

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.377.04 (Д 212.217.07),  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

О присуждении Филиппову Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Информационно-измерительная система контроля угловой скорости вращательного движения малого космического аппарата» по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы принята к защите 20 сентября 2021 г., протокол № 4, диссертационным советом 24.2.377.04 (Д 212.217.07), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказом Минобрнауки РФ № 1119/нк от 16 ноября 2017 г.

Соискатель Филиппов Александр Сергеевич, 1989 года рождения, в 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», работает ведущим инженером-конструктором в АО «Ракетно-космический центр «Прогресс».

Диссертация выполнена на кафедре «Космического машиностроения имени генерального конструктора Д.И. Козлова» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Седельников Андрей Валерьевич, профессор кафедры «Космического машиностроения имени генерального конструктора Д.И. Козлова» ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

**Официальные оппоненты:**

Бодин Олег Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза), профессор кафедры «Информационно-измерительная техника и метрология»,

Кушников Вадим Алексеевич, доктор технических наук, профессор, Саратовский научный центр Российской академии наук (г. Саратов), председатель

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация**, акционерное общество «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева», г. Москва в своем положительном отзыве,

подписанном А.В. Владимировым (д.т.н., первый заместитель генерального конструктора КБ «Салют»), М.В. Аралкиным (заместитель генерального конструктора КБ «Салют»), Ю.И. Заворой (заместитель генерального конструктора КБ «Салют»); А.А. Белкиным (к.т.н., ученый секретарь секции НТС) и утвержденном Соколовым М.Б. (к.т.н., заместитель генерального директора по НИР, ОКР и пусковым услугам) указала, что диссертация представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, обладающую признаками новизны, актуальности и практической значимости.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 24 работы, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 7 работ, в журналах, входящих в международные базы Web of Science и Scopus - 8 работ. Опубликованные работы содержат разработанные соискателем структуру, схему функционирования и методику испытаний информационно-измерительной системы контроля угловой скорости вращательного движения, а также функционально-ориентированную модель вращения малого космического аппарата и результаты летно-космических испытаний ИИС. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Суммарный объем публикаций с участием соискателя составляет 16 печатных листов, объем работ, написанных единолично, составляет 4,37 печатных листа.

#### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Sedelnikov, A.V. Earth's magnetic field measurements data accuracy evaluation on board of the small spacecraft AIST flight model / Sedelnikov A.V., Filippov A.S., Ivashova T.A. // Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. – 2018. - Vol. 12. - №4. – P. 253-260.

2. Abrashkin, V.I. Detection of the Rotational Motion of the AIST-2D Small Spacecraft by Magnetic Measurements / V.I. Abrashkin, K. E. Voronov, A.S. Dorofeev, A.V. Piyakov, Yu. Ya.Puzin, V.V. Sazonov, N.D. Semkin, A.S. Filippov, S. Yu.Chebukov // Cosmic Research. – 2019. – Т. 57.– № 1. – С. 1 – 13.

3. Sedelnikov, A.V. Measurements Analysis of the Earth's Magnetic Field Data Obtained from the Flight Model of AIST Small Spacecraft / A.V. Sedelnikov, E.S. Khnyryova, A.S. Filippov, T.A. Ivashova // International Journal of Mechanical Engineering and Robotic Research. – 2019. – Vol. 8. – № 4. – P. 542 – 546.

4. Филиппов, А.С. Разработка эффективной методики наземных испытаний датчиков магнитометров научной аппаратуры «МАГКОМ» на малых космических аппаратах типа «Аист» / А.С. Филиппов // Авиакосмическое приборостроение. – 2018. – № 3. – С. 37 – 47.

5. Филиппов, А.С. Информационно-измерительная и управляющая система эффективного контроля угловой скорости вращения малого космического аппарата/ А.С. Филиппов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 6. – С. 23 – 30.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы.**

1. Отзыв ведущей организации АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева», г. Москва. В отзыве приведены следующие замечания: в диссертационной работе не рассмотрен способ уменьшения влияния магнитных полей от бортовой аппаратуры на измерения магнитометров с применением известных замкнутых

и полусферических ферромагнитных экранов; следовало бы привести результаты функционирования ИИС контроля угловой скорости вращательного движения с алгоритмом непрерывного функционирования на более длительном промежутке времени, используя более расширенную выборку измерений; в диссертационной работе не представлены значения поправочных коэффициентов, определенных по результатам проведения наземных испытаний ИИС контроля угловой скорости вращательного движения в составе малого космического аппарата «АИСТ-2Д».

