

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.04

Соискатель: Халина Анастасия Сергеевна

Тема диссертации: «Оптимизация линейных и квазилинейных диффузионных стохастических систем, функционирующих на неограниченном интервале времени, при неполной информации о состоянии»

Специальность: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 23 декабря 2016 года, протокол № 42, 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 Халиной Анастасии Сергеевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Северина Н. С. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б. С., 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., Котельников М.В., Красинский А. Я., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Куравский Л. С., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Семенихин К. В., Синицин В. И., Формалев В. Ф., Хрусталеv М. М., Ципенко А. В.

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 23.12.2016 № 42

О присуждении Халиной Анастасии Сергеевны, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптимизация линейных и квазилинейных диффузионных стохастических систем, функционирующих на неограниченном интервале времени, при неполной информации о состоянии» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «21» октября 2016 года, протокол № 39, 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 Халина Анастасия Сергеевна 1987 года рождения, окончила в 2012 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».

В июле 2016 года окончила аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

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

Официальные оппоненты:

1. Пакшин Павел Владимирович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная математика» Арзамасского политехнического института (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева»;

2. Кожевников Александр Сергеевич, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем «Центр обработки документов»

дали положительные отзывы на диссертацию.

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

технических наук Цирлиным Анатолием Михайловичем, и утвержденном директором ИПС им. А. К. Айламазяна 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 высоком научном уровне по оптимизации линейных и квазилинейных стохастических систем при неполной информации о векторе состояния.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Замечания по диссертации:

1. Необходимые условия для линейной стохастической системы при неполной информации о состоянии содержат информационную матрицу. Условия же оптимальности квазилинейной системы, управляемой по выходу, записаны без ее использования. В диссертации не указана связь между двумя формами записи необходимых условий в случае линейной системы.

2. В задаче оптимизации квазилинейной стохастической системы имеется ограничение – система должна быть устойчивой по Параеву. Однако в численном методе градиентного типа это ограничение никак не учитывается. Не может ли случиться, что градиент будет направлен в сторону неустойчивости?

Отзыв на диссертацию официального оппонента Пакшина Павла Владимировича.

Замечания по диссертационной работе.

1. Для рассматриваемого класса систем давно сложилось вполне установившееся название: «линейные системы с аддитивными и мультипликативными шумами», которое в работе почему-то заменено на «квазилинейные стохастические системы», требующее дополнительных разъяснений.

Также автор вводит целый ряд немотивированных понятий. Например, вполне можно было обойтись без понятия «стабильность». Недоумение

вызывают также понятия «устойчивость по Параеву», «функция Ляпунова-Лагранжа», «функционал Лагранжа-Кротова», определения которых, к тому же, в работе не даются. Параев новых понятий устойчивости не вводил. Есть общепринятые понятия стохастической и детерминированной устойчивости, а тот хорошо известный факт, что в задачах оптимизации функция Ляпунова играет роль функции множителей Лагранжа не является основанием называть ее как-то по другому.

2. Обзорная часть работы является неполной. Автор в основном ограничивается обзором результатов научного руководителя. В списке литературы отсутствуют работы Н. Н. Красовского, Н. Н. Красовского и Э. А. Лидского, Г. Дж. Кушнера, Р. З. Хасьминского, и ряда других, заложившие фундамент теории аналитического конструирования оптимальных регуляторов стохастических систем.

Необходимые условия оптимальности, для систем, отличающихся от рассматриваемых автором лишь несущественными деталями, были получены в 70-х – 80-х годах прошлого века (D. S. Bernstein Robust Static and Dynamic Output-Feedback Stabilization: Deterministic and Stochastic Perspectives // IEEE Transactions on Automatic Control. 1987. – V. AC-32. – No 12. – P. 1076 – 1084). В диссертации следовало бы провести соответствующее сравнение.

Критические замечания в адрес работ [67, 71], сыгравших большую роль в развитии стохастической теории управления, выглядят неуместно и отчасти ошибочно. Авторы этих работ представили математически безупречное решение поставленных задач.

