

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.03.2015 № 30

о присуждении Коноваловой Анне Александровне, гражданке РФ,

ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Достаточные условия оптимальности управления дискретными системами автоматного типа» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «16» января 2015 года, протокол № 29 диссертационным советом Д 212.125.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, создан 02.11.2012, приказ № 714/нк.

Соискатель Коновалова Анна Александровна 1985 года рождения, в 2007 году с отличием окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский Государственный Технологический Университет имени К.Э.Циолковского по специальности «Прикладная математика и информатика». В период подготовки диссертации соискатель обучалась в очной аспирантуре кафедры «Вычислительная математика и программирование» факультета «Прикладная математика и физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования

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

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

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Бортаковский Александр Сергеевич, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела кафедры «Математическая кибернетика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Ананьевский Игорь Михайлович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского Российской академии наук»;

2. Румянцев Дмитрий Станиславович, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории 45 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук» (ИПС РАН), в своем положительном отзыве, подписанном Расиной Ириной Викторовной, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником ИПС РАН, указала, что диссертация представляет собой законченное научное исследование, выполненное на современном математическом уровне и внесшее значительный вклад в теорию

оптимального управления дискретными системами автоматного типа. Основные результаты являются новыми и строго обоснованными. Результаты диссертации могут быть использованы в учебном процессе и в научно-исследовательских институтах, специализирующихся в области авиационно-космической техники, механики, управления, например, МГТУ им. Н.Э.Баумана, МАИ, ФГУП "ГосНИИАС", Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, Институт космических исследований РАН, Институт динамики систем и теории управления СО РАН.

Следует отметить следующие недостатки представленной работы:

1. Теоремы о достаточных условиях оптимальности сформулированы и доказаны для задач «со свободным правым концом» без фазовых ограничений, хотя на самом деле они остаются справедливыми практически без изменения и для общей постановки.

2. В алгоритме учитываются ограничения на правый конец траектории, но примеров применения алгоритма к таким задачам, пусть даже модельным, в диссертации нет.

3. Для оптимального и субоптимального алгоритмов синтеза системы автоматного типа (САТ) приводятся оценки объема требуемой памяти, которые дают также представление о количестве необходимых арифметических операций. Несмотря на то, что алгоритм оптимального синтеза не имеет методической погрешности, его численная реализация приводит к приближенному решению. Однако, в диссертации нет оценок точности получаемых решений по функционалу или по траектории.

4. Оценка количества переключений для задачи синтеза следящей САТ довольно грубая. Ее можно улучшать на каждой итерации, что может служить одним из признаков окончания итерационного процесса.

5. Во введении (стр.11) приведена дискретная система в форме, отличной от используемой в цитируемых источниках. Следовало бы привести схему перехода от одной формы к другой.

6. В выводе 3 по главе 3 не согласованы падежи.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научного семинара ИЦ СА ИПС и кафедры системного анализа УГП им. А.К. Айламазяна (руководитель семинара – д.т.н., профессор Гурман В.И.), утвержден директором ИПС РАН, чл.-корр. РАН Абрамовым С.М.

Соискатель имеет 9 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 4 работы опубликовано в научных изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для публикации основных научных результатов диссертаций. Соискателем опубликовано 5 работ в материалах всероссийских и международных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. *Бортаковский А.С., Коновалова А.А.* Достаточные условия оптимальности дискретных систем автоматного типа // Известия РАН. Теория и системы управления, 2013. – №1. – С.18-44.

2. *Бортаковский А.С., Коновалова А.А.* Оптимальный вывод спутника на геостационарную орбиту при ограниченном количестве включений двигателя // Известия РАН. Теория и системы управления, 2013. – №6. – С.93-103.

3. *Бортаковский А.С., Коновалова А.А.* Вычислительная технология синтеза оптимальных дискретных систем автоматного типа // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – №11. – С.3-8.

