

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе  
на тему **«Разработка и исследование автономного гусенично-колесного ре-  
конфигурируемого робота»**, представленной аспирантом **У Цюе**  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.5.4 - «Роботы, мехатроника и робототехнические системы»

У Цюе проводил научные исследования по теме диссертации с 2019 по 2025 гг. Диссертация У Цюе выполнена на кафедре «Автоматики и управления» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В период подготовки диссертации У Цюе являлся аспирантом очной формы обучения кафедры «Автоматика и управление» в Московском Политехе.

Характеризуя У Цюе, следует отметить его ответственность, аккуратность, творческое отношение к решению поставленных задач. Соискатель постоянно повышает свой научный уровень, владеет навыками экспериментальных исследований, плодотворно работает с литературой, показывая высокую работоспособность и настойчивость в достижении цели.

Выполненная диссертационная работа У Цюе посвящена разработке и исследованию мобильного реконфигурируемого робота. Автор провел законченное исследование, охватывающее весь цикл проектирования: от теоретического обоснования и математического моделирования до создания действующего экспериментального образца и его испытаний. Целью исследования является повышение производительности и безопасности работ в труднодоступных и опасных зонах при чрезвычайных ситуациях.

Научная новизна работы заключается в комплексном подходе к проектированию мехатронных систем. Автором разработан метод оптимизации механизма реконфигурации, учитывающий эффект «мертвых точек». Это позволило

реализовать силовое замыкание через механические упоры, защищая приводы от разрушающих динамических нагрузок. Предложена уникальная архитектура системы управления на базе иерархических конечных автоматов с модулем автоматического восстановления данных (Recovery FSM), обеспечивающая автономный выход из аварийных режимов. Впервые реализован алгоритм преодоления препятствий на основе активного вертикального сканирования ультразвуковым датчиком, что позволило достичь высокой точности измерения (погрешность менее 5%) при минимальных вычислительных ресурсах. Также синтезирован алгоритм управления в режиме насыщения, компенсирующий сухое трение в приводах без использования сложных наблюдателей состояния.

Теоретическая значимость работы обоснована методикой синтеза законов управления нелинейными механизмами в режиме насыщения. Автор теоретически доказал возможность использования повышенных коэффициентов усиления для компенсации трения без потери устойчивости системы. Установленные аналитические зависимости между геометрией и распределением нагрузок позволяют проектировать шасси с функцией механической разгрузки, что расширяет классическую теорию проектирования мобильных платформ.

Практическая значимость работы подтверждается созданием действующего программно-алгоритмического обеспечения для микроконтроллеров (Arduino Mega 2560) и физического прототипа робота. Натурные испытания на экспериментальном образце, оснащённом двигателями VEX и датчиками HC-SR04, подтвердили способность робота автономно преодолевать вертикальные препятствия, высота которых превышает высоту гусеничной группы. Результаты работы имеют прикладную ценность для производства малогабаритных поисково-спасательных и разведывательных роботов, предназначенных для работы в зонах чрезвычайных ситуаций.

Автор успешно применил методы теоретической механики и уравнений Лагранжа II рода для кинематического и динамического анализа. Используются методы классической и нелинейной теории автоматического управления для анализа устойчивости по критерию Найквиста. Математическое моделирование в

среде MATLAB/Simulink позволило оптимизировать параметры системы до этапа сборки. Встроенное ПО реализовано на языке C++ с применением современных методов обработки сигналов (медианная фильтрация).

В целом, диссертация представляет собой законченное научно-практическое исследование, в котором автор продемонстрировал владение современным инструментарием проектирования робототехнических систем и успешно решил актуальную задачу повышения автономности и проходимости мобильных платформ.

Основные положения и результаты диссертационной работы У Цюе представлены в 20 публикациях, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 4 публикации в международных научных изданиях IEEE и Scopus. Получены 2 патента РФ на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертационная работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор У Цюе заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4 - «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

Научный руководитель  
д.т.н., профессор

М.Ю. Рачков

подпись Рачкова М.Ю. заверяю

