



0019 Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պող., 24 / 2
Հեռ. (37410) 52-48-90 Ֆաք. (37410) 56-81-89
e-mail: mechins@sci.am

24/2, Marshal Baghramian Ave., Yerevan, 0019
Phone: (37410) 52-48-90 Fax: (37410) 56-81-89
e-mail: mechins@sci.am

N 2436/81

“25 10 2022

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Барсегяна Вани Рафаэловича 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.

Актуальность темы диссертации. Диссертационная работа посвящена актуальной теме исследования: разработке гиперболических моделей процессов переноса вещества и гемодинамики. Гиперболические теории процессов переноса и соответствующие им математические модели, основанные на уравнениях и системах дифференциальных уравнений в частных производных, являются по существу рациональным подходом, имеют значительный теоретический интерес и возрастающее практическое значение. Гиперболические уравнения широко встречаются в различных теоретических и прикладных областях науки — в основном, они описывают волновые и колебательные процессы. При этом разработка новых гиперболических моделей, описывающих процессы иной природы и развитие вычислительных технологий для их реализации, несомненно, востребованы и являются **актуальными**, а практическая значимость исследования не вызывает сомнения.

В диссертационной работе получен ряд новых и важных результатов с точки зрения решения, возникающих в описанной выше области задач. В работе построены и исследованы новые математические модели линейной диффузии в виде гиперболических систем уравнений. Несколько глав посвящены анализу и развитию численных методов решения гиперболических уравнений и систем. Построены характеристики областей устойчивости в пространстве параметров и приведено их сравнение для разных моделей. Произведен анализ устойчивости. Получены условия устойчивости схем решения уравнения переноса, исследованы дисперсионные и диссипативные свойства. Построены и исследованы схемы разных порядков точности с несимметричными разностями и произведена оптимизация таких схем. Большой интерес представляют изложенные в главе 5 модифицированные методы Рунге — Кутты, которые можно использовать как при численном решении задач для волновых уравнений, так и при решении задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Большой интерес представляют математические модели гемодинамики и разработанный комплекс программ для численного моделирования течения крови в сосудистых системах, учитывающих влияние клеточной части на реологические свойства крови.

РКН/33-06-1196 от 08.11.2022

В целом в работе предложено несколько новых разностных схем, которые можно применять для численного решения задач гидродинамики, теории упругости, электродинамики. Предложенные вычислительные методики могут быть использованы не только при моделировании, но и при решении задач управления колебательными и волновыми процессами.

Теоретическая значимость и практическая новизна диссертации определяются по представленным новым математическим моделям и вычислительным технологиям, которые могут применяться при моделировании достаточно широкого круга процессов в механике и физике.

К основным научным результатам следует отнести следующие:

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

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанные модели и численные методы можно использовать при численном решении задач о переносе вещества и течении крови с использованием современных высокопроизводительных комплексов.

Достоверность результатов диссертации определяется строгими математическими формулировками задач и корректным применением используемых методов исследования, аппробацией результатов, полученных в диссертации, на российских и международных научных конференциях, публикациями в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях.

Диссертация оформлена удовлетворительно, текст диссертации изложен на хорошем уровне, все полученные результаты обоснованы и выполнены на хорошем научном уровне. В то же время работа не лишена некоторых недостатков:

1. Все построенные автором разностные схемы являются явными по времени, что приводит к необходимости проведения анализа их устойчивости и получения ограничений на шаг по времени. В случае неявных схем, скорее всего, расчеты можно было бы проводить с любым шагом по времени в силу их безусловной устойчивости. Остается неясным, почему автор не занимается разработкой неявных схем.
2. В тексте диссертации присутствует некоторое число опечаток.

Например,

а. в формулах под номерами (1.40)-(1.42), (1.44), (1.45), (3.18) и (3.21), а также в формулах в конце стр.213 и в начале стр. 214 при переносе в конце или в левой части отсутствуют соответствующие знаки.

б. в формулах (4.10), (4.24) и в формулах в конце стр. 98 присутствует английское слово «if».

Указанные замечания не влияют на теоретическую и практическую значимость работы и общее положительное впечатление.

Диссертационная работа Г.В. Кривовичева «Гиперболические модели процессов переноса и гемодинамики» представляет собой ценное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и несомненно, представляет теоретический и практический интерес. Полученные автором результаты, выводы и рекомендации являются новыми, достоверными и обоснованными. Совокупность полученных результатов можно классифицировать как научное достижение, в связи с чем, диссертационной работе Кривовичева Герасима Владимировича можно заслуженно дать положительную оценку. Считаю, что тематика работы, используемые методы исследования и полученные результаты полностью соответствуют заявленной специальности.

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», 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.

Член диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Института механики
Национальной академии наук Республики Армения,
профессор, кафедры Механики
факультета Математики и механики ЕГУ

В. Р. Барсегян

«25» октября 2022 г.

Подпись д.ф.-м.н., профессора В.Р.Барсегяна заверяю.
Ученый секретарь Института механики НАН РА, к. ф-м. н.

Л. Л. Даштоян

