

**Письменный отзыв официального рецензента  
на диссертационную работу Оразалы Еркина Ермаковича**

**на тему: «Разработка метода анализа устойчивости нелинейной системы управления ориентацией спутника на основе ее математической модели в линейной форме»,**

**представленную на соискание степени доктора философии PhD по специальности**

**«8D07105 – «Космическая техника и технологии»**

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) <u>Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (Передовое производство, цифровые и космические технологии)</u></p>	<p>Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям развития науки и технологического развития, поскольку связана с созданием расчетно обоснованных методов анализа систем управления ориентацией спутников. Исследование относится к космической технике, автоматическому управлению и математическому моделированию бортовых систем. Полученные результаты ориентированы на повышение надежности космических аппаратов и могут быть использованы при разработке аппаратно-программных средств ориентации с маховичными исполнительными органами.</p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта/не раскрыта</u>	Работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность раскрыта достаточно полно. Научная значимость определяется тем, что автор не ограничивается проверкой устойчивости в малой окрестности положения равновесия, а строит метод анализа, сохраняющий связь с исходной нелинейной моделью во всем пространстве состояний СУОС. Особую ценность представляет переход от общей нелинейной постановки к расчетным условиям для параметров PD-регулятора с учетом начального кинетического момента спутника.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: <u>1) Высокий;</u> 2) Средний;	Диссертация демонстрирует высокий уровень самостоятельности. Докторант последовательно выполнил постановку задачи, вывел уравнения динамики СУОС,

		<p>3) Низкий;</p> <p>4) Самостоятельности нет</p>	<p>сформировал линейную модель с переменными коэффициентами, исследовал предельную систему, построил области ее устойчивости, провел численное сравнение нелинейной и линейной моделей и выполнил экспериментальную проверку на разработанном макетном образце с измерительно-управляющей системой.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) <u>Обоснована;</u></p> <p>2) Частично обоснована;</p> <p>3) Не обоснована.</p> <p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <p>1) <u>Отражает;</u></p> <p>2) Частично отражает;</p> <p>3) Не отражает</p> <p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) <u>соответствуют;</u></p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют</p> <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) <u>полностью взаимосвязаны;</u></p> <p>2) взаимосвязь частичная;</p> <p>3) взаимосвязь отсутствует</p> <p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p>1) <u>критический анализ есть;</u></p> <p>2) анализ частичный;</p> <p>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	<p>Актуальность исследования обоснована через потребность в строгих и инженерно применимых методах анализа устойчивости СУОС с маховиками. Содержание диссертации отражает ее тему: все главы подчинены одной задаче — от обзора существующих методов и построения модели до расчетного и экспериментального подтверждения устойчивости. Цель и задачи сформулированы корректно и соответствуют заявленной теме. Разделы взаимосвязаны: математические положения главы 2 получают расчетное развитие в главе 3 и практическую проверку в главе 4. Предложенные решения сопоставлены с известными подходами, что подтверждает наличие критического анализа.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p>	<p>Научные результаты диссертации являются новыми. К новым результатам относится получение линейной формы исходной</p>

		<p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>;</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>нелинейной СУОС без простой замены ее локальной аппроксимацией, установление связи коэффициентов предельной системы с кинетическим моментом и формирование условий асимптотической устойчивости. Выводы диссертации являются новыми, поскольку основаны на авторском развитии математической модели и расчетной проверке. Технические решения макетного уровня являются частично новыми, так как направлены на экспериментальное подтверждение выбранной структуры управления.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	<p>Основные выводы достаточно хорошо обоснованы. В диссертации прослеживается полная цепочка доказательства: исходная нелинейная модель, переход к линейной форме с переменными коэффициентами, анализ предельной системы, построение характеристического полинома, проверка устойчивости коэффициентным, алгебраическим и частотным методами, затем численное и экспериментальное подтверждение. Такая последовательность делает выводы научно состоятельными.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?</p>	<p>Первое положение доказано построением линейной формы исходных нелинейных уравнений, не является тривиальным, является новым и имеет широкий уровень применения; оно подтверждено опубликованными работами. Второе положение доказано через методику анализа устойчивости предельной системы, не является тривиальным, является новым и применимо к задачам проектирования СУОС. Третье положение доказано расчетами областей устойчивости, является новым, имеет прикладной уровень применения и отражено в статьях. Четвертое положение доказано численными и экспериментальными результатами, не является тривиальным и имеет практическую значимость для лабораторной отработки систем ориентации.</p>

		<p>1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	
8.	<p>Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p> <p>8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора</p>	<p>Выбор методологии обоснован. В работе использованы современные математические и вычислительные методы: уравнения Эйлера, кватернионная кинематика, теория устойчивости линейных систем, критерии Соколова–Липатова, Гурвица и Михайлова, численное моделирование и обработка экспериментальных данных. Теоретические выводы подтверждены расчетными графиками и экспериментальными испытаниями макета. Утверждения сопровождаются ссылками на актуальную литературу; объем и состав источников достаточны для раскрытия современного состояния вопроса.</p>

9.	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет</p> <p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет</p> <p>9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Диссертация имеет выраженное теоретическое значение, так как предлагает способ анализа устойчивости нелинейной системы через ее линейную форму. Практическая ценность заключается в применимости результатов для выбора параметров закона управления, оценки допустимого влияния начального кинетического момента и проектирования СУОС. Полученные предложения для практики являются частично новыми и могут быть использованы в научных лабораториях и учебно-исследовательских работах по космической технике.</p>
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Качество написания и оформления оценивается как высокое. Текст диссертации структурирован, математический аппарат изложен последовательно, основные обозначения и сокращения введены, графический материал поддерживает расчетные выводы. Работа выдержана в академическом стиле и соответствует уровню диссертации на соискание степени доктора философии PhD.</p>

### Заключение:

Считаю, что диссертационная работа Оразалы Еркина Ермековича на тему «Разработка метода анализа устойчивости нелинейной системы управления ориентацией спутника на основе ее математической модели в линейной форме» является завершенным научным исследованием и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии PhD. Автор заслуживает присвоения степени доктора философии PhD по специальности «8D07105 – «Космическая техника и технологии».

### Официальный рецензент,

Ассоциированный профессор-исследователь кафедры «Программная инженерия»,  
 ТОО «Международный инженерно-технологический университет» г.  
 Алматы, Республика Казахстан.  
 PhD,



Ибраев Айдос Саятулы