2. Отзыв официального оппонента д.т.н. профессора Бодина Олега Николаевича, ФГАОУ ВО «Пензенский государственный университет» г. Пенза, в котором содержатся следующие вопросы и замечания: в работе следовало бы привести моделирование влияния магнитных возмущений от бортовой аппаратуры на измерения магнитометров; допущения о неизменности вектора магнитной индукции между двумя последовательными измерениями в функционально-ориентированной модели следовало бы дополнить количественной оценкой; не приведены данные о результатах управления ориентацией по сигналам от ИИС контроля угловой скорости вращательного движения; не приводятся временные диаграммы, поясняющие непрерывность контроля измеренных параметров с использованием смоделированных параметров; отсутствует пример парирования нештатной ситуации в алгоритме непрерывного контроля внутренних и внешних возмущений магнитных полей;

3. В отзыве официального оппонента д.т.н. профессора Кушников Вадима Алексеевича, Саратовский научный центр Российской академии наук, г. Саратов, указаны следующие замечания: в работе не указано, как выполнялись оценки сдвига средних выборочных значений по различным каналам магнитометров; не указаны значения поправочных коэффициентов, полученные при реализации методики наземных испытаний ИИС контроля угловой скорости вращательного движения в составе малого космического аппарата «АИСТ-2Д»; для большей убедительности полученных результатов желательно сравнить не только эффективность работы магнитометров, но и всей ИИС в целом.

#### **На автореферат диссертации поступили отзывы.**

1. Отзыв главного научного сотрудника СНЦ РАН (г. Самара), академика РАН, д.т.н., профессора Гречникова Ф.В. Замечание касается отсутствия оценки увеличения благоприятного периода для реализации технологических процессов при использовании разработанной ИИС.

2. Отзыв заместителя генерального конструктора по программно-математическому обеспечению АО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (г. Москва), к.т.н. Рябогина Н.В. Замечания связаны с недостаточно подробным раскрытием назначения и функций наземного сегмента ИИС контроля угловой скорости вращательного движения; затрудненной идентификацией графиков оценки компонентов угловой скорости по данным измерений первого и второго магнитометров; отсутствием указания об использовании модели магнитного поля Земли при решении задачи фильтрации показаний магнитометров.

3. Отзыв заведующего лабораторией микро- и нанотехнологий ИСОИ РАН (г. Самара), д.ф.-м.н., профессора Скиданова Р.В. Приведенное замечание касается отсутствия в автореферате расчета погрешности косвенных измерений ИИС.

4. Отзыв профессора кафедры «Авиа- и ракетостроения» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (г. Омск), д.т.н., профессора Блинова В.Н. Замечание связано с отсутствием указания, какая штатная измерительная аппаратура использовалась на малом космическом аппарате «АИСТ-2Д», по которой проводилась оценка эффективности работы предлагаемой ИИС.

5. Отзыв начальника «Поволжского отделения Секции прикладных проблем при Президиуме РАН» (г. Самара), д.т.н., профессора Леоновича Г.И. Замечания связаны с отсутствием сравнительного обзора известных методов, подходов и аппаратных средств, направленных на решение подобных задач

6. Отзыв заместитель генерального директора по научной работе АО «НИИ телевидения» (г. Санкт-Петербург), д.т.н., профессора Цыцулина А.К. Замечания связаны с неясностью (на рисунке 11) исследования вероятности принятия верного решения вне целевого диапазона угловой скорости вращения космического аппарата; формулировками положений, выносимых на защиту, которые должны иметь форму утверждений, характеризующих новизну работы и отличия ее от предшественников

7. Отзыв доцента кафедры управления и информатики в технических системах ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (г. Оренбург), к.т.н., доцента Коннова А.Л. В замечаниях указано, что на рисунке 6 в структурной модели канала ИИС контроля угловой скорости вращательного движения следовало учесть погрешность определения параметров движения центра масс малого космического аппарата; на странице 16 в выводе 7 сокращение вероятности выхода угловой скорости за целевой диапазон следовало привести не в процентах, а аналогично рисунку 11.

8. Отзыв заместителя генерального директора – главного конструктора ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» (г. Химки), к.х.н., Иванова С.А. Замечание связано с отсутствием достаточного количества информации о типах (феррозондовые, магниторезистивные и т.п.) используемых магнитных датчиков.

