

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» (СПбГУПТД), д-р техн. наук, профессор



Макаров А.Г.
09 апреля 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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 работы. Диссертационная работа Носовой Н.Ю. посвящена синтезу новых пространственных механизмов параллельной структуры, обладающих кинематической развязкой, т.е. разделению движений механизма на поступательные и вращательные, когда одни приводы, например, управляют положением выходной звена (платформы), другие – ориентацией выходного звена.

Важной особенностью механизмов параллельной структуры являются их сложные взаимосвязанные кинематические характеристики, когда поступательное движение кинематически связано с вращательным движением и наоборот. Математические модели для решения задач кинематики и динамики указанных механизмов отличаются сложностью, что затрудняет их управление, синтез траекторий движений и позиционирование рабочего органа (выходного звена). Для преодоления указанных сложностей, как правило, разделяют законы управления отдельными степенями подвижности, что позволяет синхронизировать работу приводов и улучшить динамические характеристики манипуляционных механизмов.

Кинематическая развязка положения и ориентации выходного звена (платформы или рабочего органа) упрощает решение кинематических и динамических задач, а также алгоритмы управления этими устройствами. Решение подобной задачи в основном сводится к уменьшению числа промежуточных звеньев механизма, что, положительно сказывается на жёсткости кинематических цепей механизма. С другой стороны, в таких механизмах повышаются требования к приводам, так как каждый привод отвечает за одну степень свободы выходного звена. Тем не менее, важным преимуществом механизмов с кинематической развязкой являются их простые кинематические зависимости между входными и выходными координатами, упрощаю-

щие их динамический анализ и синтез. В диссертации автором рассмотрены вопросы структурного анализа и синтеза, выполнены кинематические и динамические исследования новых пространственных механизмов с шарнирными параллелограммами с различным числом степеней свободы. Исходя из сказанного, тема диссертационной работы Носовой Н. Ю. представляется важной и актуальной.

Целью диссертации является разработка и исследование пространственных механизмов параллельной структуры с шарнирными параллелограммами с различным числом степеней свободы, обладающих свойствами кинематической и динамической развязки за счёт применения шарнирных параллелограммов в каждой кинематической цепи.

Структура и содержание работы

Диссертация включает введение, пять глав, основные результаты и выводы, список использованной литературы из 154 наименований, три приложения, список публикаций по теме диссертации. Общий объём работы составляет 152 страницы машинописного текста, содержащего 106 рисунков.

Во введении 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 рассматриваются пути развития механизмов параллельной структуры, их основные типы, конструктивные особенности и области применения. Особое внимание автора уделено механизмам с кинематической развязкой. В качестве прототипа был выбран механизм «Orthoglide» с тремя степенями свободы, обладающий свойством кинематической развязки.

Вторая глава посвящена решению задач синтеза и анализа механизмов параллельной структуры с четырьмя, пятью и шестью степенями свободы, разработанных на основе робота «Orthoglide» путем модификации исходной схемы. В главе эффективно использован метод винтового исчисления, с использованием которого показано, что шарнирные параллелограммы, входящие в кинематические цепи новых разработанных механизмов, передают на выходное звено как поступательные, так и вращательные движения.

В третьей главе разработанный механизм с шестью степенями свободы автор разбивает на два: поступательный механизм с тремя степенями свободы и сферический механизм с тремя степенями свободы. Анализ указанных механизмов производится независимо друг от друга. Для каждого механизма решаются задачи кинематики (взаимосвязь между обобщенными и абсолютными координатами), задачи о скоростях. Разбиение исследуемого механизма с шестью степенями свободы на два более простых механизма позволило упростить решение задач кинематического и динамического анализа.

Четвертая глава посвящена динамическому анализу рассматриваемого механизма с шестью степенями свободы, отдельно для поступательной части и для сферической. В частности проводится анализ свободных (собствен-

ных) колебаний системы на основе уравнений Лагранжа II рода. Полученные результаты используются далее для моделирования движения механизма и решения задачи управления, основанного на минимизации ошибки по положению.

