

ОТЗЫВ

официального оппонента Матвеева В. А. на диссертацию Алеховой Е. Ю. "Некоторые задачи бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС)", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика.

Диссертация посвящена актуальным проблемам повышения точности БИНС объектов со сложной траекторией движения, в частности, для летающих аппаратов (ЛА), вращающихся с большой угловой скоростью вокруг своей продольной оси. Для этих условий предложена схема алгоритмической компенсации погрешностей блока чувствительных элементов БИНС.

В работе выделены основные направления совершенствования БИНС в сложных условиях эксплуатации ЛА:

- рациональный выбор кинематической схемы блока чувствительных элементов (триада датчиков угловых скоростей (ДУС)), использование избыточной информации одноосных гиростабилизаторов на базе анализа уравнений движения с учётом специфики эксплуатации объекта;
- определение методики начальной выставки БИНС;
- разработка методики компенсации погрешностей блока ДУС с учётом дополнительной входной информации одноосного гиростабилизатора для быстровращающегося ЛА;
- использование избыточной информации чувствительных элементов с целью повышения точности БИНС ЛА;
- создание методик математического моделирования и эксперимента с целью подтверждения основных теоретических результатов работы.

Диссертация объёмом 102 страницы, 27 рисунков и 13 таблиц состоит из введения, четырёх глав, заключения, и списка литературы.

В первой главе оригинально решена задача разработки модели поведения блока чувствительных элементов БИНС при коническом движении объекта и найдены основные аналитические выражения системы, позволяющие выделить выходные сигналы с заданной точностью. Сравнение разработанных алгоритмов вычисления параметров ориентации наглядно показало преимущества четырехшагового (по сравнению с одношаговым) алгоритма в оценке угловых параметров ориентации.

Важно, что с целью подтверждения эффективности разработанных моделей и соответствующих алгоритмов проведены испытания блока ЧЭ на вибростенде.

Универсальность разработанной модели блока ЧЭ позволяет её использовать для прецизионной начальной выставки БИНС. Предложенная методика начальной выставки отличается быстродействием, а также может быть использована при наличии вибрации основания. В главе 1 дана оценка использования разработанных модели и алгоритмов при анализе работы блока лазерных гироскопов; при этом произведена оценка влияния частоты опроса ЧЭ на точность вычисления параметров ориентации.

Во второй главе решается сложная задача анализа совместной работы триады ДУС и одноосного гиросtabilизатора, выполняющего роль корректирующей системы БИНС летательного аппарата, быстровращающегося вокруг своей продольной оси.

Как и в первой главе удачно использован метод исследования с помощью кватернионов. Эффективность предлагаемой методики оценки параметров ориентации, включая масштабный коэффициент, а также алгоритма работы системы подтверждена соответствующим моделированием для угловых скоростей ЛА 40° /сек и 360° /сек.

В главе 3 автор рассматривает возможность повышения точности БИНС при использовании избыточной информации с n одноосных чувствительных элементов для случаев $n=4,5,6$.

Полученные аналитические соотношения позволяют выработать рекомендации для построения БИНС с избыточным числом ЧЭ и уменьшить погрешность измерения угловой скорости объекта за счет предложенного метода выбора весовых коэффициентов каждого ДУС.

На базе опыта математического моделирования, приведенных в главах 1-3, в четвертой главе исследуются различные варианты применения неидеальных ЧЭ, имеющих инструментальные погрешности, в условиях орбитального полета ИСЗ. Рассматриваются два режима работы ИСЗ: вращение вокруг нормали к орбите с угловой скоростью 0.07° /сек., соответствующей периоду низких спутников, и в режиме разворота с постоянной скоростью на 90° за 45 сек. При моделировании работы системы скорость дрейфа ЧЭ представлена двумя составляющими: коллинеарной и ортогональной вектору угловой скорости ИСЗ. Автор скрупулезно подходит к расчету влияния постоянной скорости дрейфа ЧЭ на точность определения ориентации ИСЗ для орбитального режима его полета.

В целом получены следующие основные научные результаты, обладающие новизной:

- разработана модель БИНС для объектов со сложным движением; при этом найден способ, эффективный с точки зрения производительности (без интегрирования дифференциальных уравнений), при котором вычисляются

необходимые интегралы от измеряемых угловых скоростей и кажущихся ускорений;

- выбрана схема БИНС с соответствующим аналитическим обоснованием для ЛА вращающегося вокруг продольной оси с большой угловой скоростью, показана возможность коррекции выходной информации блоков ЧЭ при наличии одноосного гиросtabilизатора;

- анализ работы БИНС при обеспечении избыточной информации с ЧЭ показывает эффективность разработанного метода формирования весовых коэффициентов ЧЭ;

- разработаны алгоритмы, применение которых повышает точность БИНС и позволяет организовать алгоритмическую компенсацию погрешности БИНС объектов со сложным движением;

- впервые в отечественной практике решена задача анализа применения БИНС для быстровращающихся вокруг продольной оси ЛА;

- разработана методика прецизионной выставки БИНС, в том числе, при наличии вибрации основания.

К основным недостаткам работы можно отнести:

- название диссертации не полностью характеризует её содержание;

- имеются терминологические неточности: "дрейф" (вместо «скорость дрейфа»), "действие инструментальных погрешностей", "имитируются частоты" и некоторые другие;

- не всегда дается обоснование выбора параметров, например, вибрация с амплитудой 2° и периодом 10 сек. (речь идет о ветровой нагрузке на корпус ЛА), два режима работы ИСЗ и т.д.

В целом работа посвящена актуальной проблеме повышения точности современных БИНС. Разработанная математическая модель, способы решения дифференциальных уравнений, найденные алгоритмы, рекомендации по формированию БИНС, включая методику начальной выставки, направлены на повышение точности современных БИНС для объектов со сложной траекторией движения.

В процессе работы над диссертацией автор, судя по результатам, проявил себя сложившимся научным работником, способным решать сложные научные задачи, связанные с построением современных БИНС, используя свои знания в области математики, теоретической механики, математического моделирования и информационных технологий.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

На основании изложенного считаю, что диссертация Е. Ю. Алеховой "Некоторые задачи бесплатформенных инерциальных систем (БИНС)" отвечает

требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор, Алехова Елена Юрьевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01, теоретическая механика.

Официальный оппонент,
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана,
руководитель Научно-учебного комплекса «Информатика и системы
управления», д.т.н., заслуженный деятель науки РФ,
Лауреат Госпремии СССР и РФ



Матвеев Валерий Александрович

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5
МГТУ им. Н.Э. Баумана, тел. (495) 263 62 16

Подпись профессора Матвеева Валерия Александровича подтверждаю.
Декан факультета
"Информатика и системы управления"
профессор, д.т.н.



А. В. Пролетарский