



«Утверждаю»

Первый проректор - проректор по научной работе  
Федерального государственного автономного  
Образовательного учреждения высшего образования  
«Российский университет дружбы народов»  
д.филос.н., профессор Кирабаев Н.С.  
« 7 » сентябрь 2017 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»

на диссертационную работу **Тун Тун Вина** «Анализ динамики космического  
аппарата с упругими колеблющимися массами», представленную на соискание  
учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.02.01 - «Теоретическая механика»

Важное прикладное значение имеют задачи, связанные с режимами ориентации космического аппарата (КА). К ним можно отнести гашение начальных угловых скоростей, например, сообщаемых от ракеты-носителя КА, его закрутку до определенной угловой скорости, программные повороты, процесс приведения ориентации к заданной с момента появления управляющих сигналов с датчиков ориентации. Известно, что реальные космические аппараты и установленные на них системы ориентации значительно отличаются от жёстких идеальных моделей. Реальный КА представляет собой вязкоупругую конструкцию с бесконечным числом степеней свободы. Упругие колебания системы могут существенным образом оказывать влияние на процесс управления ориентацией.

При постоянно повышающейся точности эфемеридно-временного обеспечения космических аппаратов, в том числе навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, большой интерес представляет исследование влияния деформируемости конструкции на определение и прогнозирование орбиты спутника, а также на его движение относительно центра масс в процессе ориентации и переориентации. В диссертации как раз и рассмотрены вопросы динамики деформируемого КА относительно центра масс в этих режимах. В этом заключается её актуальность.

Диссертация содержит 110 страниц и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы.

Во *введении* кратко приведено содержание глав диссертации, обоснована актуальность темы диссертации и положения, выносимые на защиту.

В *первой главе* дается постановка задачи о движении КА относительно центра масс как системы, состоящей из твёрдых и упругих элементов, по круговой орбите в центральном ньютоновском гравитационном поле сил. Повышенные требования к точности ориентации КА обуславливают учёт влияния упругих колебаний на движение всей системы как целого относительно центра масс. Динамика собственных форм колебаний упругой части (однородной и изотропной) при наличии вращательных и центробежных сил инерции описывается с использованием линейной теории вязкоупругости и модального подхода.

Во *второй главе* диссертации исследуются вращательные движения космического аппарата с упругими и диссипативными элементами относительно центра масс системы при наличии органов системы управления, выполненных в виде двухступенных гиросtabilизаторов. Проведён анализ колебательных процессов, связанных с ориентацией КА, когда компоненты, обусловленные упругими колебаниями конструкции, сопоставимы с гироскопическими.

В *третьей главе* диссертации получены приближённые дифференциальные уравнения, описывающие поступательно-вращательное движение КА в центральном гравитационном поле сил с учётом его деформируемости.

В *четвертой главе* предлагается модель вычисления параметров вращения Земли на длительных интервалах времени для обработки высокоточных измерений топоцентрических дальностей до ИСЗ. Это связано с тем, что построение высокоточной динамической модели вращения деформируемой Земли, идентификация ее параметров на основе данных Международной службы вращения Земли и надёжный прогноз траектории полюса весьма важны при решении задач навигации и при исследованиях ряда астрометрических, геодинимических и геофизических проблем. Данная глава представляется мало связанной с темой диссертации и имеет второстепенный интерес.

Сравнение результатов, полученных в диссертации, с известными аналогичными исследованиями других авторов можно считать одним из факторов **достоверности** результатов исследования диссертанта.

**Практическая значимость** результатов состоит в том, что они могут быть применены в научно-исследовательской и образовательной деятельности в области теории управления и конструирования высокоточных космических аппаратов.

В заключении приводятся основные результаты, полученные лично диссертантом.

На основании изложенного в диссертации материала можно констатировать следующие пункты, характеризующие **научную новизну** результатов и выводов диссертации:

- В результате исследования динамики КА, состоящего из упругих и твёрдых элементов, на участке разворота получены аналитические выражения, позволяющие оценить отклонение движения системы от программного (для абсолютно твёрдого КА).
- Установлена возможность демпфирования угловых колебаний КА, обладающего вязкоупругостью, за счёт внутреннего трения в элементах конструкции на соответствующих временных интервалах.
- Выведены приближенные дифференциальные уравнения, достаточно корректно описывающие поступательно-вращательное движение КА, содержащего деформируемые элементы. Выявлены стационарные движения системы и исследована их устойчивость.

Автор диссертации является соавтором трёх статей, опубликованных в журналах из списка, рекомендованного ВАК. Основные положения, выносимые на защиту, полно отражены в этих публикациях.

Автореферат соответствует содержанию текста диссертации.

Проверка диссертации в системе «Антиплагиат» показала 84.1 % оригинального текста, проверка автореферата – 83.1% оригинального текста.

Работа выполнена на достаточно высоком профессиональном уровне.

#### **Замечания:**

1. Следовало бы более подробно рассмотреть разгрузку гиродинов (уменьшение кинетического момента), которая негативно влияет на точность режима ориентации. При этом возникает необходимость прогноза моментов времени начала разгрузок при поддержании заданной ориентации КА. Поэтому практическую значимость имеет оценка учёта конечности времени действия малого управляющего импульса, учёт пространственного и временного запаздываний, учёт влияния упругой податливости.
2. Для наглядности и анализа колебательных процессов в задаче ориентации КА было бы желательно увеличить количество графиков.
3. Глава 4 диссертации представляется не относящейся к теме диссертации и могла бы без негативных последствий исключена из диссертации.
4. Разделы диссертации изложены с разной степенью подробности. Глава 2 изложена весьма подробно, а главы 3 и 4 чрезмерно сокращены.
5. В тексте диссертации встречаются стилистические опечатки.

Эти замечания скорее носят рекомендательный характер, и не оказывают существенного влияния на высокий научный уровень рецензируемой работы.

Результаты работы могут быть использованы в ИКИ РАН, ИПМех РАН, МАИ, РУДН и т.д.

Диссертация Тун Тун Вина представляет собой завершённое научное исследование в области механики систем с бесконечным числом степеней свободы, в котором рассматриваются важные для практики задачи, связанные с движением деформируемого КА относительно центра масс в гравитационном поле сил. Диссертация удовлетворяет всем требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения учёных степеней» (в редакции Постановления Правительства РФ от 02.08.2016 № 748), а её автор Тун Тун Вин заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - «Теоретическая механика».

Отзыв составлен профессором кафедры теоретической физики и механики доктором физико-математических наук И.А. Мухаметзяновым, обсуждён и одобрен на заседании кафедры теоретической физики и механики (протокол № 8 от 03.05.2017).

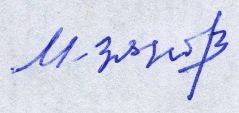
Доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой теоретической  
физики и механики

Российского университета дружбы народов  
(специальность 01.04.02 - «Теоретическая физика»)

 Ю.П. Рыбаков

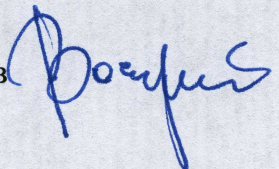
Доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры теоретической  
физики и механики

Российского университета дружбы народов  
(специальность 01.02.01 - «Теоретическая механика»)

 И.А. Мухаметзянов

Доктор химических наук, профессор,  
декан факультета физико-математических  
и естественных наук

Российского университета дружбы народов

 Л.Г. Воскресенский

Российский университет дружбы народов (РУДН):

117198, Центральный Федеральный округ, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

Телефон: +7(495) 434-70-27.