

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-
проректор по научной работе РУДН
доктор медицинских наук,
профессор, член-корр. РАН


_____ А.А. Костин

18.10.2022

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Диссертация «Исследование консервативных разностных схем в моделях движения многих тел» выполнена на кафедре прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Баддур Али 1987 года рождения, гражданин Сирийской Арабской Республики, в 2019 году окончил магистратуру РУДН по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», магистерская программа «Теория вероятностей и математическая статистика».

С 2019 г. по настоящее время в аспирантуре он осваивает программу подготовки научно-педагогических кадров по направлению 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника», профиль «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», по которой подготовлена диссертация.

В настоящее время не работает.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан в 2022 году в РУДН.

Научный руководитель – Малых Михаил Дмитриевич, доктор физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов».

Научный руководитель и название темы диссертационного исследования в окончательной редакции были утверждены на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 17.05.2022 протокол № 0201-08/10.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы. Диссертационная работа Баддура Али посвящена проектированию и исследованию разностных схем для моделей движения многих тел, сохраняющих все алгебраические интегралы движения.

Задача многих тел на протяжении многих веков притягивает внимание исследователей. Надежды на ее интегрирование в конечном виде разбились в 1880-х годах, когда Брунс доказал, что задача многих тел не допускает других алгебраических интегралов движения, кроме десяти известных. После Брунса акцент был сделан на развитии численных методов исследования задачи. В конце 1980-х годов Сурисом и Купером были предложены симплектические методы Рунге-Кутты, сохраняющие гамильтонову структуру задачи многих тел и как следствие фазовый объем. Эти схемы хорошо зарекомендовали себя в задачах небесной механики. Первая разностная схема для задачи многих, сохраняющая все ее алгебраические интегралы движения, была предложена Д. Гринспеном в 1992 г. Систематический подход к построению схем, сохраняющих полную механическую энергию гамильтониана системы, был предложен в 2016 г. и получил название метод квадратизации энергии.

На кафедре прикладной информатики и теории вероятностей РУДН симплектическим методам Рунге-Кутты были посвящены две кандидатские

диссертации — М.Н. Геворкяна (научный руководитель — Д.С. Кулябов, 2013 г.) и Юй Ин (научный руководитель — Л.А. Севастьянов, 2020 г.). Ряд наработок студентов и аспирантов кафедры, связанные с решением обыкновенных дифференциальных уравнений по методу конечных разностей, собраны М.Д. Малых и Л. Гонсалесом в единый пакет `fdm for sage`, который был представлен на конференции ITTTM'2022.

В диссертационном исследовании Баддура Али концепция квадратизации энергии соединена с идеей введения дополнительных переменных с тем, чтобы строить разностные схемы, сохраняющие все алгебраические интегралы задачи многих тел, на основе симплектического метода Рунге-Кутты.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в том, что Баддур Али, работая в коллективе соавторов:

- реализовал идею введения дополнительных переменных в задаче многих тел с целью квадратизации интегралов движения, предложенную его научным руководителем М.Д. Малых;
- самостоятельно разработал и реализовал ряд основных функций пакета `fdm for sage`;
- провел серию численных экспериментов в Sage и дал интерпретацию их результатов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Обоснованность результатов диссертации опирается на теоретические исследования, все оригинальные теоремы, используемые в тексте диссертации, и их доказательства были опубликованы в рецензируемых журналах. Везде, где это возможно, проводилось сравнения полученного численного решения с аналитическими решениями, что подтверждает достоверность результатов. Результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на международных конференциях PCA'2020 и PCA'2021, ПОМИ, Санкт-

Петербург, всероссийских конференциях с международным участием ITTM'2019 и ITTM'2021, РУДН, а также на научных семинарах: по вычислительной и прикладной математике ЛИТ ОИЯИ (Дубна, сентябрь 2021 г.) и «Математические методы в естественных науках» под рук. проф. А.Н. Боголюбова (МГУ, март 2022 г.).

Новизна результатов проведенных исследований.

- Предложен метод проектирования разностных схем произвольно большого порядка аппроксимации, сохраняющих все алгебраические интегралы движения задачи многих тел.
- Предложенный метод реализован в виде компьютерной программы и интегрирован в пакет `fdm for sage`.
- В разработанной системе выполнено оригинальное исследование сохранения алгебраических интегралов движения задачи многих тел в плоских задачах 2 и 3 тел на схемах 2, 4 и 6 порядков аппроксимации.

