

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.

Уравнения движения в форме Биркгофа являются обобщением систем Гамильтона. В случае конечномерных систем они исследовались в работах Сантilli Р. М., Галиуллина А. С., Мея Ф. С. и др. Решение ряда конкретных задач приводит к необходимости дискретизации уравнений этих систем. Вопросы 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 динамике и оказались малоизученными. Представляется весьма актуальной разработка различных способов дискретизации уравнений движения в общем случае непотенциальных систем.

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 (косвенные вариационные принципы, интегральные инварианты, потенциальность), и их приложения с численными результатами.

Следует отметить, что в трудах Дж. Томсона, Л. Больцмана, Г. Гельмгольца и ряда других ученых было показано, что из всех интегральных вариационных принципов механики наиболее подходящим для возможного описания процессов различной природы является принцип стационарного действия в форме Гамильтона.

Характеристика содержания диссертационной работы.

Диссертация общим объемом 102 страницы состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 66 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, приведен краткий исторический обзор работ по аналитической динамике систем Биркгофа, сформулированы задачи и цели диссертации.

В первой главе приведены некоторые сведения о производной Гато, нелокальных билинейных формах, потенциальных операторах, которые используются в дальнейшем. 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.

Во второй главе разработаны вариационные подходы 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 третьей главе из вариационного принципа с использованием заданного действия по Гамильтону 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 системы уравнений вида $C(x, t, u)u_t + E(x, t, u_\alpha) = 0$ относительно заданной билинейной формы. При их выполнении построено действие по Гамильтону для данной системы и получено ее представление в виде уравнений Биркгофа для бесконечномерных систем. С помощью аппроксимации построенного функционала его разностным аналогом на основе вариационного принципа получен дискретный по времени аналог уравнений Биркгофа.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Достоверность и новизна результатов 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. Из вариационного принципа с использованием заданного действия по Гамильтону получены весьма 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.

Достоверность полученных теоретических результатов обоснована приведенными доказательствами теорем, корректностью выполненных математических преобразований и дополнительно подтверждена результатами иллюстрирующих примеров, согласующимися с выводами теории. Достоверность полученных результатов подтверждена также их обсуждениями на научных конференциях и семинарах.

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

Результаты диссертации сформулированы в виде теорем и строго доказаны. Более того, соответствующие известные результаты классической механики могут быть получены как частный случай результатов диссертационной работы.

Ценность для науки и практики результатов работы.

Диссертация носит теоретический характер и относится к области фундаментальных исследований. Полученные результаты имеют существенное значение для аналитической механики при исследовании широких классов уравнений движения конечномерных и бесконечномерных систем с непотенциальными операторами. Их можно использовать в рамках курса «Аналитическая динамика». Кроме того, результаты диссертационной работы 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. Основные результаты диссертации опубликованы в 4 статьях, 1 статья из которых издана в периодическом научном журнале, индексируемом в MathSciNet, 3 статьи – в периодических научных журналах, индексируемых в Web of Science.

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

Замечания по диссертационной работе.

1. В параграфе 1.1 главы 1 объяснено как найти множество $D(N'_u)$. Следовало бы выписать указанное множество для каждого конкретного примера диссертационной работы.

2. В диссертации на стр. 55 получены численные решения заданной бивариационной задачи. Целесообразно при этом было бы найти порядок аппроксимации.

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

Заключение. Диссертация Чинь Фьюка 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 Фьюк Тоан, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук
(01.03.01 – Астрометрия и небесная механика), профессор,
главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» РАН,

21 февраля 2025 г.

Дружинина Ольга Валентиновна

Наименование организации - места работы: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»,
119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2
тел.: +7(499)135-62-60, e-mail: frccsc@frccsc.ru

Подпись Дружиной О.В. удостоверяю.

Ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН
доктор технических наук



В.Н. Захаров