

Отзыв на автореферат диссертации С.В. Хейло «Разработка научных основ создания манипуляционных механизмов параллельной структуры для робототехнических систем предприятий текстильной и легкой промышленности», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)

Диссертация С.В. Хейло посвящена развитию научных основ проектирования и управления движением манипуляционных механизмов параллельной структуры. Такие механизмы содержат замкнутые кинематические цепи, что позволяет повысить жесткость конструкции без увеличения ее массы, одновременно повысив точность позиционирования объекта манипулирования. Исследования С.В. Хейло мотивированы недостаточным использованием в роботизированных технологиях легкой промышленности манипуляционных механизмов параллельной структуры, несмотря на их перспективность и широкое использование в других сферах технической деятельности человека. Цель диссертации – построить схемы манипуляционных механизмов параллельной структуры, которые бы подходили для выполнения технологических операций в легкой промышленности, изучить их кинематические и динамические свойства и выработать научно обоснованные рекомендации по проектированию и расчету таких механизмов, а также по управлению их движением. Тема диссертации представляется актуальной как с точки зрения робототехники, так и с точки зрения роботизации технологических процессов в легкой промышленности.

Проанализировав типичные технологии легкой промышленности, автор пришел к выводу, что большинство операций связаны с тремя типами движения рабочего инструмента: плоскопараллельным движением, пространственным поступательным движением и вращением вокруг неподвижной точки. Для осуществления этих движений диссертант предложил и исследовал три различных конструкции манипуляционных механизмов с переменной структурой. Каждый механизм имеет три степени свободы, как и объект манипулирования. С помощью известных методов анализа механических систем со связями диссертант исследовал пространства обобщенных скоростей звеньев механизма и объекта манипулирования. На этом этапе все звенья механизма и объект манипулирования считались абсолютно жесткими. Выявлены особые конфигурации двух типов для рассматриваемых механизмов. При особых конфигурациях первого типа обобщенные скорости объекта манипулирования перестают быть независимыми, иначе говоря, не любое движение объекта манипулирования допустимо из таких конфигураций. При особых конфигурациях второго типа, наоборот, обобщенные скорости механизма теряют независимость, они должны быть определенным образом согласованными для того, чтобы объект манипулирования (и весь механизм в целом) мог двигаться. Проведен анализ чувствительности точности позиционирования объекта манипулирования к малым погрешностям изготовления звеньев механизма, а именно, к малым изменениям их длин.

Проведен спектральный анализ малых колебаний, вызванных упругой податливостью шарниров механизма. Исследованы собственные частоты и собственные формы колебаний системы в различных конфигурациях.

Выписан закон управления моментами в приводах, который формируется по принципу обратной связи и обеспечивает устойчивое отслеживание заданного движения в пространстве обобщенных координат механизма с заданными характеристиками переходного процесса. Управление строится так, чтобы переходный процесс по каждой обобщенной координате был аналогичен колебаниям линейного осциллятора с

демпфированием. Исследовано влияние массы входных звеньев механизма на динамику его управляемого движения. Автор пришел к выводу, что при расчетах массой входных звеньев механизма можно пренебречь.

Построены экспериментальные модели всех трех конструкций манипуляционного механизма, предложенных диссертантом. Эксперименты продемонстрировали работоспособность этих механизмов и подтвердили теоретические выводы и результаты расчетов.

Судя по автореферату, диссертация С.В. Хейло «Разработка научных основ создания манипуляционных механизмов параллельной структуры для робототехнических систем предприятий текстильной и легкой промышленности» – завершенная научно-квалификационная работа. Автор провел анализ роботизированных технологических процессов в легкой промышленности и пришел к выводу, что в них практически не используются манипуляционные механизмы параллельной структуры, которые могли бы значительно повысить качество выполнения ряда технологических операций. Он заметил, что большинство операций связано с плоско-параллельными движениями объектов манипулирования, поступательными пространственными движениями и вращением вокруг неподвижной точки и предложил конструктивные схемы манипуляторов трех типов, реализующих такие движения. Диссертант провел кинематический, динамический и точностной анализ манипуляторов каждого типа на основе соответствующих математических моделей. Кроме того, проведены эксперименты с целью верификации теоретических результатов и практической отработки процессов манипулирования объектами с помощью предложенных механизмов. Основные результаты диссертации изложены в 17 статьях, опубликованных в рецензируемых российских журналах поименованных в списке ВАК РФ, а также доложены на научных конференциях.

Автореферат дает хорошее представление о содержании диссертации, объеме и качестве выполненных исследований, а также о квалификации их автора. Однако некоторые важные положения описаны недостаточно подробно, встречаются неточности и опечатки, что местами затрудняет чтение. Приведу несколько замечаний.

1. В разделе, относящемся к плоскому механизму, не написано, что шарниры, расположенные на объекте манипулирования, образуют вершины равностороннего треугольника. Из описания механизма, реализующего поступательно-направляющие движения объекта манипулирования, и относящегося к нему рисунка 4 трудно понять, длины каких звеньев равны l_1 , l_2 , l_3 , что в свою очередь затрудняет проверку уравнений связей для этого механизма.
2. В правых частях уравнений связей для плоского механизма, приведенных на стр. 10, должны быть не нули, а квадраты длин соответствующих звеньев механизма. Кроме того, слагаемые, содержащие $\sin \varphi$ и $\cos \varphi$, в этих уравнениях должны быть умножены на длину стороны треугольника, в вершинах которого расположены шарниры на объекте манипулирования.
3. Уравнения, составленные для поступательно перемещающегося механизма исходя из принципа виртуальных перемещений и представленные на стр. 12, содержат опечатку. Слагаемые $m_i \ddot{q}_i$, характеризующие движение входных звеньев, должны быть умножены на вариации δq_i соответствующих обобщенных координат. После этого множители δq_i могут быть сокращены в уравнениях движения.
4. На стр. 20 написано: «Рассмотрено влияние отклонения массы входных звеньев от массы модели. Показано, что массой входных звеньев можно пренебречь.»

Создается впечатление, что массой входных звеньев можно пренебречь в общем случае, что, конечно, неверно. Автор проводил свои расчеты для систем с конкретными инерционными и геометрическими характеристиками, по-видимому, типичными для роботов рассматриваемых типов, и только для этих конкретных систем обосновал вывод о возможности пренебрегать массами входных звеньев при расчетах. Однако в автореферате об этом не написано.

5. В автореферате имеются языковые погрешности.

В целом считаю, что автореферат свидетельствует о высокой квалификации С.В. Хейло в области машиноведения и робототехники. Автором выделены и детально проанализированы новые классы манипуляционных систем параллельной структуры, имеющие перспективу использования в технологическом оборудовании предприятий легкой промышленности. Результаты представляются в достаточной мере обоснованными как теоретически, так и экспериментально. Они опубликованы в рецензируемых российских журналах, поименованных в списке ВАК РФ.

Судя по автореферату, диссертация «Разработка научных основ создания манипуляционных механизмов параллельной структуры для робототехнических систем предприятий текстильной и легкой промышленности» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. Она отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Хейло Сергей Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность).

Заведующий лабораторией робототехники и мехатроники
Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского
Российской академии наук
доктор физико-математических наук
член-корреспондент РАН

Н.Н. Болотник



Подпись Болотника Н.Н. заверяю

Адрес: 119526, г. Москва, Проспект Вернадского 101, корп. 1

Тел. 8-495-434-35-01

E-mail: bolotnik@ipmnet.ru

