

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Чинь Фьюка Тоана
«Некоторые свойства дискретных динамических систем Биркгофа»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

Актуальность темы исследования.

Одно из направлений современных исследований в аналитической динамике – обобщения гамильтоновой механики. Они направлены на распространение методов гамильтоновой динамики на системы с более общей структурой уравнений, описывающих движения этих систем. Таковыми являются уравнения Биркгофа, опубликованные им еще в 1927г. В случае конечномерных систем они исследовались в работах Сантилли Р. М., Галиуллина А. С., Ву Х., Мея Ф. С., Лю С.С., Суни Ю.Дж. и др. Для распространения методов гамильтоновой механики на более общие системы необходимо прежде всего построить функционал – действие по Гамильтону, из условий стационарности которого получались бы уравнения, моделирующие процессы в этих систем. В этом плане для непотенциальных систем возникает задача построения по заданным уравнениям движения обобщенного действия по Гамильтону как решения обратной задачи вариационного исчисления. Это с одной стороны.

С другой стороны известно, что многие задачи динамики могут быть решены только приближенно в некотором смысле к искомому. Основная идея при этом состоит в дискретизации исходной задачи. В рассматриваемой диссертации разностная аппроксимация уравнений движения непотенциальных систем получается при помощи интегрального вариационного принципа Гамильтона. Требования о сохранении при дискретизации свойств исходных дифференциальных уравнений, в частности, потенциальности и интегральных инвариантов, а также вопросы об относительных интегральных инвариантах первого порядка систем Биркгофа с бесконечным числом степеней свободы и дискретном по времени их аналоге имеют важное значение в аналитической механике и оказались малоисследованными. Разработка различных методов дискретизации уравнений движения в общем случае непотенциальных систем остается актуальной задачей.

Диссертация Чинь Фьюка Тоана посвящена исследованию свойств динамических систем с дискретным временем, соответствующих непотенциальным конечномерным и бесконечномерным динамическим системам с «непрерывным» временем в рамках механики Биркгофа (косвенные вариационные принципы, интегральные инварианты, потенциальность), и их приложения с численными результатами.

Характеристика содержания диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 66 наименований и изложена на 102 страницах.

Во **введении** приведен краткий обзор работ по аналитической динамике систем Биркгофа, сформулированы задачи и цели диссертации, перечислены

основные результаты.

В главе 1 доказана непотенциальность оператора рассматриваемой краевой задачи для системы Соболева и доказано несуществование матричного вариационного множителя с компонентами, зависящими от пространственных переменных и времени. Построено обобщенное действие по Гамильтону – функционал, являющийся полуограниченным на решениях заданной краевой задачи.

Глава 2 посвящена разработке вариационных подходов к построению двух различных разностных схем для задачи о движении маятника с вибрационным подвесом с трением и для одной бивариационной диссипативной задачи. Получены соответствующие численные результаты. Построены системы дискретных уравнений Биркгофа. Получены необходимые и достаточные условия потенциальности заданной разностной системы.

В главе 3 получены весьма общие уравнения движения бесконечномерных систем, содержащие как частный случай известные уравнения Биркгофа. Для них построен относительный интегральный инвариант и разностный аналог с дискретным временем. На его основе найдена разностная аппроксимация линейного относительного интегрального инварианта первого порядка. Получены необходимые и достаточные условия потенциальности заданной системы уравнений движения с бесконечным числом степеней свободы. При их выполнении построено действие по Гамильтону и получено ее представление в виде уравнений Биркгофа для бесконечномерных систем.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

Достоверность и новизна результатов диссертации.

Достоверность полученных теоретических результатов обоснована приведенными доказательствами теорем с использованием методов аналитической динамики, современных методов решения обратных задач вариационного исчисления, нелинейного функционального анализа и результатами иллюстрирующих примеров, согласующимися с выводами теории.

В диссертации получены следующие основные результаты:

1. Доказана непотенциальность оператора рассматриваемой краевой задачи для системы Соболева относительно классической билинейной формы и доказано несуществование матричного вариационного множителя с компонентами, зависящими от пространственных переменных и времени. Построен аналог классического действия по Гамильтону — функционал, являющийся полуограниченным на решениях заданной краевой задачи.

2. Разработан вариационный подход к построению и исследованию дискретной математической модели движения маятника с вибрационным подвесом с трением.

3. Введено понятие потенциальности дискретной системы. Получены необходимые и достаточные условия потенциальности заданной разностной схемы. Представлен алгоритм построения соответствующего дискретного действия по Гамильтону.

4. Получены достаточно общие уравнения движения бесконечномерных систем, содержащие как частный случай известные

уравнения Биркгофа. Для них построены разностный аналог с дискретным временем и линейный относительный интегральный инвариант первого порядка. Получена разностная аппроксимация линейного относительного интегрального инварианта первого порядка.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Результаты диссертации сформулированы в виде теорем и утверждений. Они строго доказаны. При этом соответствующие известные результаты классической механики могут быть получены как частный случай результатов диссертационной работы.

Ценность для науки и практики результатов работы.

Диссертация относится к области фундаментальных исследований. Полученные результаты имеют важное значение для аналитической механики. Они могут быть применены при исследовании широких классов уравнений движения конечномерных и бесконечномерных систем с непотенциальными операторами. Их можно использовать в рамках курса «Аналитическая динамика». Результаты диссертации могут служить основой постановок задач для выпускных квалификационных работ студентов бакалавриата и магистерских диссертаций по направлениям «Математика» и «Прикладная математика и информатика».

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. Результаты диссертации опубликованы в 4 статьях в периодических научных журналах, индексируемых в международных базах данных.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации. Автореферат полностью и корректно соответствует основным положениям диссертации.

Замечания по диссертационной работе.

1. В диссертации получены численные решения нескольких конкретных задач. Уместно при этом было бы найти порядок аппроксимации.
2. Замечание после теоремы 1.5 на стр. 40 описывает свойства функционала действия. Доказательства этих свойств можно найти в тексте, но было бы правильно упорядочить их, доказав свойства 1- 4 последовательно друг за другом.
3. В заключении было бы целесообразно написать о перспективах дальнейшего развития результатов диссертации.

Указанные замечания не влияют на уровень значимости диссертационного исследования и не снижают его высокую оценку.

Заключение. Диссертация Чинь Фыюка Тоана «Некоторые свойства дискретных динамических систем Биркгофа» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи о потенциальности, дискретизации и интегральных инвариантах

уравнений движения как конечномерных, так и бесконечномерных систем Биркгофа, имеющей важное значение в динамике непотенциальных систем.

Работа 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 ее 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
(01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление), доцент,
ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра
«Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук»



Сакбаев Всеволод Жанович

24 февраля 2025 г.

Наименование организации - места работы: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук»,
125047, г. Москва, Миусская пл., д.4
тел.: +7(499)978-13-14, e-mail: office@keldysh.ru

Подпись Сакбаева В.Ж. удостоверяю.

Ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

24 февраля 2025 г.



А.А. Давыдов