

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гутника Сергея Александровича на тему «Динамика движения спутника относительно центра масс с пассивными системами ориентации», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика».

Диссертационная работа С.А. Гутника посвящена актуальной теме изучения динамики движения спутника относительно центра масс на круговой орбите под действием возмущающих моментов различной природы, таких как гироскопический и аэродинамический моменты, постоянный момент, активный управляющий момент, зависящий от проекций угловой скорости и динамики составной схемы двух тел спутник-стабилизатор, соединенных сферическим шарниром.

Достоинством пассивных систем ориентации спутников является возможность функционировать длительное время без расходования энергии и топлива, что существенно продлевает срок работы космических аппаратов. Для обеспечения такой надежной и длительной работы необходимо знать все положения равновесия спутника или космической станции и проверять, являются ли все эти положения равновесия устойчивыми. Что касается исследования устойчивости, то здесь широко применяется теория, созданная А.М. Ляпуновым. Таким образом, с математической точки зрения аппарат исследования давно известен. Но его применение для решения разнообразных задач динамики движения спутника относительно центра масс на круговой орбите под действием возмущающих моментов различной природы до недавнего времени наталкивалось на существенные трудности, связанные с огромным объемом и сложностью аналитических выкладок, требуемых для решения задачи. Решение этих задач стало реально возможным только после появления достаточно мощных и надежных систем компьютерной алгебры. Достоинством диссертационной работы С.А. Гутника является демонстрация тех колоссальных новых возможностей, которые открываются в области решения сложных задач динамики движения спутников при применении современных методов компьютерной алгебры.

Для решения перечисленных задач автор применяет предложенные им аналитические, численные методы и методы символьных вычислений. Эти методы применяются для решения общего случая задачи о положениях равновесия спутника-гиростата для произвольных значений параметров системы. С использованием методов компьютерной алгебры получено алгебраическое уравнение, решения которого определяет положения равновесия спутника-гиростата. Проведен численный анализ достаточных условий устойчивости полученных равновесий спутника-гиростата на круговой орбите. В данной работе также было получено решение задачи о положениях равновесия спутника-гиростата в случаях, когда вектор гироскопического момента находится в одной из плоскостей, образуемых главными центральными осями инерции спутника и не совпадает ни с одной из этих осей, с применением современных методов компьютерной алгебры. Также хотелось бы отметить аналитическое решение задачи о положениях равновесия и их устойчивости для осесимметричного спутника-гиростата для произвольных значений вектора гироскопического момента.

Символьно-аналитические методы, разработанные для исследования динамики движения спутника-гиростата относительно центра масс, далее успешно применялись для решения задачи о положениях равновесия спутника-твердого тела на круговой орбите под действием гравитационного и аэродинамического моментов в общем случае для произвольных значений инерционных параметров и вектора аэродинамического момента, для осесимметричного спутника под действием гравитационного и аэродинамического

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ 1  
Вх. № 29 08 20 19

момента и случаев, когда вектор аэродинамического момента находится в плоскости, образуемой главными центральными осями инерции спутника. Проведено детальное исследование положений равновесия спутника, достаточных условий их и эволюции областей с равным числом положений равновесия.

Получено решение задачи о положениях равновесия спутника под действием гравитационного и постоянного моментов в связанной со спутником системе координат. Данная задача была решена различными методами, как с помощью подхода вычисления результата системы полиномов, так и построения базиса Гребнера. В этой задаче удалось аналитически построить выражение, задающее гиперповерхность, которая определяет области с равным числом положений равновесия спутника.

Показана возможность обеспечения асимптотической устойчивости положений равновесия спутника, на который, кроме гравитационного момента, действует активный управляющий момент, зависящий от проекций угловой скорости спутника. Проведены анализ условий асимптотической устойчивости нулевого положения равновесия и численное исследование переходных процессов пространственных колебаний спутника при различных параметрах управления.

Разработан комбинированный символьно-аналитический алгоритм определения равновесных ориентаций системы двух тел, соединенных сферическим шарниром, в центральном гравитационном поле на круговой орбите. Найдены и исследованы новые классы пространственных равновесных решений задачи и получены условия их существования в зависимости от безразмерных параметров системы.

