

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации Ильиной Анастасии Николаевны
**«Математическое моделирование голономных систем с нелинейными
геометрическими связями для решения задач устойчивости и
стабилизации установившихся движений»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Ильина А. Н. закончила механико-математический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, обучаясь по кафедре «Высшей алгебры». В настоящее время работает в МАИ на кафедре 804 старшим преподавателем на 0,75 ставки и инженером НИО-804 на 0,1 ставки. Читает лекции, проводит практические занятия и ведёт курсовое проектирование по математическим дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Теория вероятностей», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы», «Теория функций комплексного переменного» у студентов первого и второго курсов, а также «Специальные главы высшей математики» у магистрантов первого года обучения.

В ходе работы над диссертацией Ильина А. Н. зарекомендовала себя как квалифицированный математик и грамотный исследователь, способный решать не только теоретические задачи, но и использовать современные информационные технологии для программной реализации разработанных алгоритмов. Сформировалась как опытный преподаватель, ведущий методическую работу.

Соискатель активно публикует результаты своих исследований и разработок. Ею опубликовано 14 научных работ, из которых 5 – в журналах, входящих в перечень ВАК, 2 работы проиндексированы в базах данных Scopus и 1 в базе данных Web of Science. Соискателем получено свидетельство о государственной регистрации программ. Результаты неоднократно докладывались на научных конференциях различного уровня.

Диссертация посвящена решению актуальной проблемы – разработке методов математического и компьютерного моделирования динамики систем автоматического управления, имеющих в своем составе сложную механическую компоненту, движение которой стеснено нелинейными геометрическими связями. Предложенный в диссертации оригинальный способ применения методов матричной алгебры не только упрощает процедуру получения векторно-матричных уравнений возмущенного движения с

выделенным первым приближением, но и облегчает анализ нелинейных членов этих уравнений.

Все положения диссертации подтверждаются строгими математическими доказательствами, корректным применением методов математического моделирования, нелинейной теории устойчивости, математической теории управления, численных методов. Научные результаты исследования являются новыми и получены автором. Эффективность разрабатываемого способа получения математических моделей систем с геометрическими связями и сформированного на основе теоретических результатов программного обеспечения продемонстрирована на полном исследовании широко известной прикладной задачи – задачи стабилизации положений равновесия учебно-лабораторного стенда Ball and Beam. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту заявленной специальности 05.13.18. Оно может быть использовано, в частности, в учебном процессе кафедры 802 при чтении курса «Математическое и компьютерное моделирование робототехнических и мехатронных систем».

В первой главе впервые в общей постановке с учетом динамики исполнительных приводов рассмотрена задача стабилизации положений равновесия мехатронных систем с нелинейными геометрическими связями. С использованием матричной алгебры получены нелинейные векторно-матричные уравнения с выделенным первым приближением без традиционного перехода к скалярной записи. На основе анализа полученных уравнений получены новые достаточные условия разрешимости задачи стабилизации, в том числе и при неполной информации. Особое внимание обращено на необходимость строгого учета ограничений, накладываемых геометрическими связями на начальные возмущения. Разработан алгоритм определения численных значений коэффициентов стабилизирующего управления и системы оценивания.

Во второй главе рассматривается задача стабилизации стационарных движений систем с нелинейными геометрическими связями в предположении о наличии циклических координат. Для моделирования динамики таких систем предлагается развитие метода, описанного в первой главе. Выводятся векторно-матричные уравнения движения голономных систем с избыточными координатами в переменных Лагранжа и в переменных Рауса для случая управления по части циклических координат. В переменных Лагранжа рассматриваются три способа введения управляющих воздействий: по части избыточных координат, по части позиционных независимых координат и по всему вектору циклических координат. Установлены новые достаточные условия разрешимости задач стабилизации для всех трех случаев приложения управлений как при полностью известном фазовом векторе системы, так и при неполной информации о состоянии.

В третьей главе полученные в первой главе общие теоретические результаты применены для подробного исследования динамики лабораторного стенда GBV 1005 Ball and Beam как мехатронной системы с нелинейной геометрической связью. Построены различные математические модели этой системы в зависимости от способа управления и выбора зависимой координаты. Найдены управляющие воздействия, стабилизирующие все положения равновесия системы. Для сравнения приведена математическая модель на основе уравнений Лагранжа второго рода, не учитывающая нелинейные члены уравнения связи. Компьютерное моделирование осуществляется в системе MATLAB.

В четвертой главе описывается разработанный программный комплекс HolStabBB, позволяющий сравнивать различные подходы к математическому моделированию системы Ball and Beam. Обсуждены различные численные алгоритмы, необходимые для решения задачи стабилизации. Разработан и реализован алгоритм численного определения всех компонент вектора начальных возмущений в случае, если на систему наложены нелинейные геометрические связи.

Диссертация «Математическое моделирование голономных систем с нелинейными геометрическими связями для решения задач устойчивости и стабилизации установившихся движений» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую новые оригинальные результаты, выполненную на высоком научном уровне и отвечающую всем требованиям ВАК РФ. Считаю, что ее автору, Ильиной Анастасии Николаевне, может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Д. ф.-м. н., доцент

А. Я. Красинский

Подпись Красинского А. Я. заверяю

Декан факультета информационных технологий
и прикладной математики Московского авиационного
института (национального исследовательского
университета)



С. С. Крылов