

«Утверждаю»
Проректор Московского государственного
университета имени М.В.Ломоносова
профессор А.А. Федянин



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Пошивайло Ильи Павловича на тему «Жесткие и плохо обусловленные нелинейные модели и методы их расчета», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа И.П. Пошивайло посвящена численному моделированию нелинейных процессов в задачах физики плазмы, химической кинетики и ряде других прикладных областей. Математические модели таких задач часто включают в себя системы обыкновенных дифференциальных уравнений, численное решение которых оказывает весьма трудной задачей в связи с их жесткостью или плохой обусловленностью.

Моделирование и расчет таких жестких систем является **важной и актуальной** задачей теории и практики. В диссертационной работе исследуются новые, полностью неявные схемы Рунге-Кутты порядка точности от 1 до 4, обладающие повышенной устойчивостью и экономичностью по сравнению с уже существующими схемами, проводятся исследования возможности автономизации рассматриваемых задач методом перехода к длине дуги, что позволяет существенно повысить точность расчетов посредством применения сгущения сеток по методу Ричардсона, предлагается пакет программ, позволяющий проводить расчет прикладных

задач с использованием разработанных в рамках диссертационной работы алгоритмов. Кроме того, описанные в работе алгоритмы могут быть применены для более широкого класса задач, сводящихся к решению задачи Коши для жесткой или плохо обусловленной системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Таким образом, диссертация И.П. Пошивайло весьма актуальна и востребована по своей тематике.

2. Содержание диссертационной работы, основные результаты исследования и их новизна

Логика диссертационного исследования предопределила структуру работы в целях последовательного решения поставленных задач. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Полный объем диссертации 85 страниц текста с 23 рисунками и 7 таблицами. Список литературы содержит 47 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, указывается цель работы, ее новизна, практическая ценность. Формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 подробно описан процесс построения нового подкласса разностных схем для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений – обратных схем Рунге-Кутты. В том числе делается акцент на возможность эффективного применения этих схем для решения дифференциально-алгебраических систем индекса 1.

В главе 2 рассмотрены особенности применения метода Рундсона оценки погрешности численного решения задачи Коши и его применению при переходе в качестве аргумента интегрирования к длине дуги интегральной кривой. Данный метод позволяет получить асимптотически точную оценку погрешности решения на основе глобального сгущения сеток. Изложение в этом разделе, как и во всех остальных, иллюстрируется примерами практического применения разработанных методов и алгоритмов. В том числе подробно описываются важные нюансы применения этого метода для решения задач с явно выраженными пограничными слоями.

В главе 3 приведено описание некоторых вспомогательных методов и алгоритмов, которые используются при решении основных задач. В частности здесь рассматриваются некоторые обобщения метода Ньютона решения нелинейных уравнений, направленных на расширение области сходимости метода, а также алгоритм определения кратности корня, который позволяет существенно повысить точность расчётов.

В главе 4 приведены результаты использования предложенных методов и алгоритмов для решения ряда прикладных задач. В частности, эффективность предложенных методов продемонстрирована на примере решения задач расчета бегущей тепловой волны, расчета транзисторного усилителя, решения уравнения Ван дер Пола и расчета одной задачи химической кинетики. Все примеры демонстрируют явное преимущество разработанных методов по сравнению с уже существующими и используемыми в мировой практике.

В главе 5 приведено описание и исходных код основных алгоритмов, предложенных в диссертационной работе, на языке программирования Matlab.

В Заключении формулируются основные результаты работы.

Диссертационная работа И.П. Пошивайло является самостоятельным, законченным исследованием, основные положения которого имеют научную новизну. Перечислим наиболее важные **новые научные результаты**, полученные в диссертации.

