

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.417.03, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ**

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 04.03.2025 г. № 2

О присуждении **Малютину Дмитрию Михайловичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Способы повышения точности информационно - измерительных и управляющих систем на основе гиросtabilизаторов» по специальности 2.2.11. Информационно - измерительные и управляющие системы принята к защите 21 ноября 2024 года (протокол заседания №12) диссертационным советом 24.2.417.03, созданным на базе федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России (300012, г. Тула, пр. Ленина д.92); приказ о создании диссертационного совета №384/нк от 29 июля 2013 года.

Соискатель **Малютин Дмитрий Михайлович** 20 апреля 1962 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Спецтема» защитил в 1992 году в диссертационном совете, созданном на базе Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук. Работает профессором кафедры «Приборы управления» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» г. Тула.

Диссертация выполнена на кафедре «Приборы управления» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» г. Тула.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, **РАСПОПОВ Владимир Яковлевич**, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» г. Тула, профессор - консультант.

Официальные оппоненты:

КОНЕШОВ Вячеслав Николаевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва, руководитель направления «Потенциальные поля»;

МАМОН Юрий Иванович, доктор технических наук, доцент, АО Центральное конструкторское бюро аппаратостроения г. Тула, отдел перспективных разработок, главный специалист;

ТИМОШЕНКОВ Сергей Петрович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Институт нано и микросистемной техники, г. Москва, г. Зеленоград, директор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Публичное акционерное общество «Ростовский оптико - механический завод», Ярославская область, г. Ростов в своем положительном отзыве, подписанном Главным конструктором Медведевым А.В. и утвержденном Генеральным директором Желтухиным А.А. указала, что тема диссертационного исследования Малютин Д.М. «Способы повышения точности информационно - измерительных и управляющих систем на основе гиросtabilизаторов» и научная проблема, решаемая автором – развитие

теории построения информационно - измерительных и управляющих систем повышенной точности на основе гиросtabilизаторов, представляются весьма актуальными. Тема диссертационной работы актуальна не только с точки зрения развития теории информационно - измерительных и управляющих систем (ИИиУС) повышенной точности на основе гиросtabilизаторов (ГС), но и с точки зрения инженерной практики создания таких систем повышенной точности. Перспективные структуры построения ИИиУС повышенной точности на основе ГС и их математические модели, имитационные модели, проектировочные зависимости, разработанные в диссертации, являются теоретической основой при создании ИИиУС повышенной точности на основе ГС и позволяют проводить анализ функционирования системы на подвижном основании, оценивать и минимизировать погрешности системы, автоматизировать ряд расчетных этапов проектирования, сократить затраты при проектировании ИИиУС повышенной точности на основе ГС. Теоретические положения работы подтверждены результатами лабораторных и натурных экспериментальных исследований. Результаты работы прошли апробацию и заслужили положительную оценку на научно - технических конференциях высокого уровня, подтверждаются патентами РФ, актами внедрения результатов диссертационной работы, большим объемом и результатами производственных работ с применением информационно - измерительных систем на основе ГС, реализованных с использованием способов повышения точности, разработанных автором диссертации. При решении поставленных задач использовались хорошо апробированные методы математического анализа, теории автоматического управления, спектрального анализа, теории гироскопических приборов и систем, методы обработки измерительной информации. На основании вышеизложенного сделано заключение, что способы повышения точности, научные положения, результаты, выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации, являются научно обоснованными, обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Применение выполненных исследований может иметь место в институтах, занимающихся проектированием ИИиУС на основе ГС.

Диссертационная работа Малютин Дмитрий Михайловича «Способы повышения точности информационно - измерительных и управляющих систем на основе гиросtabilизаторов», соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ и паспорту научной специальности 2.2.11. Информационно - измерительные и управляющие системы, а ее автор Малютин Дмитрий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Соискатель имеет 74 опубликованные работы по теме диссертации, из них 30 статей из перечня ВАК, 10 статей, входящих в реферативные базы данных Web of Science и Scopus, 16 статей в других рецензируемых изданиях, 12 патентов на изобретение РФ, 2 патента РФ на полезную модель, два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, а также две монографии.

