле информационного потока и производить оценку энергоэффективности полученной схемы маршрутизации (п.4 Паспорта специальности Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента).

Таким образом, имеются новые результаты по трем пунктам паспорта из всех трех областей формулы специальности. В работе преобладают математические методы исследования, поэтому она отвечает отрасли физико-математических наук. Оценивая в целом диссертацию Стророва А. В., можно уверенно утверждать, что его работа вносит весомый вклад в новое, перспективное направление аналитического моделирования маршрутизации в беспроводных сетях, содержит новые результаты в области решения краевых задач с сильным вырождением на границе и является актуальным, законченным, самостоятельно выполненным научным исследованием.

Основные результаты, полученные в диссертации, своевременно опубликованы в 6 рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Стримова Александра Викторовича «Моделирование многопутевой маршрутизации в беспроводных сетях, основанной на геометрии силовых линий потенциального поля», удовлетворяет всем критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует паспорту специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по заявленной специальности.

26 декабря 2014 г.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор
заведующий кафедрой
высшей математики и физико-
математического моделирования
Воронежский государственный
технический университет

И. Л. Батаронов

Батаронов Игорь Леонидович
тел. 8 (473) 246-42-22
e-mail: i-bataronov@mail.ru
Адрес: 394027, Воронеж, Московский пр. 14, ВГТУ