3. В классической постановке задачи АКОР регулятор должен стабилизировать состояние равновесия системы, не изменяя его, и минимизировать квадратичный функционал. Регулятор (3.36) вида $u = -Ly + v$ не может рассматриваться как стабилизирующий, если $v \neq 0$, поскольку состояние равновесия разомкнутой системы будет отличаться от состояния равновесия замкнутой системы. Поэтому содержательный смысл задач, решаемых с использованием такого регулятора непонятен и, по-видимому, его следует искать в задачах финансовой математики или экономики, но не в

задачах аэрокосмического профиля. С математической точки зрения здесь не определен класс допустимых управлений и непонятно, что автор имеет в виду под стабилизацией; если стабилизацию математического ожидания, это некорректно, поскольку для рассматриваемого класса систем математическое ожидание в общем случае отличается от состояния равновесия за счет возможного эффекта детектирования.

4. Условие вполне возмущаемости это просто условие полной управляемости пары (A, C) , а поскольку Γ^∞ это решение уравнения Ляпунова, то, как хорошо известно, при условии полной управляемости это решение единственно и является положительно определенным.

5. Непонятно, что за численный метод предлагает автор, в диссертации он детально не описан. Кроме того, более эффективным здесь является применение полуопределенного программирования, поскольку рассматриваемые задачи сводятся к минимизации линейных функций при ограничениях в виде линейных матричных неравенств.

6. Понятие «асимптотически устойчивая матрица» некорректно. Есть понятие «устойчивая матрица» или более конкретные: «гурвицева матрица» и «шуровская матрица».

7. Присутствуют опечатки, в частности, в аннотации к главе 3 даются неверные ссылки на разделы, там же перепутаны термины «стабильность» и «стабилизация», неверно озаглавлены разделы 3.9 и 4.3 и т.п.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Кожевникова Александра Сергеевича.

Замечания по диссертационной работе.

1. Во введении следовало более подробно описать современное состояние изучаемой проблемы, так как задачей синтеза оптимального управления стохастических систем с эргодическим критерием или стохастическим долговременным средним занималось достаточно много исследователей, например:

- Borkar V.S. Controlled diffusion processes. // Probability Surveys, №2, 2005, P. 213-244.

- Campillo F., Pardoux E. Numerical methods in ergodic optimal stochastic control and application // In: Karatzas I., Ocone D. (eds.) Applied Stochastic Analysis. Berlin, Heidelberg: Springer, 1992, P. 59-73.

- Pham H. On some recent aspects of stochastic control and their applications. // Probability Surveys, №2, 2005, P. 506–549.

2. Также во введении работы автору необходимо было упомянуть о том, что в работах других исследователей под квазилинейной системой понимают еще систему, которая содержит малый параметр при нелинейности, например:

- Колмановский В.Б. О приближенном синтезе некоторых стохастических квазилинейных систем. // Автоматика и телемеханика, 1975, № 1, 51–58.

3. В главах 2 и 3 целесообразно было привести алгоритмы решения рассматриваемых задач, а не ограничиваться описанием стратегии поиска оптимального регулятора методом градиентного спуска. В частности, в описании не приведен критерий остановки процесса поиска оптимального регулятора.

4. В автореферате в примере о стабилизации движения БПЛА не указано, какие переменные состояния измеряются, а какие нет. В тексте диссертации данная информация присутствует.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов. 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 «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Отзыв составлен кандидатом технических наук, доцентом, 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 введено понятие вполне возмущаемости линейной стохастической системы. А для квазилинейной системы этот вопрос не исследован.

2. Почему исследование линейных систем выделено в отдельную главу (глава 2), а не производится в качестве частного случая квазилинейных стохастических систем, описанного в третьей главе?

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева».

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором кафедры «Автоматика и управление» Маликовым Александром Ивановичем.

Замечаний нет.

ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет».

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры «Прикладная математика» Булдаевым Александром Сергеевичем.

В качестве замечаний отмечено следующее.

1. В автореферате при описании задачи стабилизации горизонтального движения беспилотного летательного аппарата не приведен критерий оптимальности.

2. Имеются отдельные опечатки.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева».

Отзыв составлен заслуженным деятелем науки РФ, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автоматика и управление» Дегтяревым Геннадием Лукичом.

Замечания:

1. В автореферате в прикладном примере беспилотного летательного аппарата не указано какие переменные состояния измеряются, а какие нет.

