

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента кафедры «Педагогика и методика профессионального обучения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Захарова Евгения Николаевича на диссертацию Ждановой Юлии Ильдаровны «Методы анализа, синтеза и алгоритмы управления антропоморфным захватным модулем сервисного робота с групповым приводом выходных звеньев», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

1. Актуальность

Диссертационная работа Ждановой Ю.И. посвящена решению актуальной научно-технической задачи – повышению эксплуатационных возможностей антропоморфных захватных модулей сервисных роботов. Активное развитие сервисной робототехники, в том числе для работы в космосе, под водой и в условиях чрезвычайных ситуаций, требует создания захватных устройств, способных надежно взаимодействовать с объектами изначально неопределенной формы и размеров при минимальном участии оператора.

Существующие решения часто либо сложны (индивидуальные приводы на каждую степень подвижности), либо недостаточно адаптивны. Переход к механизмам с групповым приводом и изменяемой структурной схемой является перспективным, но сопряжен с отсутствием адекватных методов их анализа, структурного и параметрического синтеза, а также алгоритмов управления. Разработка таких методов, безусловно, является актуальной задачей, имеющей важное значение для развития робототехники.

2. Научная новизна исследования и полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1) Дополнен и развит метод анализа сложных механических систем с изменяемой структурной схемой на основе функциональных схем,

позволяющий идентифицировать способ обхвата объекта (по контуру, щипковый, комбинированный) и определять необходимые конструктивные составляющие для его реализации;

2) Предложен и обоснован новый вариант построения исполнительной группы звеньев с групповым приводом, в котором дополнительные силовые элементы (пружины) вводятся между выходными звеньями и звеньями системы передачи движения, что обеспечивает создание дополнительных силовых контуров, удерживающих объект;

3) Разработан метод структурного синтеза антропоморфного хватного модуля по независимым иерархическим уровням, учитывающий параметры, не связанные жесткими иерархическими связями;

4) Предложен метод параметрического синтеза рычажной системы передачи движения, обеспечивающий минимизацию поперечных габаритов исполнительной группы и стабильность силового воздействия на выходных звеньях при обхвате объектов предельных размеров;

5) Разработан алгоритм управления двигателями оппозитных исполнительных групп, обеспечивающий обхват недетерминированного и незафиксированного объекта без его смещения, исключающий необходимость копирующего режима;

6) Разработан алгоритм непрямого управления моментом на двигателях для создания заданного усилия на выходных звеньях без установки на них датчиков силы, что критически важно для работы в условиях радиации.

3. Краткий анализ содержания диссертации

Во **введении** обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, представлены положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** проведен глубокий анализ существующих антропоморфных хватных устройств, структур их приводов. Показана ограниченность традиционных методов анализа для механизмов с изменяемой

структурой («underactuated grippers»). Выявлены нерешенные задачи, что позволило автору корректно сформулировать цель и задачи исследования.

Во **второй главе** предложен и развит метод анализа на основе функциональных схем. Определены правила отображения дополнительных связей строения и функционирования. Впервые установлена зависимость между введенными связями и реализуемым способом обхвата (по контуру, щипковый, комбинированный), что является важным теоретическим результатом.

В **третьей главе** представлен метод структурно-параметрического синтеза. Предложена оригинальная методика многоуровневого структурного синтеза с индивидуальными критериями оптимальности на каждом уровне. Обоснована оптимальная структура захвата (четыре попарно-оппозитные группы с тремя звеньями в каждой). Решена задача параметрического синтеза рычажной системы передачи движения, обеспечивающая минимизацию поперечных габаритов (коэффициент компактности 0,35).

В **четвертой главе** разработаны алгоритмы управления. Предложен алгоритм идентификации положения объекта на опоре. Разработан алгоритм обхвата незафиксированного объекта, обеспечивающий сохранение его положения. Особого внимания заслуживает алгоритм непрямого управления усилием на замыкающем звене, основанный на расчете приведенного момента, что позволяет отказаться от силовых датчиков на выходных звеньях. Получены аналитические зависимости приведенного момента для всех семи возможных вариантов взаимодействия.

В **заключении** подведены итоги работы, сформулированы основные выводы, которые полностью соответствуют поставленным задачам.

