

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Халиной Анастасии Сергеевны «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)».

Стохастические системы управления широко применяются при моделировании различных явлений и процессов в таких областях, как аэрокосмические системы, робототехника, информационные технологии, экономика и другие. В диссертационной работе рассматривается задача синтеза управления стохастическими линейными и квазилинейными системами, функционирующими на неограниченном интервале времени, в случае измерения части компонент вектора состояния. В качестве критерия качества выбран усредненный по времени квадратичный критерий.

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, имеют теоретическое и прикладное значение. Работа соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» как по направлению исследований, так и по содержанию. Полученные автором диссертации результаты позволяют учитывать особенности проектируемых систем управления, что демонстрируется на приведённых в работе примерах управления ЛА.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы.

Во введении приведен краткий обзор содержания диссертационной работы, показана ее актуальность, определены цели и задачи.

В первой главе приведены известные результаты работ Хрусталева М.М., адаптированные для рассматриваемых в диссертации задач.

Вторая глава посвящена задаче синтеза оптимального управления линейными стохастическими систем при неполной информации о состоянии. Для нее получены и доказаны необходимые условия оптимальности линейного регулятора. Эти условия включают случай, когда предельная матрица ковариаций

вырождена, и оптимальный регулятор не единственен. Введено понятие вполне возмущаемости системы.

В третьей главе рассмотрены квазилинейные диффузионные стохастические системы. Получены и доказаны необходимые условия оптимальности квазилинейной стохастической системы, функционирующей на неограниченном интервале времени. Для управляемой по выходу стохастической системы, системы обладающей свойством симметрии и системы с ПИД-регулятором уточнены полученные необходимые условия. В работе рассмотрен случай, когда при некоторых предположениях необходимое условие оптимальности для управляемых по выходу систем разрешимо относительно коэффициентов регулятора. В главе введено понятие облика системы. Разработаны вычислительные алгоритмы синтеза оптимальной стратегии управления в задачах оптимизации линейной стохастической системы, облика системы и квазилинейной управляемой по выходу стохастической системы. Решена задача оптимальной стабилизации движения беспилотного летательного аппарата при наличии ветровых возмущений.

Для случая полной информации о векторе состояния получены необходимые и достаточные условия оптимальности линейного стационарного регулятора. При этом доказано, что этот регулятор будет наилучшим не только среди линейных, но и среди нелинейных из достаточно широкого класса. Для рассмотренных задач управления линейными и квазилинейными системами, функционирующими на неограниченном интервале времени, при полной информации о состоянии проанализирован процесс приближения к предельному стационарному функционированию системы. Строго доказывается тот факт, что устойчивые системы обладают свойством стабильности: оптимальное значение критерия не зависит от начального распределения состояния.

В четвертой главе получен общий вид компонент матрицы вторых производных функционала Лагранжа, соответствующего исходному критерию качества. Полученное выражение позволяет использовать критерий Сильвестра для установления наличия или отсутствия локального минимума.

В заключительной части перечислены положения, выносимые на защиту.

По содержанию диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. Во введении следовало более подробно описать современное состояние изучаемой проблемы, так как задачей синтеза оптимального управления стохастических систем с эргодическим критерием или стохастическим долгосрочным 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.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, которая является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне.

Достоверность научных результатов обеспечена строгим математическим обоснованием предлагаемых подходов. Практическая значимость работы заключается в возможности использования как ее результатов при исследовании оптимальности в среднем на бесконечных временных интервалах, так и при синтезе оптимального управления линейных и квазилинейных стохастическими

системами в условиях неполной информации о векторе состояния. Все основные результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах и доложены на научных конференциях. Текст автореферата в целом отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Халина Анастасия Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,

ведущий инженер филиала ФГУП «ГОСНИИАС» «ЦОД»

141700, Московская обл., г. Долгопрудный,

Институтский пер., д. 9

Тел. 4951575790, эл. почта eхеquit@yandex.ru

Кожевников А.С.

01.12.2016

Подпись Кожевникова А.С. заверяю:

ученый секретарь ФГУП «ГОСНИИАС», д.т.н.



Мужичек С.М.