

**Отзыв официального оппонента на диссертационную работу Я.А. Холодова «Разработка сетевых вычислительных моделей для исследования нелинейных волновых процессов на графах», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.**

Диссертация Я.А. Холодова посвящена актуальной теме – разработке различных сетевых вычислительных моделей для исследования нелинейных волновых процессов на графах, созданию на их основе современных программных комплексов и исследованию с их помощью научных задач, представляющих несомненный теоретический и прикладной интерес.

Актуальность обсуждаемой диссертации обусловлена важностью исследования проблемы задания корректных граничных условий при численном моделировании гиперболических систем уравнений. Новизна работы заключается в том, что задача была решена в общей постановке в узлах графа, в которые могут входить и выходить несколько ветвей, вдоль каждой из которых используется своя одномерная система уравнений. При этом сами узлы, как правило, имеют сложную структуру со своей собственной двумерной или трехмерной системой уравнений, заданной внутри них. Вследствие этого задача корректного сопряжения граничных условий для одномерных и многомерных систем уравнений гиперболического типа по всему графу приобретает свою актуальность.

Диссертация Я.А. Холодова состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Введение содержит общую характеристику работы. Здесь обосновывается актуальность темы, дается краткий обзор работ других авторов, определяются цели и задачи диссертационного исследования, формулируются положения, выносимые на защиту, и перечисляются публикации автора по теме работы.

В первой главе сформулирован общий математический подход к решению задач, описываемых уравнениями в частных производных на графах. Автором была построена обобщенная вычислительная модель решения соответствующих краевых задач для нелинейных уравнений в частных производных гиперболического типа.

Во второй главе на основе характеристического критерия монотонности разработан универсальный алгоритм построения монотонных при произвольном виде искомого решения схем высокого порядка аппроксимации на основе их анализа в пространстве неопределённых коэффициентов. Приводятся результаты тестирования построенных разностных схем высокого

порядка аппроксимации для нелинейных систем уравнений гиперболического типа в различных модельных постановках.

В третьей главе исследовалась задача моделирования движения трафика в городской транспортной сети. При решении данной задачи использовался макроскопический подход, при котором транспортный поток описывается нелинейной системой гиперболических уравнений второго порядка. Проведенные расчеты и полученные результаты показали, что разработанная в рамках предложенного подхода оригинальная макроскопическая модель второго порядка хорошо воспроизводит реальную ситуацию на различных участках городских транспортных сетей, а также может быть использована для выбора оптимальной стратегии организации движения трафика в городе.

В четвертой главе решалась задача моделирования интенсивных потоков данных в компьютерных сетях. В этой задаче потоки данных различных соединений в пакетной сети передачи данных моделировались в виде несмешивающихся потоков сплошной среды. В ходе решения были разработаны новые концептуальная и математическая модели сети. Проведено численное моделирование в сравнении с системой имитационного моделирования сети NS-2 [<http://www.isi.edu/nsnam/ns>]. Полученные результаты показали, что в сравнении с известной пакетной моделью NS-2, разработанная нами потоковая модель, за счет использования потоков данных вместо пакетов демонстрирует значительную экономию вычислительных ресурсов, обеспечивая при этом хорошую степень подобию как пиковых, так и усредненных характеристик. Позволяет моделировать поведение сложных глобально распределенных IP – сетей передачи данных.

Пятая глава посвящена моделированию распространения газовых примесей в вентиляционных сетях. Разработана оригинальная вычислительная математическая модель распространения мелкодисперсных или газовых примесей в вентиляционных сетях с использованием уравнений газовой динамики путем численного сопряжения областей разной размерности. Использование алгоритма сопряжения областей разной размерности является ключевым элементом разработанной модели, поскольку его использование уменьшает математическую сложность и одновременно повышает её вычислительную эффективность. Проведенные расчеты показали, что модель с хорошей точностью позволяет определять распределение газодинамических параметров в трубопроводной сети и решать задачи динамического управления вентиляцией.

В заключении диссертации в кратком виде сформулированы основные результаты работы. Завершается диссертация списком литературы.

В целом диссертация производит очень хорошее впечатление. Прежде всего, обращает на себя внимание интересный выбор реализованных в работе приложений. Существует много различных подходов к моделированию, например, транспортных потоков и ряда других рассматриваемых в диссертации прикладных задач, но выбранный в диссертации способ,

включающий аккуратную проработку сопряжения граничных условий по всему моделируемому графу, можно признать оригинальным. Интересно посмотреть на то, как автор на практике получает результаты, сформулированные им при теоретическом анализе.

Все результаты автора обоснованы и прошли экспертизу в виде публикаций в научных журналах, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, докладов на значимых российских и международных конференциях.

Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертационной работы.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 30 публикациях, все из которых – журнальные статьи в печатных изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на 37 научных конференциях, в том числе международных.

По диссертационной работе есть несколько замечаний.

1. В третьей главе автор исследует задачу моделирования движения трафика в городской транспортной сети. При этом автор сравнивает решения, полученные с использованием микро и макроскопического подходов, при численном моделировании транспортной сети округа Монтгомери, США. Ранее в своей работе автор показал, как два этих подхода связаны между собой через относительную скорость распространения возмущений в транспортном потоке. К сожалению, в тексте при описании полученных результатов нигде не упоминается какая конкретная микромодель использовалась при расчетах и была ли она откалибрована через полученную для макромоделей зависимость относительной скорости распространения возмущений от плотности транспортного потока.
2. Считаю необходимым заметить, что при обсуждении результатов численного моделирования транспортной сети округа Монтгомери, США, помимо их точности, автору следовало сравнить сложность программной реализации микро и макро подходов, также как и вычислительные ресурсы, потраченные на достижение представленных результатов.
3. В выводах третьей главы автор пишет: «Проведенные расчеты показали, что управление дорожным движением в городской транспортной сети с использованием разработанной макроскопической модели демонстрирует эффективность предложенного алгоритма адаптивного управления трафиком и позволяет оценить эффект его применения для выбора наиболее оптимальной стратегии организации дорожного движения на значительных временных интервалах для заданного участка

транспортной сети». Фактически автором были представлены расчеты по эффективному управлению траффиком для отдельной, пусть и протяженной дороги, а именно МКАД г. Москвы. Результатов по моделированию адаптивного управления траффиком городской транспортной сети, например, исследуемой автором сети округа Монтгомери, США, в тексте представлено не было.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертация написана на высоком научном уровне. Она показывает, что автор провел всестороннее научное исследование, включающее разработку новых математических и физических моделей, построение численных методов, их программную реализацию и проведение вычислительных экспериментов. Диссертация представляет собой законченное самостоятельное научное исследование на актуальную тему. В ней представлены все этапы решения заметной научной и практической проблемы, связанной с разработкой сетевых вычислительных моделей для исследования нелинейных волновых процессов на графах. Содержание диссертации и полученные результаты соответствуют паспорту специальности 05. 13. 18.

Представляется, что диссертационная работа вполне соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (п.9), утвержденным Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертационной работы Холодов Ярослав Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

30.09.2020

Официальный оппонент  
академик РАН  
профессор ФГБОУ «МГУ имени М.В. Ломоносова»  
доктор физико-математических наук

Александр Борисович Куржанский

Почтовый адрес: |119992 Москва, Воробьёвы горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2-й учебный корпус, факультет ВМК, комн. 537.

Телефон: +7 495 938 1341

Адрес электронной почты: kurzahans@mail.ru