В диссертационной работе получены новые, важные научные результаты в области исследования динамики движения спутника относительно центра масс, при влиянии внешних моментов различной природы.

Различные важные детали математических алгоритмов, примененных автором, изложены в диссертации достаточно подробно, и по лежащим в их основе теориям (прежде всего, А.М. Ляпунова), замечаний нет, тут всё ясно.

Вместе с тем, в работе имеются недостатки методического характера.

1) В разделе «Актуальность темы исследований» перечисляются преимущественно работы советских и российских авторов по спутникам подверженным действию гравитационного и аэродинамического моментов. Складывается впечатление, что за рубежом не в достаточном объеме проводились и проводятся теоретические исследования по пассивным системам ориентации искусственных спутников Земли и космических станций. Перечисляются лишь несколько иностранных ученых, занимающихся данной тематикой. Таким образом, одним из недостатков автореферата диссертации С.А. Гутника является недостаточно полный анализ сложившегося к настоящему времени мирового состояния дел в области разработки и исследования пассивных систем ориентации.

2) Автор диссертации широко применяет в своих исследованиях современные методы компьютерной алгебры: результаты, базисы Грёбнера и т.д. Известно, что компьютер осуществляет символьные вычисления без ошибок в отличие от человека. Но, в то же время, компьютер делает символьные вычисления по программе, написанной *человеком*. Если на каком-то шаге символьного алгоритма разработчик компьютерной программы внес ошибку, то и все последующие символьные вычисления окажутся ошибочными, и это не вина компьютера. Вывод: после выполнения каждого шага символьного алгоритма необходимы проверки полученных результатов. К сожалению, в автореферате отсутствует обсуждение вопросов *верификации* промежуточных вычислений. Например, правильность результатов аналитического решения системы алгебраических уравнений можно проверить, подставляя полученное решение во все уравнения системы.

Термин «верификация» вообще отсутствует в автореферате. Поэтому возникают вопросы к корректности символьных решений, по меньшей мере, некоторых задач пассивной ориентации из числа тех, которые были рассмотрены автором автореферата.

Резюмируя, можно сформулировать второй недостаток работы С.А. Гутника так: явно недостаточный уровень проработки вопросов *верификации* разработанных автором многочисленных компьютерных программ, написанных на языках символьных вычислений для решения задач о положениях равновесия спутников-гиростатов.

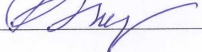
Верификация самих программ решения сложных задач о положениях равновесия спутников-гиростатов особенно важна в связи с тем, что не с чем сравнивать впервые полученные решения сложных задач. На Западе даже издается журнал по вопросам *надежных вычислений*, вот его название: "Reliable Computing". Журнал издается издательством Kluwer Academic Publishers.

3) Было бы интересно исследовать влияние возмущающих моментов на изменение параметров орбиты, по которой движется спутник, и влияние этих изменений на динамику движения спутника относительно центра масс на орбитах близких к круговым.

Приведенные замечания не влияют на общую высокую оценку автореферата и результатов диссертационной работы. Материалы диссертации в достаточно полном объеме опубликованы в изданиях, индексируемых международными базами данных "Scopus" и "Web of Science". Результаты диссертации докладывались автором на многих известных международных и российских научных конференциях и получили высокую оценку специалистов.

В целом диссертация Гутника Сергея Александровича является научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых можно рассматривать как решение крупной научной проблемы в области механики космического полета, которое имеет важное практическое значение, что соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.13), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Гутник Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика».

Доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
лаборатории 4 "Физики быстропротекающих процессов"  
Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича  
СО РАН

профессор  Ворожцов Евгений Васильевич  
14 августа 2019 г.

Россия, 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 4/1

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения Российской академии наук  
тел: +7 (383) 330-42-68  
e-mail: vorozh@itam.nsc.ru

Подпись Е.В. Ворожцова заверяю  к.ф.-м.н. Ю.В. Кратова

