

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу

Тряхова Михаила Сергеевича

«Разработка алгоритмов оптимального управления поведением решений математической модели телескопического манипулятора», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа Тряхова Михаила Сергеевича посвящена разработке алгоритмов построения оптимальных управлений поведением решений начально-краевой задачи, моделирующей динамику телескопического манипулятора, который представляет собой механическую систему, состоящую из твердого тела (направляющей) и упругого стержня (руки манипулятора). Механическая система имеет две транспортные степени свободы. Рука может перемещаться вдоль оси направляющей под действием управляющей силы, сама система может поворачиваться под действием управляющего момента вокруг оси, проходящей через центр масс направляющей. Упругая податливость стержня описывается в рамках модели упругого стержня Эйлера-Бернулли. Подобные манипуляторы являются составными элементами многих инженерных конструкций, поэтому поставленные в работе цели и задачи являются современными и актуальными. Математическими задачами, решаемыми в работе, являются задачи построения оптимальных управлений, обеспечивающих перемещение манипулятора из одного положения в другое с минимизацией некоторых функционалов от управлений. Также изучается задача быстродействия при ограничении значений рассматриваемых функционалов.

Перейдем к описанию структуры диссертационной работы и основных результатов, содержащихся в ней. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении представлено обоснование актуальности темы исследования и дан обзор литературы по выбранному вопросу. В первой главе сформулированы гипотезы, в рамках которых рассматривается задача, приведен вывод уравнений движения рассматриваемой механической системы (уравнений Лагранжа), осуществлен переход к безразмерным переменным. В результате получена математическая модель рассматриваемой задачи, представляющая собой систему, состоящую из обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Для этой системы уравнений

сформулированы четыре задачи оптимального управления, решенные далее в диссертации.

Вторая глава посвящена частному случаю рассматриваемой задачи – повороту механической системы. Движение руки вдоль оси направляющей отсутствует. Система уравнений в этом случае становится линейной, управления решениями осуществляются одной функцией. Для такой системы уравнений становится начально-краевая задача, определяется понятие решения, доказаны его существование и единственность, получена аналитическая формула решения, позволяющая свести решение задач управления к проблеме моментов в функциональных пространствах L_2 и L_1 . Предложены алгоритмы решения проблем моментов. В рамках проблем моментов сформулирован принцип максимума, который обобщает на рассматриваемый класс задач результаты Н.Н. Красовского, полученные для конечномерных систем.

В третьей главе рассматриваются задачи управления поворотом манипулятора, у которого рука движется по заданному закону. Этому случаю соответствует начально-краевая задача в области с переменной границей. Для такой начально-краевой задачи определено понятие решения, доказано его существование, единственность. Получено аналитическое представление решения, которое позволило свести рассмотрение задач управления к проблеме моментов. Проблема моментов решается с помощью алгоритмов, изложенных во второй главе.

В четвертой главе рассмотрена полная математическая модель манипулятора. Уравнение движения руки рассматривается отдельно – это позволяет структура математической модели. Для него решаются задачи оптимального управления. Это позволяет свести рассмотрение задач управления поведением решений полной системой уравнений к результатам третьей главы. Для построения оптимальных управлений предложен итерационный процесс. Приведены результаты применения предложенных алгоритмов к конкретным задачам. В качестве недостатков следует отметить следующее.

1. Некоторые утверждения второй главы содержат лишь схему доказательства (утверждения 2.7, 2.9, 2.10-2.12). Это затрудняет чтение работы.
2. В третьей главе следовало бы привести графики функций $u_n(t, \tau)$. Они определяют систему базисных функций, используемых в проблеме моментов. Можно лишь догадываться об их структуре.

3. В диссертации, естественно, присутствует некоторое, впрочем, небольшое количество опечаток, например, на страницах 4, 26, 30, 57.
4. При чтении работы складывается впечатление, что ее результаты могут быть применены не только при изучении моделей, но и при реальном конструировании робототехнических систем. Если это так, то хотелось бы видеть в дальнейшем продолжение исследований в этом направлении.
5. В списке литературы есть довольно четкое разграничение на работы до 1980-х годов, а затем сравнительно новые. Наверно, это с чем-то связано (с новыми методами?), но мотивировки такой "лакуны" в диссертации нет.

Диссертация аккуратно оформлена, основные результаты опубликованы, автореферат правильно отражает содержание работы. Считаю, что Тряхов Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Зейфман Александр Израилевич, д. ф.-м. н., профессор

Почтовый индекс: 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15.

Email: zai@uni-ologda.ac.ru

Заведующий кафедрой прикладной математики

Вологодского государственного университета

(А. И. Зейфман)



2015 г.
Подпись за верою
по персоналу отдела
управления делами
(Handwritten signature)