

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

канд. техн. наук, доцента Бровкиной Юлии Игоревны  
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 темы диссертации**

Современный уровень развития науки и технического прогресса диктует необходимость разработки инновационных механизмов с увеличенной производительностью. Механизмы подобного класса не только находят применение для решения задач в различных отраслях производства, но также необходимы в научных и исследовательских целях. Расширение области использования механизмов параллельной структуры является одним из путей достижения указанных выше целей. По сравнению с механизмами последовательной структуры ориентация выходных звеньев в механизмах параллельной структуры достигается за счет взаимной согласованности всех приводов, что усложняет процесс проектирования, и как следствие, препятствует их опережающему развитию и активному использованию на конкурентоспособных предприятиях. Механизмы параллельной структуры имеют более сложную кинематику, что затрудняет их синтез и анализ. Управление и планирование траектории выходного звена обеспечивается за счет использования более сложных законов управления. Представленная работа ставит задачу разработки и исследования механизмов с кинематической развязкой по перемещению за счёт шарнирных параллелограммов, входящих в каждую кинематическую цепь, и ориентации выходного звена за счёт сферического механизма, расположенного на подвижной платформе. Принимая во внимание вышесказанной, диссертация Носовой Н.Ю. «Разработка и исследование пространственных механизмов

параллельной структуры с шарнирными параллелограммами с различным числом степеней свободы» является актуальной.

**Научная новизна диссертационного исследования** отражается следующими положениями:

1. Разработан ряд механизмов параллельной структуры, основанных на развитии схемы типа «Orthoglide» с возможностью одновременной передачи шарнирным параллелограммом поступательных и вращательных движений.

2. Представлена методика структурного, кинематического и динамического анализа разработанного ряда механизмов.

3. Апробирован алгоритм управления разработанным механизмом с шестью степенями свободы с кинематической развязкой, основанный на минимизации ошибок по положению, скорости и ускорению.

4. Изготовлена конструкция натурального макета разработанной схемы механизма с четырьмя степенями свободы для исследования его рабочей зоны и особых положений. На практике показана возможность передачи шарнирным параллелограммом вращательных и поступательных движений.

### **Содержание и структура работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы из 154 наименований, трех приложений, списка публикаций по теме диссертации. Общий объем работы составляет 152 страницы машинописного текста, содержащего 106 рисунков.

Во введении представлена общая характеристика работы. Обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулированы цель работы и решаемые в диссертационном исследовании задачи, определена научная новизна и показана практическая значимость работы. А также представлены сведения об апробации работы и основных публикациях.

**Первая глава** посвящена обзору механизмов параллельной структуры с различным числом степеней свободы, рассматриваются пути их развития, их основные типы, конструктивные особенности и области применения.



Особенно выделялись механизмы с кинематической развязкой 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, обладающий свойством кинематической развязки, где одно движение (перемещение) выходного звена обеспечивается за счёт только одного входного звена или группы звеньев кинематической цепи.

**Во второй главе** проведён структурный синтез и анализ механизмов параллельной структуры с четырьмя, пятью и шестью степенями свободы, разработанный на основе робота «Orthoglide» путем добавления структурных элементов в исходную конструкцию. Для каждого механизма методом винтового исчисления была показана возможность передачи шарнирным параллелограммом вращательного движения на выходное звено (рабочий орган).

**В третьей главе** на примере разработанного механизма с шестью степенями свободы рассматриваются и решаются прямые и обратные задачи кинематики (о положениях), которые заключаются в определении взаимосвязи между обобщенными (входными) и абсолютными (выходными) координатами, а также задачи о скоростях методом дифференцирования уравнений связи. Возможность разделения исходного механизма на два простых – поступательный и сферический механизмы позволили провести кинематический и последующий динамический анализы независимо друг от друга.

**В четвертой главе** решается задача динамического анализа для рассматриваемого механизма с шестью степенями свободы, отдельно для поступательной части и для сферической. В частности для каждого механизма проводится анализ собственных колебаний системы на основе уравнений Лагранжа II рода. На основе полученных результатов проводилось моделирование движения механизма и решение задачи управления.

Работоспособность предложенного механизма оценивалась по тому, как отрабатывался системой заданный закон движения выходного звена при различных начальных условиях, различных коэффициентах обратных связей ( $\gamma_{0i}, \gamma_{1i}$ ), а так же при различных значениях круговых частот.

**В пятой главе** 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** приводятся основные результаты и выводы.

В конце работы представлен список литературы и приложения с описанием программ расчётов проведения динамического анализа и поиска рабочей зоны механизма.

**Достоверность и обоснованность научных результатов** диссертации обусловлена строгостью используемого в диссертации математического аппарата при использовании корректных допущений, а также сопоставлением теоретических и практических результатов.

#### **Практическая значимость результатов работы**

Свойства созданных механизмов и предложенные в диссертации кинематические схемы, пригодны для широкого использования: в медицинских роботах, технологическом оборудовании, транспортных тренажерах, измерительных системах различного назначения.

#### **Автореферат**

Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации.

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

1. На стр. 8 автореферата автор указывает, что «для определения работоспособности рассматриваемых механизмов используется метод



винтового исчисления», но описания метода не приведено или формул расчета. При этом в тексте диссертации данный метод подробно расписан.

2. В тексте диссертации на рисунках 4.2-4.15 и 4.19-4.35, и автореферате на рисунках 6-8 и 10-12 нет обозначений на шкале по вертикали.

Редакторские замечания:

1. на стр. 71 единица измерения при коэффициенте упругости  $c_{ij}$  – «Н/т» вместо «Н/м»;

2. на стр. 71 при  $\tau$  упущен индекс «1»;

3. на стр. 88 с первой строке формулы (4.62) указаны моменты инерции « $J_x, J_y, J_z$ » вместо « $J_\eta, J_\lambda, J_\mu$ »;

4. под формулой (4.62) в описании указаны значения « $M_x, M_y, M_z$ », которых в формуле нет;

5. на стр. 100 при коэффициенте обратных связей « $\gamma_{11}$ » не указано его числовое значение;

### **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  
«Техническая механика»  
ФГАОУ ВО «Московский  
политехнический университет»,  
канд. техн. наук, доцент

 Ю.И. Бровкина

«12» апреля 2021 г.

подпись Бровкиной Ю.И. заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО  
КАДРОВОМУ  
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ  
ШИПЕЕВА Е. Д.



Бровкина Юлия Игоревна, заведующий кафедрой «Техническая механика» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет, кандидат технических наук (05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами), учёное звание доцента.

Адрес: 107 023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38.

Телефон: +7(926) 572-65-86

Электронная почта: [yulbrovkina@yandex.ru](mailto:yulbrovkina@yandex.ru)