

## ОТЗЫВ

Официального оппонента **Кушников Вадима Алексеевича**, доктора технических наук, профессора, председателя Саратовского научного центра Российской академии наук, г. Саратов на диссертационную работу **Филиппова Александра Сергеевича** «Информационно-измерительная система контроля угловой скорости вращательного движения малого космического аппарата», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 – «Информационно-измерительные и управляющие системы»

### 1. Актуальность диссертационного исследования

Диссертация А.С. Филиппова посвящена решению актуальной научно-практической задачи, связанной с проблемой функционирования информационно-измерительных систем контроля угловой скорости вращательного движения (ИИС КВД) с магнитометрами в условиях влияния паразитных магнитных полей, создаваемых работающей аппаратурой на борту искусственных спутников Земли (ИСЗ) – космических аппаратов (КА). Такие ИИС применяются в составе информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) для определения параметров углового движения с целью последующего построения необходимой ориентации ИСЗ. Повсеместное применение магнитометров в космической технике обусловлено их значительными преимуществами (невысокая масса, энергопотребление, приемлемая точность и др.). Важным условием работы ИИС КВД с магнитометрами является необходимость компенсации помех от магнитных полей, вызванных работой бортовой аппаратуры КА, с целью повышения точности измерения индукции магнитного поля Земли (МПЗ). Как правило, величину компенсационного сигнала затруднительно определить расчетным путем. Поэтому эта задача решается экспериментальным определением необходимых значений сигналов компенсации.

В связи с этим в работе ставится задача построения методики наземных испытаний ИИС КВД в составе МКА, позволяющей определить поправочные коэффициенты, которые используются как компенсационные сигналы для снижения влияния паразитных магнитных полей на измерения магнитометров. Для использования поправочных коэффициентов в работе предлагается новая структурная схема ИИС КВД с алгоритмом непрерывного контроля.

Все это позволяет сделать заключение, что тема диссертации А.С. Филиппова, посвященная повышению эффективности ИИС КВД с магнитометрами за счет снижения погрешности измерений индукции МПЗ на основе использования новых алгоритмов функционирования и методики наземных испытаний представляется важной и актуальной.

## **2. Анализ структуры и содержания работы**

Работа Филиппова А.С. включает все наиболее важные этапы научно-исследовательской работы - постановка задачи и определение целей исследований, систематизация известных способов снижения влияния возмущающих воздействий на магнитометры, построение собственной функционально-ориентированной модели математической модели вращения МКА под действием основных внешних и внутренних факторов космического полета, разработка новой структуры и схемы функционирования ИИС КВД для реализации алгоритма непрерывного контроля, разработка новой методики наземных испытаний, оценка эффективности функционирования разработанной системы в условиях летных испытаний. Это позволяет утверждать, что диссертация является законченной научной работой.

Диссертация написана достаточно понятным языком, хорошо структурирована, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 145 наименований, изложена на 143 страницах текста, содержит 53 рисунка, 7 таблиц и 1 приложения.

В диссертации приведён большой библиографический список работ, присутствуют все необходимые ссылки на результаты работ других авторов.

Основные положения апробированы на научно-технических и научно-методических конференциях, в том числе и с международным участием. Результаты с достаточной полнотой изложены в трудах, материалах и тезисах докладов научных конференций.

Основные результаты исследований Филипповым А.С. опубликованы в 24 работах, в том числе: 7 – в рецензируемых журналах из перечня ВАК при Минобрнауки (в т.ч. 2 лично, без соавторов), 8 работ опубликовано в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus.

Автореферат соответствует диссертации и отражает её основное содержание.

### **3. Научная новизна исследований и полученных результатов**

Новизна исследования заключается в следующем:

- предложен метод наземных испытаний ИИС КВД для МКА, позволяющий учитывать влияние магнитных возмущений от бортовой аппаратуры на измерения магнитометров за счет формирования массива поправочных коэффициентов, для снижения погрешности измерений индукции МПЗ;

- разработана новая структура ИИС КВД, включающая в себя блок вычислителя, на средствах которого реализован оригинальный алгоритм непрерывного контроля, позволяющий учитывать значимые возмущения магнитных полей, не выявленные при наземных испытаниях;

- предложенный алгоритм непрерывного контроля позволяет решать задачу оценки угловой скорости вращения МКА, что даёт возможность принятия корректных решений при управлении ориентацией МКА.

Таким образом, совокупность разработок автора позволяет снизить погрешность оценки угловой скорости вращения МКА, что в последствии позволит точнее определить его ориентацию.

#### **4. Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики**

Значимость полученных в диссертации результатов для науки и практики заключается в том, что разработанные методы и алгоритмы (включая реализующие их программные средства) при создании космических ИИС для КА научного и технологического назначения (серии КА «Бион-М» и «Фотон-М»), а также малых, микро- и наноспутников.

Методика наземных испытаний и методика эксплуатации ИИС, судя по акту внедрения, приведенному в приложении к диссертации, применялись в работе АО «РКЦ Прогресс». Внедрение данных методик позволило в процессе космического полета уменьшить ошибки определения угловой ориентации МКА «АИСТ-2Д» с помощью разработанной ИИС.

Стоит отметить, что разработанная ИИС КВД с магнитометрами может быть использована на МКА совместно с электромагнитами в качестве альтернативы дорогостоящим и громоздким системам управления движения с маховиками.

#### **5. Замечания по диссертационной работе**

1) В работе не указано как выполнялись оценки сдвига средних выборочных значений по различным каналам магнитометров (рисунки 5.4, 5.5, 5.6).

2) Результаты работы приобрели бы большую наглядность, если бы автор указал значения поправочных коэффициентов, полученные при реализации методики наземных испытаний ИИС КВД в составе МКА «АИСТ-2Д».

3) Для большей убедительности полученных результатов желательно сравнить не только эффективность работы магнитометров, но и всей ИИС в целом.

4) Требуется более подробно раскрыть направления дальнейшего развития тематики применения ИИС КВД с магнитометрами.

## **6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

В целом, несмотря на имеющиеся замечания, можно утверждать, что автором решена научная задача разработки структуры ИИС КВД с алгоритмами функционирования, а также формирование методики ее наземных испытаний. Решение этой задачи позволило уменьшить влияние магнитных возмущений от БА на измерения бортовых магнитометров и тем самым снизить погрешность определения угловой скорости вращения МКА средствами ИИС КВД.

Тема диссертационного исследования представляется актуальной. Примеры разработанных методик и алгоритмов позволяют рассматривать работу как завершенное научное исследование, связанное с повышением эффективности ИИС КВД с магнитометрами за счет снижения погрешности измерений индукции МПЗ.

Следует отметить, что экспериментальная часть выполнена на реальном космическом аппарате в условиях космического полета. Проведена количественная оценка степени повышения эффективности контроля угловой скорости средствами разработанной ИИС КВД при летных испытаниях МКА «Аист-2Д».

В целом работа выполнена на высоком научном уровне и производит хорошее впечатление.

Полученные в работе научные результаты можно характеризовать как научно-обоснованные теоретические положения, имеющие важное значение и обеспечивающие решение актуальной научной задачи в области создания информационно-измерительных систем контроля углового движения космических аппаратов.

Считаю, что диссертационная работа Филиппова А.С. является законченным научным исследованием, выполнена на актуальную тему, содержит достаточно хорошо обоснованные научные положения, обладающие научной новизной; сделанные выводы и рекомендации

являются достоверными. Диссертация соответствует критериям, установленным Положением ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Филиппов Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 – «Информационно-измерительные и управляющие системы».

Официальный оппонент:

Кушников Вадим Алексеевич, доктор технических наук, профессор,  
Председатель Саратовского научного центра Российской академии наук



Вадим Алексеевич Кушников

« 28 » 10 2021г

Саратовский научный центр РАН:

Адрес: 410028, г. Саратов, ул. Рабочая, 24

Тел.(845-2) 27-14-36, (845-2) 23-45-10

Тел./Факс (845-2)27-14-36

E-mail: [sncransar@san.ru](mailto:sncransar@san.ru);

Официальный сайт: <http://СНЦРАН.рф>