

Отзыв научного руководителя

о диссертанте Крылове Алексее Анатольевиче и его диссертации на тему «Разработка технологии калибровки гироскопических блоков на основе МЭМС датчиков», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки).

Крылов Алексей Анатольевич является выпускником кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» Московского Государственного Технологического Университета «СТАНКИН», которую окончил в 2013м году. После окончания магистратуры Крылов А.А. устроился на работу в АО «ГосНИИП», где и работает по настоящее время. Во время работы на предприятии Крылов А.А. участвовал в исследованиях характеристик лучших отечественных и зарубежных МЭМС датчиков, а также занимался разработкой технологии калибровки гироскопических блоков (ГИБ) и инерциальных систем управления на основе МЭМС датчиков. С 2017 по 2021 год Крылов А.А. обучался в аспирантуре Московского Авиационного Института на кафедре «Пилотажно-навигационные и информационно-измерительные комплексы». В качестве направления исследования диссертант выбрал тему, связанную с калибровкой МЭМС гироскопов и акселерометров в составе ГИБ с целью улучшения характеристик самого ГИБ и БИНС на его основе, а также оптимизации процесса калибровки.

Актуальность выбранной темы обусловлена развитием малых БПЛА, в которых по причине ограниченных массогабаритных характеристик могут быть применены только миниатюрные датчики. Высокодинамичные летательные аппараты требуют точных навигационных измерений при больших перегрузках и резких изменениях окружающей температуры. Поэтому, рассмотренные в диссертационной работе **задачи** калибровки МЭМС гироскопов при линейных ускорениях до 100g и калибровка смещения нуля при изменении температуры, представляющего

температурный гистерезис важны при построении БПЛА, применяющихся в жестких условиях.

В диссертационной работе был получен ряд **новых научных результатов**. Разработана новая модель погрешностей МЭМС гироскопов и акселерометров, учитывающая различные нестабильности погрешностей датчиков. Предложен комплексный подход к калибровке, учитывающий эти нестабильности. Также стоит выделить методику калибровки смещения нуля МЭМС гироскопов и акселерометров при различной температурной динамике, которая позволяет снизить остаточное смещение нуля до 40% при скорости изменения температуры $+2^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ и $-2^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ по сравнению с классической табличной калибровкой. Методика калибровки смещения нуля и масштабного коэффициента МЭМС гироскопа, зависящих от величины воздействующего линейного ускорения в диапазоне до 100g, позволяет уменьшить остаточное смещение нуля на 80-90% и снизить остаточную погрешность масштабного коэффициента до 0,01% при калибровке в составе гироинерциального блока с акселерометрами. Предложенный метод оценки требуемых погрешностей ГИБ из погрешностей координаты БИНС на основе генетического алгоритма позволяет сократить время калибровки до 5 раз. При расчете параметров калибровки совместно с алгоритмом предложено использовать метод линейной комбинации погрешностей, заменяющий расчеты по алгоритмам БИНС и сокращающий время вычислений до 60 раз.


Практическая ценность работы состоит в том, что разработанные в диссертации математические модели, методики, программно-алгоритмическое обеспечение, а также предложенный комплексный подход к калибровке ГИБ на МЭМС датчиках могут применяться как в работах по построению навигационных систем на основе МЭМС технологий, так и при серийном изготовлении подобных изделий, снижая остаточные калибруемые погрешности и оптимизируя время калибровки партии блоков.

Основные результаты диссертационной работы были опубликованы в 22 научных публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых изданиях,

перечню ВАК по специальности, 2 статьях и 1 тезисах конференций в ведущих изданиях, включенных в международные системы цитирования, а также 3 свидетельствах о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Крылов А.А. является квалифицированным специалистом в области информационно-измерительных и управляющих систем и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки).

Научный руководитель, кандидат
технических наук, доцент кафедры
305 «Пилотажно-навигационные и
информационно-измерительные
комплексы», МАИ


Веремеенко К.К.

Подпись Веремеенко К.К. заверяю,
Заместитель начальника Управления
по работе с персоналом МАИ


Иванов М.А.