

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.04

Соискатель: Царьков Кирилл Александрович

Тема диссертации: Математическое моделирование и оптимизация квазилинейных динамических стохастических систем диффузионного типа, нелинейных по управлению

Специальности: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 19 мая 2017 года, протокол № 47, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Царькову Кириллу Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Северина Н. С. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Битюков Ю. И., Борисов А. В., Бортаковский А. С., Босов А. В., Грумондз В. Т., Денисова И. П., Кан Ю. С., Кибзун А. И., Короткова Т. И., Красинский А. Я., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Куравский Л. С., Марков Ю. Г., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Семенихин К. В., Сеницин В. И., Сиротин А. Н., Формалев В. Ф., Хрусталева М. М.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент

Н. С. Северина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.04 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19.05.2017 № 47

О присуждении Царькову Кириллу Александровичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование и оптимизация квазилинейных динамических стохастических систем диффузионного типа, нелинейных по управлению» по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «17» марта 2017 года, протокол № 44, диссертационным советом Д 212.125.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016.

Соискатель Царьков Кирилл Александрович 1992 года рождения, окончил с отличием в 2015 году факультет «Прикладная математика и физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по специальности «Прикладная математика».

С сентября 2015 года обучался в аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»).

Работает младшим научным сотрудником лаборатории 45 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре «Математическая кибернетика» факультета «Прикладная математика и физика».

Научный руководитель – заведующий лабораторией 45 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН», профессор кафедры «Математическая кибернетика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, Хрусталев Михаил Михайлович.

Официальные оппоненты:

1. Миллер Борис Михайлович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории № 2 «Методов анализа и цифровой обработки изображений» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича РАН»;

2. Корепанов Эдуард Рудольфович, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, заведующий отделом № 11 Института проблем информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление РАН» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт программных систем имени А. К. Айламазяна Российской академии наук» (ИПС РАН), Переславль-Залесский, в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником

центра Системного анализа ИПС РАН, доктором технических наук, профессором Цирлиным Анатолием Михайловичем, и утвержденном директором ИПС РАН, членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Абрамовым Сергеем Михайловичем, указала, что диссертация содержит новые научные результаты, имеющие существенное теоретическое и практическое значение, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на хорошем математическом уровне.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Замечания по работе:

1. Терминология, используемая автором, не совсем понятна. Системы, которые автор предлагает называть обыкновенными квазилинейными системами, именуются в литературе линейными системами с мультипликативными возмущениями (это отмечает и сам автор во введении к работе), а термин «квазилинейные системы, нелинейные по управлению» выглядит крайне громоздко и несколько противоречиво.

2. Модельный пример, приведенный в главе 2, чересчур тривиален. Ответ на него можно получить, пользуясь основными соотношениями классического вариационного исчисления. Хотелось бы видеть в качестве примера использования основных новых результатов диссертационной работы более интересную задачу.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Миллера Бориса Михайловича.

Основные замечания по работе:

1. Общее замечание: если говорится о субоптимальном управлении, то хорошо бы сравнить значение критерия с оптимальным, тем более, это можно было сделать на примере линейно-квадратической задачи с неполной информацией.

2. Предлагаемая методология не учитывает возможные ограничения на управления.

3. Информационные ограничения на управления возможно учесть только в предположении линейной формы управления.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Корепанова Эдуарда Рудольфовича.

Замечания по диссертационной работе.

1. Начало введения содержит ряд терминов («*тико- и наноспутники*», «*гидродинамическое управление*», «*агрегаты струйной техники*», «*струйные технологии*» и пр.), не являющихся общеупотребительными и требующими дополнительных определений или разъяснений. Тем не менее, в этой части текста их нет, равно как и нет ссылок на источники, где с данными терминами можно познакомиться.
2. В подразделе 1.4 «Результаты» в качестве таковых представлено следующее: «*Записана постановка задачи оптимального программного управления стохастическими системами диффузионного типа, определен ряд ключевых понятий и соотношений, а также сформулирована основная идея, используемая для синтеза оптимального управления*». Перечисленные действия не могут быть квалифицированы именно как результаты.
3. В формулировке Теоремы 4 (подраздел 3.3, стр. 67) функция $H^*(t)$ не определена.
4. В разделе 4 диссертант не вполне удачно применяет термин «*субоптимальный*» к части своих результатов – оптимальных стратегий управления квазилинейной системой в форме полиномов. В настоящее время термин «*субоптимальный*» стал эквивалентом термина «*неоптимальный*». На самом деле автор получил более сильный результат – решение задачи «*оптимального управления на классе полиномиальных функций состояния*», или «*условно-оптимального управления*» на том же классе.
5. В подразделе 5.2 рисунок 21 не соответствует своему описанию: диссертант пишет (см. стр. 95), что субоптимальные управления выбираются в классе многочленов нулевой степени, в то время как на графике это многочлен первой степени.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва. Все отзывы, поступившие на автореферат диссертации, положительные. В поступивших

отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна, достоверность полученных автором результатов и их теоретическая и практическая значимость.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова».

Отзыв составлен доктором технических наук, профессором, заместителем заведующего кафедрой «Физико-математические методы управления» Филимоновым Николаем Борисовичем.

Замечания по работе.

