

ОТЗЫВ

об автореферате диссертации на соискание ученой степени

доктора технических наук

Игнатова Александра Ивановича

**«ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО
АППАРАТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ
НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ»**

Специальность 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин (технические науки)

Данная докторская диссертационная работа, посвящена созданию системы ориентации космического аппарата (КА), предназначенного для проведения на его борту экспериментов на орбите Земли в течение длительных интервалов времени.

В настоящее время представляется целесообразным создание специального автономного орбитального модуля, конструкция и режимы функционирования которого будут учитывать необходимые условия для проведения широкого спектра космических экспериментов.

В диссертации решаются следующие задачи:

1. Выбор законов управления угловым движением КА, соответствующих цели данной работы. В качестве основных режимов углового движения КА предусматривается поддержание орбитальной и солнечной ориентации в течение длительных интервалов времени.

2. Прогнозирование и оценка дозволяемого уровня квазистатических микроускорений на борту КА в возможных местах установки научной аппаратуры.

3. Исследование и учет параметров углового движения КА, осуществляемого в процессе реализации разработанных режимов управления, с целью выбора параметров законов управления.

4. Поскольку в качестве исполнительных органов системы ориентации КА рассматриваются только гироскопические или электромагнитные органы управления, проводится обоснованный выбор параметров схемы расположения и характеристик гироскопических и электромагнитных органов системы управления КА.

Используемые методы анализа и расчета основаны на классических подходах теоретической механики. Применяются ТАУ, теория устойчивости периодических решений линейных систем с периодическими коэффициентами, анализ временных рядов и методы оптимизации. В каждой главе диссертации для получения численных результатов широко применяются численные методы.

Научная новизна работы заключается в предложении новой методики численного параметрического исследования устойчивости установившегося ориентированного углового движения КА, соответствующего цели данной работы; в разработанных новых законах управления угловым движением КА, обеспечивающих необходимые функциональные ограничения в течение длительных интервалов времени; в предложенной методике выбора параметров схем расположения и характеристик органов системы управления КА, обеспечивающих реализацию необходимых режимов углового движения КА.

Практическая значимость и реализация результатов диссертации связаны с созданием базовой основы работы на этапе эскизного проектирования перспективного КА, предназначенного для проведения длительных научных экспериментов широкого спектра

на орбите Земли. Полученные в работе результаты можно использовать и для решения задач, связанных с управлением угловым движением КА различного назначения.

Результаты проведенных исследований использовались на этапах эскизного проектирования при разработке систем ориентации различных КА и разгонных блоков, как уже созданных, так и вновь создаваемых в АО «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева» и в ООО «Спутникс».

Результаты представленной диссертационной работы легли в основу целого ряда курсов кафедры «Теоретическая механика» МГТУ имени Н.Э. Баумана. «Математическое моделирование систем гироскопических и электромагнитных органов управления угловым движением КА», «Программно-математический комплекс для моделирования управляемого углового движения КА», «Программа расчета и визуализации сингулярных состояний гиродинов» используются в курсах «Математическое моделирование систем гироскопических и электромагнитных органов управления угловым движением КА» и «Электромеханические исполнительные органы систем управления КА».

Ключевым результатом работы является обоснование возможности реализации необходимой длительности проведения экспериментов, существенной продолжительности времени невозмущенного углового движения КА в заданном режиме стабилизации. Кроме того, использование гироскопических органов управления (в частности двигателей-маховиков) тесно связано с проблемой разгрузки накопленного собственного кинетического момента. Полученные в диссертации результаты позволяют обеспечить стабилизацию КА в орбитальной системе координат и в инерциальном пространстве сколь угодно долго без необходимости использования исполнительных органов других типов для проведения разгрузки. В работе получены результаты, позволяющие использовать для стабилизации указанных выше режимов и электромагнитные исполнительные органы. Еще одним важным результатом работы является разработка методики оценки и прогнозирования минимального уровня микроускорений на борту КА в зависимости от параметров его орбиты, геометрических и массово-инерционных характеристик. Результаты диссертации использованы при разработке ряда эскизных проектов КА, уже успешно запущенных и проектируемых.

По теме проведенных исследований имеется 17 публикаций, в том числе: 11 научных статей в российских периодических изданиях, англоязычные версии которых индексируются в базах Web of Sciences и Scopus; 6 научных статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Дополнительно получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Все результаты, выносимые на защиту, были доложены на российских и международных конференциях, съездах и семинарах по механике. Вклад соискателя четко определен и отделен от вклада соавторов исследований.

Судя по автореферату и публикациям, диссертация А.И. Игнатова представляет собой законченное и цельное научное исследование, в котором получены новые важные результаты в области создания систем ориентации КА, предназначенных для проведения экспериментов на орбите Земли в течение длительных интервалов времени. В целом рецензируемая диссертация безусловно представляет собой серьезное квалифицированное исследование теоретических и прикладных аспектов важной задачи теоретической механики и, в целом, динамики машин. Основные результаты диссертации могут быть непосредственно использованы в Институтах РАН, ведущих университетах и как теоретическая база для создания алгоритмов решения новых задач движения современных космических аппаратов.

Результаты, представленные в диссертации, достоверны и обоснованы. Это гарантируется тем, что они получены с помощью математических методов, соответствующих исследуемым задачам. Результаты подтверждены и экспериментально, и путем сравнения с результатами численного моделирования, проведенного методами вычислительной техники.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные в диссертации А.И. Игнатова результаты дают новые представления об особенностях реализации проведения экспериментов необходимой длительности, существенной продолжительности времени невозмущенного углового движения КА в заданном режиме стабилизации и использованы на этапе эскизного проектирования КА, предназначенных для длительного существования.

Автореферат полно отражает содержание диссертации.

Содержание диссертации соответствует специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин (по техническим наукам), а именно следующим ее направлениям: классическая механика и аналитическая динамика, теория устойчивости движения, прикладные проблемы устойчивости равновесия и движения механических систем, теория колебаний механических систем, механика твердого тела и систем твердых тел, динамика летательных аппаратов и космических конструкций.

Таким образом считаю, что соискатель Игнатов Александр Иванович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры робототехники мехатроники динамики и прочности Машин (РМДПМ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)

Кобрин Александр Исаакович

Адрес и контакты МЭИ. Адрес: 111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14, стр. 1. Телефон: +7 495 362-75-60, Email: universe@mpei.ac.ru, сайт: <https://mpei.ru/>

А.И. Кобрин 30.05.2025

Подпись уполномоченного

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ НАЧАЛЬНИКА С ПЕРСОНАЛА
Л.И. ПОР...
[подпись]