9. Отзыв ведущего научного сотрудника – заведующего лабораторией биофизики клетки ФГБУН ГНЦ РФ-ИМБП РАН (г. Москва), д. ф.-м. н, профессора Огневой И.В. Замечание связано с необходимостью использовать единообразное представление математических соотношений по тексту автореферата.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Филиппова А.С. требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», указывается, что ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается многолетним опытом работы, высокой компетентностью в области информационно-измерительных и управляющих систем и соответствием научных интересов тематике диссертации, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** новая методика наземных испытаний ИИС контроля угловой скорости вращательного движения с магнитометрами для формирования массива поправочных коэффициентов, учитывающих влияние магнитных возмущений для каждого режима работы бортовой аппаратуры на измерения магнитометров, и алгоритм непрерывного контроля для снижения погрешности оценки угловой скорости вращения малого космического аппарата;
- **предложены** структура ИИС контроля угловой скорости вращательного движения, содержащая блок вычислителя для реализации алгоритма непрерывного контроля угловой скорости вращения малого космического аппарата, и схема функционирования ИИС контроля угловой скорости вращательного движения;
- **доказана** возможность повышения эффективности ИИС контроля угловой скорости вращательного движения с магнитометрами за счет снижения погрешности измерения вектора индукции магнитного поля Земли по результатам летно-космических испытаний в составе малого космического аппарата «АИСТ-2Д».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** возможность оценки угловой скорости малого космического аппарата с помощью предложенной функционально-ориентированной математической модели вращения малого космического аппарата;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** положения теоретической механики для вывода уравнений функционально-ориентированной математической модели вращения малого космического аппарата, теории измерений, планирования эксперимента, статистической обработки результатов и методы оценки погрешности на основе разработанной структурной модели измерительного канала ИИС контроля угловой скорости вращательного движения и магнитометров;
- **изложены** теоретические основы предлагаемой методики наземных испытаний, позволяющей повысить эффективность ИИС контроля угловой скорости вращательного движения путем использования массива поправочных коэффициентов;
- **раскрыта** необходимость учета влияния магнитных возмущений на измерения магнитометров, установленных на малом космическом аппарате, для корректной оценки угловой скорости;
- **изучены** и оценены основные возмущающие факторы гравитационного, магнитного и аэродинамического характера, влияющие на угловую скорость вращательного движения малого космического аппарата;
- **проведена модернизация** информационно-измерительной системы контроля вращательного движения малого космического аппарата.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработана и внедрена** ИИС контроля угловой скорости вращательного движения, позволяющая контролировать угловую скорость вращения малого космического аппарата без применения высокоточных и дорогостоящих систем ориентации и управления движением;
- **определено** преимущество применения разработанной ИИС контроля угловой скорости вращательного движения по сравнению с существующими;
- **создан** алгоритм непрерывного контроля, который используется в информационно-

измерительных и управляющих системах ориентации для различных типов космических аппаратов для обеспечения целевого диапазона угловой скорости;

- **представлены** результаты летно-космических испытаний ИИС контроля угловой скорости вращательного движения в составе информационно-измерительной и управляющей системы ориентации на борту малого космического аппарата «АИСТ-2Д» с оценкой точности определения угловой скорости вращения МКА, вероятности её пребывания в целевом диапазоне.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** результаты функционирования информационно-измерительной системы контроля вращательного движения были получены в ходе успешного прохождения ИИС летно-космических испытаний в составе малого космического аппарата «АИСТ-2Д»;

- **теория** построена на основе известных методов построения ИИС, статистической обработки результатов и методов оценки погрешностей; полученные выводы и рекомендации подтверждаются корректным использованием математического аппарата и вводимых допущений, имитационным моделированием и экспериментальными исследованиями разработанной ИИС контроля угловой скорости вращательного движения малого космического аппарата;

- **идея базируется** на опыте эксплуатации малых космических аппаратов и теоретически обоснованной необходимости учета возмущений магнитного характера на измерения магнитометров;

- **использованы результаты** анализа работ отечественных и зарубежных авторов, а также экспериментальные исследования и численное моделирование;

- **установлено** соответствие результатов имитационного моделирования вращательного движения малого космического аппарата экспериментальным данным, полученным в ходе летно-космических испытаний малого космического аппарата «АИСТ-2Д»;

- **использованы** современные подходы комплексной экспериментальной отработки изделий ракетно-космической техники

Личный вклад соискателя состоит в решении научных и технических задач на всех этапах проведения диссертационного исследования: постановка и решение задач разработки структуры, методики наземных испытаний и схемы функционирования ИИС контроля угловой скорости вращательного движения с магнитометрами, в условиях воздействия магнитных возмущений на средства измерения – магнитометры; разработка функционально-ориентированной математической модели вращения малого космического аппарата и оценка повышения эффективности контроля угловой скорости с помощью разработанной ИИС контроля угловой скорости вращательного движения при эксплуатации малого космического аппарата «АИСТ-2Д».

Лично автором и в соавторстве подготовлено 24 публикации по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) блок-схемы алгоритмов оформлены с некоторыми отступлениями от требований ГОСТ 19.701;
- 2) некорректно использован термин «риски невыполнения целевой задачи»;
- 3) неясен механизм определения составляющих погрешностей;
- 4) не представлена технология вычисления поправочных коэффициентов.

Соискатель Филиппов А.С. согласился с замечаниями №1 и №2 и ответил на замечания

№3 – пояснив механизм определения составляющих погрешностей с помощью сравнения полученных измерений магнитометров с измерениями аппаратурой более высокого класса точности, и №4 – подробно пояснив технологию определения поправочных коэффициентов в процессе наземных испытаний информационно-измерительной системы контроля вращательного движения на борту малого космического аппарата.

На заседании № 6 от 23 ноября 2021 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Филиппову А.С. учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: «за присуждение учёной степени» – 17, «против» – 0.

Председатель диссертационного совета  
24.2.377.04(Д 212.217.07)

Ученый секретарь диссертационного  
совета 24.2.377.04 (Д 212.217.07)  
23 ноября 2021 г.



Лившиц  
Михаил Юрьевич

Ярославкина  
Екатерина Евгеньевна