

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Жабко Алексея Петровича 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. В работе рассматривается задача оптимального управления для нелинейных систем. В отличие от классических подходов, метода последовательных приближений В. И. Зубова и принципа максимума Л. С. Понтрягина, в данной диссертации делается упор на построение управления в режиме реального времени на конечном отрезке времени – предполагается обновление управления по ходу движения объекта, исходя из его текущей позиции. Задача в подобной постановке была впервые озвучена и исследована в работах Р. Ф. Габасова и Ф. М. Кирилловой, которые послужили теоретической основой для данного исследования.

Автором работы были выбраны кусочно-постоянные функции с фиксированным периодом дискретизации в качестве основного класса для поиска управлений, а предлагаемые алгоритмы являются численными и итерационными. В целом, такой подход соответствует основному направлению развития методов теории оптимального управления и учитывает специфику современных программных средств, что подтверждает актуальность работы.

Структура диссертации. Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы и два приложения. Объем работы составляет 148 страниц, список литературы включает в себя 92 источника.

В первой главе описывается метод решения линейной задачи оптимального управления, в основе которого переход к задаче линейного программирования (или квадратичного программирования, в зависимости от вида целевой функции). Эта глава является в некотором смысле вводной и служит теоретической базой для последующих разделов.

Во второй главе исследуются множества достижимости и управляемости линейной задачи. Показано, что задачи построения данных множеств являются эквивалентными, изучены их свойства. Предложен и обоснован алгоритм построения множеств в виде системы линейных неравенств. Это важный новый результат именно для

рассматриваемого класса задач. При этом он используется далее в рамках итерационного подхода к синтезу управлений в нелинейном случае.

В третьей главе автор рассматривает дополнительные классы управлений для линейной задачи. Приведены процедуры сведения к задаче линейного программирования для построения кусочно-линейного управления и к выпуклой задаче квадратичного программирования с квадратичными ограничениями для поиска управления в классе кусочно-квадратичных функций. Это связано с дополнительными требованиями к качеству управлений для востребованных на практике специфических приложений. Кроме того, изучаются модели с дополнительными ограничениями на управления и фазовые переменные.

Четвертая глава является основной. Здесь излагается авторский подход к решению задач оптимального управления в нелинейных системах. Главная идея заключается в линеаризации нелинейной части системы вдоль некоторой траектории движения объекта. В качестве такой траектории может быть взято решение, полученное на предыдущей итерации. Автором представлены две вариации метода. В первом случае до начала динамического процесса итерационным алгоритмом конструируется решение близкое к допустимому субоптимальному (программное управление), во втором же случае решение актуализируется в процессе движения объекта с учетом текущего положения (позиционное управление, аналог обратной связи).

Основные научные результаты:

1. Метод построения множеств достижимости и управляемости для линейной задачи оптимального управления с кусочно-постоянным управлением. Теоретическое обоснование алгоритма.
2. Метод построения оптимального управления в классе кусочно-линейных и кусочно-квадратичных функций для линейной задачи.
3. Метод построения оптимального управления в классе кусочно-постоянных функций при наличии дополнительных выпуклых и невыпуклых ограничений на фазовые переменные и компоненты управления.
4. Численный метод решения нелинейной задачи оптимального управления с кусочно-постоянным управлением в программном и позиционном режимах.

Обоснованность научных результатов. Достоверность результатов обеспечивается корректностью поставленной задачи и правильным использованием научных методов

для достижения результата. Приведенные выводы были апробированы во время выступлений на нескольких международных научных конференциях; при авторстве или соавторстве Попкова А. С. опубликовано 11 научных статей по теме диссертации. Основные результаты подробно проиллюстрированы на примерах, а код программ размещен в открытом доступе.

Замечание. Для полноты теоретической картины было бы хорошо оценить сложность разработанных алгоритмов. Это важно при разработке конкретных приложений.

Заключение. 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,
заслуженный работник
Высшей школы Российской Федерации,
профессор, заведующий кафедрой теории управления
Санкт-Петербургского государственного университета,
доктор физико-математических наук, профессор



Жабко А. П.

22.12.2022