

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента д-р техн. наук, профессора Захарова Михаила Николаевича на диссертационную работу Носовой Натальи Юрьевны «Разработка и исследование пространственных механизмов параллельной структуры с шарнирными параллелограммами с различным числом степеней свободы» по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин»**

### **Актуальность выбранной темы**

Диссертационная работа Носовой Н.Ю. посвящена синтезу новых пространственных механизмов параллельной структуры с шарнирными параллелограммами. Наличие шарнирного параллелограмма в кинематической цепи механизма позволяет выходному звену оставаться в фиксированном положении по отношению к входного звену цепи.

Данная тема привлекает внимание, поскольку управление механизмами, как последовательной, так и параллельной структуры, является сложной и важной задачей, что способствует созданию высокоточного, быстро действенного оборудования. Для управления механизмами параллельной структуры, планирования траектории и точности позиционирования выходного звена предъявляются высокие требования к приводным комплексам. Создание и использование механизмов с кинематической связью по положения и ориентации выходного звена, в которых за счёт шарнирных параллелограммов сохраняется параллельность выходной платформы (выходного звена) относительно основания, а привод отвечает за одну степень свободы выходного звена, что упрощает вывод и решение уравнений кинематики и динамики, а также алгоритмы управления, поскольку нет необходимости синхронизировать различные исполнительные органы, является важной и актуальной задачей.

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

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка литературы, трёх приложений, списка публикаций по теме диссертации. И включает: 106 рисунков; 154 источник использованной литературы; 3 приложения; общий объём диссертации – 152 страницы.

Во введении (стр. 4-5) представлена общая характеристика работы: определена её актуальность, сформулированы цель работы и решаемые и диссертационном исследовании задачи, определена научная новизна работы и показана её практическая значимость. А также представлены сведения об апробации работы, основных публикациях.

В первой главе (стр. 6-26) проводится обзор механизмов параллельной структуры с различным числом степеней свободы, рассматриваются пути их

развития, их основные типы, конструктивные особенности и области применения. Внимание уделено механизмам, которые обладают свойством кинематической связки между положением и ориентацией выходного звена. Возможность создавать такие механизмы на этапе проектирования упрощает вывод и решения уравнений кинематики и динамики, а также способствует активизации системы управления. В качестве прототипа был выбран механизм «Orthoglide» с тремя степенями свободы.

**Во второй главе** (стр. 27-42) на основе робота «Orthoglide» путем добавления структурных элементов в исходную конструкцию были получены механизмы с четырьмя, пятью и шестью степенями свободы. Решаются задачи их синтеза и анализа, показана возможность передачи шарнирным параллелограммом вращательного движения.

**В третьей главе** (стр. 43-63) решаются прямые и обратные задачи о положениях (кинематики), где рассматривается взаимосвязь между обобщенными и абсолютными координатами на примере разработанного механизма с шестью степенями свободы, и задачи о скоростях методом дифференцирования уравнений связи. Для проведения кинематического и последующего динамического анализа исходный механизм с шестью степенями свободы был разделен на два простых механизма – поступательный механизм с тремя степенями свободы и сферический механизм с тремя степенями свободы. Анализ данных механизмов производился независимо друг от друга.

**В четвертой главе** (стр. 64-102) был проведен анализ динамических свойств поступательного и сферического механизмов. В частности проводится анализ свободных (собственных) колебаний системы на основе уравнений Лагранжа II рода. Полученные результаты используются далее для решения задачи управления, основанного на минимизации ошибки по положению, и для моделирования движения механизмов.

**В пятой главе** (стр. 104-116) рассматривается экспериментальная модель механизма, которая соответствует механизму параллельной структуры с четырьмя степенями свободы, предложенному в главе 2. Приводится описание модели и результаты определения особых положений в режиме ручного управления механизмом, проведено исследование функциональных возможностей действующей модели механизма, результаты исследования и моделирования рабочей зоны механизма.

**В заключении** (стр. 117-118) приводятся основные результаты и выводы.

По результатам исследования опубликованы: 21 научная статья, из которых 5 статей в журналах из перечня ВАК, 7 статей, входящие в международные базы данных Scopus и Web of Science, 2 главы в коллективных монографиях, 2 патента РФ на изобретения и 1 патент РФ на полезную модель.

Результаты работы в период с 2013 по 2020 года регулярно докладывались на различных международных и всероссийских научно-технических конференциях, симпозиумах, что свидетельствует о широкой апробации результатов работы.