4. Теоретическая значимость

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методов анализа сложных механических систем с изменяемой структурой, формализации задач структурного синтеза антропоморфных хватных модулей, обосновании нового варианта построения группового привода с улучшенным силовым

взаимодействием, а также в разработке математической модели непрямого управления усилием на выходном звене через анализ приведенного момента.

5. Практическая значимость

Практическая ценность подтверждена актами внедрения результатов в проектах АО «НПО «Андроидная техника» (ОКР «Теледроид-НА» для ПАО «РКК «Энергия») и ФГУП «РосРАО» (проект «Каньон»). Разработанные алгоритмы и методы позволили:

- обеспечить обхват объектов с сечением от 22 до 89 мм;
- реализовать автоматический режим обхвата без участия оператора;
- контролировать усилие на выходных звеньях без силовых датчиков, что критически важно для работы в условиях радиации.

6. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений и выводов обеспечивается корректным использованием апробированного математического аппарата (теория механизмов и машин, методы оптимизации, теоретическая механика), подтверждается результатами моделирования и успешным внедрением в реальные проекты. Выводы логически вытекают из содержания работы и не противоречат известным результатам в данной области.

7. Достоверность результатов диссертации

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием строгих аналитических методов, согласованием теоретических результатов с экспериментальными данными (в т.ч. с анализом движения фаланг пальцев человека), а также положительными актами внедрения результатов в промышленных разработках.

8. Замечания и вопросы

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1) Понятие «щипковый» не является общепринятым (рис. 3, стр. 9). В диссертации недостаточно отражена особенность данного взаимодействия. По сути, оно не является обхватом в полном смысле этого термина. Следовало дать более развернутое определение данному понятию.

2) На рис. 2.14 (стр. 70) представлена структурная схема, реализованная в Huazhong University. В качестве оценки введения пружины k_1 по тексту определено ее назначение «...выбор зазоров в тросовой передаче». Данное заключение не в полной мере отражает ее назначение; вероятно, она также участвует в формировании усилия.

3) На рис. 4.6 (стр. 134) в подрисуночной надписи применен термин «кинематическая схема». Аналогичная информация, представленная на рисунке 3.10 (стр. 104), определена как «структурная схема». Не ясно, как автор различает данные термины. Это вносит путаницу в восприятие материала.

4) В алгоритме управления двигателями (стр. 126) в качестве исходных данных используются «Тестовое значение сопротивления движению i звена в кинематической паре СПД». В материалах не представлено, каким образом данное значение определяется. Является ли величина постоянной или зависит от условий? Сокращение СПД также не расшифровано.

5) В работе не определены рекомендации по соотношению жесткостей пружин, установленных между основанием и проксимальным звеном, проксимальным и медиальным звеньями. Это затрудняет воспроизведение результатов.

6) По тексту используются нерасшифрованные сокращения (СПД, ИГЗ), не являющиеся общепринятыми. На структурных схемах кинематические пары, в которых не реализуется движение на данном этапе работы, представлены затемненными. Пояснений, определяющих такое обозначение, не представлено, и это не соответствует ГОСТ 2.770–68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики».

7) В работе следовало бы более подробно остановиться на выборе конкретных марок и жесткостей пружин, используемых в качестве дополнительных связей функционирования, и их влиянии на точность позиционирования.

9. Заключение

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Ждановой Юлии Ильдаровны является законченным научно-квалификационным исследованием, выполненным на высоком техническом уровне. В ней содержится решение актуальной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для развития сервисной и космической робототехники. Представленные результаты являются оригинальными и обоснованными, а выводы – достоверными.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы (п. 1 и п. 5).

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор, Жданова Юлия Ильдаровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.


Официальный оппонент
кандидат технических наук
(специальность 05.02.05), доцент
кафедры «Педагогика и методика
профессионального обучения»
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

« 6 » ЛИСТОВ	Вх. № 05-65-57 « 08 » 06 20 26 ВолгГТУ
-----------------	--


Захаров Евгений Николаевич

Россия, 400002, г. Волгоград, просп. Университетский, 26,
evgeny_zakharov@mail.ru, +7 (8442) 41-17-82

с отзывом оппонента


10.06.2026 г.



Подпись(и) <i>Захаров Евгений Николаевич</i>
Генеральному директору / Главному инженеру Управления кадровой политики и делопроизводства <i>Корстич Е.Ю.</i> 10.06.2026 г.