

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Халиной Анастасии Сергеевны на тему «Оптимизация линейных и квазилинейных диффузионных стохастических систем, функционирующих на неограниченном интервале времени, при неполной информации о состоянии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

Актуальность темы исследования. Тема диссертационной работы А. С. Халиной относится к задачам управления стохастическими системами в рамках диффузионных моделей. Предполагается, что не все компоненты вектора состояния доступны измерению, а интервал управления бесконечный. Такие модели являются одной из возможных форм описания объектов управления, для которых практически всегда имеет место тот или иной уровень неопределенности параметров и внешних возмущений, и вектор состояния недоступен полному измерению. Управление в условиях неопределенности является одним из центральных направлений современной теории управления, а управление с обратной связью по измеряемым выходным переменным – одна из наиболее трудных задач в этом направлении. Таким образом, тема исследования является актуальной.

Основные научные результаты. Для решения поставленных в диссертационной работе задач используется метод, предложенный научным руководителем соискателя и обобщающий метод функций В. Ф. Кротова на стохастические системы.

Основные результаты работы состоят в следующем.

1. Получены необходимые условия оптимальности линейных стохастических систем с мультипликативными шумами и матрицами, зависящими от подлежащего выбору векторного параметра, на неограниченном интервале времени при неполной информации о векторе состояния.

2. На основе необходимых условий оптимальности для рассматриваемого класса систем получены методы синтеза регуляторов со статической обратной связью по выходу и ПИД-регуляторов.

3. Получены необходимые и достаточные условия второго порядка в задаче оптимизации параметров линейной стохастической системы с мультипликативными шумами и матрицами, зависящими от векторного параметра.

Судя по анализу литературы и публикациям автора, перечисленные результаты являются новыми и принадлежат соискателю.

Теоретическое значение полученных результатов состоит в развитии теории управления для класса стохастических систем с мультипликативными шумами, отличающегося от изученных ранее зависимостью матриц системы от векторного параметра, подлежащего оптимизации. Все утверждения (теоремы, леммы) снабжены подробными доказательствами, приводимыми в рамках принятых стандартов строгости. Полученные необходимые условия носят конструктивный характер. Для входящих в них алгебраических уравнений доказаны теоремы существования решения. В частности, интересно доказательство неотрицательной определенности матрицы M в лемме 3.3, дающей условия существования и единственности решения уравнения для матрицы M . Оказалось, что для доказательства неотрицательной определенности можно сконструировать специальную линейную с мультипликативными шумами стохастическую систему, для которой матрица M является предельной (при $t \rightarrow \infty$) ковариационной матрицей. Далее используется факт неотрицательной определенности ковариационной матрицы. Вид конструируемой системы приводится в доказательстве.

Частным случаем системы с мультипликативными шумами являются линейные стохастические системы и управляемые по выходу стохастические системы с мультипликативными шумами. Для линейных систем исследован вопрос единственности оптимального регулятора. Это интересно, поскольку матрица предельных значений второго центрального момента Γ^∞ может оказаться вырожденной, часть компонент матрицы регулятора L может быть задана произвольно с учетом лишь требования устойчивости матрицы замкнутой системы.

В случае синтеза оптимального регулятора с обратной связью по состоянию необходимые условия являются и достаточными, и нет необходимости в исследовании условий второго порядка. В случае же неполной информации о состоянии задача становится невыпуклой и необходимые условия не являются достаточными. Здесь приобретает смысл исследования условий второго порядка. Благодаря подходу, применяемому в диссертационной работе, становится возможным конструктивно выписать матрицу вторых производных оптимизируемого функционала, что в свою очередь позволяет использовать в качестве условия второго порядка широко известный критерий Сильвестра.

Достоверность положений диссертации подтверждается строгостью приведенных математических доказательств, корректным применением математических методов и компьютерным моделированием.

Практическая ценность работы состоит в том, что ее теоретические результаты могут служить основой для разработки программно-алгоритмического обеспечения решения прикладных задач в некоторых областях авиационной и ракетно-космической техники. В частности, в

диссертации с использованием представленных условий оптимальности решена задача оптимальной стабилизации движения малого беспилотного летательного аппарата в неспокойной атмосфере. По моему мнению, эти результаты должны найти также применение в задачах финансовой математики, где модели в виде стохастических дифференциальных уравнений с мультипликативными шумами давно и эффективно используются. Следует отметить, что модель Блэка-Шоулса, на основе которой получена знаменитая формула Блэка-Шоулса (нобелевская премия в области экономики 1997 года) относится к классу рассматриваемых в работе систем.

Апробация и опубликование основных результатов в научной печати. Полученные автором результаты прошли апробацию на международных конференциях и научных семинарах. Результаты диссертации отражены в 3 публикациях в журналах из списка ВАК, в том числе зарегистрирована программа для ЭВМ.

Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению. Диссертация, объемом 101 стр., логично построена и хорошо организована. Она состоит из введения, четырех глав и заключения, список литературы включает 72 источника.

По работе имеются следующие замечания.

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.

Автор вводит также 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», для этих понятий определения 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. Следовало хотя бы упомянуть обзоры других авторов, например, знаменитую работу В. М. Вонэма (Математика, 1973, т.17, №-№ 4, 5)

с обширной обзорной составляющей или обзор В. В. Малышева и П. В. Пакшина (Известия РАН. Теория и системы управления. 1990. №-№ 1, 2).

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 в классическом смысле, 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, поскольку выражается через грамиан управляемости.

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.

Приведенные замечания, несмотря на их многочисленность, не являются определяющими, и в целом оценка работы остается положительной.

Заключение по работе. На основе проведенного анализа диссертации можно заключить, что она является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение новых задач оптимальной стабилизации линейных систем с мультипликативными шумами, матрицы которых зависят от оптимизируемого векторного параметра. Работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям и соответствует специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)». Автореферат корректно отражает содержание диссертации. Автор диссертации, Халина Анастасия Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой прикладной математики

Арзамасского политехнического института (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», доктор физико-математических наук, профессор



Пакшин Павел Владимирович

2 декабря 2016 г.

Адрес: 607227, г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19,

Телефон: (83147) 7-37-26, эл. почта: pakshinpv@gmail.com

Подпись Пакшина Павла Владимировича заверяю:

Зам директора



Пучков Вячеслав Павлович