

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Овсянникова Дмитрия Александровича на
диссертацию Кривовичева Герасима Владимировича на тему: «Гиперболические модели
процессов переноса и гемодинамики», представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

В диссертационной работе Кривовичева Герасима Владимировича рассматриваются задачи о моделировании процессов переноса вещества и гемодинамики с использованием гиперболических систем уравнений в частных производных. Значительная часть работы посвящена анализу известных и разработке новых численных методов для практической реализации таких моделей. Поскольку гиперболические системы широко используются в механике и физике, тема работы является **актуальной**.

Структура диссертации. В **первой главе** предложены и исследованы гиперболические модели линейной диффузии. Проведен анализ устойчивости разностных схем для решения линейных систем кинетических уравнений. В **главе 2** проводится сравнительный анализ моделей учета влияния действия объемных сил в разностных схемах для кинетических уравнений с релаксационным членом. **Глава 3** посвящена разностным схемам для моделирования задач конвекции-диффузии. В **главе 4** рассматриваются разностные схемы для линейного уравнения переноса. Приведено большое число численных примеров, иллюстрирующих теоретические результаты. **Глава 5** посвящена решению задач оптимизации методов Рунге Кутты специального типа и их применению к построению разностных схем для волновых уравнений. В **главе 6** построены одномерные математические модели течения крови в сосудистых системах, получены аналитические решения и проведено численное моделирование.

Основные научные результаты диссертации:

1. Предложены и исследованы новые модели линейной диффузии и проведен анализ устойчивости разностных схем для таких моделей.
2. Проведен сравнительный анализ моделей учета действия объемных сил в разностных схемах для кинетических уравнений.
3. Предложены новые разностные схемы для численного решения задач конвекции-диффузии.
4. Предложены новые параметрические разностные схемы для линейного уравнения переноса.
5. Построены новые разностные схемы для волновых уравнений на основе оптимизированных методов Рунге Кутты.
6. Построены одномерные математические модели течения крови, учитывающие ее неニュтоновские свойства.
7. Получены интегралы стационарных уравнений гемодинамики и аналитические решения нелинейных начально-краевых нестационарных задач.
8. Разработан комплекс программ для численного моделирования течения крови в больших сосудистых системах.

РК № 33-06-1195 от 08.11.2022

Теоретически значимые новые научные результаты:

1. Построены новые математические модели линейной диффузии на основе гиперболических систем кинетических уравнений.
2. Предложены и исследованы новые разностные схемы для численного решения задач диффузии, конвекции-диффузии и конвективного переноса.
3. Проведен анализ устойчивости нелинейных схем метода пассивного скаляра.
4. Построены и исследованы разностные схемы для линейного уравнения переноса на основе обобщенной формулы Рунге — Кутты.
5. Построены одномерные модели течения крови в больших сосудистых системах, учитывающие влияние клеточной части крови.
6. Получены интегралы стационарных уравнений гемодинамики и получены стационарные решения. На основе метода возмущений получены аналитические решения нелинейных начально-краевых задач для уравнений гемодинамики.

Практически значимые новые научные результаты:

1. Построены математические модели линейной диффузии, позволяющие эффективно производить численное моделирование с использованием распараллеливания вычислений.
2. Даны рекомендации по использованию на практике разностных схем для кинетических уравнений, в которых учитывается влияние внешних объемных сил.
3. Построены параметрические разностные схемы для линейного уравнения переноса, которые могут быть применены при решении широкого круга задач (в рамках метода расщепления, метода пассивного скаляра и т.п.). Примеры применения в задачах теории переноса вещества и газовой динамики представлены в работе.
4. Проведена оптимизация различных вариантов методов Рунге — Кутты, в ходе которой получены оптимальные значения параметров, при которых снижаются фиктивные нефизические эффекты. Приведены примеры применения таких методов при решении волновых уравнений.
5. Построены новые модели течения крови, в которых учтены неньютоновские свойства. Для апробации моделей написан комплекс программ, который можно использовать на практике.

Достоверность. Результаты работы, представленные в диссертации, получены строгими математическими методами, проверены в вычислительных экспериментах и опубликованы в международных и отечественных рецензируемых журналах. Все результаты были представлены на международных конференциях

Замечания по работе:

1. Результаты, представленные в главах 1-4, относятся к системам кинетических уравнений. Однако, в тексте не приводится сведений об условиях существования и единственности решений задач для уравнений типа Больцмана или Власова. Утверждения о существовании и единственности классических и обобщенных решений таких задач представлены в большом числе работ — в статьях А.А. Арсеньева (во многом этим проблемам посвящена и монография Арсеньев А.А. Введение в теорию кинетических уравнений. М.: Наука, 1992 г.), А.И. Субботина, Б.В. Филиппова, С.В. Иорданского, С. Укаи, С. Воллмена, С. Виллани, Дж. Батта и других авторов. В тексте следовало бы процитировать эти работы.

2. В главах 4-5 при сравнении численных решений с точными решениями задач с разрывными начальными условиями следовало упомянуть, что речь идет об обобщенных решениях.

3. В тексте содержится довольно много опечаток и пунктуационных ошибок. Некоторые термины не переводятся с английского языка.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Диссертация является законченным научным исследованием и представляет практический и теоретический интерес. Результаты диссертации опубликованы в 27 научных трудах, индексируемых в отечественных и международных научометрических базах данных.

Заключение. Диссертация Кривовичева Герасима Владимировича на тему: «Гиперболические модели процессов переноса и гемодинамики» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Кривовичев Герасим Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой теории систем управления
электрофизической аппаратурой СПбГУ

Д.А. Овсянников

Дата 02.11.2022