

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИАТЭ НИЯУ
МИФИ

Н.Г. Айранетова



«28» октября 2015 г.

О Т З Ы В

Ведущей организации на диссертационную работу

Тряхова Михаила Сергеевича

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

Диссертационная работа Тряхова М.С. посвящена построению алгоритмов управления поведением решений математической модели телескопического манипулятора. Манипулятор представляет собой полый цилиндр (твердое тело), внутри которого вдоль оси перемещается рука манипулятора, к которой приложена управляющая сила. Рука обладает упругой податливостью, на конце руки расположен схват для груза. Вся система может поворачиваться вокруг оси, проходящей через центр масс твердого тела, к которой приложен момент управляющих сил. Механическая система имеет две транспортные степени свободы. Манипуляторы подобной конструкции используются во многих инженерных конструкциях. Знание алгоритмов оптимального управления движениями таких манипуляторов необходимо при их проектировании. Поэтому научная проблема, рассматриваемая в диссертации, является современной и весьма актуальной. Математическая модель рассматриваемой механической системы представляет собой начально-краевую задачу для нелинейной системы дифференциальных уравнений, содержащей обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения в частных производных, связь между которыми осуществляется через функционалы и интегральные операторы. Для математической модели рассматриваются задачи управления поведением решений из начального фазового состояния в конечный заданный момент времени, с минимизацией норм управляющих функций в некоторых пространствах. Рассмотрены также задачи быстрогодействия, при ограниченности норм управляющих функций в этих функциональных пространствах.

Остановимся на содержании и основных научных результатах диссертации. Структурно диссертация состоит из введения, четырех глав и заклю-

чения. Во введении автор определяет объект исследования, обосновывает актуальность своей работы. Сделан обзор литературы по теме диссертации. В обзоре отражены основные работы по исследуемой проблеме. Было бы уместно более подробно отразить работы проф. Бутковского А.Г., много сделавшего в области построения теории управления системами с распределенными параметрами и развивавшего методы, используемые в диссертации. Дается краткое изложение структуры диссертации. Первая глава посвящена описанию рассматриваемой механической системы и построению математической модели. Сформулированы гипотезы, в рамках которых строится математическая модель. Упругая рука моделируется балкой Эйлера-Бернулли. На основании принципа Гамильтона получены уравнения движения системы и краевые условия для распределенного элемента. В уравнениях движения осуществлен переход к безразмерным переменным - построена математическая модель рассматриваемой системы. Для математической модели формулируются четыре математические задачи оптимального управления, которые решаются в диссертации. Во второй главе рассмотрен частный случай общей задачи - поворот системы. В этом случае движение руки отсутствует, длина упругой руки считается постоянной. Начально-краевая задача становится линейной. Рассмотрены случаи, когда управляющая функция пространствам L_2 и L_∞ . Для такой начально-краевой задачи дается определение решения, определены функциональные пространства, в которых решение определено, доказано его существование и единственность, получена аналитическая формула решения. Доказана управляемость решениями начально-краевой задачи. Аналитическая формула дает возможность свести решение задач управления к решению проблемы моментов в функциональных пространствах L_2 и L_1 при счетном числе ограничений. Разработаны алгоритмы решения проблемы моментов в указанных пространствах. Формулируется принцип максимума для рассматриваемых задач управления в форме, предложенной Красовским Н.Н. Эффективность алгоритмов демонстрируется на конкретных примерах, представленных на рисунках. К рисункам следовало бы сделать поясняющие надписи. В третьей главе диссертации изучается телескопический манипулятор, в котором рука движется по заданному закону. Математической моделью такой системы является начально-краевая задача в области с переменной границей. Для такой задачи сформулировано понятие решения, доказаны существование и единственность решения, получено аналитическое представление решения через некоторые определяемые функции. Для математической модели рассмотрены задачи оптимального управления, сформулированные в первой главе. Аналитическое представление решения начально-краевой задачи позволило свести решение задач оптимального управления к решению проблем моментов в функциональных пространствах L_2 и L_1 , для решения которых используются алгоритмы, предложенные во второй главе. Было бы полезным в этой главе для примера привести графики функций Q_j , определяющих ограничения в проблеме моментов, и показать их зависимость от переменной части границы. Это придало бы этой части диссертации большую информативность и наглядность. В четвертой главе диссертации

ции рассматриваются задачи построения оптимальных управлений поведением решений начально-краевой задачи, моделирующей динамику телескопического манипулятора. Из начально-краевой задачи сначала выделяется уравнение, определяющее движение руки манипулятора. Это уравнение рассматривается автономно. Его оптимальное решение строится в виде функционала от других переменных. Это позволяет свести изучение рассматриваемой начально-краевой задачи к результатам предыдущей главы, которые позволяют показать существование и единственность решения задач управления и получить алгоритмы построения указанных решений задач управления. Рассмотрены случаи бесконечной и конечной жесткости руки манипулятора. Работа алгоритмов апробирована на конкретных примерах. Очень кратко обсуждается вопрос сходимости итерационного процесса. В заключении кратко перечислены основные результаты работы, а также намечаются возможные пути приложения результатов исследования.

Материал диссертации представляет интерес для специалистов в области теории управления распределенными динамическими системами и теории дифференциальных уравнений. В диссертации разработан общий подход к анализу поведения решений некоторого класса систем дифференциальных уравнений, состоящих из обыкновенных уравнений и уравнений с частными производными, являющегося математическими моделями механических систем, состоящих из твердых тел и упругих элементов. Разработан общий подход к построению алгоритмов оптимального управления поведением решений таких систем. Работа может быть востребована во многих отечественных математических центрах, где ведутся исследования, связанные с построением алгоритмов оптимальных управлений распределенными системами их приложениями. Полученные в работе результаты могут быть использованы в следующих организациях: Московский физико-технический институт, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Самарский государственный университет, Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН.

Диссертационная работа написана четко и ясно. Список литературы достаточно полно отражает источники, с которыми работал диссертант. Оформление диссертации соответствует требованиям, предъявляемым к научно-квалификационной работе. Замечания по диссертации высказаны в самом отзыве. Отмечу лишь, что в автореферате следовало бы более подробно изложить результативную часть четвертой главы.

Эти замечания не влияют на положительную оценку выполненной работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

Общее заключение по диссертации. Оценивая диссертационную работу в целом, отметим, что она хорошо оформлена и отредактирована, результаты работы в достаточной степени опубликованы в ведущих российских журналах, автореферат адекватно отражает содержание диссертации. Работа Тряхова М.С. на основании выполненных автором исследований соответ-

ствуется специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаем, что Тряхова М.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по данной специальности.

Отзыв составлен доктором физ.-мат. наук, профессором Старковым С.О. и обсужден на кафедре компьютерных сетей, систем и технологий. Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры КССТ «28» октября 2015 г., протокол № 3/10

Зав. кафедрой Компьютерных систем сетей и технологий,
д.ф.-м.н., Старков С.О.



Наименование вузовской организации:
Обнинский институт атомной энергетики, филиал
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Почтовый адрес: 249040, Калининская обл., г. Обнинск,
Будзгаревск, д. 1

Отзыв составил Старков Сергей Иванович, доктор
физико-математических наук, профессор, заведующий
кафедрой компьютерных сетей, систем и технологий
Обнинского института атомной энергетики, филиала
Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ»

Email: info@iate.obninsk.ru

Сайт: <http://iate.obninsk.ru>

Телефон: 8(484)393-69-31