


	УТВЕРЖДАЮ И. О. декана факультета ПМ-ПУ СПбГУ <i>(должность)</i>  Бочкарёв Анатолий Олегович <i>(подпись)</i> <i>(инициалы, фамилия)</i> « 18 » _____ февраля _____ 2025 М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

По итогам рассмотрения и обсуждения
Диссертации Фоминых Александра Владимировича
(ф.и.о. соискателя ученой степени)

представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
ученая степень

по теме «Построение прямых методов решения негладких задач оптимального управления и некоторых типов дифференциальных включений»
(тема диссертации)

по научной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика
шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)

и выполненной в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», факультет ПМ-ПУ, кафедра Управления медико-биологическими системами, год представления 2025,
наименование организации и год представления

а также представленных соискателем научных публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, приняты следующие решения, замечания и рекомендации:

Представленная работа является актуальной. Несмотря на богатый арсенал методов, накопленный за более чем 60-летнюю историю развития теории оптимального управления, большинство из них имеют дело с классическими системами, правые части которых являются непрерывно дифференцируемыми функциями своих аргументов. Существуют подходы, которые не накладывают условия гладкости на систему. Однако они обычно используют прямую дискретизацию или какой-то процесс ``сглаживания``; оба эти подхода приводят к потере части информации о ``поведении`` системы, а также к конечномерным задачам огромных размерностей. Актуальность рассмотрения в диссертации негладких систем обусловлена их способностью во многих случаях точнее и более полно описывать «поведение» объекта.

Научная новизна и основные результаты:

Все основные научные результаты диссертации являются новыми.

В частности, за счёт новой технической идеи "разделения" переменных (фазовой траектории и её производной) преодолены принципиальные сложности, возникавшие ранее в научной школе В. Ф. Демьянова при работе с квазидифференциалами в функциональном пространстве, что позволило предложить новый численный метод решения негладких задач оптимального управления, а также получить условия минимума для таких задач в новой форме, более эффективной существующих с практической точки зрения. Отмечены преимущества построенного метода по сравнению с существующими.

Также при работе с дифференциальными включениями использован аппарат опорных функций для сведения исходной задачи к вариационной, что является новым подходом при решении таких задач. Для работы с негладкими дифференциальными включениями используется сочетание данного подхода с подходом, описанным выше (с использованием "разделения" переменных, фазовой траектории и её производной), что позволило получить условия минимума для таких задач в новой удобной форме, и построить новый численный метод их решения. Отмечен ряд практических задач с (негладкими) дифференциальными включениями, когда указанный подход оказывается наиболее эффективным.

Впервые построена точная штрафная функция для дифференциальных включений со свободным правым концом с выпуклой компактной правой частью в случае непрерывности производной опорной функции множества из правой части дифференциального включения по фазовой переменной.

Кроме того, в классической (гладкой) задаче оптимального управления известные ранее условия экстремума соответствующей точной штрафной функции использованы для построения численного метода решения исходной задачи; новый подход заключается в нахождении сопряжённой переменной как решения некоторой вариационной задачи.

В "полуогладкой" задаче оптимального управления впервые применён подход сочетания параметризации управления и метода квазидифференциального или (модифицированного) кодифференциального спуска.

Также продемонстрировано применение нового вариационного подхода для задач со скользящими режимами. Построены некоторые функции управления с обратной связью, обеспечивающие возникновение скользящего режима, в новой (непрерывной) форме.

Целью диссертации является построение прямых методов решения негладких задач оптимального управления и некоторых типов дифференциальных включений. Настоящая работа продолжает исследование прямых "непрерывных" методов (как конечномерных так и бесконечномерных) негладкой оптимизации в вариационных задачах, развиваемых в научной школе В. Ф. Демьянова.

Теоретическая значимость диссертации состоит в том, что в ней, в частности, получены условия минимума в новой, более "удобной" по сравнению с известными ранее, форме, позволяющей более эффективно работать с объектами негладкой оптимизации, встречающимися при изучении исследуемых задач. Более конкретно, (приближённые) условия минимума в поточечной форме получены для: 1) задачи оптимального управления системой ОДУ с негладкой (а лишь квазидифференцируемой) правой частью, 2) задачи оптимального управления дифференциальным включением, опорная функция правой части которого может содержать сумму максимумов и минимумов конечного числа непрерывно дифференцируемых (по фазовым координатам) функций.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что в ней, в частности, построены прямые методы решения негладкой задачи оптимального управления и некоторых типов дифференциальных включений. Более конкретно: 1) построен прямой метод решения задачи оптимального управления системой ОДУ с негладкой (а лишь квазидифференцируемой) правой частью, 2) построен прямой метод решения дифференциальных включений, опорная функция правой части которых может содержать сумму максимумов и минимумов конечного числа непрерывно дифференцируемых (по фазовым координатам) функций. Предложенные методы отработаны на большом количестве разнообразных примеров, многие из которых имеют реальные практические приложения.

Достоверность результатов обеспечена строгостью математических доказательств, методологией исследования, адекватностью работы методов при тестировании на примерах.

Апробация результатов подтверждена выступлениями автора на 15 международных и всероссийских конференциях, а также на семинарах различных научных групп.

Публикации автора диссертации насчитывают 29 работ, из которых 21 статей в журналах и 8 статей в сборниках материалов конференций. Все статьи в журналах индексируются базами Scopus и Web of Science.

Диссертационная работа А.В. Фоминых «Построение прямых методов решения негладких задач оптимального управления и некоторых типов дифференциальных включений» соответствует паспорту научной специальности 1.1.2. «Дифференциальные уравнения и математическая физика», и рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Нарушения со стороны Фоминых Александра Владимировича

ФИО соискателя

п. 11 Приказа СПбГУ от «19» ноября 2021 г. №11181/1

не выявлены _____

и Приказа СПбГУ от 03.07.2023 № 9287/1

не выявлены _____

Все основные выносимые на защиту научные материалы диссертации опубликованы в предложенных соискателем статьях.

Коллектив сотрудников кафедры Управления медико-биологическими системами факультета Прикладной математики – Процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета

наименование подразделения

_____ **рекомендовал** _____

диссертацию Фоминых Александра Владимировича

ф.и.о. соискателя

по теме «Построение прямых методов решения негладких задач оптимального управления и некоторых типов дифференциальных включений»

тема диссертации

к защите на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук _____

ученая степень

по научной специальности 1.1.2. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»


шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)

При проведении голосования коллектива сотрудников подразделения (протокол заседания № 44/4/8-02-1 от 18.02.2025) в количестве 7 человек, участвовавших в заседании из 7 человек штатного состава, в голосовании приняло участие 6 человек:

Проголосовали «за» : 6,

«против»: 0,

«воздержались»: 0.

<p>Подписал: профессор, зав. кафедрой <i>(должность)</i> кафедра Управления медико-биологическими системами факультета ПМ-ПУ СПбГУ <i>(наименование структурного подразделения)</i> доктор физико-математических наук <i>(ученая степень)</i> профессор <i>(ученое звание)</i></p>	 <p><i>(подпись)</i></p>	<p><i>Александров А.В.</i> <i>18.02.2025</i> Расшифровка подписи, дата</p>
--	--	--

Личную подпись
А.В. Александрова
заверяю
И.О. начальника отдела кадров №3
И.И. Константинова

18.02.2025