1. В работе не упоминается альтернативный вариант детерминированной минимаксной постановки задачи гарантированного управления, широко применяемый в задачах управления динамическими объектами в условиях неопределенности.

2. Интерпретация флуктуаций тяги двигателя в задаче гашения колебаний искусственного спутника Земли как белого шума является довольно грубой моделью.

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Отзыв составлен кандидатом технических наук, доцентом Департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Денежкиной Ириной Евгеньевной.

Замечаний нет.

ЧОУ ВО «УГП имени А. К. Айламазяна».

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, доцентом, заведующей кафедрой системного анализа Расиной Ириной Викторовной.

Замечания:

1. В работе получены и выписаны необходимые условия оптимальности. Однако вопрос получения достаточных условий оптимальности не исследован.

2. Не ясно, почему в качестве сужающего класса функций для поиска управлений выбран именно класс полиномов, хотя выбор различных базисных функций достаточно обширен.

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Отзыв составлен доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» Красилицыковым Михаилом Наумовичем.

Замечание: указанная в отзыве возможность совместной оптимизации процессов управления и наблюдения хоть и упоминается в автореферате и в основном тексте диссертации, но не исследуется подробно, хотя исследования в этом направлении несомненно актуальны.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, их компетентностью по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Соискатель имеет 14 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 4 из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий (в том числе 2 в журналах, реферируемых в международных базах Web of Science или Scopus). Большинство работ опубликовано в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при непосредственном участии соискателя. Без соавторов опубликовано 2 научные работы. В опубликованных работах излагаются основные положения диссертационной работы: формулировка и доказательство необходимых условий оптимальности в задачах оптимизации программного управления квазилинейными стохастическими системами с нелинейными по управлению коэффициентами и в задачах оптимизации линейного регулятора с неполной обратной связью для

квазилинейных стохастических систем, разработка численных методов поиска оптимального и субоптимального управления в указанных задачах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Д.С. Румянцев, М.М. Хрусталёв, К.А. Царьков. Алгоритм поиска субоптимальных стратегий управления квазилинейными динамическими стохастическими системами диффузионного типа // Известия РАН. Теория и системы управления, 2014, № 1, с. 74-86
2. Румянцев Д.С., Царьков К.А. Управление квазилинейными стохастическими системами с неполной информацией на примере механического манипулятора // Труды МАИ, № 74, <http://www.mai.ru> (25.04.2014)
3. Хрусталев М.М., Румянцев Д.С., Царьков К.А. Метод Галеркина в задачах оптимизации квазилинейных динамических стохастических систем с информационными ограничениями // Труды МАИ, № 66, <http://www.mai.ru> (27.06.2013)
4. М.М. Хрусталев, Д.С. Румянцев, К.А. Царьков. Оптимизация квазилинейных стохастических систем диффузионного типа, нелинейных по управлению // Автоматика и телемеханика, №~6, 2017, с. 84-105
5. Д.С. Румянцев, К.А. Царьков. Метод оптимизации квазилинейных стохастических систем в приложении к задаче оптимальной стабилизации спутника с упругой штангой // Программные системы: теория и приложения, 2015, 6:2(25), с. 3-17

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **получены** необходимые условия оптимальности в задачах оптимизации стратегий управления квазилинейными стохастическими системами с информационными ограничениями;

– **получены** необходимые условия оптимальности в задачах оптимизации программного управления квазилинейными системами, нелинейными по управлению;

– **получены** необходимые условия субоптимальности (оптимальности в заранее суженном классе управлений) в данных задачах;

– **разработаны** численные методы поиска оптимального и субоптимального управления, основанные на процедуре градиентного спуска в функциональном пространстве;

– **разработан** комплекс программ, реализующих эти численные методы;

– **проведено** решение задач оптимального управления и стабилизации двухзвенного механического манипулятора и спутника с упругой штангой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **исследован** класс математических моделей линейных по состоянию и управлению динамических стохастических систем диффузионного типа с мультипликативными возмущениями, в которых управление имеет вид линейного регулятора с неполной обратной связью;

– **формализован и исследован** новый класс математических моделей линейных по состоянию динамических стохастических систем диффузионного типа, коэффициенты которых могут быть нелинейными функциями программного управления;

– **сформулированы и доказаны** теоремы в виде необходимых условий оптимальности для данных классов систем.

Значение для практики полученных результатов заключается в том, что разработанные новые математические модели, численные методы и алгоритмы могут быть использованы при расчете оптимальных и субоптимальных функций управления различными динамическими объектами. Метод численного поиска оптимальных и субоптимальных управлений, разработанный в диссертации, реализован в виде программного комплекса и может быть использован для решения практических задач.

Достоверность результатов исследования обеспечивается строгостью математических постановок и доказательств теорем, подтверждением теоретических результатов численными экспериментами.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке и доказательстве основных теоретических результатов, представленных в диссертационной

работе. Также автором реализованы используемые численные методы в СКМ «Marle», проведены численные эксперименты и выполнен анализ полученных результатов.

Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 “О порядке присуждения ученых степеней”, так как является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области оптимизации нелинейных стохастических систем диффузионного типа и квазилинейных стохастических систем при неполной информации о состоянии.

На заседании «19» мая 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Царькову К. А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 9 докторов наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 24, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.04, д.ф.-м.н., доцент

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент



А. В. Наумов

Н. С. Северина