

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора

Пяткова Вячеслава Викторовича

на диссертацию ***Котова Дмитрия Дмитриевича*** на тему:

«Методы анализа и синтеза информационно-управляющей системы автономного необитаемого подводного аппарата для решения задач в интересах минерально-сырьевого комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.3.1. - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность темы диссертации

Геологоразведочные, инспекционные работы в интересах минерально-сырьевого комплекса (МСК) России в настоящее время всё чаще выполняются в сложных морских акваториях Арктики и континентального шельфа, где высокие требования к точности, устойчивости и автономности подводных систем сочетаются с жёсткими ограничениями. В подобных условиях традиционные технологии геологоразведки и инспекции инфраструктуры, ограниченные в точности, автономности и рентабельности при работе в условиях Арктики, сложного климата, ледовой обстановки и удалённости от инфраструктуры, уже не обеспечивают необходимого уровня эффективности.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-48 ОТ 05.09.25
АУ УС

В этих условиях решение задач МСК в морских акваториях требует новых подходов. В последние годы на первый план при решении подобных задач выходит применение автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА), оснащённых современными информационно-управляющими системами (ИУС).

Комплексное решение задач МСК, особенно в условиях подлёдных исследований и выполнение глубоководных операций на российском континентальном шельфе в настоящее время практически не используется. Отсутствует также целостная концепция создания и применения ИУС АНПА, учитывающая специфику российского континентального шельфа, Мирового океана и Арктики.

Развитие отечественной подводной робототехники является стратегической задачей и успешная реализация таких проектов невозможна без специализированных систем управления, способных работать в условиях ограниченной связи, автономности и высокой неопределенности.

В связи с изложенным выше тема диссертационной работы, направленной на комплексный подход к исследованию, созданию и применению ИУС АНПА на основе системного анализа, синтеза и моделирования, обеспечивающих эффективное решение задач в морских акваториях в интересах МСК, представляется актуальной.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке и обосновании целостной методологии структурно-параметрического синтеза ИУС для АНПА, предназначенных для решения задач МСК России. Автором предложена концептуальная модель ИУС, отражающая взаимосвязи между

техническими характеристиками аппарата, условиями эксплуатации и решаемыми задачами.

Обоснованы критерии качества, соответствующие специфике МСК, включающие полноту и точность геологоразведки, устойчивость навигации при ограниченной связи, энергетическую эффективность и надёжность при длительной автономной работе. Установлены зависимости между типом задач и структурно-параметрическими характеристиками ИУС, что позволяет адаптировать архитектуру под конкретные задачи и сценарий эксплуатации.

Важным элементом новизны является реализация нелинейной динамической модели АНПА с шестью степенями свободы в программной среде MATLAB/Simulink, а также разработка многоконтурных регуляторов, обеспечивающих заданные параметры устойчивости и точности АНПА при решении различных задач.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным применением общепризнанных теорий, методов системного исследования, применением стандартных и апробированных методов математического и имитационного моделирования, использованием современных инструментальных средств математического и имитационного моделирования, верификацией моделей в программной среде MATLAB/Simulink и сопоставлением с результатами известных исследований.

Результаты моделирования показали статистическую сходимость и корреляцию с данными натурных экспериментов, что подтверждает адекватность моделей.

Дополнительным аргументом в пользу обоснованности выводов является факт внедрения отдельных элементов разработанной методологии в практическую деятельность.

4. Научные результаты, их ценность

Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, результаты которой обладают теоретической и практической значимостью.

Основными результатами работы, обладающими научной новизной, являются следующие.

1. Концептуальная модель ИУС АНПА, отражающая специфику задач МСК России.

2. Метод структурно-параметрического синтеза, позволяющий адаптировать архитектуру ИУС под решение конкретных задач и конкретные условия эксплуатации.

