

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Будочкиной Светланы Александровны
«Прямые и обратные задачи механики непотенциальных систем с бесконечным
числом степеней свободы»,

представленную к защите в ПДС 0200.007 на базе Российского университета
дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика,
динамика машин

Актуальность темы диссертационной работы

В аналитической механике известны различные способы исследования непотенциальных систем с конечным числом степеней свободы. Эти вопросы рассматривались в работах И.С. Аржаных, В.С. Новоселова, В.В. Румянцева, Р.М. Сантилли и др. Задачи прямой и косвенной представимости уравнений движения систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы в форме уравнений Лагранжа ставились и решались, начиная с работ Г. Гельмгольца, Г.К. Сулова, А. Майера, в работах А.С. Галиуллина, В.Л. Бердичевского, В.М. Филиппова, В.М. Савчина, Ф. Мэгри, Р.М. Сантилли и др.

Одной из основных задач лагранжевых систем является задача нахождения интегралов уравнений движения. Для решения этой задачи, в частности, требуется отыскание симметрий уравнений движения или соответствующих им действий по Гамильтону. Вопросы существования действий по Гамильтону тесно связаны с задачей представимости уравнений движения в виде канонических уравнений Гамильтона: при известных условиях невырожденности лагранжиана гамильтониан системы находится с помощью преобразования Лежандра. В классической механике, теоретической физике гамильтонов формализм служит основой для анализа многочисленных систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы. Это отражено в работах В.В. Козлова, В.Г. Вильке, Ю.Г. Павленко и др.

Представляет значительный интерес разработка новых методов и развитие известных подходов для исследования движения бесконечномерных

лагранжевых систем с непотенциальными силами. Этому и посвящено настоящее диссертационное исследование. В связи с изложенным выше тема диссертационной работы Будочкиной Светланы Александровны «Прямые и обратные задачи механики непотенциальных систем с бесконечным числом степеней свободы» является, несомненно, актуальной.

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертационная работа Будочкиной С.А. включает в себя введение, шесть глав, заключение, а также списки терминов и литературы.

Во **введении** приведена общая характеристика работы, сформулированы цели и задачи исследования, указаны основные результаты, их актуальность и новизна, представлен обзор научной литературы по исследуемой проблеме.

Глава 1 посвящена исследованию представимости уравнений движения систем с бесконечным числом степеней свободы в форме уравнений Лагранжа с не- B_u -потенциальными плотностями сил. Для этого получены необходимые и достаточные условия квази- B_u -потенциальности для операторного уравнения со второй производной по времени, разработан конструктивный метод построения лагранжиана, в общем случае не принадлежащего классу функционалов Эйлера-Лагранжа, а также определена структура рассматриваемого уравнения движения с квази- B_u -потенциальным оператором.

В **главе 2** исследуются симметричные свойства уравнений движения бесконечномерных лагранжевых систем с не- B_u -потенциальными силами. Получены условия существования симметрий уравнений движения и формулы для нахождения их интегралов. Установлена также связь симметрий уравнений движения с алгебрами Ли и Ли-допустимыми алгебрами.

Глава 3 посвящена исследованию симметричных свойств построенных в главе 1 вариационных принципов и нахождению интегралов уравнений движения бесконечномерных лагранжевых систем с не- B_u -потенциальными силами. Получены необходимые и достаточные условия инвариантности действий по Гамильтону и интегралы уравнений движения с квази- B_u -потенциальными

операторами, установлена связь вариационных симметрий с алгебраическими структурами, а также взаимосвязь симметрий уравнений и функционалов.

В главе 4 исследуется представимость уравнений движения непотенциальных систем с бесконечным числом степеней свободы в форме B_u -гамильтоновых и Гамильтона-допустимых уравнений.

В главе 5 разработан метод решения прямой задачи механики бесконечномерных систем – нахождения интегралов уравнений движения лагранжевых систем с непотенциальными силами, являющийся обобщением метода вариационных симметрий.

В главе 6 полученные теоретические результаты проиллюстрированы на примерах уравнений движения шарнирно-опертого на обоих концах призматического стержня (рассмотрены случаи потенциального и квазипотенциального операторов).

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность полученных в диссертационном исследовании результатов подтверждается использованием строгих математических методов аналитической динамики, современных методов решения обратных задач вариационного исчисления и нелинейного функционального анализа.

В диссертации получены следующие основные новые научные результаты, определяющие теоретическую ценность проведенного исследования:

1. Исследована представимость уравнений движения систем с бесконечным числом степеней свободы в форме уравнений Лагранжа с не- B_u -потенциальными плотностями сил.
2. Получены формулы для нахождения интегралов уравнений движения непотенциальных систем с бесконечным числом степеней свободы, в том числе на основе свойств инвариантности как самих уравнений движения, так и соответствующих действий по Гамильтону.

3. Исследована представимость уравнений движения систем с бесконечным числом степеней свободы в форме уравнений Гамильтона и их обобщений.

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

Обоснованность полученных в диссертации результатов подтверждается приведенными строгими математическими доказательствами с использованием методов аналитической динамики, современных методов решения обратных задач вариационного исчисления и нелинейного функционального анализа.

