

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Онегина Евгения Евгеньевича на тему «Математическое моделирование и оптимальная стабилизация в классе квазилинейных стохастических систем с управляемыми параметрами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук 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)».

Диссертация Онегина Е.Е. посвящена задаче оптимальной стабилизации динамических систем при наличии внешних случайных возмущений. Особенность работы заключается в том, что выделяется класс нелинейных стохастических систем, которые, с одной стороны, позволяют строить конструктивные условия оптимальности и эффективные численные методы, а с другой – могут моделировать обширный спектр задач оптимального управления стохастическими системами. Примером такой задачи является задача оптимальной стабилизации стохастических систем при наличии информационных ограничений, характерных для задач децентрализованного управления и управления крупномасштабными системами, которые на практике возникают, в частности, при управлении группами подвижных объектов. Таким образом, тема работы является актуальной.

Диссертация изложена на 102 страницах, которые разбиты на введение, четыре главы, заключение, перечень условных обозначений и список используемой литературы, включающем 137 источников. Текст диссертации удачно структурирован и хорошо изложен.

Во введении приведена общая характеристика работы, изложены цели и задачи исследования, обоснована актуальность и научная новизна исследова-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МА.  
Вх. № 04 12 2019

ния, указаны методы исследования и перечислены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена вопросам оптимальной стабилизации квазилинейных стохастических систем с управляемыми параметрами. В данной главе содержится описание квазилинейных стохастических систем с управляемыми параметрами и постановка задачи оптимальной стабилизации для данных систем, приводится построение вспомогательного функционала качества управления, вводится понятие стабилизирующего вектора параметров и исследуются его свойства, доказываются необходимые условия оптимальности стабилизирующего вектора параметров, строятся численные методы синтеза оптимального стабилизирующего вектора параметров и субоптимального программного управления. Наконец, результаты данной главы демонстрируются на модельном примере. При выводе результатов данной главы используется интересная особенность предлагаемого автором класса систем: если выбрать управление без обратной связи (т.е. программное), то замкнутая система представляет из себя хорошо известную линейную систему с мультипликативными шумами. Таким образом, для анализа замкнутой системы можно использовать развитый аппарат теории линейных стохастических систем. Среди результатов данной главы стоит также отметить предлагаемую автором работы процедуру синтеза кусочно-постоянного программного управления.

Во второй главе упомянутые результаты применены к задаче оптимальной стабилизации линейных стохастических систем при наличии информационных ограничений. Глава содержит постановку задачи, доказательство необходимых условий оптимальности стабилизирующего линейного стационарного регулятора, численные методы синтеза оптимального стабилизирующего стационарного линейного регулятора и субоптимального стабилизирующего линейного нестационарного регулятора, а также демонстрационный пример.

В третьей главе исследована задача оптимальной стабилизации линейных стохастических систем при наличии полной информации о состоянии. Приво-

дится постановка задачи, строится вспомогательный функционал качества управления, доказываются необходимые и достаточные условия оптимальности стабилизирующего линейного регулятора в широком классе допустимых управлений.

Четвертая глава посвящена описанию разработанного комплекса программ, а также применению полученных результатов к моделированию и решению ряда прикладных задач. А именно, рассмотрены задача оптимальной стабилизации колебаний спутника с гибким стержнем при наличии мультипликативных ошибок управления, задача оптимальной стабилизации движения спутника вдоль круговой орбиты при наличии случайных возмущений, задача оптимального сближения двух спутников на круговой орбите при наличии случайных возмущений и наличии информационных ограничений на управление.

В заключении приведены основные результаты диссертации.

Основные результаты работы состоят в следующем:

1. Поставлена и решена задача оптимальной стабилизации квазилинейными стохастическими системами с управляемыми параметрами. Предложены численные методы оптимизации.
2. Поставлена и решена задача оптимальной стабилизации линейных стохастических систем при наличии мультипликативных случайных возмущений и информационных ограничений. Предложены оригинальные численные методы оптимизации.
3. Получены необходимые и одновременно достаточные условия оптимальности в задаче оптимальной стабилизации линейных стохастических систем при наличии полной обратной связи.
4. Реализован программный комплекс, который был применен к решению ряда практических задач оптимального управления.

Теоретическая ценность работы состоит в выделении класса стохастических систем, для которых получены условия оптимальности и разработаны численные методы.

С практической точки зрения результаты диссертационной работы могут быть основой для построения систем управления сложными многосвязными объектами при наличии неопределенности.

Полученные автором результаты являются новыми, получены в рамках строгих математических рассуждений, теоретически обоснованы, подтверждены моделированием и являются достоверными. Результаты диссертации отражены в 4-х публикациях в журналах из перечня ВАК или входящих в международные системы цитирования и апробированы на международных и региональных научных конференциях. Кроме того, получено свидетельство о государственной регистрации комплекса программ.

Основные замечания по работе:

1. К сожалению, в работе не изучен вопрос робастности предлагаемых методов и алгоритмов.

2. В работе используются понятия «оптимальное управление» и «субоптимальное управление», но не приведены определения данных понятий.

3. Во второй главе диссертации приводится алгоритм синтеза матрицы оптимального стабилизирующего регулятора, и указано, что он является улучшающим. Однако, нетрудно видеть, что до достижения процедурой области  $\mathcal{L}$  данный алгоритм, несомненно, будет ухудшать значение критерия.

4. В определении 3 по всей видимости содержится опечатка, которая, тем не менее, не влияет на дальнейшее изложение. Вместо  $\text{tr}[C^T V] = 0$  следует иметь в виду  $\text{tr}[(C \circ V)^T V] = 0$ .

Сделанные замечания не снижают общее положительное впечатление о работе.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, опубликовано четыре работы по теме диссертации

в изданиях из перечня ВАК. Основные положения, выносимые на защиту, полностью отражены в публикациях. Автореферат соответствует содержанию текста диссертации.

Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Онегин Евгений Евгеньевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук 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)».

Официальный оппонент,  
профессор кафедры «Математическое моделирование»  
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана», д.ф.-м.н., доцент,  
e-mail: [vb-goryainov@mail.ru](mailto:vb-goryainov@mail.ru),  
тел.: +7-916-520-23-84,



Горяинов Владимир Борисович



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана),

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 (499) 263-6391.

E-mail: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru).