

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации Урюпина Ильи Вадимовича «Оптимизация переключений непрерывно-дискретных управляемых процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Урюпин И.В. закончил в 2017 году факультет «Прикладная математика и физика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) по кафедре «Математическая кибернетика». В 2018 году поступил в аспирантуру МАИ, в которой обучается по настоящее время. За время обучения в аспирантуре проводил занятия по математическим дисциплинам со студентами первых двух курсов, в том числе по предметам «Теория функций комплексного переменного», «Теория оптимизации и численные методы».

Исследования систем, управляемых с переключениями, начались еще в студенческие годы и продолжались в аспирантуре с возрастающей интенсивностью. В ходе работы над диссертацией Урюпин И.В. зарекомендовал себя как квалифицированный математик и грамотный программист, способный решать новые оригинальные задачи. Сформировался как опытный преподаватель, ведущий методическую работу.

Соискатель активно публикует результаты своих исследований и разработок. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них: 6 статей в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, в том числе 2 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и SCOPUS, 8 – опубликовано в сборниках тезисов докладов на конференциях, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертационная работа посвящена разработке методов и алгоритмов оптимального управления гибридными и переключаемыми системами, а также их применения в актуальных приложениях в области авиационной и ракетно-космической техники. Новизна постановок задач заключается в требовании минимизации количества переключений процесса управления для достижения приемлемого качества. Разработанные алгоритмы имеют теоретическое обоснование – это достаточные условия синтеза оптимальных гибридных систем и необходимые условия оптимальности управления переключаемыми системами. Эффективность применения предлагаемых алгоритмов синтеза демонстрируется на новых академических примерах.

В диссертационной работе получены новые научные результаты: разработаны алгоритм и программный комплекс решения линейно-квадратичной задачи синтеза оптимального управления переключаемыми системами; доказаны необходимые условия оптимальности кусочно-постоянного управления непрерывными системами; разработаны численно-аналитические методы минимизации количества переключений оптимальных кусочно-постоянных управлений для приближенного решения задачи оптимального управления непрерывными системами; доказаны необходимые условия оптимальности для траектории движения модели Маркова-Дубинса с промежуточными условиями; разработаны алгоритм и программный комплекс для решения задачи планирования и оптимизации траекторий Маркова-Дубинса плоского движения летательного аппарата с промежуточными условиями и при наличии препятствий. Все основные научные результаты получены лично соискателем.

Предлагаемые алгоритмы решения линейно-квадратичной задачи оптимального управления гибридной системы и задачи планирования оптимальных траекторий Маркова – Дубинса с промежуточными условиями реализованы в проблемно-ориентированных программных комплексах, прошедших государственную регистрацию. Методы и алгоритмы синтеза применимы в области авиационной и ракетно-космической техники, в робототехнике и экономике.

Содержание диссертационной работы соответствует пунктам 1, 2 и 4 паспорта специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Во введении дано обоснование актуальности исследования изучаемой проблемы. Приведен обзор работ в этой области. Дана краткая характеристика применяемых в диссертации методов исследования и полученных результатов.

В первом разделе рассматривается задача минимизации переключений гибридной системы. На основе достаточных условий получен метод синтеза оптимального позиционного управления. Для линейно-квадратичной задачи разработан алгоритм нахождения оптимального управления, а также порядок решения задачи минимизации количества переключений. Решен академический пример линейно-квадратичной задачи управления гибридной системой второго порядка с переключением канала управления. Проведен сравнительный анализ оптимальных процессов при разных значениях параметров объекта управления, в частности, найдены оптимальные процессы управления с мгновенными многократными переключениями.

Во втором разделе рассматривается задача поиска оптимального кусочно-постоянного управления непрерывными системами. Требуется найти минимальное количество переключений кусочно-постоянного управления, при котором значение функцио-

нала качества удовлетворяет заданному ограничению, т.е. остается приемлемым для лица, принимающего решения. Доказаны необходимые условия оптимальности кусочно-постоянного управления с учетом затрат на его переключения. Эти условия применяются для решения задачи гашения колебаний математического маятника в классе кусочно-постоянных управлений. Полученные решения сравниваются с известным решением задачи в классе кусочно-непрерывных управлений. Выясняется минимальное количество переключений кусочно-постоянного управления, при котором получаемое значение функционала качества отличается от минимального значения функционала при кусочно-непрерывном управлении на допустимую величину.

В третьем разделе решается задача планирования маршрутов непрерывно-дискретного движения управляемых объектов при наличии препятствий. Рациональная траектория движения объекта формируется в два этапа. Сначала синтезируется оптимальная ломаная – траектория движения по прямоугольной сетке с препятствиями. Затем «поверх» этой ломаной строится оптимальная траектория Маркова – Дубинса с промежуточными узловыми точками. Доказаны необходимые условия оптимальности таких траекторий, разработаны алгоритмы двухэтапного планирования маршрутов движения БПЛА.

В четвертом разделе описываются структура, состав и порядок работы программных комплексов, реализующего предложенные алгоритмы синтеза оптимального управления.

В заключении сформулированы основные результаты.

Диссертация «Оптимизация переключений непрерывно-дискретных управляемых процессов» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую новые оригинальные результаты, выполненную на высоком научном уровне и отвечающую всем требованиям ВАК РФ. Считаю, что ее автору, Урюпину Илье Вадимовичу, может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Д. ф.-м. н., доцент, профессор кафедры «Математическая кибернетика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета)

 А. С. Бортаковский
10.03.2022 г.

Подпись Бортаковского А. С. заверяю

Директор дирекции института «Компьютерные науки и прикладная математика»
Московского авиационного института
(национального исследовательского университета)



 С. С. Крылов