

ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА
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»

Научное исследование Оразалы Еркина Ермаковича посвящено разработке и обоснованию метода анализа устойчивости нелинейной системы управления ориентацией спутника с маховичными исполнительными органами. Выбор темы обусловлен тем, что для космических аппаратов задача ориентации является одной из определяющих: от нее зависят наведение полезной нагрузки, работа бортовой аппаратуры, ориентация антенн и солнечных панелей.

Актуальность темы обусловлена тем, что динамика системы «спутник–маховики» имеет существенно нелинейный характер. При этом в инженерной практике сохраняется потребность в методах, которые позволяют использовать аппарат линейной теории автоматического управления без сведения исходной нелинейной модели только к локальной линеаризации около положения равновесия. В диссертации автор рассматривает именно этот вопрос. Исходная нелинейная система управления ориентацией спутника не заменяется локальной линеаризованной моделью. В работе используется другой подход: уравнения динамики записываются в линейной форме с переменными коэффициентами. Это позволяет сохранить особенности исходной нелинейной модели и одновременно использовать методы линейной теории автоматического управления.

Цель и задачи диссертационной работы сформулированы корректно и соответствуют выбранной теме исследования

К основным результатам диссертационной работы следует отнести построение математической модели СУОС с маховичными исполнительными органами, представление исходных нелинейных уравнений динамики в линейной форме с переменными коэффициентами, установление связи между кинетическим моментом системы «спутник–маховики» и коэффициентами предельной линейной системы, получение необходимых и достаточных условий асимптотической устойчивости, построение областей устойчивости в пространстве параметров закона управления, проверку полученных условий по критериям Соколова–Липатова, Гурвица и Михайлова, а также экспериментальное подтверждение работоспособности выбранной структуры управления на макетном образце СУОС.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке метода анализа устойчивости СУОС с маховиками через линейную форму исходной нелинейной системы и свойства кинетического момента. В работе показано влияние начального кинетического момента спутника на коэффициенты характеристического полинома и область допустимых параметров закона управления. Полученные результаты имеют самостоятельное научное значение, поскольку позволяют перейти от общей постановки задачи устойчивости к расчётному определению допустимых областей параметров управления.

Практическая значимость диссертации состоит в возможности использования предложенного метода при математическом моделировании систем управления ориентацией, предварительном выборе параметров закона управления, анализе устойчивости систем с маховичными исполнительными органами.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением математического аппарата теории движения твёрдого тела, теории автоматического управления, численного моделирования, а также независимой проверкой условий устойчивости с использованием классических критериев. В работе проведён расчётный анализ устойчивости предельной линейной системы, выполнена проверка по критериям Соколова–Липатова, Гурвица и Михайлова, а также численное сравнение решений исходной нелинейной системы и полученной линейной формы.

Основные положения диссертационной работы прошли апробацию и отражены в научных публикациях автора. По теме исследования опубликованы научные работы, включая статьи в журнале Mathematics, входящем в базу данных Scopus/Web of Science, публикации в изданиях Springer, статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Республики Казахстан, а также материалы международных научно-практических конференций.

В ходе подготовки диссертационной работы Оразалы Еркин Ермекович проявил себя как самостоятельный исследователь, владеющий методами математического моделирования, теории автоматического управления, анализа устойчивости динамических систем и экспериментальной проверки технических решений. Автор продемонстрировал способность к постановке научной задачи, проведению расчётных исследований и интерпретации полученных результатов.

Диссертационная работа Оразалы Еркина Ермековича по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, содержанию и объёму выполненных исследований соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD), а её автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07105 – «Космическая техника и технологии».

**Научный консультант,
Главный научный сотрудник
РГП на ПХВ «Институт механики
и машиноведения
им. академика У.А. Джолдасбекова»
КН МНВО РК,
доктор технических наук,
профессор,
академик НАН РК**

М.М. Молдабеков

Подпись Молдабеков М.М.
Заверяю А.С.С.

