

# ОТЗЫВ

## официального оппонента

о диссертационной работе Чернецова Роберта Александровича на тему:  
«Разработка и анализ механизмов, обеспечивающих постоянство точки ввода  
инструмента в рабочую зону, полученных на основе использования  
ременных и конических передач»,  
по специальности 05.02.18 – Теория механизмов и машин

### **Актуальность работы.**

Диссертационная работа Чернецова Р.А. посвящена синтезу новых пространственных механизмов параллельной структуры, обеспечивающих постоянство точки ввода инструмента в рабочую зону.

Важной задачей в изучаемой области является разработка устройств для медицинских и исследовательских целей, позволяющих сохранять неподвижность точки ввода инструмента. В частности, такая задача имеет место при роботизированных хирургических операциях.

В настоящее время существует известный хирургический робот DaVinci, который позволяет хирургу проводить операции при значительно меньшей потере крови, чем при использовании других способов. Однако указанный робот весьма дорог, а кроме того, он отличается большими габаритами и весом.

В связи с изложенным автор поставил перед собой задачу разработать такие устройства, которые были бы легче, компактнее и дешевле упомянутого робота. По мнению оппонента, такая задача вполне актуальна.

### **Общая оценка структуры и содержания работы**

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение и список литературы из 113 наименований. Общий объем диссертации составляет 117 страниц, содержит 45 рисунков.

Во введении (стр. 4) представлена общая характеристика работы и обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи

диссертации, показаны научная новизна и практическая значимость выполненной работы.

**В первой главе** (стр. 8-27) приводится обзор различных подходов к построению механизмов, обеспечивающих постоянство положения точки ввода инструмента в рабочую зону. Кроме того, приводятся различные методы исследования подобного рода механизмов.

Упомянуты работы И.И. Артоболевского, А.Ф. Крайнева, Р.Ф. Ганиева, К.В. Фролова, Н.И. Левитского, А. Е. Кобринского, В.А. Глазунова, Г.В. Крейнина, М.З. Коловкого, Н.С. Давиташвили, Д. Анджелеса, М. Чеккарелли, В. Паренти – Кастелли, Г.В. Крейнина, М.З. Коловкого, Н.С. Давиташвили и др.

На основании анализа литературы автором сделан вывод, что разработка механизмов с постоянной точкой ввода инструмента в рабочую зону, является важной технической задачей, для решения которой существуют эффективные методы. Указанные методы целесообразно использовать для синтеза новых механизмов, обладающих упомянутым свойством. Так же в главе была поставлена цель работы, заключающаяся в создании новых эффективных механизмов, обеспечивающих постоянство точки ввода инструмента в рабочую зону, а также в разработке методик их кинематического и динамического анализа

**Во второй главе** (стр. 27-51) рассмотрен структурный синтез механизмов, обеспечивающих постоянство точки ввода инструмента в рабочую зону, а также представлено решение обратной задачи о положениях. Рассматриваются два механизма, один из которых характеризуется наличием конических передач, а другой наличием ременных передач.

Структурный синтез предлагаемых механизмов проводится следующим образом. В качестве исходного берется такой механизм, в котором имеется одна вращательная кинематическая пара, установленная на основании.

Добавляются три последовательно установленные вращательные кинематические пары, оси которых параллельны между собой и

перпендикулярны оси первой вращательной кинематической пары. Поскольку три вращательные кинематические пары с параллельными осями могут обеспечить вращение вокруг любой оси, параллельной этим трем осям. На этом основано построение данной схемы.

В отличие от робота DaVinci, в котором все три упомянутые вращательные кинематические пары с параллельными осями снабжены приводами, в данной работе предлагается использовать либо ременные, либо конические передачи, что обеспечивает равенство углов поворота входного и выходного звеньев. При этом сокращается количество двигателей, габариты и вес конструкции.

Кроме того, в данной главе была решена обратная задача о положениях для механизма с постоянной точкой ввода инструмента, имеющего от четырех до шести степеней свободы в зависимости от наличия инструмента.

**В третьей главе** (стр. 52-82) решаются задачи о скоростях и ускорениях для механизмов с постоянной точкой ввода инструмента в рабочую зону. Получены уравнения связи в виде явных и неявных функций, которые были продифференцированы. Получена и проанализирована матрица Якоби, связывающая абсолютную и обобщенную скорости. Рассмотрено условие вырождения матриц при решении задач о скоростях и ускорениях на основе векторного метода. Решен численный пример и получены результаты скоростей и ускорений звеньев механизма.

Следует отметить, что автору пришлось использовать не только аналитический подход, который основан на дифференцировании уравнений, соответствующих решению задач о положениях, но и векторный метод. Это обстоятельство связано с наличием довольно сложных выражений, описывающих производные от неявных функций, соответствующих уравнениям связей.