4. *Бортаковский А.С., Коновалова А.А.* Синтез оптимальных дискретных систем автоматного типа при мгновенных многократных переключениях // Известия РАН. Теория и системы управления, 2014. – №5. – С.69-101.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Ананьевский Игорь Михайлович (официальный оппонент).

Отзыв заверен ученым секретарем ФГБУН «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук», к.ф.-м.н. Сысоевой Е.Я.

По работе имеются следующие замечания:

1. Автор считает, что рассматриваемые в работе задачи следует отнести к вариационным задачам, поскольку речь идет о минимизации в функциональном пространстве. Такое утверждение небесспорно. На мой взгляд, они являются все-таки задачами конечномерной оптимизации.

2. Автор характеризует используемый им подход как распространение подхода В.Ф.Кротова на системы автоматного типа. По моему мнению, в диссертации используется метод динамического программирования Беллмана. Именно этот метод применяется для доказательства достаточных условий оптимальности позиционного управления и на нем же основан алгоритм синтеза оптимального управления.

3. Утверждение леммы 1.1 носит тривиальный характер и вряд ли заслуживает оформления в виде отдельной леммы.

4. Задача, рассмотренная в разделе 1.5, служит удачным примером разработанной методики и поэтому весьма интересна с математической точки зрения. Однако совершенно не ясно, стоит ли за ней какой-либо физический смысл, а название "синтез позиционного управления следящей системой" и вовсе сбивает с толку. Следящая система управления – это система автоматического управления, в которой управляемая величина воспроизводит произвольно изменяющееся задающее воздействие. В следящих системах управляющее воздействие заранее не может быть установлено, так как источником сигнала служит внешнее явление, закон изменения которого заранее неизвестен. В приведенном примере аппроксимируемая функция известна заранее.

Румянцев Дмитрий Станиславович (официальный оппонент).

Отзыв заверен ведущим инженером ФГБУ «Институт проблем управления РАН им. В.А.Трапезникова» Жуковой Н.П.

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе в качестве примеров рассматриваются только одномерные задачи синтеза оптимального управления САТ, тогда как теория позволяет находить управление для многомерных систем.

2. Автор даёт оценку вычислительных возможностей ЭВМ для выполнения расчётов. Становится ясно, что даже на одномерной задаче на небольшом интервале времени требуется большое количество памяти для выполнения вычислений. Автор не указывает, каким образом можно было бы попытаться упростить процесс вычислений.

3. В задаче о выводе спутника на геостационарную орбиту не понятно, стоит ли применять её решение для управления или нет, поскольку выигрыш составляет всего 0,3% от схемы, используемой на практике.

4. В работе не указаны пути дальнейших исследований, в то время как остался не решённым, например, вопрос автоматизации вычислений.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова», механико-математический факультет.

Отзыв составлен зав. кафедрой "Теория динамических систем", д.ф.-м.н., профессором Давыдовым А.А.

По автореферату можно сделать следующее замечание.

Отсутствуют условия существования так называемых условных функций цены, а также их производных по времени. Существование условных функций цены нельзя гарантировать одним только условием положительности затрат на переключение (как это указано на с.8 автореферата). При ограничениях на конечное состояние системы некоторые из условных функции цены будут определены не для всех состояний. Гладкость (по времени) условной функции цены может нарушаться даже в задачах со свободным правым концом при однократных переключениях. Условия существования важны, поскольку они устанавливают область применимости полученных достаточных условий.

МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Отзыв составлен профессором кафедры математического моделирования, д.ф.-м.н, доцентом Канатниковым А.Н.

По представленному автореферату можно сделать следующие замечания.

1. Оптимизация управления САТ по существу сводится к выбору количества переключений, соответствующих моментов времени и величины скачков функции состояния. Поэтому в рамках исследования можно функцию управления интерпретировать как функцию скачков, отказавшись от общего описания с помощью функции $g(t, y(t-0), v(t))$. Это значительно упростило бы изложение.

