

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Чинь Фьюка Тоана «**Некоторые свойства дискретных динамических систем Биркгофа**», представленную к защите в диссертационном совете ПДС 0200.007 при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов» на соискание ученой степени кандидата физико математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Актуальность темы диссертационной работы.

Основной целью диссертации Чинь Фьюка Тоана является исследование свойств динамических систем с дискретным временем, соответствующих непотенциальным конечномерным и бесконечномерным динамическим системам с «непрерывным» временем в рамках механики Биркгофа, и их приложения с численными результатами. Явные разностные схемы, например, схемы Рунге-Кутты, дают очень простой в реализации на компьютере метод интегрирования непрерывных динамических систем, однако они не наследуют те структуры, которые естественным образом связаны с исходной непрерывной моделью. В 1990-х годах возникла мысль о проектировании разностных схем, сохраняющих те или иные алгебраические структуры динамической системы, в т.ч. ее симплектическую структуру или ее интегралы движения. Интеграторы, наследующие в том или ином смысле некоторые структуры исходной непрерывной модели, получили название геометрических интеграторов. Наиболее исследованы симплектические схемы Рунге-Кутты, которые сохраняют симплектическую структуру гамильтоновых систем. Исследования, выполненные за последние 30 лет, показали, что сохранение одной структуры не влечет за собой наследование других. Сейчас не ясно, сохранение какой структуры непрерывной системы позволит разностной схеме унаследовать наибольшее число свойств исходной непрерывной модели. Поэтому представляется важным и актуальным исследовать различные способы конструирования разностных схем, в том числе те, которые получаются путем дискретизации вариационного функционала. Именно этот подход рассматривается в диссертации Чинь Фьюка Тоана, что указывает на актуальность этой работы.

Характеристика содержания диссертационной работы. В диссертации Чинь

Фьюка Тоана рассмотрено несколько динамических систем с единых позиций. Сначала выясняется, являются ли эти системы потенциальными, затем, в случае отрицательного ответа, ищется интегрирующий множитель. Если такового не существует, задача оставляется без решения. В противном случае дается вариационная постановка задачи. После этого осуществляются дискретизация вариационной постановки и предлагается новый численный метод интегрирования задачи. Перечислим задачи, рассмотренные в диссертации.

1. Краевая задача для системы Соболева, описывающей движение жидкости во вращающемся сосуде; доказано, что 1.) оператор задачи не является потенциальным (теорема 1.2) и 2.) не существует матричного вариационного множителя (теорема 1.3).
2. Задача о маятнике с вибрационным подвесом с трением; найден вариационный множитель (теорема 2.2), предложены вариационные постановки задачи (2.10) и (2.12) и их дискретизация, на ее основе рассмотрен численный пример (стр. 48-59), проведено сравнение численных решений полученных новым методом и методом Рунге-Кутты.
3. Модельная задача для уравнения $\ddot{u} - 2\dot{u} - 3u - t(1 + e^{3t}) = 0$, найден вариационный множитель (утверждение 2.2.), предложены вариационные постановки задачи и их дискретизация, на ее основе, проведено сравнение с результатами, которые получаются из вариационных постановок по методу Ритца с базисом из первых 5 степеней t .
4. Динамическая система Биркгофа с конечным числом степеней свободы; указана вариационная постановка и ее дискретизация (стр. 66-67), рассмотрен тестовый пример, допускающий решение в элементарных функциях, проведено сравнения приближенных и точных решений (стр. 70-73).
5. Динамическая система Биркгофа с бесконечным числом степеней свободы; указана вариационная постановка (теорема 3.1), выполнена ее дискретизация по времени (теорема 3.2), рассмотрена классическая задача о колебании мембраны как пример динамической системы Биркгофа (стр. 83), результаты численных экспериментов не представлены.

Следует заметить, что рассмотренные задачи несколько выходят за рамки темы, обозначенной в названии диссертации – динамические системы Биркгофа, тем не

менее они вполне корректно иллюстрируют основную идею диссертации – построение численных методов интегрирования динамических систем с затуханием на основе вариационных принципов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность. Диссертация содержит ряд оригинальных теорем, доказательства которых были своевременно опубликованы в рецензируемых журналах, что вполне подтверждает обоснованность результатов. Достоверность результатов вычислений по предложенным алгоритмам подтверждается совпадением результатов вычислений в тестовых примерах с результатами других авторов.

Практическая значимость исследований. Полученные результаты могут быть применены для исследования уравнений движения конечномерных и бесконечномерных систем с непотенциальными операторами. Их можно использовать в рамках курса «Аналитическая динамика», «Уравнения математической физики».

Недостатки работы. В диссертации имеется ряд недостатков.

1. График, представленный на стр. 53, указывает на значительное расхождение между решениями задачи о колебании маятника, найденными по оригинальному методу и методу Рунге-Кутты. В тексте этому не дано никакого объяснения. Вероятно, дело здесь в том, что оригинальный метод применяется к краевой задаче, а метод Рунге-Кутты – к начальной, начальная скорость в которой восстановлена по методу стрельбы и видимо не очень точно. Фактически, на графике сравниваются различные частные решения.
2. Не найден порядки аппроксимации предлагаемых численных методов. Поскольку первая производная заменяется на отношений приращений, ожидать высоких порядков не приходится, но из-за симметрии порядок может быть вторым, а не первым.
3. Не проведено численное исследование характеристик предлагаемых численных методов по методу Рунге-Кутты.
4. На стр. 63 для модельной задачи выписаны два решения, найденные по методу Рунге-Кутты в системе Матлаб из двух различных вариационных постановок одной и той же задачи. Коэффициенты более-менее совпадают только у первой базисной функции, у 2^{ii} – это различие достигает 25%, а дальше становится

еще больше. В тексте этому не дано никакого объяснения.

5. В третьей главе, посвященной динамическим системам Биркгофа с бесконечным числом степеней свободы, не представлены результаты численных экспериментов. Было бы весьма интересно увидеть сравнение решения, полученного авторским методом в задаче о колебаниях мембраны, с решениями, полученными по методу Фурье.

Указанные недостатки не снижают общее положительное впечатление о диссертационной работе.

Заключение. Диссертационное исследование представляет собой законченное и самостоятельное исследование, в котором решена актуальная задача дискретизации по времени непрерывных непотенциальных динамических систем в рамках механики Биркгофа.

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин, а именно п. 1 «Классическая механика и аналитическая динамик» и п. 11 «Аналитические методы механики систем с бесконечным числом степеней свободы».

Полученные автором результаты достоверны, основные выводы и заключения обоснованы. Автореферат корректно отражает результаты диссертационного исследования. Основные научные результаты диссертации достаточно полно изложены в 3 статьях в научных журналах, входящих в список ВАК, две из которых проиндексированы МБЦ Scopus, и 2 тезисах международных конференций. Диссертация прошла апробацию на международных конференциях и научных семинарах, в т.ч. на семинаре по математическому моделированию кафедры математического моделирования и искусственного интеллекта РУДН (рук. – проф. Л.А. Севастьянов).

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Некоторые свойства дискретных динамических систем Биркгофа» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов»,

утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор, Чинь Фыок Тоан, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук (специальность 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, зав. кафедрой математического моделирования и искусственного интеллекта Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы


Малых Михаил Дмитриевич

«17» февраля 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
заведующий кафедрой математического моделирования и искусственного интеллекта
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Тел.: +7 (495) 955-07-91

Электронная почта: malykh_md@pfur.ru

Подпись М.Д. Малых удостоверяю.

Ученый секретарь ученого совета факультета физико-математических и естественных наук ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

доцент

Зарядов Иван Сергеевич

