

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Богданова Кирилла Андреевича на тему «Метод последовательного замыкания мод в задачах модального синтеза адаптивных систем управления движением космических объектов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Диссертация К.А. Богданова посвящена разработке адаптивных алгоритмов управления ориентацией космических аппаратов (КА) со сложным динамическим поведением. Примерами подобных КА в диссертационной работе выступают Международная космическая станция (МКС) и космическая платформа с вращающимся солнечным парусом. Построение законов управления угловым положением рассматриваемых КА осуществляется путем модального синтеза многомерной многосвязной системы управления, который сводится к поиску коэффициентов матриц обратных связей и матриц весовых коэффициентов, обеспечивающих заданные динамические свойства объекту управления. Поиск значений компонент данных матриц осуществляется при помощи алгоритма последовательного замыкания мод, представленного в диссертации.

Цель диссертационной работы заключается в разработке и тестировании метода последовательного замыкания, позволяющего осуществлять модальный синтез как регулятора так и адаптивного наблюдателя для исследуемого объекта управления.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Во введении автор дает краткую характеристику существующих алгоритмов модального синтеза и приводит их основные недостатки. В первой главе автор подробно описывает метод последовательного замыкания и приводит математическое обоснование метода.

Во второй главе автор вводит новый класс полиномов – обобщенные полиномы Баттерворта и демонстрирует их соответствие корневым критериям качества – запасу устойчивости и степени колебательности. Далее, используя данный тип полиномов как эталонный, при помощи алгоритма последовательного замыкания автор решает задачу модального синтеза закона управления ориентацией МКС.

В третьей главе автор рассматривает задачу синтеза адаптивного закона управления угловым положением космической платформы с вращающимся солнечным парусом. Поскольку не все переменные вектора состояния в данной задаче измеряются напрямую, а сам объект управления обладает параметрической неопределенностью, помимо самого закона управления (построения регулятора) осуществляется синтез адаптивного наблюдателя, обеспечивающего сходимость неизвестных параметров движения космической платформы к их реальным значениям.

Работоспособность предложенного метода последовательного замыкания мод продемонстрирована на примерах решения задач, описанных во второй и

третьей главах, а так же при сравнении точности работы данного алгоритма с существующими аналогами.

Научная ценность работы состоит в том, что в ней демонстрируется новый алгоритм модального синтеза многомерных многосвязных систем управления, основанный на принципе последовательного замыкания и его подробное математическое описание.

Практическая ценность работы заключается в широком спектре применимости метода последовательного замыкания. Учитывая преимущества, которыми обладает предложенный алгоритм, его можно использовать при синтезе систем управления широкого класса космических аппаратов, орбитальных станций и спутниковых формаций.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

- Обозначения большинства переменных, используемых в автореферате, введены без пояснений.
- Правая часть рис. 8 не соответствует подрисуночной подписи и пояснению в тексте автореферата перед этим рисунком.
- На странице 4 написано, что при разработанном автором подходе «вычислительная погрешность численных преобразований матриц практически не накапливается с увеличением размерности». Однако, как следует из рис. 3, погрешность размещения корней увеличивается с 10^{-16} при размерности системы 1 до 10^{-2} при размерности системы 15. Поэтому более правильным было бы сказать, что разработанный подход имеет меньшую погрешность по сравнению с известными и позволяет работать с системами более высокой размерности.
- На странице 7 неправильно приведены инициалы Белецкого В.В.

Указанные недостатки не снижают значимость диссертационной работы Богданова Кирилла Андреевича на тему «Метод последовательного замыкания мод в задачах модального синтеза адаптивных систем управления движением космических объектов», которая, судя по автореферату, является законченным научным исследованием, имеющим важное научное и практическое значение, отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Начальник отдела
НИИ прикладной механики и электродинамики
Московского авиационного института, д.т.н.
спец. 05.07.09

 В.Г. Петухов

Подпись Петухова В.Г. **заверяю**

Зам. директора НИИ ПМЭ МАИ





В.В. Свотина

29.04.2019