

Отзыв официального оппонента

к.т.н., доцента Перлюка Владимира Владимировича на диссертацию Кутового Дениса Алексеевича на тему: «Методики оценки погрешностей, присущих блоку чувствительных элементов в составе бесплатформенных инерциальных навигационных систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Чувствительными элементами инерциальных навигационных систем, которые используются в изделиях ракетно-космической техники (РКТ), являются гироскопы и акселерометры. Ориентация системы координат, связанной с летательным аппаратом, непрерывно вычисляется по измеренным гироскопами угловым скоростям объекта. По линейным ускорениям, оцениваемым акселерометрами, вычисляется местоположение объекта.

Для снижения ошибок гироскопических и акселерометрических каналов при функционировании систем управления изделий ракетно-космической техники необходимо осуществлять алгоритмическую компенсацию их погрешностей в соответствии с определенной математической моделью погрешности навигационных приборов, специально разработанной для каждого типа датчиков в зависимости от характера и состава учитываемых погрешностей.

В рамках диссертации рассматривалось решение задач повышения точности и снижения вычислительных затрат при оценке систематических и случайных погрешностей акселерометров и гироскопов. Для чего был проведен анализ существующих методов и методик, на основе которого были разработаны новые методики оценки систематических и случайных погрешностей акселерометров и гироскопов.

В современных изделиях ракетно-космической техники предъявляются повышенные требования к точности навигационных систем, также актуальной является задача сокращения сроков наземной

экспериментальной отработки и предстартовой подготовки изделий ракетно-космической техники.

Актуальность исследований по теме диссертационной работы определяется теоретической и практической необходимостью разработки новых методик оценки погрешностей гироскопов и акселерометров для повышения точности определения ориентации изделий ракетно-космической техники в пространстве, а также сокращения вычислительных затрат при проведении испытаний соответствующих навигационных систем.

На основе исследований предложен системный подход к созданию аппаратно-программного комплекса и методик оценки погрешностей для реализации методов и средств оценки погрешностей с применением математического моделирования (глава 1) и проведения экспериментальных работ на реальных образцах техники (разделы 2.3 и 3.3).

Достоверность и обоснованность результатов, выводов и рекомендаций подтверждается математическим моделированием в среде MatLab и испытаниями на реальных образцах навигационных приборов, результаты которых убедительно показали теоретических положений, расчетных соотношений и адекватность разработанных методик.

Кроме того, полученные патенты и акт внедрения результатов подтверждают правильность выбранных решений, а также достоверность и обоснованность практических результатов.

Обзорная часть работы, проведенная автором, свидетельствует о его глубокой теоретической и практической подготовке и способности провести собственные научные исследования и получить практический результат, который составляет существо изложенного в диссертации материала. Автор владеет историей проблемы и современным состоянием научных исследований и разработок по рассматриваемому кругу вопросов, что позволило ему правильно выбрать и скорректировать известные

теоретические и практические методы и разработать оригинальные и адекватные методики решения задачи. Благодаря таким подходам можно утверждать, что результаты исследований Д.А.Кутового обладают необходимой новизной решения важной научно-технической задачи.

Автором применены методы многопараметрической оптимизации, позволяющие проводить комплексную оценку рассматриваемых в диссертации систематических и случайных составляющих математической модели погрешности бесплатформенных инерциальных навигационных систем (разделы 2.2 и 3.2).

Предложенный автором подход по использованию «рабочих троек» векторов измерителей при скалярной калибровке блоков чувствительных элементов бесплатформенных инерциальных навигационных систем с избыточным количеством чувствительных элементов (раздел 2.2) позволяет сократить количество выставляемых положений, в которые должен быть выставлен блок чувствительных элементов при проведении калибровки. Это позволяет упростить требования к условиям проведения испытаний и сократить вычислительные затраты на их проведение.

Предложенная автором методика оценки случайных составляющих математической модели погрешности бесплатформенных инерциальных навигационных систем имеет ряд доработок, относительно известных методик на основе вариации Аллана. В частности, предложен равномерный в логарифмической шкале шаг осреднения вариации Аллана (формула 3.13). Это позволяет сократить вычислительные затраты, например, на 3-часовых интервалах записи информации до 10^3 раз. Также предложено использование многопараметрической оптимизации при аппроксимации полинома вариации Аллана. Это в соответствии с результатами, представленными в разделе 3.3 диссертации, позволяет повысить точность оценок случайных составляющих погрешности до 10 раз.

Разработанный аналитический и программно-алгоритмический аппарат используется в рамках создания систем управления на позициях АО «НПО автоматики им. академика Н.А.Семихатова» при производстве и испытаниях изделий ракетно-космической техники.

Дальнейшее совершенствование навигационных комплексов, основанных на бесплатформенных инерциальных навигационных системах, вполне может осуществляться с использованием результатов автора, применительно к реальным образцам перспективных изделий ракетно-космической техники.

Работа построена логично, выводы каждого параграфа являются основанием для материалов последующих параграфов работы.

В диссертационной работе были выявлены следующие **недостатки**:

1. Недостаточно глубоко проведено обоснование используемых моделей описания ошибок измерения используемых чувствительных элементов. В частности, не рассматривается широко используемые в этих целях Марковские случайные процессы

2. В рамках диссертации рассмотрено ограниченное количество методов и методик оценки погрешностей навигационных приборов. В частности, не рассмотрена методика калибровки по навигационному решению.

3. В качестве способа многопараметрической оптимизации выбран метод покоординатного спуска, а другие, в том числе широко используемые градиентные методы рассмотрены поверхностно.

4. Не приведены точностные характеристики рассматриваемых образцов приборов, что затрудняет проведение оценки преимуществ предлагаемых методик.

5. В тексте диссертации приводятся ряд ссылок на статьи (например, 8, 19, 36) с недостаточно подробным описанием используемых материалов (например номера используемых формул).

Однако отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на положительную оценку диссертации, которая представляет собой законченную научно-техническую квалификационную работу, имеющую самостоятельную теоретическую и практическую ценность позволившие автору решить важную прикладную задачи. А устранение перечисленных недостатков может сформировать направления для дальнейших исследований по теме диссертации.

Общая оценка диссертационной работы

В целом, содержание и оформление диссертации и автореферата соответствуют принятым для научных квалификационных работ нормам и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации.

Основные результаты работы были опубликованы в 23 научных работах (в том числе в 6 из Перечня ВАК России), обсуждались на 19 конференциях, по теме диссертации получено 2 патента на изобретение.

Таким образом, диссертация полностью удовлетворяет требованиям, сформулированным в пункте 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Д.А. Кутовой, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заместитель заведующего кафедрой N 11 ГУАП,

кандидат технических наук, доцент

30.01.2023

В.В.Перлюк

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

30 01 2023

Почтовый адрес: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67,
лит. А. Телефон: (812) 494-70-18. Сайт: new.guar.ru. Email:
common@guar.ru.