

В диссертационный совет 24.1.060.01
при ФГБУН Институте динамики систем
и теории управления имени В. М.
Матросова
Сибирского отделения Российской
академии наук

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации Старицына Максима Владимировича
**«ВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ В БЕСКОНЕЧНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ»**

представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 1.1.2 — «Дифференциальные уравнения и математическая
физика»

Диссертация посвящена вариационному анализу нелинейных задач оптимального управления без фазовых ограничений. В рассматриваемых постановках состояние описывается обыкновенным дифференциальным уравнением в (вообще говоря, бесконечномерном) банаховом пространстве либо нелокальным уравнением на пространстве мер, а качество управления оценивается терминальным функционалом. Общая цель работы состоит в выводе необходимых условий оптимальности, позволяющих выявлять неоптимальные экстремали принципа максимума Понтрягина (ПМП) без использования локальных вариаций высоких порядков, в том числе в вырожденных задачах.

Актуальность исследования определяется известным свойством невыпуклых задач управления: ПМП выделяет в них широкий класс экстремалей, среди которых могут оставаться заведомо неоптимальные процессы. Условия высших порядков иногда позволяют сузить указанный класс экстремалей, однако их применение требует предположений о высоком порядке гладкости всех объектов и существенно усложняется с ростом порядка, особенно в пространствах бесконечной размерности.

В основе диссертации лежит метод канонической линеаризации: нелинейная динамика погружается в линейную систему на пространстве функционалов или мер, после чего двойственность прямого и обратного уравнений приводит к точной формуле приращения целевого функционала. В отличие от асимптотических формул это тождество не содержит остаточного члена и описывает приращение цены на любой паре управлений. На его основе формулируются условия оптимальности, в которых фигурируют неизвестные процессы сравнения, определяемые по принципу обратной связи из условия минимума функции Понтрягина, суженной на градиент функции цены исследуемого процесса.

Наиболее существенным результатом представляется установление связи этой конструкции с классическими условиями оптимальности. Первая вариация точной формулы приращения приводит к ПМП. В гладкой конечномерной задаче ее последовательное дифференцирование воспроизводит сопряженные переменные высших порядков; в частности, сопряженная переменная второго порядка совпадает с т.н. матричным импульсом Р. Ф. Габасова.

В работе показано, что в некоторых случаях позиционные условия позволяют обнаруживать неоптимальные процессы среди особых понтрягинских экстремалей, удовлетворяющих условиям высших порядков типа Якоби, Гоха и Лежандра-Клебша.

Научная новизна состоит в построении точных формул приращения и основанных на них позиционных условий оптимальности для исследуемых классов задач, а также в выявлении их связи с ПМП и условиями высших порядков. Теоретическая значимость работы определяется развитием единого вариационного аппарата для конечномерных и бесконечномерных задач управления. Полученные условия могут служить основой для построения процедур улучшения управлений и численных методов спуска.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждаются строгими доказательствами, согласованностью полученных условий оптимальности с известными частными случаями, а также апробацией в ходе опубликования и представления на профильных научных конференциях и семинарах.

По теме диссертации опубликованы 24 работы, из которых 18 статей — в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК или индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Основные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 1.1.2. Результаты о позиционных условиях экстремума, принципе максимума Понтрягина, редукции задач управления и импульсно-траекторных расширениях относятся к направлению «Дифференциальные уравнения и системы дифференциальных уравнений в задачах оптимального управления и вариационного исчисления». Результаты о нелокальных уравнениях неразрывности и баланса на пространствах мер относятся к направлениям «Нелинейные дифференциальные уравнения и системы нелинейных дифференциальных уравнений» и «Общая теория дифференциальных уравнений и систем».

В качестве замечаний отмечу следующее. В диссертации и автореферате связь позиционных условий с условиями высших порядков изложена весьма поверхностно. Развернутый пример с последовательным построением соответствующих сопряженных переменных позволил бы сделать это сопоставление более наглядным. Другое замечание касается возможностей переноса разрабатываемого в работе подхода на задачи с фазовыми ограничениями. Автор ограничивается лишь краткими комментариями об использовании нестандартных вариаций пакетного типа; даже простейший пример реализации этой идеи мог бы сделать подобные комментарии существенно более убедительными.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации.

Диссертация М. В. Старицына является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема развития вариационных методов исследования задач оптимального управления в бесконечномерных пространствах. Работа соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика».

Ведущий научный сотрудник отдела № 55 Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук,
доктор физико-математических наук

Д. Ю. Карамзин

«25» августа 2026 г.

Специальность: 01.01.02 — дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

Почтовый адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2

Телефон: +7 499 135 52 09

Электронная почта: dmitry-karamzin@mail.ru

Я, Карамзин Дмитрий Юрьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись

Подпись Карамзина Дмитрия Юрьевича заверяю:
Должность уполномоченного лица

«__» _____ 2026 г.