В конце работы представлен список литературы и приложение с описанием программ расчётов.

Текст диссертации и автореферата написан технически грамотным языком, стиль изложения – корректный и научный. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации и в пределах нормируемого объёма автореферата и полной мере отражает её.

### **Научная новизна положений, выводов, сформулированных в диссертации**

Научная новизна заключается в создании ряда механизмов параллельной структуры, основанных на развитии схемы типа «Orthoglide», в которых осуществляется возможность одновременной передачи шарнирным параллелограммом, входящим в каждую кинематическую цепь, поступательных и вращательных движений. Методики структурного, кинематического и динамического анализа разработанного ряда механизмов. Показана возможность передачи шарнирным параллелограммом вращательных и поступательных движений конструкция натурного макета.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что синтезированы новые схемы манипуляционных механизмов параллельной структуры с четырьмя, пятью и шестью степенями свободы с кинематической связью добавлением в исходную схему механизма «Orthoglide» дополнительных вращательных движений. Данные механизмы могут быть использованы на предприятиях машиностроения, пищевой, лёгкой и других отраслей промышленности на транспортных и технологических операциях, где необходимо обеспечить положение и ориентацию выходного звена (или исполнительного органа), а также в медицинских устройствах, тренажёрах и инструментах.

**Значимость** для науки и производства результатов диссертационной работы заключается в том, что предложены методики структурного, кинематического и динамического анализа разработанного ряда механизмов. С использованием методик изготовлена конструкция натурного макета для исследования его рабочей зоны, особых положений, и показана возможность передачи шарнирным параллелограммом вращательных и поступательных движений за счёт шарнирных параллелограммов, входящих в каждую кинематическую цепь.

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

1. Из текста диссертации и автореферата не ясно проводился ли анализ особых положения для рассматриваемых механизмов. Если механизм попадает какое-либо особое положение, то теряется ли при этом связка между поступательными и вращательными движениями?

2. В работе не рассмотрены влияния зазоров (люфтов) в кинематических парах и погрешности при изготовлении натурной модели. Их влияние на работу выходного звена.

3. Остаётся не ясным назначение изгибных стержней, введенных в состав кинематических цепей механизма при изготовлении натурной модели. Какова их изгибная жесткость, геометрические размеры и будет ли механизм работать без них, в том виде как он изначально представлен на кинематических схемах?

4. Глава 4 посвящена динамическому анализу конкретного механизму с шестью степенями свободы. Однако, не приводятся расчетные схемы механизма, на которых можно было бы видеть расположение сосредоточенных масс и направления сил инерции. Также остается неясным из каких соображений были выбраны значения жесткостей опор.

Приведенные замечания и высказанные соображения не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и могут быть учтены при проведении дальнейших исследований. Автор показал умения пользоваться численными методами; навыки программирования в математических средах Maple и MathCAD. Построены сложные системы для проведения численного эксперимента по определению рабочей зоны механизма и для анализа динамических свойств механизма с шестью степенями свободы.

## **Заключение о соответствии диссертации**

Диссертация Носовой Натальи Юрьевны «Разработка и исследование пространственных механизмов параллельной структуры с шарнирными параллелограммами с различным числом степеней свободы», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин», является законченной научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения.

Диссертация соответствует паспорту специальности в пп. 1 и 2 и » соответствует требованиям, установленным в пп. 9-14 Положения «О присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. От 02.08.2016 г.).

Принимая во внимание вышеизложенное, достоинства и отмеченные недостатки, считаю, что представленная диссертация соответствует требованиям,

предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидатским диссертациям, а её автор, Носова Наталья Юрьевна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин».

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой РКЗ

«Основы конструирования машин»

ФГБОУ ВО «Московский государственный

технический университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)»

(МГТУ им. Н.Э. Баумана),

**В Е Р Н О**

д-р техн. наук, профессор

**ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ**

М.Н. Захаров

8 апреля 2021 г.

**А.Г. МАТВЕЕВ**



Захаров Михаил Николаевич, заведующий кафедрой РКЗ «Основы конструирования машин» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), доктор технических наук (01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры), учёное звание доцента по кафедре сопротивления материалов и строительной механики (1994), учёное звание профессора по кафедре промышленной логистики (2006).

Адрес: 105005, город Москва, улица Бауманская 2-я, дом 5, строение 1.

Телефон: +7(499) 263-63-37

Электронная почта: zmn@bmstu.ru