3. Имитационная модель АНПА с нелинейной динамикой, обеспечившая возможность апробации и настройки алгоритмов управления АНПА.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук (Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus/WoS). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость полученных результатов работы заключается

в развитии инструментария теории сложных систем за счёт разработки методологии проектирования ИУС АНПА, увязанной с отраслевыми требованиями МСК. Предложенный подход позволяет связать цели верхнего уровня (задачи МСК) с параметрами конкретного АНПА и его ИУС, что ранее не было системно реализовано в отечественных разработках.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в возможности непосредственного применения методики структурно-параметрического синтеза и разработанных алгоритмов в проектных и эксплуатационных организациях, занимающихся подводной робототехникой и решением задач в морских акваториях. Полученные результаты могут повысить точность исследований, устойчивость к отказам и энергоэффективность АНПА, особенно при длительных миссиях в морских акваториях России.

Практическая значимость подтверждается актом реализации результатов диссертационной работы в НИР, а также свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Разработанные методы и модели могут быть использованы при проектировании новых отечественных АНПА, модернизации существующих систем, а также при подготовке проектной, эксплуатационной документации и разработке регламентов выполнения различных задач в сложных морских акваториях Арктики и континентального шельфа в интересах МСК.

Возможно применение предложенных алгоритмов в составе многоаппаратных комплексов и интеграция средств мониторинга в береговые и судовые комплексы управления АНПА при решении задач в интересах МСК.

7. Замечания и вопросы по работе

В целом, диссертационная работа обладает логической последовательностью решения научной задачи. Содержание автореферата полностью соответствует сути и содержанию диссертации.

Вместе с тем, по работе имеется ряд следующих замечаний.

1. В работе автором приведены три типовых сценария решения задач АНПА в морских акваториях в интересах МСК. Из содержания диссертации неясно, каким образом разработаны типовые сценарии и рассматривалась ли возможность расширения сценариев, например, для одновременного выполнения нескольких задач в рамках одной миссии.

2. При разработке концептуальной модели функционирования ИУС АНПА автором могли бы быть более развернуто изложены подходы к обоснованию весовых коэффициентов при сравнительной оценке архитектур систем.

3. В работе не рассматривались вопросы интеграции предлагаемых вариантов ИУС АНПА с береговыми или судовыми системами мониторинга, планирования и обработки данных для оптимизации всего цикла работ в интересах решения задач МСК.

4. При решении задач управления движением АНПА автором предложена многоконтурная структура управления, выполненная на базе ПИД-регуляторов. Вместе с тем, из содержания работы неясно, рассматривались ли в процессе проведения диссертационного исследования альтернативные методы управления, например, применение адаптивных или робастных регуляторов.

5. При разработке имитационной модели функционирования ИУС АНПА неясно, какие критерии легли в основу выбора конкретных конфигураций двигателей для АНПА, и как этот выбор влияет на энергопотребление и маневренность аппарата. Кроме того, из содержания

работы неясно, какова чувствительность разработанных алгоритмов навигации к ошибкам в определении начальных координат АНПА.

6. В работе отсутствует информация о возможностях интеграции предлагаемых вариантов ИУС АНПА с системами машинного обучения и искусственного интеллекта для повышения автономности и гибкости функционирования АНПА при их развитии в долгосрочной перспективе.

Однако, отмеченные недостатки не существенно снижают научную ценность диссертационной работы.

8. Заключение по диссертации

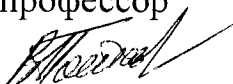
В целом, диссертационная работа Котова Д.Д. выполнена на достаточно высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором предложено новое решение задач МСК в сложных морских акваториях Арктики и континентального шельфа с использованием современных АНПА.

Диссертация «Методы анализа и синтеза информационно-управляющей системы автономного необитаемого подводного аппарата для решения задач в интересах минерально-сырьевого комплекса», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, полностью соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Котов Дмитрий Дмитриевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по

специальности 2.3.1. - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник 52 отдела военного института (научно-исследовательского) ФГБВОУ высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской доктор технических наук, профессор



Пятков Вячеслав Викторович

«14» августа 2025 г.

Подпись старшего научного сотрудника 52 отдела военного института (научно-исследовательского) ФГБВОУ высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации заверяю.

Врио начальника отдела кадров ВКА им. А.Ф.Можайского



Е.Слатова

«14» августа 2025 г.

М.П.

**Сведения об официальном
оппоненте:**

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13

Официальный сайт в сети Интернет: <https://vka.mil.ru/>

Телефон: +7 (921) 983-20-13

E-mail: pyatkov1955@mail.ru