

**Отзыв официального оппонента
кандидата физико-математических наук
Румянцева Дмитрия Станиславовича**

на диссертационную работу Урюпина Ильи Вадимовича на тему «Оптимизация переключений непрерывно-дискретных управляемых процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации» в диссертационный совет 24.2.327.02 и выполненную на кафедре «математическая кибернетика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Диссертационная работа Урюпина Ильи Вадимовича посвящена изучению гибридных и переключаемых систем, а также разработке методов и алгоритмов оптимизации указанных классов систем и их применение в актуальных приложениях.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа продолжает исследования в области задач оптимального управления гибридными системами. Непрерывное движение системы и мгновенные переключения ее состояния описываются, соответственно, дифференциальными и рекуррентными уравнениями. Скачки траектории происходят в некоторые заранее не заданные моменты времени. Такой характер функционирования имеют сложные многокомпонентные иерархические системы управления, в которых непрерывные процессы происходят при фиксированном режиме работы, а переключения соответствуют изменению режимов работы. Функционал качества зависит от управления непрерывным движением, количества переключений и управления переключениями. Ставятся задачи оптимального управления при различных ограничениях на переключения, а также задача минимизации количества переключений при ограниченном значении функционала качества. Последняя задача отличается от задачи оптимального управления тем, что минимизируется не значение функционала качества, а количество переключений. Такая постановка является новой для гибридных систем. В прикладных задачах это означает достижение приемлемого результата при наименьшем количестве смен режимов управления. В диссертации разработаны алгоритмы синтеза оптимального управления такими системами. Исследованы режимы мгновенных многократных переключений, которые возникают в линейно-квадратичных задачах управления гибридными системами. Получены необходимые условия оптимальности кусочно-постоянного управления непрерывными системами с учетом затрат на переключения управления. Поэтому тема

рассматриваемой диссертационной работы, а также результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, представляются весьма актуальными.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности диссертации, а также представлены цели и задачи диссертационной работы.

В первой главе исследована задача оптимального управления гибридной системой с мгновенными многократными переключениями. Критерий качества управления учитывает затраты на переключения системы. Также рассматривается задача минимизации количества переключений, при котором значение функционала качества не превышает заданной величины. Разработан алгоритм синтеза оптимального позиционного управления. Для линейно-квадратичной задачи предложен алгоритм поиска оптимального управления и минимизации количества переключений. Приведено решение линейно-квадратичной задачи стабилизации системы с переключением каналов управления при разных затратах на переключения.

Во второй главе доказаны необходимые условия оптимальности кусочно-постоянного управления непрерывной системой с учетом затрат на переключения. Разработан алгоритм применения этих условий для поиска оптимального кусочно-постоянного управления. Рассмотрен пример минимизации переключения управления в задаче стабилизации маятника.

В третьей главе исследованы различные задачи планирования маршрутов движения объекта управления на плоскости с препятствиями с точки зрения минимального количества поворотов и минимальной длины пути. Для синтеза управления на основе достаточных условий оптимальности разработаны соответствующие алгоритмы. Рассмотрена задача оптимизации траектории Маркова-Дубинса с промежуточными условиями. В качестве промежуточных условий выступают узловые точки оптимальных траекторий, полученные при решении задачи планирования маршрутов. Доказаны необходимые условия оптимальности траектории Маркова-Дубинса с промежуточными условиями. Приведены примеры решений задач планирования маршрутов на плоскости с препятствиями, а также задачи оптимизации траектории Маркова-Дубинса с промежуточными условиями.

В четвертой главе представлены численно-аналитические методы, применяемые для решения задач оптимального управления с мгновенными многократными переключениями. Приводится описание двух разработанных программных комплексов, один из которых позволяет получить численное решение линейно-квадратичной задачи

синтеза переключаемой системы. Другой комплекс реализует алгоритмы планирования маршрутов и построения оптимальной траекторий Маркова – Дубинса с промежуточными условиями. Оба комплекса обеспечивают визуализацию полученных численных решений.

В заключении подведены основные итоги работы в области управления гибридными системами, функционирующими с мгновенными многократными переключениями.

НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Научная новизна работы состоит в использовании моментных функций цены для синтеза оптимального управления гибридными системами; в доказательстве необходимых условий оптимальности кусочно-постоянного управления непрерывными системами с учетом затрат на переключения; в использовании двухпозиционных функций цены для синтеза оптимальных маршрутов движения объекта управления на плоскости с препятствиями; в доказательстве необходимых условий оптимальности траектории Маркова-Дубинса с промежуточными условиями. Полученные результаты являются новыми.

СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Главные результаты работы для гибридных систем управления основаны на методе динамического программирования и принципе максимума. Все утверждения (теоремы) приведены подробно и логически обоснованы. Полученные результаты снабжены содержательными комментариями. Теоретические результаты и правильность созданных алгоритмов подтверждены решениями нескольких конкретных прикладных задач оптимального управления. Полученные автором результаты прошли апробацию на международных конференциях и научных семинарах.

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы (153 позиции). Общий объем диссертации — 97 страниц. Работа выполнена на актуальную тему. Материал диссертации в рамках поставленной задачи изложен логично и аргументированно. Автореферат и публикации автора достаточно полно отражают содержание диссертационной работы и соответствуют требованиям ВАК РФ. Диссертация по своему направлению соответствует специальности 2.3.1 — Системный анализ, управление и обработка информации. По теме исследования имеется 6 работ, опубликованных в журналах, входящих в список ВАК РФ, из которых 2 работы входят в международные системы цитирования (Scopus, Web of Science). Получены 2 свидетельства о регистрации программ.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Теоремы и утверждения доказаны в статьях автора, но не представлены в тексте диссертации, что затрудняет целостное восприятие работы.
2. В таблице приближенных вычислений (в примере во второй главе) приведены невязки, полученные при численном решении системы уравнений с разными количествами переключений, однако анализ немонотонного убывания невязок в диссертационной работе отсутствует.
3. Автор не приводит оценку вычислительных ресурсов, требуемых для выполнения расчётов, не указывает путей ускорения процессов вычислений.
4. В задаче оптимизации траектории Маркова-Дубинса с промежуточными условиями возможен случай прохождения полученной оптимальной траектории через недопустимые узлы сетки, например, при больших значениях линейной скорости. Такая ситуация в работе не исследуется.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общее положительное впечатление о ней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Урюпина Ильи Вадимовича представляет собой законченное научное исследование, содержащее решение актуальной задачи, характеризующееся теоретической новизной и практической полезностью. Диссертационная работа содержит достаточное количество теоретических результатов, имеет пояснения, рисунки, примеры, написана квалифицированно и аккуратно оформлена. Основные результаты и выводы представлены в автореферате.

Диссертационная работа Урюпина Ильи Вадимовича «Оптимизация переключений непрерывно-дискретных управляемых процессов» соответствует требованиям ВАК РФ, а её автор, Урюпин Илья Вадимович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Лаборатории 45
ФГБУН Институт проблем управления РАН
им. В.А. Трапезникова



Румянцев Д.С.

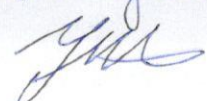
12.05.2022

117997, Москва, ул. Профсоюзная, д.65
Тел.: (495)334-89-10
e-mail: dan@ipu.ru

Подпись:

Заложено:



С отзывом ознакомлен 19.05.2022
 Урюпин И.В.