Ценность для науки и практики результатов работы

Полученные в диссертационной работе результаты имеют как теоретическую, так и практическую ценность. Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что в ней получены новые результаты, вносящие существенный вклад в механику систем с бесконечным числом степеней свободы. Результаты диссертационной работы могут представлять определенный интерес и для приложений в связи с возможностью их применения для исследования движения систем различной физической природы. Практическая ценность полученных результатов заключается также и в том, что они могут быть использованы в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению «Математика и механика».

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Диссертантом опубликовано значительное число работ. За последние 10 лет по теме диссертационного исследования опубликовано 16 работ, 15 из которых входят в международные базы данных Web of Science и Scopus. Тезисы докладов не учитываются. Результаты апробированы на международных и всероссийских конференциях, а также на научных семинарах. Частично они включены в отчеты по проектам Российского фонда фундаментальных исследований и выполняемым в РУДН научно-исследовательским работам.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат написан ясно и четко, он в полной мере дает представление о диссертационной работе, его содержание полностью соответствует ее основным положениям.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации отсутствуют выводы по главам.
2. В параграфе 2.2 главы 2 приведен пример, иллюстрирующий теорему 2.8. Следовало бы также привести примеры, иллюстрирующие теоремы 2.6 и 2.9.
3. Одним из перспективных подходов к построению приближенных решений дифференциальных уравнений является применение искусственных нейронных сетей различной архитектуры. Для обучения нейронной сети требуется функционал ошибки (потерь), который минимизируется с помощью градиентных методов, разработанных в последние годы. Было бы уместно использовать построенные в диссертационной работе неэйлеровы функционалы при аппроксимации решений непотенциальных систем при помощи нейронных сетей.
4. Было бы уместно также использовать технологии машинного обучения, в частности, для распознавания гамильтоновых систем.

Следует отметить, что указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общее положительное впечатление о работе.

Заключение

Диссертационное исследование Будочкиной С.А. «Прямые и обратные задачи механики непотенциальных систем с бесконечным числом степеней свободы» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы разработки и развития

математических методов механики непотенциальных систем с бесконечным числом степеней свободы, имеющей важное значение для теоретической механики. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, согласно п.2.1 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № 12 от 23.09.2019 г., а её автор, Будочкина Светлана Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Официальный оппонент:

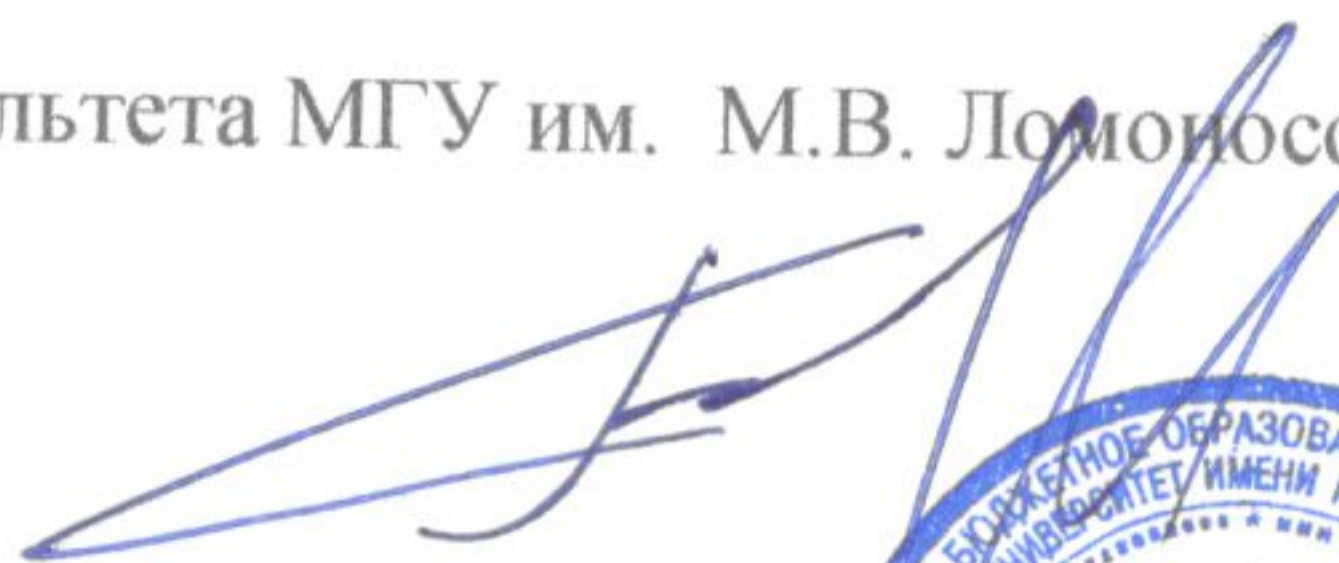
профессор кафедры математики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, доктор физико-математических наук (01.04.02 – Теоретическая и математическая физика), профессор



Ягола Анатолий Григорьевич

Подпись Яголы А.Г. удостоверяю.

И.о. декана физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
д.ф.-м.н., профессор



В.В. Белокуров

13 октября 2023 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,

тел.: +7(495)939-16-82, e-mail: info@physics.msu.ru