

## О Т З Ы В

научного руководителя 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 разработке алгоритмов управления поведением решений математической модели телескопического манипулятора, представляющего собой дискретно-непрерывную механическую систему, состоящую из твердого тела (направляющей), внутри которого вдоль центральной оси под действием управляющей внешней силы перемещается упругая рука со схватом на конце. Вся система может поворачиваться вокруг оси, проходящей через центр масс твердого тела под действием управляющего момента внешних сил. Механическая система имеет две транспортные степени свободы. Математической моделью такой механической системы является начально-краевая задача для гибридной системы дифференциальных уравнений – системы, состоящей из обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, связь между которыми осуществляется через функционалы и интегральные операторы. Для такой начально-краевой задачи решаются задачи управления, которые связаны с переводом решений из начального фазового состояния в конечное в заданный момент времени, с минимизацией норм управляющих функций в пространствах  $L_2$  и  $L_\infty$ , и задачи быстродействия, при ограниченности норм управляющих функций в этих функциональных пространствах.

Диссертация содержит четыре главы. В первой главе дается описание рассматриваемой механической системы, формулируются гипотезы, в рамках которых на основании принципа Гамильтона строятся уравнения движения системы и краевые условия для распределенных элементов – математическая модель системы. Также формулируются четыре задачи оптимального управления, которые решаются для полученной математической модели. Во второй главе рассмотрен случай поворота системы. В этом случае длина упругой руки постоянна, начально-краевая задача становится линейной. Для такой начально-краевой задачи дается определение решения, доказано его существование, получена аналитическая формула решения. Это дает возможность свести решение задач управления к решению проблемы моментов в соответствующих функциональных пространствах. Решение проблемы моментов дается в виде четких алгоритмов, эффективность которых демонстрируется на конкретных примерах. В третьей главе диссертации рассматривается математическая модель манипулятора, в котором рука движется по заданному закону. Математической моделью такой системы является начально-краевая задача в области с

переменной границей. Для такой задачи сформулирована постановка начально-краевой задачи, показана ее разрешимость и единственность решения, получено некоторое аналитическое представление решения. Для указанной начально-краевой задачи рассмотрены задачи оптимального управления, сформулированные в первой главе. Полученное аналитическое представление решения начально-краевой задачи позволяет свести решение задач оптимального управления к решению проблем моментов в соответствующих функциональных пространствах. Предложены эффективные алгоритмы нахождения решений указанных проблем моментов. В заключительной главе диссертации рассматриваются задачи построения оптимальных управлений поведением решений начально-краевой задачи, моделирующей динамику телескопического манипулятора. Структура начально-краевой задачи позволяет выделить уравнение движения руки и решить задачи оптимального управления отдельно для этого уравнения. Полученные решения, являющиеся функционалами от других переменных, будучи подставленными в остальные уравнения позволяют получить начально-краевую задачу вида, рассмотренного в третьей главе. Результаты, полученные в третьей главе, позволяют показать существование и единственность решения задач управления и получить алгоритмы построения указанных решений задач управления. Работа алгоритмов апробирована на конкретных примерах. Рассмотрены случаи бесконечной и конечной жесткости руки манипулятора.

При работе над поставленными задачами Тряхов М.С. продемонстрировал профессиональные навыки работы в выбранной специальности. Он проявил высокую работоспособность, творческий склад личности и склонность к исследовательскому труду. В целом, диссертационная работа Тряхова М.С. является самостоятельным, оригинальным исследованием, она отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней». 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.

Научный руководитель –  
доктор физ.-мат. наук, профессор,  
профессор кафедры математического  
моделирования ЯргУ

*Кубышкин*  
07.08.15

Кубышкин Е.П.

