

ОТЗЫВ

научного руководителя о кандидатской диссертации И.Е. Тарыгина
«Расширенные температурные модели погрешностей инерциальных датчиков
в задаче калибровки», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7 –
«Теоретическая механика, динамика машин»

В диссертации И.Е. Тарыгина рассмотрена актуальная задача температурной калибровки бескарданных инерциальных навигационных систем (БИНС). Проблема температурной калибровки БИНС возникла с момента создания первой инерциальной системы, однако, изначально она не была столь обсуждаемой, поскольку уровень технологий и требования к точности работы систем были значительно ниже, чем сейчас. С развитием технологий и повышением требований к точности БИНС, проблема температурной калибровки выдвинулась на первый план. В настоящее время она является одним из ключевых аспектов при создании новых моделей БИНС и модернизации существующих. Современные исследования в области температурной калибровки БИНС фокусируются на разработке новых методов и алгоритмов, позволяющих увеличить точность калибровки и снизить ее стоимость. Большое внимание уделяется также созданию универсальных решений, которые можно было бы применять в различных типах БИНС без значительной доработки. Тем не менее, несмотря на значительные успехи, температурная калибровка БИНС остается сложной и трудоемкой задачей, требующей дальнейших исследований.

Работа И.Е. Тарыгина посвящена модификации разработанной ранее Н.А. Парусниковым методики калибровки БИНС на грубых стендах с горизонтальной осью вращения, предполагающей сведение задачи калибровки БИНС к задаче оптимального оценивания вектора состояния линейной динамической системы. Предложенная модификация нетривиальна, так как



приводит к изменению плана калибровочного эксперимента, увеличению в разы размерности оцениваемого вектора состояния, и, как следствие, изменению условий наблюдаемости в задаче оценивания.

И.Е Тарыгиным получены следующие новые результаты:

1. разработана, исследована и обоснована методика температурной калибровки БИНС, предполагающая оценку коэффициентов температурных зависимостей показания инерциальных датчиков внутри БИНС одновременно с оценкой стандартного набора инструментальных погрешностей инерциальных датчиков по результатам калибровочного эксперимента при изменяющейся температуре;
2. сформулирована и доказана теорема о необходимых и достаточных условиях наблюдаемости в соответствующей задаче оценивания;
3. исследована задача оценивания скорости изменения температуры в реальном времени по измерениям датчиков температуры при наличии квантования измерений;
4. решена задача температурной калибровки блока ДУС без использования ньютометров (частный случай) по измерениям датчиков точного калибровочного стенда, с учетом возможного временного рассогласования показаний датчиков БИНС и стенда;

Работа содержит как аналитические исследования, так и результаты численного моделирования, а также результаты калибровки систем различного класса точности. Все выносимые на защиту результаты диссертации являются новыми, математически строго обоснованы и получены лично автором. Кроме того, теоретические выводы согласуются с результатами численного моделирования и результатами обработки экспериментальных данных.



В ходе работы над диссертацией И.Е. Тарыгин продемонстрировал владение современными методами анализа линейных динамических систем: аналитическими (подходами механики управляемых систем, теории оценивания, обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных), численными (фильтр Калмана, ковариационный анализ) и т.п.

Работа носит теоретический и прикладной характер, полученные результаты были применены в работах лаборатории управления и навигации МГУ, а также опробованы на ряде научно-исследовательских и производственных предприятиях авиационно-космической отрасли, занимающихся разработкой и калибровкой бескарданных инерциальных навигационных систем: АО «Инерциальные Технологии Технокомплекса» (г. Раменское), АО «Московский институт электромеханики и автоматики», АО «Арзамасское научно-производственное предприятие ТЕМП-АВИА», МОКБ «Марс» и др.

Работа, по своей структуре и содержанию, является законченным научным трудом, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к тексту диссертационной работы. Считаю, что диссертация И.Е. Тарыгина на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Расширенные температурные модели погрешностей измерений инерциальных датчиков» может быть представлена к защите в Диссертационном совете МГУ.011.7 по специальности 1.1.7 – «Теоретическая механика, динамика машин», а её автор заслуживает присуждения звания . наук.

Научный руководитель:

доктор физ.-мат. наук, зав. лаб. управления и навигации,

А.А. Голован

