

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу
Хрестиной Арины Артуровны «СИНТЕЗ И АНАЛИЗ СФЕРИЧЕСКИХ
МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ЛИНЕЙНЫМИ
ПРИВОДАМИ», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.2 – Машиноведение (технические
науки)**

Диссертационная работа посвящена анализу и синтезу сферических механизмов параллельной структуры с линейными приводами.

Актуальность темы диссертационной работы. Применение механизмов параллельной структуры в последнее время стало увеличиваться в различных отраслях машиностроения, легкой и перерабатывающей промышленности, сельском хозяйстве, медицине и манипуляционных системах различного назначения. Востребованность механизмов с таким структурным строением существует в различных отраслях экономики, особенно такие механизмы эффективны в испытательных и измерительных системах, сложных тренажерах, механизмах позиционирования антенн. Наряду с достоинствами, такими как повышенная жесткость конструкции, высокая точность позиционирования, высокие динамические характеристики, механизмы параллельной структуры имеют ограниченную рабочую зону выходного звена. Пространственные механизмы параллельной структуры с промежуточными звеньями и кинематическими парами, необходимыми для задания необходимых подвижностей, иногда приводят к различным типам особых положений. Поэтому актуальными остаются вопросы структурного синтеза и анализа возможности возникновения особых положений для подобных механизмов, в частности, сферических механизмов с линейными приводами.

На решение этой актуальной проблемы и направлена диссертация Хрестиной А.А.

Научная новизна исследования заключается на мой взгляд в следующем:

- в разработке метода структурного синтеза на основе анализа винтовых уравнений скоростей, позволяющем определять возможные варианты

кинематических цепей сферических механизмов параллельной структуры с линейными приводами;

- решении задачи определения геометрических условий попадания сферического механизма параллельной структуры с линейными приводами в особые положения на основе винтового исчисления;
- разработке математической модели сферического механизма 3- (RPR)R'R', позволяющей проводить анализ кинематики механизма и рабочей зоны, а также выявлять особые положения сферического механизма параллельной структуры с линейными приводами.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в аналитическом решении обратной задачи о положениях и задачи о скоростях методами винтового исчисления, а также в определении геометрических условий попадания сферических механизмов параллельной структуры с линейными приводами в различные типы особых положений.

Практическая значимость полученных результатов состоит в обосновании структурных схем сферических механизмов с линейными приводами, возможность попадания в особые положения различных типов у которых сведена к минимуму, а также разработке алгоритмов и прикладных программ, позволяющих на этапе проектирования механизмов анализировать рабочую зону и особые положения с учетом конструктивных ограничений.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивалась обоснованными допущениями, использованием апробированных методик исследований.

Поставленные в диссертационной работе задачи выполнимы и позволили достичь заявленную цель. Все поставленные задачи последовательно решены в главах диссертации.

Полученные результаты и выводы не противоречат основным положениям аналитической геометрии, теоретической механики, теории

механизмов и машин, а также не противоречат подобным научным исследованиям в области анализа и синтеза механизмов параллельной структуры, проведенными другими учеными

При решении поставленных задач использовались современные научные достижения структурного, кинематического и динамического анализа механизмов, а также методы математического моделирования и экспериментальных исследований.

Методы исследования.

Автором работы применялись методы линейной алгебры, теоретической механики, теории механизмов и машин, математического анализа, а также современные методы математического и компьютерного моделирования на базе программного комплекса MATLAB. Автором работы широко использовались САПР и методы прототипирования. Экспериментальные исследования и регистрация параметров проводились на современном оборудовании.

Работа прошла достаточную **апробацию**, результаты исследований обсуждались на научных конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из которых три в изданиях, включенных в действующий перечень ВАК. Публикации автора работы Хрестиной А.А. отражают основные результаты, полученные в рамках выполнения представленной диссертационной работы.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы основного материала и заключение общим объемом 108 страниц. Список литературы представлен на 12 страницах. В конце диссертации приведены приложения в виде актов внедрения результатов работы.

Во введении представлены аргументы, обосновывающие актуальность темы работы, заявлена цель, перечислены задачи и методы исследования, приведены основные положения работы, выносимые на защиту.

Сформулированы положения научной новизны и приведена информация, касающаяся апробации работы.

В первой главе «Обзор роботизированных систем ориентации» представлен обзор существующих механизмов роботов параллельной структуры, в том числе и сферических механизмов параллельной структуры. Выделены недостатки и преимущества отдельных механизмов. Большой раздел посвящен применению параллельных механизмов в системах ориентации, где особое внимание уделено сферическим механизмам, отмечена особенность применения линейных приводов в механизмах параллельной структуры.

В главе представлен анализ научных работ российских и зарубежных ученых по теме диссертационной работы. В конце главы приведены выводы.