2. Нельзя согласиться с тезисом, что САТ (а точнее, автоматы с памятью) являются физически не реализуемой моделью (с. 3 автореферата). Правильно их интерпретировать как идеализированную модель, в которой не учитывается время переключения (подобно тому, как удар рассматривается как мгновенное воздействие на механическую систему). И требования к быстродействию связаны именно с этой идеализацией, а не с оптимальностью управления.

3. Следовало бы разъяснить, что означает непрерывность многозначного отображения по включению (с. 6 автореферата): сама по себе операция включения не определяет топологию. Возможно, имелось ввиду полунепрерывное сверху и снизу многозначное отображение, но это не по включению, а относительно топологии области определения и образа многозначного отображения.

ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

Отзыв составлен зав. кафедрой «Прикладная математика», д.ф.-м.н., профессором. Поповым В.Ю.

По автореферату имеются следующие замечания: 1) для предлагаемого алгоритма синтеза не указаны оценки точности и скорость сходимости, а также влияние погрешностей вычислений при численном решении задачи; 2) нет примеров прикладных задач, в которых возникают оптимальные процессы с мгновенными многократными переключениями.

**Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского
отделения Российской академии наук.**

Отзыв составлен старшим научным сотрудником, к.ф.-м.н.
Авербухом Ю.В.

Замечаний к полученным результатам и автореферату нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, их компетентностью по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **предложен** новый подход для доказательства достаточных условий оптимальности, при котором функция цены (Гамильтона-Якоби-Беллмана) строится при помощи вспомогательных, так называемых, условных функций цены;

– **разработан** алгоритм синтеза оптимальных дискретных систем автоматного типа с однократными или мгновенными многократными переключениями;

– эффективность разработанного алгоритма **показана** на модельных примерах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказаны** достаточные условия оптимальности систем автоматного типа, кусочно-постоянные траектории которых имеют произвольное конечное или заданное максимально допустимое количество однократных или мгновенных многократных переключений;

– **выведены** уравнения для нахождения условных функций цены и условных управлений, из которых строятся функция цены и оптимальное позиционное управление;

– **обоснована** применимость разработанного алгоритма для синтеза системы автоматного типа, выполняющей оптимальную кусочно-постоянную аппроксимацию заданной непрерывной траектории;

– из условий оптимальности динамических систем с автоматной частью **выведены** необходимые условия оптимальности системы автоматного типа, **установлена** их связь с достаточными условиями.

Значение для практики полученных результатов заключается в том, что:

– разработанный алгоритм синтеза оптимальных САТ может служить основой для **решения прикладных задач** в областях авиационной и ракетно-космической техники, в робототехнике и экономике;

– **решена** задача оптимального вывода спутника на геостационарную орбиту при ограниченном количестве включений двигателя (**получено** свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615592).

Оценка **достоверности** результатов исследования выявила:

– теоретические результаты **согласуются** с опубликованными данными по тематике диссертационного исследования;

– приближенные и аналитические решения методических примеров **соответствуют** теоретическим результатам;

– решение задачи оптимального вывода спутника на геостационарную орбиту при ограниченном количестве включений двигателя **полностью отвечает** физическим представлениям.

Личный вклад соискателя состоит в исследовании новой задачи оптимального управления дискретной системы автоматного типа, описываемой рекуррентными уравнениями: доказательстве теорем, разработке алгоритмов и программ; решении методических примеров и прикладной задачи, составляющих содержание диссертации. Лично автором и при участии соавтора (научного руководителя) выполнена подготовка публикаций по представленной работе.

На заседании «27» марта 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Коноваловой А.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 8 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 23, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета

Д 212.125.04, д.ф.-м.н., профессор

Кибзун А.И.

Учёный секретарь диссертационного совета

Д 212.125.04, к.ф.-м.н.

Северина Н.С.

Ученый секретарь МАИ (НИУ) К.Т.Н.



Ульяшина А.Н.

27.03.2015