

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Ларюшкина Павла Андреевича

«Синтез и анализ механизмов параллельной структуры с использованием технически обоснованных условий близости к особым положениям»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение

1. Актуальность темы исследований, избранной диссертантом, не вызывает сомнений. Разработка механизмов для современных робототехнических систем, обладающих высокой точностью, жесткостью, относительно небольшой массой наряду с высокими динамическими характеристиками является актуальной научной задачей.

Проблема совершенствования методов синтеза и анализа механизмов параллельной структуры за счет выявления риска возникновения потенциально недопустимых перегрузок вблизи особых положений является научно значимой. Цель работы состоит в повышении точности и достоверности расчетов характеристик устройств, создаваемых на базе механизмов параллельной структуры, и расширении их функциональных возможностей за счет совершенствования методов анализа особых положений и близости к ним. Отличительной особенностью предложенного подхода является то, что близость к особым положениям оценивается с помощью наибольших возможных значений скоростей в кинематических парах или нагрузок на элементы конструкции. Это выгодно отличает данную работу от многочисленных известных подходов, в которых используются сугубо геометрические параметры близости к особым положениям.

Проведенные исследования соответствуют паспорту специальности 2.5.2. Машиноведение, а именно (полностью или частично) пунктам:

1. Синтез структурных и кинематических схем механизмов и обобщенных структурных схем машин, оптимизация параметров;
2. Теория и методы проектирования машин и механизмов, систем приводов, узлов и деталей машин.
3. Методы кинематического и динамического анализа, в том числе математического моделирования, анимационного и экспериментального исследования механизмов.

4. Повышение точности и достоверности расчетов объектов машиностроения, разработка нормативной базы проектирования, испытания и изготовления объектов машиностроения.

2. Новизна и практическая значимость результатов исследования.

Научная новизна состоит в классификации особых положений механизмов параллельной структуры по четырем типам, характеризующим случаи изменения подвижности механизма. Также к научной новизне относятся методы оценки близости к особым положениям различных типов, в которых в качестве критериев используются значения скоростей приводов и усилия в них, рассчитанные для наихудших возможных направлений скорости выходного звена или внешней нагрузки. Данные методы позволяют учитывать требования к техническим характеристикам механизмов.

Теоретически обоснована возможность трактовки кинематических и силовых винтов как элементов шестимерного векторного пространства, что позволяет при работе с винтами использовать методы линейной алгебры и унифицировать алгоритмы анализа различных механизмов.

Новыми можно считать математические модели механизмов параллельной структуры с различным числом степеней свободы, позволяющие проводить анализ данных механизмов как с использованием матрицы Якоби, так и с применением винтового исчисления.

Синтезированы новые кинематические схемы механизмов параллельной структуры семейства сферических механизмов с круговой направляющей, поступательно направляющего механизма и механизма семейства Delta с четырьмя степенями свободы.

С точки зрения практической ценности, наибольшее значение имеют алгоритмы расчета и программы, использующие разработанные математические модели механизмов параллельной структуры с различным числом степеней свободы, позволяющие проводить их анализ с применением предложенных методов.

Разработаны алгоритмы определения особых положений и вычисления значений критериев близости к ним, с использованием матрицы Якоби и винтового исчисления.

3. Оценка содержания и завершенности диссертации и автореферата.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, восьми глав и заключения, а также списка литературы с 278 источниками. Общий объем 304 страницы.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 10 научных статей в журналах, входящих в перечень ВАК, 25 статей, входящих в базу Scopus, получено 3 патента на изобретение, 2 патента на

полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Общее число всех публикаций составляет 53: 47 научных статей и тезисов конференций, 5 патентов и 1 свидетельство.

Во введении и главе 1 обосновывается актуальность темы, ставится цель, и формулируются задачи исследования.

В главе 2 вводится новая классификация особых положений, а также описываются способы вычисления критериев близости к особым положениям различных типов с применением винтового исчисления и анализа свойств матрицы Якоби механизма. В качестве критериев близости, в зависимости от типа особого положения, предлагается использовать максимальные значения скоростей в приводных шарнирах или реакций от кинематических цепей, по которым могут быть вычислены, в частности, моменты в приводах.

