



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)

**ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ
А.Ф.МОЖАЙСКОГО**

г. Санкт-Петербург, 197198

«14» апреля 2025 г. № 13/251

На н.вх. 15/324 от 15 апреля 2025 г.

Экз. № 2

Председателю диссертационного совета
24.1.075.02

Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института машиноведения
имени А.А. Благонравова Российской
академии наук (ИМАШ РАН)
академику РАН, д.т.н., профессору
ГАНИЕВУ Р.Ф.

ул. Бардина д. 4, г. Москва, 119334

Уважаемый Ривнер Фазылович!

Высылаю отзыв на автореферат диссертации Игнатова Александра Ивановича, выполненной на тему «Динамика и управление угловым движением космического аппарата, предназначенного для проведения длительных научных экспериментов» и представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин» (технические науки).

Приложение: 1. Отзыв на автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, экз. №№ 1, 2, на 4 (четырёх) листах каждый, несекретно.

Заместитель начальника Военно-космической
академии по учебной и научной работе

Ю.Кулешов

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника
Военно-космической академии
имени А.Ф. Можайского

по учебной и научной работе
доктор технических наук профессор
генерал-майор



Ю.Кулешов

«14» апреля 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Игнатова Александра Ивановича на тему «Динамика и управление угловым движением космического аппарата, предназначенного для проведения длительных научных экспериментов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин» (технические науки).

Современные вызовы ставят задачу обоснования принципов, методов и алгоритмов интеллектуального управления согласованным функционированием бортовых систем каждого космического аппарата (КА), поведение которого должно быть координировано с поведением всех КА орбитальной группировки для достижения максимальных показателей, что позволит кардинально изменить технологию управления космическими системами. Одним из ключевых моментов интеллектуального управления является прогноз развития событий (ситуации), в частности, прогнозирование динамики критически важных параметров в соответствии с рассматриваемым сценарием (планом) применения КА.

Диссертационная работа Игнатова А.И. посвящена решению научной проблемы, состоящей в разработке и исследовании комплекса режимов углового движения КА, обеспечивающих на борту необходимые условия для проведения длительных научных экспериментов на околоземной орбите. Решение поставленной научной проблемы сопряжено с решением следующих задач:

- разработку и исследование законов управления угловым движением КА;
- прогнозирование условий проведения экспериментов на борту КА;
- исследование установившегося углового движения КА для выбора параметров законов управления, обеспечивающих заданные характеристики движения;
- выбор исполнительных органов системы управления угловым движением КА.

Решение поставленных выше задач создает теоретическую и практическую базу для обоснования системы управления угловым движением космических аппаратов, основным режимом функционирования которых является поддержание длительной ориентации в инерциальном пространстве, а также вносит определенный

вклад в формирование облика перспективной интеллектуальной системы управления спутником. В связи с этим исследование Игнатова А.И. обладает несомненной актуальностью.

В качестве основных теоретических и практических результатов, полученных Игнатовым А.И., можно выделить следующие:

1. Методика численного параметрического исследования устойчивости установившихся режимов угловых движений КА, близких к периодическим, основанная на аппроксимации таких движений последовательностью периодических решений модифицированных уравнений движения. Указанная методика позволяет эффективно выбирать необходимые значения параметров используемых законов управления угловым движением КА.

2. Обоснованные законы управления режимом орбитальной ориентации КА, реализуемые с помощью системы гироскопических исполнительных органов. Построенные законы помимо поддержания заданной ориентации КА ограничивают накопление собственного кинетического момента гиросистемы. Предложена численно-аналитическая методика выбора параметров законов управления.

3. Предложенные законы управления режимом солнечной ориентации КА, которые реализуются с помощью системы гироскопических исполнительных органов в условиях ограничения накопления гиростатического момента и отсутствия возможности изменения положения солнечных батарей относительно корпуса КА. Такой закон управления позволяет не только поддерживать солнечную ориентацию КА на длительных интервалах времени, но и проводить разгрузку накопленного кинетического момента гиросистемы.

4. Предложенный режим солнечной ориентации КА и реализуемый системой магнитных исполнительных органов при наличии постоянного гиростатического момента и отсутствии возможности изменения положения солнечных батарей относительно корпуса КА.

5. Методика выбора геометрических параметров схемы расположения и физических характеристик двигателей-маховиков, обеспечивающих реализацию предложенных режимов углового движения КА, а также аналитические зависимости для выбора геометрических параметров системы двигателей-маховиков, расположенных по схеме «четырёхугольная пирамида» при реализации режима программных разворотов КА, а также для поддержания орбитальной и солнечной ориентации КА.

6. Предложенный и обоснованный автором способ расчета и построения особых поверхностей систем гиродинов, который основан на методе продолжения по параметру и соответствующий программно-математический комплекс, используемый при выборе геометрических параметров схемы расположения гиродинов.

Достоверность основных научных положений подтверждается соответствием результатов теоретических исследований, численного моделирования, а также срав-

нением с результатами, опубликованными другими авторами по схожим проблемам. Некоторые из полученных Игнатовым А.И. результатов были использованы при разработке КА создаваемых в АО «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева» и в ООО «Спутникс».

Все полученные в работе результаты можно использовать для решения различных прикладных задач, связанных с управлением угловым движением КА.

Основные результаты работы отражены в 17 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 11 научных статей в российских периодических изданиях, англоязычные версии которых индексируются в базах Web of Sciences и Scopus. Автором оформлено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и получено 6 актов о внедрении результатов диссертации. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на научных семинарах, а также на всероссийских и международных научно-практических конференциях.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате сказано, что построенная аппроксимация угловых движений КА периодическими решениями оказалось достаточно точной, но при этом не приведено никаких оценок точности.

2. Из автореферата неясно, оценивалось ли влияние центробежных моментов инерции КА на точность режимов стабилизации КА и уровень микроускорений на его борту.

3. В случае использования для управления сферическим движением КА гироскопических органов управления (стр.15 автореферата) для организации перспективного интеллектуального управления важно знать количество потребной электроэнергии, однако в диссертации, судя по автореферату, эти вопросы не рассматривались.

Приведенные выше замечания не влияют на положительную оценку работы и полученных результатов.

Выводы:

1. Диссертация Игнатова Александра Ивановича представляет собой самостоятельную завершенную научную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится новое решение сформулированной автором научной проблемы, имеющей важное значение для совершенствования системы управления угловым движением.

2. Диссертация «Динамика и управление угловым движением космического аппарата, предназначенного для проведения длительных научных экспериментов» соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 16.10.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Автор

диссертационной работы Игнатов А.И. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика и динамика машин (технические науки).

Отзыв на автореферат обсужден и одобрен на заседании кафедры № 114 «Теоретической механики и теории механизмов и машин», протокол заседания кафедры № 8 от 16.04.2025 г.

Сведения об организации: Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13, тел.: 8 (812) 237-12-49, vka@mil.ru, официальный сайт: <https://vka.mil.ru>

Отзыв составили:

Заведующий кафедрой теоретической механики и теории механизмов и машин
197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13, тел. (812) 347-95-89
доктор технических наук, профессор

Горбулин Владимир Иванович

Профессор кафедры теоретической механики и теории механизмов и машин
197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13, тел. (812) 347-95-89
доктор экономических наук, профессор

Радионых Николай Васильевич