

## О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы  
Анохина Николая Владимировича  
"Управление нелинейными механическими системами  
с дефицитом управляющих воздействий  
в окрестности положения равновесия",  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.02.01 – теоретическая механика

Диссертационная работа Н.А. Анохина посвящена решению задач синтеза ограниченного

управления нелинейными механическими системами в окрестности положения равновесия в условиях, когда число степеней свободы системы меньше размерности вектора обобщенных управляющих сил. В таких случаях, характеризуемых термином "дефицит управляющих параметров", существенно усложняются задачи построения управлений для лагранжевых механических систем. Эти задачи и без того трудны ввиду нелинейности уравнений динамики, взаимовлияния степеней свободы и высокой размерности. Вместе с тем задачи управления такими системами часто встречаются

на практике: в робототехнике, в транспортных системах и других областях. Поэтому тема работы представляется актуальной с точки зрения приложений и интересной в теоретическом отношении.

Автором разработан простой и оригинальный подход, который позволяет строить законы управления в форме обратной связи, приводящие систему из некоторой окрестности положения равновесия в это положение равновесия за конечное время. В основе подхода лежат методы теории устойчивости движения, в частности, используется понятие общей функции Ляпунова, то есть квадратичной функции, являющейся общей функцией Ляпунова для двух устойчивых линейных систем дифференциальных уравнений одновременно. Для построения закона управления сначала исходная система линеаризуется в окрестности положения равновесия. Затем, в предположении полной управляемости линейной системы, решается задача синтеза ограниченного управления, приводящего линейную систему в нуль за конечное время. Оказывается, и автор это строго обосновывает, что получающееся управление решает и исходную задачу, то есть приводит нелинейную систему из некоторой окрестности положения равновесия в это положение равновесия за конечное время. Возникающий закон управления имеет вид линейной функции фазовых переменных с коэффициентами, зависящими от этих же фазовых переменных. Коэффициенты возрастают и стремятся к бесконечности, однако управление остается ограниченным в окрестности терминального положения равновесия.

Разработанный подход применен к задачам управления многозвеньными маятниками с помощью одного момента, приложенного к первому звену. Рассмотрены два типа маятников: плоский и пространственный маятник с двухстепенными шарнирами. Каждый из таких маятников имеет  $2^n$  положений равновесия, характеризующихся

ориентацией каждого из звеньев звеньев - вверх или вниз. Среди этих положений равновесия лишь одно – нижнее – устойчиво, остальные – нет. Автором установлена управляемость линеаризованной системы уравнений в окрестности любого из этих положений равновесия (отметим, что управляемость с помощью одного момента,

приложенного к нижнему звену для линейной модели плоского перевернутого многозвенного маятника установлена ранее Н.Н. Красовским и его учеником М.С.

Габриэляном). Затем на основе разработанного подхода построен закон управления в форме обратной связи, приводящий маятник из окрестности произвольного положения равновесия в это положение равновесия за конечное время.

Эффективность предложенных законов управления продемонстрирована на примере задачи управления перевернутым трехзвенным маятником.

Представленный на рассмотрение автореферат позволяет сделать вывод о том, что диссертация Н. В. Анохина является законченным научным исследованием, в котором получены новые, строго обоснованные результаты по актуальной и современной теме.

На основании автореферата считаю, что диссертация Н. В. Анохина удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Заведующий отделом динамических систем  
Института математики и механики УрО РАН  
член-корр. РАН



*Handwritten signature of V. N. Ushakov*

В. Н. Ушаков

31 марта 2014 г.

Подпись заверяю  
Ученый секретарь  
ИММ УрО РАН

*Handwritten signature of O. N. Ulyanov*

Ульянов О.Н.