**В четвертой главе** (стр. 82-104) приведен динамический анализа механизмов с постоянной точкой ввода инструмента в рабочую зону, а также представлены сведения о конструкции и параметрах действующей модели

одного из механизмов с ременными передачами.

Для решения задачи составлена динамическая модель механизма. В рассмотренном случае основные массы сосредоточены на первых трех звеньях - начальном, промежуточном и выходном звене механизма, обеспечивающего постоянство точки ввода инструмента. Для того чтобы осуществить приведение массы используется известный подход, связанный с тем, что приравниваются друг к другу кинетические энергии исходного и замещающего механизма.

При динамическом анализе в данном случае имеет место двухмассовая система, при этом одна масса «отвечает» за движение начального, промежуточного и выходного звеньев, а другая масса «отвечает» за движение инструмента относительно выходного звена. При этом основная масса инструмента сосредоточена в верхней точке на выходном звене механизма.

Применяется принцип Даламбера - Лагранжа, которому соответствует равенство работ всех сил инерции и активных сил в приводах. Уравнение включает в себя частные производные, связывающие бесконечно малые перемещения в приводах и перемещения указанных масс механизма. Эти частные производные были найдены автором ранее при кинематическом анализе механизма.

Были проведены экспериментальные исследования и установлено, что рабочая зона имеет вид пространственной фигуры, ограниченной конической поверхностью с углом при основании конуса, равным  $30^\circ$ , а также двумя секторами сфер, был представлен разрез рабочей зоны инструмента.

**В Заключении** (стр. 104-105) приводятся основные результаты и выводы, сделанные на основе решенной задачи синтеза, разработаны методики кинематического и динамического анализа механизмов, обеспечивающих постоянство точки ввода инструмента в рабочую зону. Текст диссертации завершается списком литературы.

**Научная новизна** заключается в синтезе новых механизмов, обеспечивающих постоянство точки ввода в рабочую зону, и разработке

методики и алгоритмов их кинематического и динамического анализа, кроме того, создана действующая модель механизма.

**Достоверность и обоснованность научных результатов** диссертации обусловлена строгостью математических выкладок, основанных на фундаментальных положениях механики с использованием общепринятых допущений. Теоретические результаты отчасти подтверждены с помощью численного и натурного эксперимента.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что были получены новые механизмы, обеспечивающие постоянство точки ввода инструмента в рабочую зону. Эти механизмы можно эффективно использовать при хирургических полостных операциях, а также при исследовании свойств плазмы. Кроме того, разработаны алгоритмы и программы кинематического и динамического анализа, которые могут быть использованы также при исследовании других механизмов.

### **Автореферат**

Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации.

### **Основные замечания по диссертации и автореферату**

1. На ряде рисунков при изображении механизмов не указана стойка (основание), что затрудняет понимание принципа работы этих устройств. В частности, речь идет о рисунках 1.1, 1.2, 1.14, 1.15, 2.1, 2.2 и др.
2. Следовало бы более четко сформулировать, в чем достоинства и недостатки двух разработанных схем механизмов. В каких случаях целесообразно применять каждый из них.
3. Практически отсутствует информация о том, как проводился параметрический синтез, на основании каких алгоритмов осуществлялся

выбор геометрических параметров звеньев.

4. Из текста диссертации не ясно, как оценивалась точность предложенных механизмов. Имеется в виду точность позиционирования и точность движения по траектории.

5. Не приведено обоснование выбора двигателей действующей модели синтезированного механизма. Уместно было бы более подробно представить их мощность, число оборотов, номинальный момент и т.д.

### **Заключение о диссертации**

Диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполнена автором самостоятельно, обладает научной новизной и практической значимостью. Автореферат диссертации составлен по установленной форме и полностью отражает основное содержание диссертации. Диссертация соответствует пунктам 1, 2 Паспорта научной специальности 05.02.18 - Теория механизмов и машин ВАК Минобрнауки РФ.

По результатам диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе четыре статьи в базе данных Scopus, две статьи в журналах из списка ВАК, два доклада на конференциях.

Диссертационная работа Чернецова Роберта Александровича на тему: «Разработка и анализ механизмов, обеспечивающих постоянство точки ввода инструмента в рабочую зону, полученных на основе использования ременных и конических передач» по актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Принимая во внимание вышеизложенные достоинства и отмеченные недостатки, можно утверждать, что представленная диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание

ученой степени кандидатским диссертациям, а ее автор, Чернецов Роберт Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 - «Теория механизмов и машин».

Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»

А.А. Скворцов



«27 января» 2021 г.

Скворцов Аркадий Алексеевич, проректор по исследованиям и разработкам ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» доктор физико-математических наук (01.04.10 Физика полупроводников), доцент.

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38

Телефон: +7(925) 832-03-85

email: skvortsovaa2009@yandex.ru