



N 2436-1

«10» Գնվարդ 2023

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Барсегяна Вани Рафаеловича на диссертацию Попкова Александра Сергеевича на тему «Оптимальное позиционное управление в нелинейных управляемых системах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

**Актуальность темы исследования.** Диссертационная работа Попкова Александра Сергеевича посвящена актуальной теме исследования: оптимальное позиционное управление в нелинейных управляемых системах. Для решения задач оптимального позиционного управления нелинейными дифференциальными системами известны различные методики. Общего подхода для решения задач оптимального управления нелинейных управляемых систем не существует ввиду их большого разнообразия в зависимости от вида правых частей системы дифференциальных уравнений, их структуры и критерия оптимальности. Проблема построения позиционного управления в нелинейных управляемых системах остается актуальной и находится в центре внимания специалистов по управлению.

В диссертационной работе рассматривается задача построения оптимального управления в различных постановках. Первая глава посвящена линейной или линейно-квадратичной задаче: динамический управляемый процесс описывается линейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений, задаются линейные ограничения на финальное положение объекта и прямые ограничения на компоненты вектора управления, а целевой критерий является линейным или выпуклым квадратичным функционалом. Управление выбирается из класса кусочно-постоянных функций с равномерной сеткой узлов. Во второй главе уделено внимание вопросу существования допустимых решений для описанной выше задачи. В третьей главе рассматривается подобная задача оптимального управления, однако, кусочно-постоянное управление заменяется на кусочно-линейное и кусочно-квадратичное. Кроме того, исследуется вопрос наличия дополнительных ограничений на фазовые переменные и управления. В

последней четвертой главе изучается нелинейная задача, объектом исследования является система дифференциальных уравнений нелинейная по фазовым переменным и линейная относительно управления. Дополнительным требованием является наличие частных производных и ограниченность матрицы Якоби на рассматриваемом отрезке времени. Для данной задачи, как и в главе 1, поиск управлений осуществляется в классе кусочно-постоянных функций.

**Теоретическая значимость и научная новизна** диссертации определяется по предложенным алгоритмам решения поставленных задач. Представлены методы построения управления для нелинейной задачи в программном и позиционном режимах.

К **основным научным результатам диссертации** следует отнести следующие:

1. Разработаны алгоритмы построения программного и позиционного управления для задачи оптимального управления с нелинейной системой и кусочно-постоянным управлением, на которое наложены двусторонние ограничения. Оба алгоритма состоят в последовательном решении линеаризованной задачи.
2. Для линейной задачи с кусочно-постоянным управлением и прямыми ограничениями на него, предложен метод построения множеств достижимости и управляемости.
3. Предложены алгоритмы построения оптимального управления в линейной задаче при выборе управления в классе кусочно-линейных и кусочно-квадратичных функций.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что представленные методы построения управления для нелинейной задачи в программном и позиционном режимах могут быть использованы для управления конкретными устройствами. Также практическую значимость представляет алгоритм построения множеств достижимости и управляемости.

**Достоверность** результатов диссертации определяется строгими математическими формулировками проблемы, корректностью приведенных выводов, а также публикаций основных положений диссертации в рецензируемых журналах и докладами на международных конференциях.

Диссертация написана аккуратно и практически лишена опечаток. Отмечу следующее **замечание**

- В пункте 4.2 приведено несколько известных алгоритмов решения нелинейной задачи: Direct Single Shooting, Direct Collocation, Direct Collocation, Pseudospectral Discretization. Хорошо было бы сделать сравнение результатов, представленных в работе подходов, с результатами существующих алгоритмов хотя бы на нескольких примерах.

Указанное замечание не снижает значимость диссертации и общее положительное впечатление.

Диссертационная работа Попкова А. С. «Оптимальное позиционное управление в нелинейных управляемых системах» представляет собой ценное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и несомненно, представляет теоретический и практический интерес. Полученные автором результаты, выводы и рекомендации являются новыми, достоверными и обоснованными.

Диссертация Попкова Александра Сергеевича на тему: «Оптимальное позиционное управление в нелинейных управляемых системах» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Попков Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,  
доктор физ.-мат. наук, профессор,  
ведущий научный сотрудник Института механики  
Национальной академии наук Республики Армения,  
профессор, кафедры Механики факультета  
Математики и механики Ереванского  
государственного университета

В.Р. Барсегян

«10» января 2023г.

Подпись д.ф.-м.н., профессора В.Р.Барсегяна заверяю.  
Ученый секретарь Института механики НАН РА, к. ф-м. н.



Լ.Լ. Դաիտյան