Краткая характеристика работ. В опубликованных работах на основе математического аппарата теории автоматического регулирования с использованием принципа самонастройки параметров системы, метода комбинированного управления и метода управления с применением образцовой модели системы изложены новые научно обоснованные технические решения по повышению точности ИИиУС на основе ГС, являющиеся значительным вкладом в развитие ИИиУС.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы:

1. Малютин Д.М. Структурные решения, обеспечивающие увеличение динамической точности волнового твердотельного гироскопа // Приборы и методы измерений. 2021.Т.12. №2. С.146-155. (Web of Science)

2. **Malyutin D.M.** Miniature gyroscopic orientation system for unmanned aerial vehicle. В сборнике: 25th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2018. Proceedings. 2018. С. 1-4. (Scopus)

3. **Малютин Д.М.** Математическая модель гиросtabilизатора гравиметра с комбинированным управлением и самонастройкой параметров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 10. С. 226-232. (Перечень ВАК)

4. **Малютин Д.М.** Система для морских гравиметрических измерений повышенной точности с самонастройкой параметров гиросtabilизатора // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 5 (325). С. 147-155. (Перечень ВАК)

5. **Малютин Д.М.** Система стабилизации полезной нагрузки на динамически настраиваемом гироскопе // Приборы и методы измерений. 2016. Т. 7. № 1. С. 32-40. (Web of Science)

6. **Малютин Д.М.** Комбинированная двухосная гировертикаль // Авиакосмическое приборостроение. 2005. № 3. С. 6-10. (Перечень ВАК)

7. **Малютин Д.М., Кутуров А.Н., Коржук Н.Л.** Датчик угловой скорости с цифровым информационным выходом // Датчики и системы. 2004. № 8. С. 11-14. (Перечень ВАК)

8. **Малютин Д.М.** Гиросtabilизатор морского гравиметра с самонастройкой параметров // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2003. Т. 46. № 9. С. 17-22. (Перечень ВАК)

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, достоверность полученных результатов и практическая значимость работы. Отзывы поступили из следующих организаций:

1. ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, с замечанием:

- При оценке влияния неустойчивости параметров многофункциональной гировертикали (ГВ) по отношению к соответствующим параметрам вычислительного устройства, реализующего образцовую модель, на точность выдачи информации о пространственном положении транспортного средства выявлено, что неустойчивость коэффициента передачи по контуру коррекции в 1% обуславливает погрешность 18 угл. мин. определения угла ориентации (стр.30 автореферата). Из автореферата не ясно, что является основным источником неустойчивости коэффициента передачи по контуру коррекции акселерометра и для какой марки акселерометра выполнены расчеты.

2. ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, с замечаниями:

- При описании аналого - цифрового преобразователя повышенной точности следовало бы расшифровать понятие «Апертурная погрешность».

- В автореферате в разделе «Основные результаты и выводы по работе» в пункте 7 в словосочетании «..... многокаскадных гироскопических ГС» не следует дублировать термины: «.....многокаскадных гироскопических гиросtabilизаторов».

3. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, с замечаниями:

- Большое число сокращений затрудняет восприятие текста.
- Не слишком понятен термин «структура построения», при этом в тексте приводятся и рассматриваются структурные схемы.

- В автореферате не приводятся модели для определения погрешностей, значения которых приводятся в выводах по работе.

- Не указывается на каком оборудовании или объекте проводились статические и динамические испытания гировертикали на микромеханических чувствительных элементах (ММЧЭ).

- Не понятен вид спектральной плотности мощности ускорения, приведенной на рис.9.

4. ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», Московская область, г. Красногорск с замечаниями:

- Уменьшенный шрифт в некоторых рисунках (в частности, индекс) немного усложняет восприятие предоставленной автором информации (например, рис. 10, 13).

