

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации В. А. Панкратова «Применение фильтрации Калмана в задачах определения вращательного движения спутников», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

В диссертации решен ряд актуальных задач, связанных с построением непрерывных реконструкций вращательного движения космического аппарата (КА). Непрерывные реконструкции движения необходимы для получения исходной информации, использующейся при расчете квазистатических микроускорений на борту КА, имевших место во время проведения различных космических экспериментов.

Из авторефера следует, что диссертация состоит из трех глав, введения и заключения. В первой главе предложены два подхода к решению задачи реконструкции неуправляемого движения искусственного спутника Земли (ИСЗ) на длительных временных промежутках. Эти подходы основаны на полных (динамических и кинематических) уравнениях вращательного движения ИСЗ и используют измерения напряженности магнитного поля Земли (МПЗ) в качестве датчика ориентации. Первый подход основан на методе наименьших квадратов и называется интегрально-статистической методикой. В рамках этой методики измерения МПЗ обрабатываются с помощью интегрирования полных уравнений вращательного движения спутника. Реконструкцией движения считается решение этих уравнений наилучшим образом, в смысле метода наименьших квадратов, аппроксимирующее измерения МПЗ их расчетными аналогами, вычисленными вдоль решения. Реконструкция движения производится на сравнительно коротких отрезках времени. Новизна предложенной методики заключается во включении в обработку всех измерений, без предварительного сжатия и в способе вычисления расчетных аналогов МПЗ. Интегрально-статистические методики позволяют реконструировать движение на временных промежутках от одного до пяти витков. Чтобы восстановить движение в течение всего полета, оно реконструировалось на нескольких десятках таких промежутков.

Второй подход, предложенный в работе, – методика реконструкции вращательного движения, основанная на применении фильтрации Калмана и RTS-сглаживании, благодаря которому обеспечивается дополнительное сглаживание. Данный подход позволяет построить непрерывную реконструкцию вращательного движения на временном промежутке произвольной длины. К достоинствам методики автор относит возможность использования упрощенной динамической модели вращательного движения ИСЗ.

Во второй главе, диссидентом предложен подход, позволяющий оценить корректность реконструкций вращательного движения, выполненных при помощи методик первой главы. Этот подход основан на интегрально-статистической методике, использующей только кинематические уравнения вращательного движения твердого тела. Указанная методика обрабатывает

ет данные измерений двух видов: измерения угловой скорости спутника и напряженности МПЗ и не зависит от приложенных к спутнику моментов внешних сил. Так как полет ИСЗ научного назначения будет, как правило, ориентированным, то методика мониторинга, основанная на кинематических уравнениях, станет основной. По этой причине возникнет необходимость в методике, позволяющей реконструировать вращательное движение на длительных временных промежутках. В этой связи диссертантом предложена методика, основанная на фильтре Калмана с двумя видами измерений: угловой скорости спутника и напряженности МПЗ.

В третьей главе решалась задача проверки согласованности показаний двух трехкомпонентных магнитометров, измеряющих МПЗ внутри КА. Поскольку КА серии «Фотон» содержали источники магнитного излучения, магнитометры могли измерять МПЗ с ошибкой. Предлагаемая в третьей главе методика предназначена для обнаружения этого обстоятельства. В результате успешной проверки удается оценить постоянные смещения в измерениях и матрицы перехода между собственными системами координат магнитометров.

Сформулированные автором методики имеют унифицированный характер и могут быть использованы для реконструкций фактического движения широкого класса ИСЗ, оснащенных магнитометрами и датчиками угловой скорости. В диссертации они применялись для обработки данных измерений, проводившихся на ИСЗ Фотон М-3.

Судя по автореферату, диссертационная работа В. А. Панкратова несомненно является актуальной. Результаты работы аргументированы и логичны, имеют практическую значимость и научную новизну. Основные научные результаты диссертации отражены в 10 научных работах, в том числе в 3-х статьях из Перечня ведущих рецензируемых журналов и изданий.

По автореферату и опубликованным работам автора считаю, что диссертация В. А. Панкратова «Применение фильтрации Калмана в задачах определения вращательного движения спутников» удовлетворяет требованиям положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Владимир Александрович Панкратов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Д.ф.-м.н, профессор,  
зав.кафедрой «Теоретическая механика»  
Московского авиационного института  
(национального исследовательского университета) (МАИ)

*Бардин*

Б. С. Бардин

Подпись Б. С. Бардина заверяю.



*демон №-та №8  
Крылов С.С.*