

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Нелюбовой Анны Васильевны на тему: «Управление движением манипулятора параллельно-последовательной структуры на основе трипода с дополнительной геометрической связью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки)

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Рецензируемая работа посвящена разработке алгоритма формирования программных траекторий для приводов манипулятора параллельно-последовательной структуры с дополнительной геометрической связью. Алгоритм разработан с учетом кинематических и динамических характеристик механизма.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Основные положения диссертации имеют прочную теоретическую основу и подтверждены эмпирическими данными. Выносимые на защиту положения полностью соответствуют поставленным автором целям и задачам. Структура работы логично выстроена и последовательно раскрывает авторский исследовательский замысел. Диссертация построена по общепринятому научно-исследовательскому принципу и включает в себя все необходимые системные элементы: теоретические положения, результаты исследований и практические рекомендации. В процессе исследования автором были корректно применены фундаментальные положения теоретической механики, теории механизмов и машин, теории автоматического управления, а также методы математического и компьютерного моделирования и обработки данных.

ДОСТОВЕРНОСТЬ И НОВИЗНА

Достоверность полученных результатов подтверждена их успешной апробацией на научно-практических конференциях и публикациями. По теме диссертации опубликовано 21 научная работа, включая 8 статей в журналах из списка ВАК, 1 статью в базе Scopus, а также зарегистрировано 2 патента на полезную модель и 1 программа для ЭВМ. Результаты исследований согласуются с существующими научными данными, демонстрируют соответствие теоретических и экспериментальных выводов, и не противоречат предыдущим аналогичным работам.

Научная новизна работы включает в себя: новую кинематическую схему манипулятора с дополнительной связью, исключаящую изгибающие моменты приводов и расширяющую функционал; методы расчета кинематики манипулятора-трипода с дополнительной связью, включая решение прямой и обратной задач кинематики; критерии близости к особым положениям механизма, определяющие потерю подвижности и неконтролируемые перемещения; алгоритм программного управления перемещением приводов методом кинематического синтеза, формирующий закон движения в виде единого полинома; математическую модель динамики, учитывающая реальные движения звеньев как твердых тел для повышения достоверности; результаты экспериментальных исследований на полномасштабном образце.

Новизна технических решений подтверждается патентами РФ на полезные модели, свидетельствами о государственной регистрации программ на ЭВМ.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Теоретические модели манипуляторов могут применяться для алгоритмов управления в производственных сферах. Результаты работы полезны при проектировании новых манипуляторов, расчете их

кинематических и динамических характеристик при перемещении рабочего органа по произвольным траекториям.

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа состоит из введения (стр.4-10), пяти глав (стр. 11-131), заключения (стр.132-133), списка литературы (стр. 134-145), состоящего из 87 источников и приложений (стр. 146-148). Объем диссертации составляет 148 страниц.

В разделе **введения** аргументирована значимость выбранной темы, охарактеризован уровень ее изученности, определены цели и задачи работы, сформулированы основные положения, подлежащие защите. Также изложены методологические основы и применяемые методы исследования, обоснована достоверность полученных данных, а также раскрыта их теоретическая и практическая ценность.

В первом разделе работы проведен обзор и оценка актуальных научных разработок в сфере манипуляционных систем параллельного и параллельно-последовательного типов, активно используемых в агропромышленном комплексе и машиностроении. Проанализированы конструкции на базе последовательных, параллельных и гибридных механизмов, включая их кинематические схемы и адаптацию под конкретные технологические задачи. Отмечается, что системы последовательного типа отличаются обширной зоной обслуживания, однако страдают от низкой жесткости, что снижает точность позиционирования. Параллельные манипуляторы, напротив, характеризуются высокой жесткостью и скоростью, но имеют ограниченное рабочее пространство. Гибридные решения сочетают достоинства обоих подходов, позволяя одновременно достигать большой зоны охвата и высокой точности. Для устранения недостатков существующих гибридных систем предложена новая кинематическая схема с внедрением дополнительной геометрической связи, что способствует снижению изгибающих моментов в линейных приводах и расширению спектра выполняемых операций.

Во второй главе диссертации проведен кинематический анализ манипулятора с учетом его геометрических параметров.

Третья глава посвящена представлению метода кинематического синтеза, направленного на получение аналитических законов программных перемещений исполнительных приводов манипулятора. Данный метод обеспечивает реализацию движения характерной точки выходного звена в соответствии с заданной траекторией и законом. Разработанная методика расчета аналитических зависимостей для управляющих исполнительных звеньев манипулятора, обладающего параллельно-последовательной структурой, позволяет сформировать алгоритм системы управления, функционирующей с обратными связями по координатам положения и скорости.

Четвертая глава посвящена математическому описанию движения манипулятора. С использованием уравнений Лагранжа 2-го рода была построена система нелинейных дифференциальных уравнений, моделирующая его динамику. Этот подход позволяет рассчитать усилия, необходимые для заданного перемещения конечного звена манипулятора.