- При обозначении блока задания шумовой составляющей выходного сигнала волнового твердотельного гироскопа (рис.15) использован известный термин «noise». Однако правильно было параллельно обозначить его и как «шум».

5. ПАО «НПО «Стрела», г. Тула, без замечаний.

6. Акционерное общество «Мичуринский завод «Прогресс», Тамбовская область, г. Мичуринск, с замечанием:

- В тексте автореферата нет пояснений из каких соображений выбраны передаточные функции корректирующих звеньев усилительно-преобразующего тракта гиросtabilизатора на динамически настраиваемом гироскопе.

7. ООО «фирма Алькор, Тульская область, г. Щекино, с замечанием:

- В тексте автореферата нужно было пояснить для какой схемы построения подвеса динамически настраиваемого гироскопа (ДНГ) справедлива математическая модель ГС на ДНГ.

8. ООО «Ясногорский насосный завод», Тульская область, г. Ясногорск, с замечанием:

- На страницах 23-27 автореферата Малютин Д.М. привел описание методик проектирования чувствительных элементов повышенной точности (в том числе микромеханических) применительно к ИИиУС на основе ГС. Но эти результаты могут быть применены также при создании инклинометров для строительных работ, улучшения характеристик микромеханических датчиков в смартфонах, в системах регулирования производительности насосного оборудования. Эти сферы применения результатов работы можно было дополнительно отметить в разделе автореферата «Актуальность работы».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями и компетентностью в данной отрасли науки, наличием публикаций по выполненным исследованиям, близким к тематике соискателя, и, таким образом, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также отсутствием совместных публикаций. Согласие на оппонирование диссертации от ведущей организации и оппонентов имеется.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработаны:

1. Структура построения и математическое описание двухосного индикаторного ГС морского гравиметра с двухканальной системой коррекции, настроенной на период Шулера, с автономным способом демпфирования собственных колебаний, обеспечивающей инвариантность системы к горизонтальным ускорениям (с точностью до малой величины ε) не только при прямолинейном движении, но и при циркуляции судна.

2. Структура построения и математическое описание двухосного индикаторного ГС морского гравиметра повышенной точности с контурами параметрической коррекции сигнала первого интегратора системы интегральной коррекции для обеспечения устойчивого режима работы ГС при сохранении инвариантности к движению судна.

3. Структуры построения адаптивных схем акселерометрической коррекции ГС морского гравиметра, обеспечивающие повышение точности гравиметрических измерений и математическое описание адаптивных схем акселерометрической коррекции ГС морского гравиметра. Критерии самонастройки параметров адаптивных схем акселерометрической коррекции ГС морского гравиметра.

4. Структура построения и математическая модель двухосного индикаторного ГС гравиметрического комплекса с комбинированным управлением, включающая каналы компенсации возмущающих воздействий и контуры самонастройки параметров каналов

компенсации возмущающих воздействий для повышения точности ГС гравиметрического комплекса. Соотношения для выбора параметров каналов компенсации, обеспечивающие наилучшее качество работы системы.

5. Структурные решения и проектировочные зависимости построения усилительно – преобразующих трактов (УПТ) чувствительных элементов (ЧЭ) ГС ИИиУС, обеспечивающие повышение динамической точности работы (акселерометров компенсационного типа и датчика угловой скорости на основе поплавкового интегрирующего гироскопа с учетом процессов модуляции и демодуляции полезного сигнала и цифрового преобразования выходного сигнала; микромеханического акселерометра (ММА); волнового твердотельного гироскопа (ВТГ) в режиме датчика угловой скорости).

6. Структура построения и математическое описание многофункциональной информационно - измерительной и управляющей системы на основе двухосной индикаторной гировертикали на микромеханических чувствительных элементах (ММЧЭ), обеспечивающей совмещенный режим стабилизации и управления положением полезной нагрузки (ПН) в пространстве и выработки параметров ориентации подвижного основания. Способы повышения точности системы.

