

Отзыв о диссертации Зыкова А. В.

«Исследование динамики управляемого движения космического аппарата с большим вращающимся солнечным парусом»

Разработка методов и средств разворачивания / сворачивания крупногабаритных орбитальных конструкций, безусловно, является актуальной задачей. Это особенно очевидно в свете развития перспективных проектов для миссий, включающих в себя полеты к объектам в поясе астероидов и в системы больших планет. Номенклатура возможных конструкций крупномасштабных космических систем чрезвычайно широка. Наиболее часто встречающиеся модели – это составные системы, состоящие из твердотельных элементов. Однако, если рассматривается модель солнечного паруса или составной тросовой конструкции, то свойства гибкости и/или упругости могут играть существенную роль в динамике соответствующей механической системы.

Более того, последние свойства могут играть самую существенную роль в движении космического объекта. При этом гравитационными эффектами в ряде случаев (например, в слабых гравитационных полях) можно пренебречь. Именно этот случай рассмотрен в обсуждаемой диссертации. Тема работы соответствует давнему эксперименту на орбите, когда на орбитальном объекте был развернут зеркальный отражатель, имеющий форму круга и изготовленный из гибкой пленки. При этом для описания поведения подобного объекта требуется использовать бесконечномерные динамические модели. Замечательным образом автору удается построить (при помощи аналитических вычислительных процедур) равновесные стационарные конфигурации упругого пленочного диска. Такая конфигурация строится в условиях переносного прецессионного твердотельного движения.

Аналитическое решение данной задачи стало возможным при использовании построенного ранее функционального базиса, состоящего из собственных форм, соответствующих нормальным колебаниям бесконечномерной задачи. Полное изложение этого материала выполнено в первой главе диссертации. Там

же, после вычисления стационарных режимов упругого диска, исследована их устойчивость. Для этого был построен функционал Ляпунова, значение которого равно полной энергии системы, и в консервативном случае в силу его (функционала) положительной определенности найдена устойчивость. В случае наличия свойств вязкости материала естественным образом обнаруживается асимптотическая устойчивость. В целом, вычисление стационарной конфигурации упругого паруса и исследование устойчивости этой конфигурации оставляет самое благоприятное впечатление о диссертации. Здесь получен сильный результат. Здесь же надо заметить, что при исследовании устойчивости автор преодолевает значительные вычислительные трудности.

В главе 2 рассматривается задача разворота космического аппарата, в состав которого входит конструкция солнечного паруса. Строится методика управления данным процессом. При этом выполнено интересное наблюдение: в упругой компоненте почти вся энергия движения «сконцентрирована» на первых двух собственных модах упругих колебаний. Это соответствует многочисленным наблюдениям в практических примерах. В третьей главе рассматривается процесс развертывания оболочек солнечного паруса. Важную роль при этом играет свойство устойчивости процесса. Применение здесь уравнения Ломмеля при вычислении решения, соответствующего процессу выпуска троса не лишено аналитической элегантности.

Для учета массы «троса» в процессе развертывания пленки паруса применяется метод дискретных элементов – так называемая грузиковая модель. В этом случае для расчета силы натяжения в тросе (между грузиками) используется трехдиагональная матрица, обеспечивающая расчет реакций для каждого шага интегрирования динамики всего выпускаемого троса. В данном процессе по мере удаления последнего грузика от точки выпуска в состав механической системы включается новый грузик. Данный ступенчатый процесс повторяется вплоть до полного развертывания троса. В диссертации выполнена численная реализация модели. Глава содержит верификацию алгоритма развертки. Построенная при помощи дискретных элементов модель совпала с аналитической упрощен-

ной моделью. Заметим, что развертка с постоянной порождает удары в конце процесса, что требует отдельной реализации процесса гладкого торможения.

Нужно отметить, что несмотря на сравнительно небольшой объем (три главы) работа содержит немало нового материала, интересных и разнообразных результатов. Апробация работы: впечатляет количество докладов на различных конференциях и семинарах, выполненных автором по теме диссертации. Список публикаций содержит 65 наименований. По теме диссертации автором опубликовано значительное число статей. Несомненным достоинством диссертации является её тесная связь с современной инженерной практикой.

В диссертации имеются неточности и опечатки, не влияющие, впрочем, на конечные результаты работы. Рассмотрим некоторые из них:

1. Стр. 22. Функция $\sigma_\varphi(r)$ с указанными в тексте свойствами является не выпуклой, а вогнутой.

2. Стр. 26. В формулах на странице имеются опечатки.

3. Стр. 30. Равномерность сходимости ряда, представленного на странице не очевидна. Данный ряд сходится в метрике пространства L_2 . Для равномерной сходимости нужно дополнительно проверять условия регулярности.

4. Стр. 31. Для величины V корректней, в силу бесконечномерности задачи, применять термин «функционал Ляпунова», а не «функция Ляпунова».

5. Стр. 39. В формуле для $W(x, \varphi, t)$ потерян коэффициент $1/2$.

6. Главы 1, 2. Автор не очень четко ставит задачу на собственные значения для случая мембраны. Например, говорится о собственных функциях, но не поясняется для какого дифференциального оператора эти функции являются собственными и проч.

7. Стр. 50. Имеются неточности в уравнениях (2.15) и ниже по тексту.

8. Стр. 79. Стилистика: точечная масса не может вращаться.

Диссертация удовлетворяет требованиям актуальности и новизны. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Представленный текст соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию кандидатских диссертаций.

ций и его автор, Зыков А. В., достоин присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук, профессор

И. И. Косенко

Подпись И. И. Косенко удостоверяю:

