

**Акционерное общество**  
**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ**  
**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА»**  
(АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

Новозаводская ул., д. 18, г. Москва, 121309, тел.: 8 (499) 749 99 34, факс: 8 (499) 749 51 24  
Тел.: 8 (499) 749 83 43, факс: 8 (499) 142 59 00, e-mail: [agd@khrunichev.ru](mailto:agd@khrunichev.ru), <http://www.khrunichev.ru>  
ОГРН 5177746220361, ИНН/КПП 7730239877/773001001

*И 02.11.2021 № КЗ00/МВ-40*

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора  
по НИР, ОКР и пусковым услугам,  
кандидат технических наук  
Соколов Михаил Борисович



\_\_\_\_\_ 2021 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Акционерного общества «Государственный космический научно-  
производственный центр имени М.В. Хруничева»  
на диссертационную работу Филиппова Александра Сергеевича на тему  
«Информационно-измерительная система контроля угловой скорости  
вращательного движения малого космического аппарата», представленную к  
защите в диссертационном совете 24.2.377.04 (Д212.217.07) при ФГБОУ ВО  
«Самарский государственный технический университет», на соискание  
учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11.

Информационно-измерительные и управляющие системы

**1. Вводные положения**

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский

национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский Университет).

На отзыв ведущей организации были предоставлены:

- диссертация – один том объемом 143 листа;
- автореферат – брошюра объемом 19 листов.

## **2. Актуальность темы диссертационной работы**

Диссертационная работа Филиппова Александра Сергеевича посвящена разработке и исследованию информационно-вычислительной системы (ИИС), которая применяется для повышения эффективности контроля угловой скорости вращательно движения (КВД) малого космического аппарата (МКА). Повышение эффективности ИИС КВД осуществляется за счет снижения погрешности измерения магнитометрами составляющих вектора индукции магнитного поля Земли (МПЗ). Снижение погрешности измерений магнитометров обеспечивается за счет использования новых алгоритмов функционирования ИИС КВД и методики наземных испытаний, которые позволяют снизить влияние паразитных возмущающих воздействий магнитных полей, вызванных работой бортовой аппаратуры (БА), установленной на МКА. Безусловно, построение ИИС, обеспечивающих определение угловой скорости космического аппарата (КА) в условиях влияния внешних воздействующих факторов на корректность работы измерительных средств, является важной и ответственной задачей, актуальной во все времена для систем управления движением и ориентации.

Современные тенденции развития технологий и миниатюризации электронной компонентной базы (ЭКБ) позволяют создавать МКА, сравнимые по целевым характеристикам с КА среднего класса. При создании МКА возникает проблема «тесного» размещения БА внутри ограниченного пространства, что является причиной возникновения влияния магнитных полей БА на измерительные средства, такие как магнитометры.

Магнитометры являются простым, надежным, недорогим и мало-массо-габаритным (что особенно важно для МКА) измерительным средством



определения угловой скорости и ориентации, что определяет их повсеместное использование в составе систем управления движения КА. Однако при многочисленных достоинствах магнитометров существуют и определенные проблемы, связанные с низкой точностью измерения индукции МПЗ. БА, намагниченные элементы конструкции, аккумуляторные батареи и электромагниты создают собственное магнитное поле, которое оказывает влияние на измерения индукции МПЗ магнитометрами. Некорректные показания магнитометров ведут к некорректной оценке угловой скорости и, следовательно, к неверному управлению угловым движением, что было подтверждено эксплуатацией опытного и летного образцов МКА «Аист».

Для уменьшения влияния возмущающих магнитных полей на измерения магнитометров требуется на этапе наземных испытаний ИИС КВД в составе МКА определить значения магнитной индукции, создаваемой БА в различных режимах работы, а так же ввести в состав ИИС КВД блок вычислителя, обеспечивающий контроль режимов работы БА в процессе летной эксплуатации. При этом на этапе летной эксплуатации необходимо выявление и последующий учет источников магнитных возмущений, не выявленных в процессе наземных испытаний.

Таким образом, в настоящее время существует актуальная научно-техническая проблема усовершенствования структуры ИИС КВД, методик их наземных испытаний и алгоритмов функционирования в процессе полета.

### **3. Значимость результатов диссертационных исследований автора для науки**

Результаты данной диссертационной работы имеют большое значение для науки, а именно:

1. Разработана функционально-ориентированная математическая модель вращения МКА, отличающаяся от известных моделей учетом возмущений от БА, которая является методологической основой для разработки структуры ИИС КВД.

2. Разработана структура ИИС КВД, отличающаяся от существующих реализацией алгоритма непрерывного контроля за счет внедрения блока вычислителя, что позволяет снизить погрешность оценки угловой скорости.
3. Разработан метод наземных испытаний ИИС КВД для МКА, отличающийся учетом влияния магнитных возмущений от бортовой аппаратуры на измерения магнитометров путем формирования массива поправочных коэффициентов, для снижения погрешности измерений индукции магнитного поля Земли.
4. Разработан алгоритм непрерывного контроля угловой скорости МКА, который позволяет учесть значимые внутренние и внешние возмущения магнитных полей, не выявленные при наземных испытаниях.

Таким образом, диссертационная работа содержит значимые научные результаты по заявленной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы. Работа соответствует пунктам 1, 3 и 4 паспорта специальности 2.2.11.

Достоверность научных положений, теоретических результатов и выводов обеспечивается корректным использованием математического аппарата и вводимых допущений, имитационным моделированием и экспериментальными исследованиями разработанной ИИС КВД в процессе реальных условий космического полета, подтверждающими основные теоретические положения работы и не противоречащими известным знаниям в данной области исследований. Разработанная структура ИИС КВД, методика наземных испытаний и алгоритм непрерывного контроля способствует развитию и обогащению методологии проектирования, испытаний и эксплуатации информационно-измерительных систем.

#### **4. Практическая значимость результатов диссертационного исследования автора**

Полученные в диссертационной работе структура ИИС КВД и функционально-ориентированная математическая модель вращения МКА



имеют практическую ценность. На их основе в диссертации разработаны методика наземных испытаний ИИС КВД для МКА и алгоритм непрерывного контроля, реализованный на средствах бортовой ИИС КВД, совокупность применения которых позволяют повысить точность определения угловой скорости МКА.

Практическая значимость заключается в следующем:

1 Разработанная ИИС КВД позволяет контролировать угловую скорость вращения МКА без применения высокоточных и дорогостоящих систем управления движением.

2 Разработанные методика наземных испытаний и схема функционирования ИИС КВД позволяют обеспечивать эффективную работу ИИС КВД с учётом влияния возмущений от БА на магнитометры для КА различных классов.

3 Разработанный алгоритм непрерывного контроля может использоваться для обеспечения целевого диапазона угловой скорости в различных системах управления движением.

Полученные результаты имеют большое значение применительно к проблемам, связанным с практическим применением ИИС, имеющим в своем составе магнитометры и установленные на борту космических аппаратов.

Результаты диссертационной работы успешно использованы при создании МКА «АИСТ-2Д».

Практическая значимость работы дополнительно подтверждается наличием новых технических решений, защищенных патентом РФ на изобретение. Реализация результатов работы и достигнутый эффект подтверждены соответствующим актом внедрения.

## **5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертации имеют как научное, так и прикладное значение. Они могут эффективно использоваться на предприятиях (АО «РКЦ «Прогресс», ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П.

Королева», АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева», АО «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна и др.), занимающихся проектированием и изготовлением КА различного назначения в части разработки ИИС КВД.

#### **6. Замечания по диссертационной работе**

1. В диссертационной работе не рассмотрен способ уменьшения влияния магнитных полей от БА на измерения магнитометров с применением известных замкнутых и полусферических ферромагнитных экранов.
2. В диссертационной работе следовало бы привести результаты функционирования ИИС КВД с алгоритмом непрерывного функционирования на более длительном промежутке времени, используя более расширенную выборку измерений. Это позволило бы оценить эффективность ИИС КВД под влиянием внешних воздействующих факторов и процессов намагничивания элементов конструкции МКА и деградации аккумуляторных батарей.
3. В диссертационной работе не представлены значения поправочных коэффициентов, определенных по результатам проведения наземных испытаний ИИС КВД в составе МКА «АИСТ-2Д»
4. В диссертационной работе следовало бы привести исследование разработанной ИИС КВД, выбрав критерии оптимальности (по массе, габаритам и энергопотреблению) применительно к МКА.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертационная работа Филиппова Александра Сергеевича оценивается положительно и характеризует его как ученого, способного ставить и решать важные научно-технические задачи. Данная диссертация является научно-квалификационной работой, имеющей научную и практическую ценность. Проведенные исследования позволяют сформулировать технические положения по



созданию структур ИИС КВД для МКА, которые в совокупности с методикой наземных испытаний и алгоритмом непрерывного контроля, позволяют снизить погрешность измерения индукции МПЗ с помощью магнитометров и обеспечить корректную оценку угловой скорости МКА.

#### **7. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работы А.С. Филиппова «Информационно-измерительная система контроля угловой скорости вращательного движения малого космического аппарата» соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, в редакции от 01.10.2018 г.) и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, а именно повышение эффективности информационно-измерительных систем контроля угловой скорости вращательно движения малого космического аппарата за счет использования новой структуры, новых алгоритмов функционирования и методики наземных испытаний, которые позволяют снизить влияние паразитных возмущающих воздействий магнитных полей, вызванных работой бортовой аппаратуры (БА), установленной на МКА в процессе его эксплуатации в условиях реального космического полета.

Результаты исследований апробированы на научно-технических конференциях.

Основные результаты работы в достаточной степени отражены в опубликованных автором научных трудах, в том числе в рецензируемых научных изданиях. По материалам диссертации опубликовано 24 работы, в том числе: 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 8 статей в журналах, входящих в международные базы Web of Science и Scopus. Получен патент РФ на изобретение. Уровень и объем публикаций соответствует требованиям п.11 и п.13 Положения.

По результатам рассмотрения диссертационной работы не обнаружены какие-либо факты использования заимствованных материалов без ссылки на источники, т.е. диссертация соответствует п.14 Положения.

Автореферат диссертации, в целом, достаточно полно отражает ее основное содержание и соответствует требованиям п.25 Положения.

Работа соответствует заявленной специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы» и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Филиппов Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

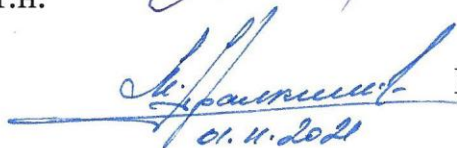
Отзыв обсужден на заседании НТС АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» 29 октября 2021 г., протокол № 2148.

Первый заместитель генерального  
конструктора КБ «Салют», д.т.н.



А.В. Владимиров

Заместитель генерального  
конструктора КБ «Салют»



М.В.Аралкин

Заместитель генерального  
конструктора КБ «Салют»



Ю.И.Завора

Ученый секретарь секции НТС, к.т.н.



А.А.Белкин