Вторая глава «Синтез сферических механизмов с линейными приводами» посвящена теоретическому исследованию, а в частности синтезу сферических механизмов параллельной структуры с линейными приводами на основе винтового исчисления. В главе определены возможные варианты структуры кинематической цепи с линейным приводом, доказано, что кинематическая цепь должна иметь хотя бы одну призматическую пару. Рассмотрены варианты с тремя, четырьмя и пятью вращательными кинематическими парами и одной призматической. Для дальнейшего исследования принят последний вариант, позволяющий осуществлять сферическое движение выходного звена. В главе выполнено определение силовых винтов цепи с двумя вариантами плоской диады, проведён анализ геометрических условий попадания сферического механизма параллельной структуры в особые положения разных типов. На основе проведенных теоретических изысканий сделан окончательный выбор структуры кинематической цепи для сферического механизма с линейными приводами. В конце главы представлены соответствующие выводы.

В главе 3 «Анализ механизма 3-(RPR)RR» исследована геометрия сферического механизма, выведены уравнения связей, решена задача о положениях механизма и проведено моделирование рабочей зоны. Представлены возможные решения обратной задачи о положениях для

различных значений углов поворота, получены плоские карты (развертки) рабочей зоны сферического механизма. В главе приведен анализ скоростей, силовой анализ и анализ особых положений синтезированного механизма, представлены развертки абсолютных значений максимальной приводной скорости и максимального приводного усилия линейных приводов. Рассмотрены примеры возможных особых положений. В конце главы приведены результаты и выводы по разделу.

Глава 4 «Прототипирование механизма 3-(RPR)RR» посвящена экспериментальным исследованиям синтезированного механизма. Описаны этапы трехмерного моделирования, конструирования и сборки прототипа сферического механизма параллельной структуры. Обоснована зависимость рабочей зоны от длин некоторых звеньев. Описана система управления механизмом. Приведена методика экспериментальных исследований кинематики сферического механизма и оценки точности позиционирования выходного звена. Приведены результаты измерения отклонений в графическом виде и проведен анализ измеренных отклонений, а также причин возникающих отклонений. По результатам исследования 4-й главы сделаны выводы.

Заключение по работе отражает суть и содержание выполненной работы. Каждый приведенный вывод по работе соответствует решённой задаче.

Список литературы по теме включает в себя 112 источников. В список источников включены книги, монографии и научные статьи практически всех современных научных работ по теме исследования, что свидетельствует о глубокой проработке автором научной и технической литературы.

Соответствие содержания автореферата диссертации

Автореферат в полной мере отражает основные положения диссертации и выводы по результатам исследований. Объем и структура автореферата соответствует предъявляемым требованиям согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Замечания по работе

1. На стр.15 во втором абзаце относительная погрешность указана в угловых минутах (3,6'), а должна быть в %.

2. На стр.65 (1-й абзац) приведены геометрические параметры механизма. Однако не ясно, чем руководствовались при выборе конкретных значений и как они были обоснованы. Тем более, что в главе 4 в физическом прототипе заданы уже другие значения.

3. Из текста диссертации не ясно, почему при анализе скоростей механизма принят шаг итерации именно в градусах, а не радианах и именно $0,99^0$, а не другое число.

4. На стр.90 диссертации приведена зависимость рабочей зоны от относительной длины звена B_iC_i , на основании которой автор делает вывод об оптимальном конструктивном решении. Но в отношении длин других звеньев такие результаты не приведены и не упоминаются в тексте. Поэтому вызывает сомнение оптимальное конструктивное решение, принятое только на основании анализа длины одного звена. Задача оптимизации должна решаться комплексно для всего механизма.

5. В разделе 4.2. автор работы использует индикатор с точностью измерения до 0,001 мм, однако методика измерений, как отмечает сама автор, выполнена «примерно». Например, «...направлена примерно по нормали...» (стр.101), «...была примерно ортогональна...», «... оценить примерное отклонение...» (стр.102). Корректнее было бы написать «... близко к нормали» и т.п.

6. Согласно п. 5.3.3. ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» в заключении диссертации должны быть изложены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы. В тексте работы эти позиции упоминаются, но в заключении не отражены.

Заключение

Отмеченные замечания не снижают общего достоинства работы, не ставят под сомнение научную новизну проведенных исследований, достоверность полученных результатов и сформулированных выводов, а

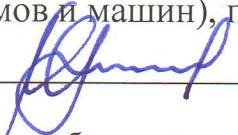
соответственно не влияют на общую оценку работы и могут быть учтены автором при дальнейших исследованиях.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, качественно оформлена, представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу и содержит решение актуальной задачи, связанной с вопросами синтеза и анализа сферических механизмов с линейными приводами.

Диссертация Хрестиной А.А. «Синтез и анализ сферических механизмов параллельной структуры с линейными приводами» удовлетворяет критериям п.9-11 и 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Хрестина Арина Артуровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2 – Машиноведение.

Официальный оппонент:

Проректор по учебной работе, доктор технических наук
(05.02.18 - Теория механизмов и машин), профессор

 Несмиянов Иван Алексеевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет" Министерства науки и высшего образования РФ

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

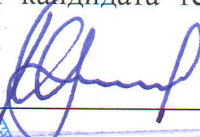
Телефон/факс: (8442) 41-10-94

E-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

07 августа 2026 г.

Выражаю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Хрестиной Арины Артуровны и их дальнейшую обработку.



 Несмиянов Иван Алексеевич

И.А. Несминов

Вед. специалист
начальник отдела по работе с персоналом
