

Отзыв

на автореферат диссертации К.А. Богданова «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.

Создание адаптивных алгоритмов управления движением космических аппаратов в настоящее время является актуальным направлением прикладной теории управления. Это связано прежде всего с тем, что в условиях параметрической неопределенности объекта управления адаптивные алгоритмы обеспечивают повышение эффективности, надежности и долговечности космических аппаратов. Суть адаптивного подхода заключается в одновременном изучении объекта и управления им. По данным, получаемым с аппаратуры датчиков, бортовая модель объекта управления оценивает неизмеряемые компоненты вектора состояния, а также неизвестные параметры самого объекта управления. Задача одновременного оценивания объекта и управления им может быть решена с использованием метода модального управления. В силу того, что характеристический полином замкнутой системы с наблюдателем разбивается на два независимых полинома, один из которых содержит только собственные числа объекта управления, а другой только собственные числа наблюдателя состояния, модальный синтез является универсальным и удобным способом создания адаптивных систем управления.

Одной из проблем разработки адаптивных систем управления является проблема роста размерности вектора состояния из-за включения в него неизвестных параметров исследуемого объекта. Высокая размерность вектора состояния значительно усложняет задачу модального синтеза адаптивных законов управления, что делает существующие алгоритмы поиска матриц обратных связей непригодными для данной задачи. Диссертантом предложен свой подход к решению проблемы большой размерности вектора состояния в задачах модального синтеза многомерных адаптивных систем управления. Автор предлагает осуществлять поиск значений матриц обратной связи и весовых коэффициентов итеративно, на каждом шаге вычисляя элементарные матрицы обратной связи, которые переносят одну пару собственных чисел незамкнутой системы в желаемое положение (согласно эталонному расположению корней). Данный подход позволяет существенно снизить вычислительную ошибку при модальном синтезе объектов управления высокой размерности.

Первая глава диссертации является теоретической. В ней автор описывает и строго обосновывает свой подход к решению задачи модального синтеза. В этой же главе показывается преимущество в точности решения задачи модального синтеза у данного подхода по сравнению с алгоритмом, основанным на формуле Аккермана.

Вторая глава описывает решение задачи управления ориентацией Международной космической станции (МКС) при помощи инерционных исполнительных органов (силовых гироскопов), известной в зарубежной научной литературе как *momentum management*. В этой задаче для эффективного

противодействия аэродинамическому возмущению, а так же для разгрузки кинетического момента гироскопов в вектор состояния вводятся компоненты, отвечающие за аэродинамику, за кинетический момент гироскопов, и за интеграл от кинетического момента. Таким образом, размерность вектора состояния при решении данной задачи возрастает до 14 по гироскопически связанным каналам крена и рысканья, и до 10 по каналу тангажа. Задача построения закона управления ориентацией МКС решается при помощи модального управления. Для поиска значений матриц обратных связей используется представленный в первой главе диссертационной работы метод последовательного замыкания пар собственных чисел объекта управления.

В третьей главе решается задача построения адаптивного закона управления космической платформой с большим вращающимся солнечным парусом. В данной главе помимо синтеза закона управления (обратной связи) метод последовательного замыкания используется для синтеза адаптивного наблюдателя. Необходимость ввести в контур управления адаптивный наблюдатель возникает в связи с тем, что измеряются не все переменные объекта управления, а также один из параметров объекта управления считается неизвестным.

В работе можно выделить следующие недостатки:

1. В автореферате недостаточно подробно описана структура объекта управления с адаптивным наблюдателем в третьей главе; также из текста автореферата не совсем ясно, что именно выступает в роли управляющего воздействия в задаче управления ориентацией космической платформы с вращающимся солнечным парусом.
2. Рисунки и графики содержат слишком мелкий шрифт. Также в автореферате присутствует ряд опечаток.

Тем не менее, работа достаточно хорошо апробирована на всероссийских конференциях и научных семинарах, а количество публикаций вполне отражает высокую квалификацию диссертанта.

Таким образом, автореферат диссертационной работы «Метод последовательного замыкания мод в задачах модального синтеза адаптивных систем управления движением космических объектов» по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК РФ, а соискатель Богданов К. А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доцент кафедры теоретической механики МФТИ,
к.ф.-м.н. Козьминых В.А.



В.А. Козьминых

**Отзыв составил: Козьминых Валерий Аркадьевич,
доцент кафедры Теоретической механики МФТИ, кандидат физ.-мат. наук
по специальности 01.01.09 (Дискретная математика и математическая
кибернетика).**

**Адрес: 141700, г. Долгопрудный, Моск. обл., Институтский пер. д.9,
тел. (495) 408-78-66, kozmi@mail.ru**

*Ученый секретарь диссертационного
совета Д 009 02 01
к.ф.-м.н.*



Д.Е. Бондарев