В пятой главе рассматривается экспериментальная модель механизма, соответствующая механизму параллельной структуры с четырьмя степенями свободы, предложенному автором в главе 2. Приводится описание модели и результаты определения особых положений в режиме ручного управления механизмом; выполнено исследование функциональных возможностей действующей модели механизма, моделирование его рабочей зоны.

В заключении приводятся основные результаты и выводы.

Текст диссертации завершается списком литературы и приложениями с описанием разработанных автором программ.

Научная новизна отражается следующими положениями:

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

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

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

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.

Обоснованность и достоверность основных положений и выводов диссертации обусловлена строгостью используемого в диссертации математического аппарата при использовании корректных допущений, а также сопоставлением теоретических и практических результатов.

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

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в диссертации новые схемы манипуляционных механизмов параллельной структуры с четырьмя, пятью и шестью степенями свободы с кинематической развязкой могут быть использованы на предприятиях машиностроения, пищевой, лёгкой и других отраслей промышленности на

транспортных и технологических операциях, а также в медицинских устройствах, тренажёрах и инструментах.

Замечания по работе.

1. Во второй главе диссертации при вычислении числа степеней подвижности манипулятора автор, используя формулу Чебышева в классическом виде, получает отрицательные значения. На наш взгляд целесообразно было бы включить в формулу Чебышева избыточные связи.

2. Для анализа работоспособности исследуемых схем механизма параллельной структуры автор использует метод винтового исчисления. Применение данного метода желательно было бы обосновать. Из текста второй главы диссертации не совсем понятно, что имеется в виду под термином «внутренняя подвижность».

3. Из текста третьей главы диссертации непонятно каким образом осуществляется выбор вариантов сборки при решении задачи о положениях звеньев. Автор в уравнениях (3.3)–(3.5) использует одинаковое обозначение коэффициентов A и B в разных уравнениях.

4. При исследовании динамики механизмов параллельной структуры не совсем понятна постановка задачи и принятые допущения, например, что является обобщёнными координатами, какие элементы механизма считаются податливыми и как вычисляются коэффициенты жёсткости с учётом изменения положения звеньев, как осуществляется приведение масс и т.п.

5. В пятой главе автором при анализе рабочей зоны механизмов параллельной структуры выполняется решение системы “32 порядка”. Из текста диссертации непонятен алгоритм выбора вариантов сборки, соответствующих решениям данной системы уравнений. Оценивалась ли точность полученных результатов?

6. В тексте диссертации имеются опечатки, например на стр. 71, 88, 99, 100. На рисунках 4.2-4.15 и 4.19-4.35 нет обозначений на шкале по вертикали.

Приведенные замечания и высказанные соображения не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и могут быть учтены при проведении дальнейших исследований.

Заключение

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.

Основные результаты диссертации опубликованы в 21 научной работе, среди которых 5 статей в изданиях из «Перечня ВАК ...», 7 статей, входящих в Web of Science и Scopus, 2 главы в коллективных монографиях, тезисы докладов на международных и всероссийских научно-технических конферен-

циях, 2 патента РФ на изобретения и 1 патент РФ на полезную модель. Результаты работы регулярно докладывались на различных международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Диссертационная работа Носовой Натальи Юрьевны на тему: «Разработка и исследование пространственных механизмов параллельной структуры с шарнирными параллелограммами с различным числом степеней свободы», 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, так как является законченной научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения в области анализа и синтеза механизмов параллельной структуры, обладающих кинематической развязкой движений, что имеет существенное значение для развития теории механизмов и машин и совершенствования манипуляционных механизмов.

Автор диссертационной работы, Носова Наталья Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин».

Отзыв утвержден на заседании кафедры машиноведения Института информационных технологий и автоматизации Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (СПбГУПТД), Протокол № 4 от 07 апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой
машиноведения, СПбГУПТД,
д-р техн. наук, профессор



Марковец
Алексей Владимирович

Адрес: 191 186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18.
Телефон: +7 (812) 310-35-05, e-mail: mash@sutd.ru



Подпись *Марковец А.В.*
А.В. Марковец
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна»