

ОТЗЫВ

научного руководителя о кандидатской диссертации Д.М. Буланова «Исследование эволюции вращательного движения искусственного спутника Земли», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика»

Работа Д.М. Буланова посвящена исследованию возможности описания реального вращательного движения двух однотипных спутников Земли «Фотон-12» и «Фотон М-2» эволюционными уравнениями В.В. Белецкого. В работе также детально изучена связь между решениями полных и эволюционных уравнений движения.

Автор «во вторую руку» обработал магнитные измерения, выполненные на этих спутниках, и по результатам обработки реконструировал их фактическое вращательное движение. При новой обработке он использовал более простые и несколько менее точные уравнения вращательного движения спутника, чем при обработке, выполненной вскоре после полета. Упрощения сделаны таким образом, чтобы новые уравнения, оставаясь достаточно точными, были согласованы с уравнениями, использованными В.В. Белецким при исследовании эволюции неуправляемого вращательного движения спутника в случае, когда это движение близко к регулярной прецессии Эйлера осесимметричного твердого тела. В работе результаты обработки измерений на большом числе интервалов времени длиной 3.5–4.5ч напрямую сопоставлены с усредненными уравнениями, возникающими в теории Белецкого. Установлено, что изменение собственного кинетического момента обоих спутников хорошо описывается этими уравнениями на отрезках времени, когда их непрерывно возрастающая угловая скорость превышала $0.8^\circ/\text{с}$.

При значениях угловой скорости, близких предельным значениям $1.0\text{--}1.2^\circ/\text{с}$, уравнения вращательного движения допускают дальнейшее упрощение. Орбиту спутника можно принять круговой и опустить неконсервативную составляющую действующего на него внешнего момента. Записать

уравнения движения в орбитальной системе координат. В таком случае используемые уравнения вращательного движения и отвечающие им уравнения Белецкого становятся обобщенно-консервативными. Д.М. Буланов изучил связь между этими системами уравнений.

Решения уравнений В.В. Белецкого, имеющих второй порядок, он сравнил с решениями уравнений движения оси симметрии спутника, имеющих порядок 4. Решения обеих систем уравнений, отвечающие реальным движениям спутников, являются соответственно периодическими и условно-периодическими. В последних доминируют две частоты – высокая и низкая. Амплитуды остальных частот на порядок ниже. Спектральный анализ показал, что низкая частота совпадает с частотой решений уравнений В.В. Белецкого, а решения этих уравнений хорошо согласуются с низкочастотной составляющей в решении системы 4-го порядка относительно углов, задающих направление оси симметрии спутника.

Выше описана ситуация, общая для обоих спутников. В случае «Фото-на-12» обнаружен ее уникальный частный случай. Этот спутник имел участок полета длиной около $3\tau_{\text{сут}}$, на котором собственный кинетический момент спутника лежал вблизи нормали к плоскости его орбиты. На этом участке низкочастотная составляющая в решениях системы 4-го порядка оказалась малой, и ее решения были практически одночастотными. Такие решения на отрезках времени длиной $3.5\tau_{\text{сут}}$ удалось достаточно точно аппроксимировать периодическими решениями, продолженными из решений Ляпунова, существующих в окрестности одного из стационарных решений (цилиндрической прецессии) упомянутой системы 4-го порядка.

В ходе работы над диссертацией Д.М. Буланов использовал асимптотические методы нелинейной механики, вычислительной математики, теории обыкновенных дифференциальных уравнений и математической статистики. Его работа отвечает предъявляемым требованиям и содержит новые интересные научные результаты. В частности, частотную интерпретацию уравнений В.В. Белецкого в обобщенно-консервативном случае. Работа имеет приклад-

ной характер. Результаты научно-квалификационной работы могут найти применение в ИПМ имени М.В. Келдыша РАН, ИКИ РАН, Институте проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН, а также в учебных заведениях и организациях, связанных с разработкой космической техники.

Считаю, что диссертация Д.М. Буланова на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Исследование эволюции вращательного движения искусственного спутника Земли» может быть представлена к защите в Диссертационном совете МГУ.01.10 по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Научный руководитель:

доктор физ.-мат. наук, профессор,

профессор по специальности

01.02.01 –Теоретическая механика

e-mail: sazonov@keldysh.ru

В.В. Сазонов