

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета
на 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 одному из важных и сложных направлений развития математической теории управления, связанных с разработкой методов решения граничных задач для широкого класса нелинейных стационарных и нестационарных управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений. В настоящее время граничные задачи достаточно хорошо изучены для линейных систем и нелинейных систем специального вида. Однако теория решения граничных задач для нелинейных систем общего вида разработана недостаточно. В свою очередь методы решения поставленных задач могут быть использованы при создании и моделировании автономных интеллектуальных систем управления различными подвижными объектами, описываемых сложными нелинейными системами обыкновенных дифференциальных уравнений.

Содержание работы. Диссертация написана на 104 страницах, включает четыре главы, приложения и список литературы из 82 наименований.

Первая глава посвящена решению задачи дискретного управления для нелинейной нестационарной системы. В рамках решения указанной задачи получено конструктивное достаточное условие, при котором возможен перевод для широкого класса нелинейных нестационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений из начального состояния в заданное конечное в классе непрерывных и дискретных управлений. Во **второй главе** разработан и подробно исследован алгоритм построения дискретной управляющей функции на основании результатов первой главы. Для указанного алгоритма также получена оценка вычислительной сложности, показана его работоспособность на конкретных примерах и приведено сравнение с алгоритмом оптимального управления. В **третьей главе** решена задача управления нелинейной системой с учетом контроля вычислительных комплексов и построен алгоритм решения задачи управления на основе полученного решения. Кроме того, получена оценка вычислительной сложности данного алгоритма и показана его работоспособность на примере решения задачи управления межорбитальным перелетом. **Четвертая глава** посвящена изучению динамики массивов идентичных и неидентичных Джозефсоновских переходов под действием оптимального управления, которые описываются нелинейными системами ОДУ.

В приложении приведен код решения задачи управления роботом–манипулятором на языке Python.

Научная новизна. В диссертации получены новые научные результаты:

1. Алгоритм построения кусочно-постоянных управляющих функций, обеспечивающих перевод системы ОДУ из начального состояния в заданное конечное для

достаточно широкого класса нелинейных нестационарных систем на конечном промежутке времени.

2. Алгоритм решения граничной задачи для нелинейной стационарной системы с учетом контроля вычислительных комплексов.

3. Нахождение конструктивных достаточных условий, обеспечивающих перевод нелинейной стационарной системы в начало координат из некоторой окрестности начала координат в классе непрерывных и дискретных управлений.

4. Разработан пакет прикладных программ для решения задач дискретного управления на основе разработанных алгоритмов на языке программирования Python.

5. Решение задачи оптимального управления массивами идентичных и неидентичных Джозефсоновских переходов.

Теоретическая и практическая значимость. Работу, скорее всего, можно отнести к теоретическому исследованию, но с возможностью применения для решения широкого класса задач управления, что продемонстрировано автором в последней главе, посвященной решению задачи управления роботом-манипулятором. Автором разработаны методы решения граничных задач для широкого класса нелинейных стационарных и нестационарных управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений в классе дискретных и дифференцируемых управляющих функций. Эти методы интересны сами по себе с теоретической точки зрения, но могут быть использованы при моделировании систем управления различными подвижными объектами на различных этапах их проектирования.

Степень обоснованности научных положений. Достоверность полученных научных результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата и строгим доказательством всех сформулированных математических утверждений. Результаты численного моделирования полученных алгоритмов при решении конкретных практических задач также подтверждают достоверность научных результатов автора. Результаты работы Литвинова Н.Н. были доложены на нескольких конференциях. Научное исследование было поддержано грантом РФФИ. Основные результаты диссертации опубликованы в пяти работах, включая три статьи в журналах из списка ВАК, две из которых проиндексированы в наукометрических базах WoS и Scopus. Имеется два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Замечания к диссертационной работе. Работа произвела на меня положительное впечатление. Все теоретические результаты аккуратно оформлены в виде утверждений, теорем и следствий, все они доказаны в работе. У меня имеются следующие вопросы и замечания:

1. Во введении, на стр. 6, автор приводит график роста числа публикаций по теме управления нелинейными системами в реферативной базе данных Scopus с 2012 по 2022 гг., но в списке литературы практически отсутствуют ссылки на современные журнальные публикации за последние 5 лет. В число публикаций, включенных в список литературы, за 2020-2024 гг. входят, в основном, статьи автора диссертации и его научного руководителя. Мне не кажется, что проведен глубокий обзор современных результатов в области теории управления нелинейными системами.

2. На стр. 14 написано: «Рассмотрим разбиение интервала $[0, 1]$ на бесконечное число точек: $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_k < 1$, где $t_k \rightarrow \infty$ при $k \rightarrow \infty$ ». Нет ли здесь опечатки?
3. На стр. 21 (конец страницы)-22 приводится характеристическое уравнение. Сколько корней оно имеет? Мне не совсем понятна запись (1.44), возникает путаница с индексами. Мне кажется, это стоит пояснить.
4. На рис. 2.1, 2.2 и 2.3 нет единиц измерения на обоих осях координат, что затрудняет понимание графиков.
5. В п. 5 при анализе результатов делается вывод о том, что «вычислительная сложность исследуемого алгоритма зависит от значений α и h ». Исследовалась ли эта зависимость? Какие есть рекомендации по выбору значений этих параметров?
6. На рис. 2.6, стр. 44 (верхний график) начальные условия кажутся такими: $x_1 = 0$ рад, $x_2 = 0$ рад/с, хотя в тексте и на других рисунках они зафиксированы как $x_1 = 0.5$ рад, $x_2 = -0.8$ рад/с. Чем это объяснить?

Указанные замечания не сказываются на общем положительном впечатлении от данной диссертационной работы, их скорее можно отнести к неточностям, опечаткам. Работа содержит новые интересные научные результаты в области управления нелинейными системами. Диссертация носит выраженный теоретический характер с широкими возможностями применения при решении практических задач управления, построения управляющих систем. Литвинов Н.Н. имеет достаточное число публикаций по теме исследования в научных изданиях, рекомендованных ВАК, а также проиндексированных в наукометрических базах Scopus и WoS. Результаты работы были доложены на научных конференциях. Содержание диссертации соответствует специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

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 установлены.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, доцент,
профессор Кафедры математической теории игр
и статистических решений,
Санкт-Петербургский государственный университет

Е.М. Парилина
07.10.2024