7. Способ повышения точности двухосного индикаторного ГС ПН на динамически настраиваемом гироскопе (ДНГ) и математическая модель двухосного индикаторного ГС ПН на ДНГ, достоверно отражающая динамику системы в реальных условиях эксплуатации на подвижном основании.

Научная новизна включает новые научные результаты, полученные в работе, и заключается в следующем:

1. Структура построения двухосного индикаторного ГС морского гравиметра, с системой коррекции настроенной на период Шулера, отличающаяся от известных автономным способом демпфирования собственных колебаний с применением полосового фильтра в прямой цепи, охватывающей первый интегратор и наличием приборных перекрестных связей между каналами системы коррекции и обеспечивающая инвариантность ГС к линейным ускорениям (с точностью до малой величины ε) не только при прямолинейном движении, но и при циркуляции судна. Особенностью математического описания структуры построения двухосного индикаторного ГС морского гравиметра, является возможность прогнозирования погрешностей ГС и погрешностей гравиметрических измерений в зависимости от кинематических параметров движения судна.

2. Структура построения двухосного индикаторного ГС морского гравиметра повышенной точности, отличающаяся от известных введением в систему интегральной коррекции контуров параметрической коррекции сигнала первого интегратора для обеспечения устойчивого режима работы ГС при сохранении инвариантности к движению судна.

3. Структуры построения адаптивных схем акселерометрической коррекции ГС морского гравиметра, в отличие от известных, обеспечивают повышенную точность гравиметрических измерений. Особенностью математического описания адаптивных схем акселерометрической коррекции ГС морского гравиметра являются критерии самонастройки параметров этих схем.

4. Структура построения и математическая модель двухосного индикаторного ГС гравиметрического комплекса с комбинированным управлением, отличающаяся от известных наличием каналов компенсации не только моментов сил вязкого трения, но и инерционных возмущающих воздействий, а также наличием контуров самонастройки параметров каналов компенсации возмущающих воздействий для повышения точности ГС гравиметрического комплекса. Соотношения для выбора параметров каналов компенсации возмущающих воздействий, обеспечивающие наилучшее качество работы системы.

5. Структурные решения построения УПТ чувствительных элементов ГС ИИиУС и проектировочные зависимости, обеспечивающие повышение динамической точности работы

(микромеханических акселерометров (ММА) и микромеханических гироскопов (ММГ); волнового твердотельного гироскопа (ВТГ) в режиме датчика угловой скорости; акселерометров компенсационного типа и датчика угловой скорости (ДУС) на основе поплавкового интегрирующего гироскопа (ПИГ), в отличие от известных решений, с учетом процессов модуляции и демодуляции полезного сигнала, цифрового преобразования выходного сигнала и заданными величиной динамической погрешности и помехи на выходе акселерометра компенсационного типа и ДУС на основе ПИГ).

6. Структура построения и математическое описание многофункциональной ИИиУС на основе двухосной индикаторной гировертикали на микромеханических чувствительных элементах (ММЧЭ), отличающейся от известных управлением с применением образцовых моделей контуров стабилизации и коррекции гировертикали, обеспечивающей функцию стабилизации и управления положением полезной нагрузки (ПН) в пространстве и функцию выработки параметров ориентации подвижного основания. Способы повышения точности многофункциональной информационно - измерительной и управляющей системы на основе двухосной индикаторной гировертикали на ММЧЭ.