В пятой главе представлена конструкция и технические параметры полномасштабного образца манипулятора с параллельно-последовательной структурой и дополнительной связью. Была экспериментально определена статическая характеристика его привода. Сравнение теоретических и экспериментальных данных выявило расхождение не более 10%. Согласованность результатов, учитывая погрешности измерений, подтверждает работоспособность разработанных аналитических алгоритмов управления для данного типа манипулятора.

ЗАМЕЧАНИЯ И ПОЖЕЛАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Во введении сформулирована достаточно обширная новизна диссертационного исследования, но п.6 о «Результатах экспериментальных

исследований на полномасштабном экспериментальном образце манипулятора при перемещении рабочего органа манипулятора из начального положения в заданное конечное положение» скорее отражает один из пунктов задач исследования, но не новизны. В диссертации в явном виде не приведены результаты сравнительного анализа разработанных автором методов экспериментальных исследований с методами других авторов.

2. В разделе 2.3 (таблица 2.1) приведен алгоритм построения кривых перемещения характерной точки выходного звена для формирования зоны обслуживания. Целесообразно было бы указать на рисунке 2.3 положение кривых 1-16 алгоритма построения.

3. В разделе 4.4 на рисунках 4.6 и 4.7 приведены зависимости изменения движущих сил F_1 , F_2 , F_3 , F_4 при перемещении выходного звена из нулевого положения в начальную точку, а затем в конечную. Почему изменение сил при перемещении выходного звена из нулевого положения в начальную точку имеют постоянные значения, при этом перемещение происходит по пространственной прямой, также как из нулевого положения в конечное?

4. Для подтверждения адекватности математической модели проведены экспериментальные исследования при перемещении выходного звена из одной точки в другую только по прямой (раздел 5.4), и не подтверждено экспериментально движение выходного звена по полуокружности, хотя в главе 3 описана методика и результаты кинематического синтеза при движении выходного звена по полуокружности.

5. Из текста диссертации в главе 5 не ясно, экспериментальные исследования проводились при движении исполнительного органа манипулятора с грузом (если да, то какова масса груза) или без груза, и как влияет масса груза на ошибку позиционирования и на отклонение экспериментальной кривой от теоретической?

6. В разделе 5.4. на стр. 125 говорится, что в «систему управления вводятся система датчиков, измеряющие в каждый момент времени кинематические параметры движения». Надо было пояснить, о каких датчиках и кинематических параметрах идет речь?

7. В 5 главе и в заключении диссертации говорится о том, «что экспериментально установлено, что разработанные математические модели кинематики и динамики описывают движения звеньев манипулятора с достаточной для практического применения точностью (ошибка позиционирования не превышает 10%», стр. 130, 131, 133), но не приведена методика для определения процентного соотношения ошибки теоретических и практических исследований.

8. Некоторые приведенные графики в работе приводятся без анализа, что снижает их практическую ценность. Например, не ясно для какой цели приведены экспериментальные зависимости в главе 5 на рисунке 5.15, при этом на данном графике нет теоретических кривых для сравнения и описание также отсутствует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Нелюбовой Анны Васильевны на тему «Управление движением манипулятора параллельно-последовательной структуры на основе трипода с дополнительной геометрической связью» представляет завершённую научно-квалификационную работу, в которой получены новые результаты, заключающиеся в разработки аналитических методов синтеза программных ориентирующих перемещений исполнительных звеньев манипуляторов параллельно-последовательной структуры на основе трипода с дополнительной геометрической связью. Полученные результаты исследований характеризуются научной и практической значимостью, могут использоваться для различных технологических процессов производственной сферы, что имеет важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы, которая соответствует паспорту специальности 2.5.4. и требованиям раздела II «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, в частности пунктов 9-11, 13, 14, а ее автор Нелюбова Анна Васильевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки).

Официальный оппонент:
Доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Механика»,
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный
аграрный университет»


Н.С. Воробьева

05.06.2026 г.

Сведения о лице, подписавшем отзыв:

Воробьева Наталья Сергеевна

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Заведующий кафедрой «Механика»

Адрес: 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26

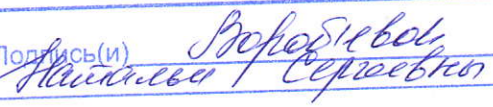

Телефон (факс): +7(8442)41-17-84

Веб-сайт: <https://volgau.ru/obrazovanie/fakultety-i-kafedry/inzhenerno-tekhnologicheskiiy-fakultet/kafedra-mekhanika/>, <https://volgau.ru/>

E-mail: volgau@volgau.ru

Специальность, по которой получена ученая степень доктора технических наук: 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки)



Подпись(и)	
Завещаю начальник Управления кадровой политики и воспроизводства	
	Е.Ю. Коротич
	05.06.2026 г.

« 07 »	Вх. № 0.5-65-53
ЛИСТОВ	« 08 » 06 2026 г.
	ВолгГТУ

С отзывом ознакомлена
08.06.2026 