

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Мазалова Владимира Викторовича па диссертацию **Литвинова Николая Николаевича** на тему: «Построение алгоритмов управления для нелинейных управляемых систем», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

**Актуальность темы исследования.** Диссертационное исследование Литвинова Н.Н. посвящено разработке методов решения локальных граничных задач для широкого класса нелинейных стационарных и нестационарных управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Граничные задачи достаточно хорошо изучены для линейных управляемых систем и нелинейных систем специального вида. Однако теория решения граничных задач для нелинейных управляемых систем общего вида еще недостаточно развита и трудности по ее созданию велики. В диссертации при решении граничных задач для нелинейных систем используются дискретные управления. Дискретные управления позволяют использовать вычислительные комплексы при формировании управляющего сигнала, что значительно расширяет возможности системы управления. Для нелинейных стационарных систем решения граничных задач находятся таким образом, что одна из соответствующих функций фазовых координат находится в аналитическом виде. Указанное обстоятельство позволяет контролировать вычислительный процесс при численном моделировании систем управления на различных этапах их проектирования. Из сказанного выше следует актуальность темы диссертационной работы.

**Научная новизна** Полученные в диссертации результаты являются новыми и представляют как научный, так и практический интерес. Следует отметить, простоту реализации алгоритмов решения поставленных задач, которая обеспечивается сведением решения исходной граничной задачи к задаче стабилизации линейной нестационарной системы и последующим решением задачи Коши для вспомогательной системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Причем наиболее трудоемкая часть алгоритма может быть реализована в аналитическом виде.

**Содержание работы.** Диссертация состоит из четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений, Объем работы составляет 104 страницы, список литературы включает 82 источника.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, Дается достаточно подробный экскурс в историю развития теории граничных задач для управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений, формулируются цели и задачи диссертационной работы. Подтверждается теоретическая и практическая значимость полученных результатов и их достоверность. Кроме того приведены список публикаций по теме диссертационной работы и сведения о ее апробации.

В первой главе объектом исследования является нелинейная нестационарная система обыкновенных дифференциальных уравнений при ограниченном управлении. Разработан метод построения дискретной управляющей функции, обеспечивающей перевод системы из начального состояния в начало координат. Найдено конструктивное достаточное условие, при котором указанный перевод возможен. Получены оценки области достижимости и шага дискретности.

Вторая глава посвящена анализу вычислительной сложности алгоритма дискретного управления, численному моделированию различных вариантов управления роботоманипулятором при помощи алгоритма дискретного управления. Также выполнено сравнение построенного алгоритма с методом оптимального управления.

В третьей главе предложен метод построения дифференцируемой управляющей функции, гарантирующей перевод широкого класса нелинейных стационарных систем обыкновенных

дифференциальных уравнений из начального состояния в начало координат таким образом, что одна из соответствующих функций фазовых координат находится в виде известного полинома. Последнее обстоятельство позволяет контролировать точность вычислительного процесса и исправность функционирования вычислительных комплексов. Найдено условие калмановского типа, гарантирующее заданный перевод. Получена оценка области достижимости. Работоспособность алгоритма продемонстрирована при помощи численного моделирования задачи межорбитального перелета.

Четвертая глава посвящена решению задачи оптимального управления системами ОДУ, которые описывают массивы идентичных и неидентичных Джозефсоновских переходов, численному моделированию и анализу динамики указанных моделей при наличии управления.

В приложениях представлен программный код решения задач дискретного и оптимального управления роботом-манипулятором.

**Степень достоверности.** Достоверность научных результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата и результатами численного моделирования полученных алгоритмов при решении конкретных практических задач. Приведенные выводы были апробированы во время выступлений на научных конференциях. Литвиновым Н.Н. опубликовано 5 научных работ.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В диссертации разработаны новые методы решения граничных задач для управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений, которые представляют как самостоятельный научный интерес, так и могут быть использованы при проектировании автономных систем управления различными подвижными объектами.

#### Замечание.

При численном моделировании решения задачи управления роботом –манипулятором в классе дискретных управлений желательно было бы провести аналогичное моделирование для непрерывных управлений и сравнить полученные результаты.

#### Заключение.

Диссертация Литвинова Николая Николаевича на тему: «Построение алгоритмов управления для нелинейных управляемых систем» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель **Литвинов Николай Николаевич** 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.

Доктор физ.мат. наук  
Главный научный сотрудник института прикладных  
математических исследований КарНц РАН

*В.В. Мазалов*  
06.09.2024 /Мазалов В.В./

ПОДПИСЬ *В.В. Мазалов*  
удостоверяю *с.б. специалист*  
ИПМИ КарНц РАН  
*Мазалов В.В.*  
*06.09.2024*