2. Не ясно, возникающее вследствие асимметрии случайных воздействий смещение управления имеет место только при неполной информации о состоянии, или оно будет и в случае полной информации?

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

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

Замечание по диссертации: Указанная возможность совместной оптимизации процессов управления и наблюдения упоминается в автореферате, но не исследуется подробно в диссертации. Хотелось бы увидеть продолжение исследований в этом направлении.

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)».

Соискатель имеет 15 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 2 из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий (в том числе 2 в журналах, реферируемых в международных базах Web of Science или Scopus). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. 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 3 научные работы. В опубликованных работах излагаются основные положения диссертационной работы: необходимые условия оптимальности регуляторов линейных стохастических систем при неполной информации о состоянии; необходимые условия в задаче оптимизации облика и стабилизации квазилинейных

стохастических систем общего вида, функционирующих на неограниченном интервале времени; а также их конкретизация для управляемых по выходу систем и систем с ПИД-регулятором; необходимые и достаточные условия оптимальности линейного регулятора среди нелинейных весьма общего вида в задаче синтеза оптимальной стратегии управления квазилинейной стохастической системой в случае полной информации о состоянии.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Хрусталеv М.М., Халина А.С. Простой алгоритм стабилизации ориентации спутника с гибким стержнем // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2012. №55.

2. Хрусталеv М.М., Халина А.С. Синтез оптимальных регуляторов линейных стохастических систем при неполной информации о состоянии. Необходимые условия и численные методы // Автоматика и телемеханика. – 2014. № 11. – С. 70-87.

3. Хрусталеv М.М., Халина А.С. Условия стабилизируемости и оптимальности квазилинейных стохастических систем при неполной обратной связи на неограниченном интервале времени // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ-2014). – М.:ИПУ РАН, 2014. – С.1126-1134.

4. Khrustalev M.M., Khalina A.S. Proportional-integral-derivative (PID) controller in stabilization problem for quasi-linear stochastic system / Proceedings of 2016 International Conference Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiy's Conference). – М.: IEEE, 2016.

5. Халина А.С., Хрусталеv М.М. Оптимизация облика и стабилизация управляемых квазилинейных стохастических систем, функционирующих на неограниченном интервале времени // Изв. РАН. ТиСУ. – 2017. №1 . – С. 56-79.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **получены и доказаны** необходимые условия оптимальности линейного регулятора в задаче оптимизации линейной стохастической системы,

функционирующей на неограниченном интервале времени, при неполной информации о состоянии;

– **получены и доказаны** необходимые условия оптимальности квазилинейной стохастической системы, матрицы которой зависят от подлежащего выбору векторного параметра, – задаче оптимизации облика системы.

– **разработан** вычислительный алгоритм синтеза оптимального векторного параметра в задаче оптимизации облика квазилинейной стохастической системы;

– **получен** общий вид компонент матрицы вторых производных критерия в задаче оптимизации облика квазилинейных стохастических систем. Полученное выражение позволяет использовать критерий Сильвестра для установления наличия или отсутствия локального минимума;

– **решена** задача оптимальной стабилизации движения беспилотного летательного в неспокойной атмосфере.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказаны** теоремы, содержащие необходимые условия оптимальности линейных и квазилинейных стохастических систем, функционирующих на неограниченном интервале времени, при неполной информации о состоянии;

– **предложен** специальный критерий оптимальности, который допускает неэргодичность допустимых процессов управления, в задаче синтеза оптимальной стратегии управления квазилинейной стохастической системой в случай полной информации о состоянии, а также получены необходимые и достаточные условия оптимальности линейного регулятора в поставленной задаче.

Значение для практики полученных результатов заключается в том, что ее результаты могут служить основой для разработки программно-алгоритмического обеспечения решения прикладных задач в областях авиационной и ракетно-космической техники.

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 среде Maple, 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 законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области оптимизации квазилинейных стохастических систем при неполной информации о состоянии, при этом решены задачи оптимальной стабилизации линейных стохастических систем и систем с мультипликативными шумами, матрицы которых зависят от оптимизируемого векторного параметра.

На заседании «23» декабря 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Халиной А. С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 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 24, против 1, недействительных бюллетеней 0.

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



А. В. Наумов

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



Н. С. Северина

23.12.2016