

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Волошкина Артёма Александровича «Методы проектирования и оптимизации автономной робототехнической системы для сбора фруктов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Актуальность темы исследования. Работа посвящена вопросам расширения функциональных возможностей автономных робототехнических систем для сбора фруктов, выполненных на базе мобильной колесной платформы и механизма параллельной структуры типа трипод с центральной пассивной кинематической цепью и телескопическим звеном. Основной задачей таких роботов является надежный и безопасный захват и отделение фруктов без их повреждения.

В настоящее время в сельскохозяйственной отрасли существует ряд задач, оптимальным способом решения которых является применение автономных робототехнических комплексов. Автоматизация процесса сбора урожая является перспективным направлением развития аграрного сектора, в котором используются специализированные робототехнические системы, способные выполнять сложные технологические операции без участия человека. Для автономного роботизированного сбора фруктов необходимо, чтобы аппараты и системы соответствовали определенным критериям, связанным с движением, распознаванием объектов и взаимодействием с окружающей средой. Эти критерии включают требования к рабочему пространству манипулятора, его подвижности, усилию захвата, степени адаптации к изменяющимся внешним условиям, характеру перемещения и ориентации выходного звена, скорости и точности воспроизведения заданных траекторий. Несмотря на наличие ряда технических решений в области робототехники для сельского хозяйства, практическое применение автономных систем сбора фруктов сталкивается с рядом проблем, таких как недостаточно высокая точность распознавания зрелых

плодов, ограниченная маневренность, сложность реализации комбинированного метода отделения фруктов (отрывание и скручивание), а также необходимость обеспечения мягкой транспортировки плодов без повреждений. Несмотря на отдельные успешные примеры внедрения, данный подход требует дальнейшего систематического совершенствования методов проектирования, моделирования и оптимизации конструктивных параметров робототехнических систем, что подтверждает научную и практическую актуальность проведенного исследования.

Научная новизна исследований. Автором предложена структура робототехнической системы для сбора фруктов, выполненная на основе колесной мобильной платформы и робота-трипода с центральной пассивной кинематической цепью и телескопическим звеном с захватным устройством. Также разработана математическая модель данной системы, описывающая зависимость положения выходного звена робота-трипода с пассивной центральной кинематической цепью от углов ориентации его рабочей платформы и выдвижения установленного на ней телескопического звена.

На основе эволюционных подходов предложен алгоритм многокритериальной оптимизации параметров робота-трипода с пассивной центральной кинематической цепью. Также разработан алгоритм технического зрения для локализации деревьев и точного распознавания и захвата фруктов на основе интеграции сверточных нейронных сетей и преобразования Хафа.

В диссертации разработан комбинированный метод проектирования робототехнической системы на основе формализации всех этапов проектирования и топологической оптимизации распределения материала в конструктивных элементах.

Новизна технических решений подтверждается патентом на изобретение и программами для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии научных основ математического и имитационного моделирования, проектирования автономных робототехнических систем для сбора фруктов, а также в разработке новых алгоритмов оптимизации параметров механизма и

технического зрения. Кроме того, важным результатом является разработанный комбинированный метод проектирования, включающий формализацию всех стадий от создания математических моделей до топологической оптимизации конструктивных элементов с использованием CAD/CAE-систем. Все разработанные алгоритмы реализованы в виде программных модулей, предназначенных для многокритериальной оптимизации параметров робота-трипода и захватного устройства, обеспечивающих компактность и маневренность конструкции. Предложена и апробирована методика экспериментальной проверки SLAM-алгоритма одновременной локализации и построения трехмерной карты местности, а также алгоритма распознавания и захвата плодов, обеспечивающих автономную навигацию в неструктурированной среде. Разработана конструкция специального захватного устройства, позволяющего комбинировать методы отрывания и скручивания фруктов, что обеспечивает надежный захват и отделение без повреждений. На основе предложенных методов создана и испытана в лабораторных и реальных условиях плодового сада конструкция полномасштабного экспериментального образца автономной робототехнической системы для сбора фруктов, способной выполнять не только захват и отделение плодов, но и их складирование и транспортировку.

Достоверность полученных результатов подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных результатов, а также результатами идентификации параметров математической модели автономной робототехнической системы для сбора фруктов.

Диссертационная работа прошла апробацию на Международных и Всероссийских конференциях, сформулированные автором научные положения, выводы и рекомендации логичны и обоснованы, согласуются с результатами проведенных теоретических и экспериментальных исследований. Результаты работы получили внедрение в учебный процесс.

Публикации автора и автореферат в полной мере отражают содержание диссертации, соответствующей специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Структура и объем диссертации. Соответствие содержания автореферата тексту диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка литературы, приложений. Общий объем диссертации 176 страницы. Работа изложена на 143 страницах основного текста, включающего 10 таблиц, 82 рисунка и 5 приложений. Список литературы представлен на 13 страницах из 128 наименований.

Рассмотренная в диссертации научная проблема, а также решаемые автором задачи и полученные результаты, соответствуют паспорту специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Автореферат излагает основные положения диссертационной работы и соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Замечания по диссертации:

1. В работе приведен большой обзор по существующим в мире устройствам (роботам), помогающим при сборе урожая овощей и фруктов. Большинство примеров приводятся из зарубежных источников, хотя подобные работы ведутся и в России.

2. В обзоре большое внимание уделяется функциональным качествам механизмов и мало говорится о структуре (кинематической схеме) поэтому трудно сделать вывод о недостатках конструкции, приведенных в примерах, а также сложно согласится с тем, что предложенная структура является наиболее предпочтительной.

3. В четвертой главе рассмотрены экспериментальные исследования, подтверждающие работоспособность захватного устройства, робота-трипода и функциональность предложенной компоновки, однако экспериментальные исследования устройства для транспортировки с инерциальным тормозом в работе не представлены.

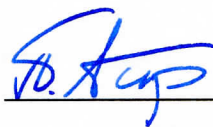
Заключение

Несмотря на отмеченные замечания, диссертация Волошкина Артёма Александровича «Методы проектирования и оптимизации автономной робототехнической системы для сбора фруктов» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, а также по достоверности полученных результатов и сформулированным выводам диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Автор работы, Волошкин Артём Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (специальность 2.5.2. Машиноведение), доцент, профессор кафедры «Основы конструирования машин» МГТУ им. Н.Э. Баумана



Ларюшкин Павел Андреевич

«06» июня 2025 г.

Контактная информация:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, каф. РКЗ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Телефон: +7 (499) 263-63-37

E-mail: pav.and.lar@bmstu.ru



**ЗАВЕРЯЮ
ВЕД. СПЕЦИАЛИСТ ПО
ПЕРСОНАЛУ ОТДЕЛА
КАДРОВОГО АДМИНИСТР
УКСИА
РУДНЕВА ИВ**