- 1) Построен новый класс неявных схем – оптимальные обратные схемы Рунге-Кутты с числом стадий от 1 до 4.
- 2) Доказано, что эти схемы обладают повышенной устойчивостью и порядком точности как при решении обыкновенных дифференциальных уравнений, так и дифференциально-алгебраических систем индекса 1. По сочетанию устойчивости, точности и экономичности они являются наилучшими среди всех широко известных схем типа Рунге-Кутты.
- 3) Показано, что для жестких задач возможно выполнение расчетов на сгущающихся сетках с получением апостериорной асимптотически точной оценки погрешности не только на регулярной части решения, но и в пограничных слоях.

- 4) Показано, что автономизация жестких задач с помощью длины дуги улучшает расчет пограничных слоев, а также позволяет вычислять апостериорную оценку погрешности.

Изложенные положения соответствуют требованиям специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» паспорта специальностей ВАКа Российской Федерации (физико-математические науки) в части пунктов 3. «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий», 4. «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента», 5. «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента»

3. Значимость полученных результатов и выводов

Разработанный пакет программ применим для численного решения практически важных задач, а также при подготовке специалистов по математическому моделированию и вычислительной математике. Предлагаемые методы используются для моделирования задач физики плазмы, химической кинетики и теории электрических цепей. Однако они могут быть применены и для более широкого круга задач, сводящихся к решению задачи Коши для жесткой или плохо обусловленной системы уравнений.

4. Достоверность полученных результатов и выводов

Достоверность изложенных в работе результатов обеспечивается корректным применением аппарата вычислительной математики при конструировании разностных схем. Результаты расчетов рассматриваемых в работе моделей согласуются с результатами, полученными другими исследователями.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Разработанные автором методы и алгоритмы могут широко использоваться в научных центрах, занимающихся теорией решения жестких или дифференциально-алгебраических систем дифференциальных уравнений, например, МГУ имени М.В. Ломоносова, НИЯУ «МИФИ», МГТУ им. Н.Э. Баумана и в других научных коллективах и учреждениях. Также часть результатов диссертационной работы уже включена в специальный курс «Численные методы», читаемый на кафедре математики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

6. Замечания по диссертационной работе

В диссертации имеются незначительные **недостатки**, в основном связанные с опечатками. Например, на стр. 10 упоминается «применение сгущения сеток по методу Розенброка» вместо «применение сгущения сеток по методу Рундсона». Указанные недостатки никоим образом не снижают научного достоинства работы.

7. Общий вывод

Диссертация И.П. Пошивайло является законченной научной работой, посвященной решению актуальных задач и содержащей новые практически значимые научные результаты мирового уровня. Все выносимые на защиту результаты строго обоснованы. Основные результаты работы своевременно опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, представлены в достаточном объеме и соответствуют основному содержанию диссертационного исследования. Автореферат верно отражает содержание диссертации и раскрывает основные ее положения.

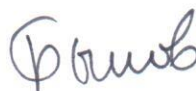
Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором Быковым Алексеем Александровичем и доктором физико-математических наук, профессором Поповым Виктором Юрьевичем.

Результаты диссертационного исследования Пошивайло Ильи Павловича на тему «Жесткие и плохо обусловленные нелинейные модели и методы их расчета», отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены и одобрены на заседании кафедры математики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (протокол № 27 от 29 апреля 2015 г.).

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа Пошивайло Ильи Павловича является самостоятельным и профессионально выполненным научным исследованием, соответствует требованиям и критериям абз. 2 п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842), а ее автору Пошивайло Илье Павловичу может быть присвоена ученая степень кандидата физико-математических наук.

Отзыв составили

доктор физико-математических наук,
профессор



А.А. Быков

доктор физико-математических наук,
профессор



В.Ю. Попов

Отзыв утвержден на заседании кафедры математики 29 апреля 2015 г.

Заведующий кафедрой математики
физического факультета МГУ,
доктор физико-математических наук,
профессор



Н.Н. Нефедов

Ученый секретарь
кафедры математики
физического факультета МГУ,
кандидат физико-математических наук



А.А. Панин