Оценивая содержание главы, можно отметить, что научную новизну составляют новая классификация особых положений и методы оценки близости к особым положениям на основе физических критериев (скоростей и реакций). Важным аспектом, при этом, является теоретическое обоснование возможности разделения угловых и линейных компонентов векторов (винтов) скоростей и нагрузок и рассмотрения винтов в качестве элементов шестимерного векторного пространства.

Главы 3, 4, 5 и 6 построены по единому принципу. Каждая глава посвящена подробному анализу какого-либо механизма параллельной структуры. При этом рассматриваются механизмы с различным числом степеней свободы и видом движения рабочего органа.

Глава 7 посвящена эксперименту с использованием макета-прототипа одного из ранее рассмотренных механизмов. По результатам проведенных исследований можно утверждать, что предлагаемые методики расчетов дают результат, с достаточной точностью совпадающий с экспериментом.

Для практики ценность представляют, как сам прототип, позволяющий проводить широкий спектр экспериментов, так и методика их проведения, и полученные результаты. Особенно стоит выделить установленное влияние изменения жесткости механизма на точность расчетов нагрузки на приводы.

В главе 8 показан процесс конструирования механизма и расчета его ключевых механических компонентов с использованием условий близости к особым положениям. Данные условия заключаются в том, что значения скоростей и моментов в приводах, а также нагрузок на шарниры и соединительные элементы не должны превышать критических значений, определяемых характеристиками двигателя или прочностными характеристиками конструктивных элементов. Тем самым демонстрируется способ практического применения предлагаемых методов оценки близости к

особым положениям, что и представляет собой главную практическую ценность материала данной главы.

4. Достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается правильно выбранными методиками исследований, применением методов теоретической механики, теории механизмов и машин, аналитической механики, линейной алгебры и сопоставлением полученных результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

5. Замечания по содержанию диссертационной работы.

1. На странице 91 указано, что для статически определимых механизмов обобщенные реакции можно вычислить с использованием уравнений равновесия, учитывающих все внешние силы и реакции в механизме (классический силовой анализ). При этом отмечено, что большее количество уравнений не является проблемой при современном развитии вычислительной техники, за исключением случая, когда расчеты производятся на встраиваемых системах. Можно предположить, что речь идет о расчетах в реальном масштабе времени в процессе работы механизма. Но существует ли реальная необходимость проводить подобные вычисления в таких условиях?

2. Рисунок 3.13.б, по сути, дублирует рисунок 3.13.а, т.к. на последнем показаны все винты, и нет смысла выносить одну кинематическую цепь на отдельный рисунок.

3. Определение матриц Грама (страница 165) можно было бы упростить, записав $\mathbf{G} = \mathbf{W}^T \mathbf{W}$. Также имеются опечатки в индексах.

4. На странице 236 написано, что во всех экспериментах наблюдался срыв только одной из кареток. При этом в таблице 7.2 для нескольких направлений внешней силы значения критической силы близки для двух кареток. Логично было бы предположить, что в таком случае срыв должен наблюдаться для обеих кареток с несколько разной вероятностью.

5. На рисунке 7.6, судя по всему, перевернута шкала.

6. В работе не рассматриваются механизмы с гибридной структурой. Применимы ли к ним предложенные критерии и методы?

7. В последней главе диссертации желательно было бы привести результаты технико-экономических расчетов.

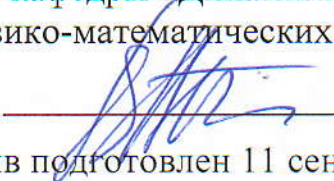
Заключение

Диссертация Ларюшкина Павла Андреевича «Синтез и анализ механизмов параллельной структуры с использованием технически обоснованных условий близости к особым положениям» выполнена на актуальную тему является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет всем

требованиям, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени доктора технических наук, изложенным в пунктах 9 – 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Ларюшкин Павел Андреевич, заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение.

Сформулированные в диссертационной работе цель и задачи актуальны для отечественной промышленности.

Профессор кафедры «Динамика и прочность машин»,
доктор физико-математических наук (теоретическая механика 01.02.01),

профессор  Жога Виктор Викторович

Отзыв подготовлен 11 сентября 2023 года.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28.

Телефон/факс: (8442) 248113

e-mail: viczhoga@gmail.com