Теоретическая и практическая значимость проведенных исследований. Разрабатываемые численные методы найдут применение в теоретических исследованиях динамических систем, богатых законами сохранения, но тем не менее не сводящихся к квадратурам. Результаты диссертации могут быть использованы при создании учебных курсов по теме «Дифференциальные уравнения» и «Компьютерная алгебра».

Ценность научных работ соискателя. В рамках диссертационного исследования Баддура Али:

- сконструированы разностные схемы 2, 4 и 6 порядков для интегрирования задачи многих тел, сохраняющие точно все алгебраические интегралы движения,
- пакет `fdm for Sage`, позволяющий интегрировать обыкновенные дифференциальные уравнения, дополнен новыми функциями – реализацией неявного метода Рунге-Кутты.

Специальность, которой соответствует диссертация. Диссертация выполнена в соответствии с паспортом специальности 1.2.2 –

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и включает оригинальные результаты, направленные на развитие миметических методов в теории конечных разностей в их приложении к динамическим системам. В соответствии с п. 1 паспорта специальности в диссертации разработаны новые математические методы моделирования объектов и явлений — миметические методы моделирования движения многих тел. В соответствии с п. 3 проведена разработка, обоснование и тестирование эффективных числительных методов — новых консервативных разностных схем для задачи многих тел — с применением современных компьютерных технологий. В соответствии с п. 4 паспорта реализованы эффективные численные методы и алгоритмы отыскания интегралов динамических систем, конструирования консервативных разностных схем и организации вычислений по этим схемам в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения серии численных экспериментов.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные результаты по теме диссертации изложены в 8 печатных изданиях, 5 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 3 — в периодических научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 — в тезисах докладов. Основные положения и результаты диссертации отражены в следующих опубликованных работах:

1. On the Quadraticization of the Integrals for the Many-Body Problem [Text] /Y. Ying [et al.] // Mathematics. — 2021. — Vol. 9, no. 24. — URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/24/3208>.
2. Baddour, A. On Difference Schemes for the Many-Body Problem Preserving All Algebraic Integrals [Text] / A. Baddour, M. Malykh // Phys. Part. Nuclei Lett. — 2022. — Vol. 19. — P. 77—80.
3. Baddour, A. Richardson–Kalitkin method in abstract description [Text] / A. Baddour, M. D. Malykh // Discrete and Continuous Models and Applied

- Computational Science. — 2021. — Vol. 29, no. 3. — P. 271—284. — URL: <https://journals.rudn.ru/miph/article/view/27531>.
4. Numerical determination of the singularity order of a system of differential equations [Text] / A. Baddour [et al.] // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. — 2020. — Vol. 28, no. 1. — P. 17—34. — URL: <https://journals.rudn.ru/miph/article/view/23694>.
 5. Baddour, A. On Periodic Approximate Solutions of Dynamical Systems with Quadratic Right-Hand Side [Text] / A. Baddour, M. Malykh, L. Sevastianov // J. Math. Sci. — 2022. — Vol. 261. — P. 698—708.
 6. Dynamic systems with quadratic integrals [Text] / A. Baddour [et al.] // Polynomial computer algebra. — St. Petersburg, 2020. — URL: <https://pca-pdmi.ru/2020>.
 7. Dynamical systems with a quadratic right-hand side [Text] / A. Baddour [et al.] // Polynomial computer algebra. — St. Petersburg, 2021. — URL: <https://pca-pdmi.ru/2021>.
 8. Baddour, A. On the usage of the midpoint method in theory of dynamical systems [Text] / A. Baddour, M. D. Malykh, Yu Ying // Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2021 (ITTMM 2021). — Moscow, 2021. — URL: <https://events.rudn.ru/event/107/>.

В написанных в соавторстве работах основные результаты, представленные в диссертации, получены Баддуром Али лично.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Баддура Али рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение принято на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов.

Присутствовало на заседании 35 чел.

Результаты голосования: «за» – 35 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел. Протокол № 0200-19-04/03 от 11.10.2022.

Председательствующий на заседании:

заведующий кафедрой прикладной информатики

и теории вероятностей,

доктор технических наук, профессор

К.Е. Самуйлов

Подпись К.Е. Самуйлова удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета

факультета физико-математических

и естественных наук РУДН



И.С. Зарядов