7. Способ повышения точности двухосного индикаторного ГС ПН на динамически настраиваемом гироскопе (ДНГ), основанный на введении в УПТ каналов стабилизации, в отличие от известных решений, комбинации изодромного, интегро - дифференцирующего звена и трех режекторных звеньев, и обеспечивающий устойчивый режим работы ГС, расширение полосы пропускания, повышение динамической точности, инвариантность ГС к временной нестабильности ряда параметров ДНГ. Обобщенная математическая модель двухосного ГС ПН на ДНГ (как система нелинейных дифференциальных уравнений, включающая дифференциальные уравнения движения полезной нагрузки, дифференциальные уравнения функционирования ДНГ, дифференциальные уравнения функционирования УПТ контуров управления, дифференциальные уравнения кинематики движения элементов карданова подвеса), отличающаяся от имеющихся подробным представлением возмущений в виде функций угловых скоростей качки основания, угловых скоростей движения элементов карданова подвеса при переменных углах поворота рам карданова подвеса и учетом динамических связей между каналами системы, позволяющая анализировать работу системы в реальных условиях эксплуатации на подвижном основании.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработанные теоретические положения, направленные на повышение точности ИИиУС на основе ГС, вносят существенный вклад в развитие научно - технических основ построения новых и совершенствования существующих ИИиУС на основе ГС. Внедрение результатов диссертации в практику позволяет повысить точность и эффективность гравиразведочных работ поиска полезных ископаемых, точность определения параметров ориентации транспортных средств, точность стабилизации и управления полезной нагрузкой.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что предложенные в диссертационной работе теоретические положения, направленные на повышение точности ИИиУС на основе ГС:

- использованы при выполнении НИР, ОКР, гранта РФФИ, гранта Правительства Тульской области;

- реализованы в виде: 12 патентов РФ на изобретение, 2-х патентов РФ на полезную модель, двух программ для ЭВМ, на которые получены свидетельства о регистрации;

- реализованы в гравиметрическом комплексе «ГРИН», который сертифицирован Государственным комитетом Российской Федерации по стандартизации и метрологии, применен при проведении научных исследований и производственных работ в акватории Мирового океана и переходных зон, при проведении научных и производственных работ в районе Штокмановского, Приразломного месторождений в Баренцевом море, при выполнении более 10000 километров гравиметрической съемки на акваториях Азовского, Черного и Каспийского морей.

Результаты диссертации внедрены в научную, производственную деятельность АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» г. Санкт Петербург, АО «Южморгеология» г. Геленджик и учебную деятельность ФГБОУ ВО Тульский государственный университет, что подтверждается актами внедрения и рекомендуются к использованию для создания ИИиУС на основе ГС повышенной точности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что

- Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждена всесторонним анализом выполненных ранее научных работ по теме диссертации;

- теоретические положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подтверждены использованием современного апробированного научно - методического и математического аппарата теории автоматического управления и теории гироскопических приборов и устройств, современных пакетов математических программ;

- теоретические положения диссертации не противоречат известным теоретическим положениям, подтверждаются экспериментальными исследованиями, цитируемостью публикаций по результатам диссертационной работы.

Личный вклад соискателя состоит в планировании, организации и проведении всех представленных в диссертации исследований; в разработке теоретических положений повышения точности ИИиУС на основе ГС; в проведении экспериментальной оценки предлагаемых решений; в практической реализации и внедрении полученных результатов (акты внедрения представлены в диссертации).

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Малютин Д.М. ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 04 марта 2025 года диссертационный совет принял решение:

за изложение новых научно обоснованных теоретических положений, направленных на повышение точности информационно - измерительных и управляющих систем на основе гиросtabilизаторов за счет разработки способов повышения точности информационно - измерительных и управляющих систем на основе гиросtabilизаторов на основе аппарата теории автоматического регулирования с применением принципа самонастройки параметров системы, метода комбинированного управления и метода управления с применением образцовой модели системы присудить **Малютину Дмитрию Михайловичу** ученую степень доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно - измерительные и управляющие системы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за 16, против нет, недействительных бюллетеней нет.

**Председатель
диссертационного совета**



**Минаков
Евгений Иванович**

**Ученый секретарь
Диссертационного совета**

**Маслова
Анна Александровна**

04 марта 2025 года