

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алеховой Елены Юрьевны на тему «Некоторые задачи бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС)», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика»

В настоящее время бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) являются основным типом инерциальных систем, применяемых на подвижных объектах для решения задач навигации и ориентации. Широкое их использование обусловлено прогрессом как в области создания чувствительных элементов с большим динамическим диапазоном, так и в области вычислительной техники. Последние несколько десятилетий отмечены масштабными исследованиями специфичных для БИНС задач, к которым, прежде всего, относятся разработка эффективных алгоритмов решения «быстрых» задач и построение избыточных конфигураций датчиков первичной информации с целью повышения надежности и точности БИНС. Особую актуальность приобрела и задача обеспечения точности БИНС при установке ее на объектах, совершающих быстрое вращение вокруг продольной оси. По всем вышеперечисленным задачам имеется обширная литература, однако целесообразность дальнейших исследований ряда вопросов сохраняется. Поэтому тема диссертационной работы Алеховой Е.Ю. представляется **актуальной**.

В работе рассматриваются три задачи, отражающие специфику использования БИНС – это задача аналитического описания сложного углового движения объекта в обеспечение корректного анализа и выбора алгоритмов, задача совместного использования данных БИНС и гиросtabilизатора на быстровращающихся объектах и задача повышения точности и надежности БИНС при использовании избыточного количества датчиков.

Автором получены следующие результаты, обладающие **научной новизной**:

1. Дано оригинальное математическое описание сложного углового движения объекта, представляющего суперпозицию «медленного» конического движения и «быстрой» конической вибрации, и получены аналитические выражения для кватерниона поворота объекта относительно опорной системы координат.
2. Получен алгоритм коррекции показаний БИНС по данным одноосного гиросtabilизатора на объекте, совершающем быстрое вращение вокруг продольной оси, предусматривающий последовательное уточнение масштабного коэффициента гироскопа, ориентированного по продольной оси объекта.
3. Предложен алгоритм формирования компонент трехмерного вектора угловой скорости по сигналам избыточного количества гироскопов с неортогональной ориентацией измерительных осей, в котором информация каждого датчика учитывается с весом, обратно пропорциональным невязке его показаний относительно значения, рассчитанного по показаниям остальных датчиков, нормированной на номинальное значение ее СКО.

**Достоверность** результатов подтверждается корректным использованием описания кинематики твердого тела и результатами численного моделирования рассмотренных задач.

**Практическая значимость результатов** состоит в их применимости при разработке и совершенствовании образцов БИНС для различных подвижных объектов.

#### **Замечания по автореферату.**

1. Из автореферата не ясно, как полученные результаты соотносятся с ранее опубликованными работами других авторов.
2. При описании алгоритма коррекции показаний БИНС по данным одноосного гиросtabilизатора не сказано, что эталонный кватернион,

по которому вычисляется корректирующий кватернион, рассчитывается по выходным данным гиросtabilизатора.

3. Не приведены требования к конфигурации избыточного блока БИНС, при которых обеспечивается эффективность предложенного алгоритма, и рекомендации по выбору параметра, участвующего в формировании весовых коэффициентов.

**Заключение.** Диссертационная работа Алеховой Елены Юрьевны на тему «Некоторые задачи бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС)» содержит новые научно обоснованные технические решения, позволяющие повысить эффективность использования БИНС в различных практических приложениях. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 30.07.2014 г.), а её автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Начальник отдела АО «Концерн  
«ЦНИИ «Электроприбор»,  
Ученый секретарь, д.т.н.

Литманович Ю.А.

Подпись Литмановича Юрия Ароновича удостоверяю.

Начальник отдела персонала  
АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»



Уткин Д.А.

АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»  
197046, г. Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская, 30.  
тел. +7 (812) 4997805  
факс: +7 (812) 2323376  
эл. почта: [ulitmanovich@eprib.ru](mailto:ulitmanovich@eprib.ru)