КАМАЛ АЗИЗ НУТПУЛЛА-ОГЛЫ

Разработка и исследование подвесного тросового параллельного робота

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)

по образовательной программе

8D07117 – Робототехнические системы

АННОТАЦИЯ

Актуальность темы исследования. За последние несколько лет наметилась тенденция внедрения на мировой рынок оборудования с механизмами параллельной структурой, которые обладает повышенными технико-эксплуатационными показателями. У механизмов параллельной структуры рабочее звено связано с основанием несколькими кинематическими цепями, каждая из которых содержит несколько приводов или налагает связи на его движение. Эти механизмы в отличие от традиционных механизмов, имеют замкнутые кинематические цепи и воспринимают нагрузку как пространственные фермы, что ведет к повышению точности, быстродействия и грузоподъемности.

Исследования подвесных ТПР, проводимых в данной диссертации, связаны с работами российских, немецких, японских и ученых других стран, которые проводят глубокие исследования, такие как: интегрированная разработка подвесных ТПР различных конфигураций с лучшими характеристиками с помощью новых методов анализа и синтеза; разработка и применение более совершенных контроллеров и исполнительных механизмов для более высокой производительности и точного отслеживания траектории; повышение жесткости и несущей способности подвесных ТПР при помощи структурного синтеза; применение методов создания реконфигурируемой и модульной конструкции, применяемых в параллельных роботах с жесткими звеньями, для разработки эффективных подвесных ТПР. Благодаря преимуществам подвесных ТПР, включая таких, как малая инерционность и большая зона обслуживания, разработка и практическое применение подвесных ТПР с новой структурой и новыми функциональными возможностями является актуальной задачей исследований в диссертации и имеет большую значимость для развития науки в этом направлений.

Целью работы является разработка и исследование подвесного ТПР с возможностью дальнейшего практического применения в различных отраслях.

Объектом исследования является тросовый параллельный робот

Предметом исследования является разработка и исследование подвесного ТПР

Задачи исследования:

- Обзор современного состояния исследований подвесных ТПР в мире;
- Структурный синтез подвесного ТПР;
- Исследование рабочей зоны подвесного ТПР;
- Кинематический анализ подвесного ТПР;
- Математическое моделирование кинематики, статики, динамики подвесного точечного ТПР;
- Разработка модели подвесного точечного ТПР на программном комплексе SimulationX;
- Синтез системы управления подвесного точечного ТПР;
- Разработка и изготовление подвесного точечного ТПР;
- Экспериментальные исследования прототипа подвесного точечного ТПР.

Методы исследования: теоретические исследования проводились на основе классических методов теории механизмов и машин (кинематика, силовой анализ, динамика) и методов математического моделирования сложных механических систем. Разработка динамической модели ТПР проводилась с использованием программного комплекса SimulationX. Решения задачи синтеза управления подвесных ТПР проводились с использованием пакета аналитических вычислении Maple и языка программирования Python. Экспериментальные исследования проведены с использованием современных методов тензометрии с использованием тензодатчиков.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- разработаны математические модели кинематики, статики, динамики подвесного точечного ТПР;
- разработана система управления подвесного точечного ТПР;
- спроектирован и изготовлен прототип подвесного точечного ТПР;
- спроектирован и изготовлен миноискатель на основе подвесного точечного ТПР.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты, полученные в диссертационной работе, имеют теоретическую и практическую ценность для разработки подвесных точечных ТПР. Математические модели кинематики, статики, динамики системы управления подвесного точечного ТПР позволяют спроектировать различные ТПР для решения практических задач. Разработанный прототип подвесного точечного ТПР, может быть доведен до коммерческого использования, что подтверждает евразийский патент на изобретение. На основе данного патента разработан и изготовлен

миноискатель на основе подвесного точечного ТПР. Лабораторные испытания миноискателя на основе подвесного точечного ТПР, показали хорошую эффективность при поиске мин.

Научные положения, выносимые на защиту:

- математические модели кинематики, статики, динамики подвесного точечного ТПР;
- модель подвесного точечного ТПР на программном комплексе SimulationX;
- система управления подвесного точечного ТПР;
- прототип подвесного точечного ТПР;
- миноискатель на основе подвесного точечного ТПР.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертации подтверждается применением апробированных методов механики и теории механизмов и машин, применением проверенных программных комплексов Maple, SimulationX и языка программирования Python. Достоверность результатов подтверждается разработкой и изготовлением прототипа подвесного точечного ТПР испытания, которого показали хорошие совпадения с теоретическими результатами.

Связь диссертационной работы с другими научно-исследовательскими работами. Данная диссертационная работа выполнялась в рамках научного проекта, по грантовому финансированию фундаментальных и прикладных научных исследований по научным и (или) научно-технических проектам на 2021-2023 годы МНВО РК «Разработка методов моделирования и управления тросовых параллельных роботов» (№ ГР 0121РК00443, ИРН проекта: AP092259339).

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались на следующих научных мероприятиях:

- на 12-ой Международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. теория и эксперимент», Павлодар, 2022 г.;
- на Международной научно-практической конференции, посвященной к 115-летию член-корр. АН КазССР А.Ж. Машанова и 100-летию Академика АН КазССР Ж.С. Ержанова, Алматы, 2022 г.;
- на «VIII Международной конференции проблемы механики современных машин» посвященной 60-летию ВСГУТУ, Улан-Удэ, 2022 г.;
- на Международном конгрессе «The 16th IFToMM World Congress» (2023, Токио, Япония).

Публикации. Автором по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 2 публикации в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере высшего образования МНВО РК для опубликования основных результатов научной деятельности [1,2]; 3 публикации в зарубежных научных журналах входящих в базу данных Scopus [3-5], 4 публикаций в трудах зарубежных и отечественных научных

конференций [4, p. 53-62; 6-8]. 1 патент Республики Казахстан на изобретение [9]. 1 Евразийский патент на изобретение [10]

Личный вклад автора. Основные научные результаты и выводы в диссертации получены автором самостоятельно. В работах, опубликованных в соавторстве [1, с. 202-209; 2, с. 174-183] соискатель выполнил обзор по теоретическим и экспериментальным исследованиям ТПР. В работах [3, p. 67-74; 4, p. 53-62; 5, p. 1-9] соискатель внес вклад в разработку системы управления ТПР. В работах [4, p. 53-62; 6, с. 633-638; 7, с. 454-463; 8, с. 132-137] соискатель участвовал в разработке структурных схем подвесных ТПР. В работе [9] соискатель участвовал в разработке структурной схемы тросового параллельного робота для поиска и обезвреживания мин. В работе [10, с. 1-2], соискателем разработана блок-схема управления симулятора землетрясения.

Структура диссертации и объем. Диссертация имеет титульный лист, содержание, перечень обозначений и сокращений, введение, шесть разделов, заключение, список использованных источников и приложений. Общий объем диссертации 93 страниц, включая 78 иллюстраций и 7 таблиц.

Основное содержание диссертации. Во введении приведена актуальность диссертационной работы, обозначена постановка задачи и этапы их решения.

Первый раздел посвящен современному состоянию исследований подвесных тросовых параллельных роботов (ТПР) в мире. Приведен обзор методов анализа кинематики, статики, динамики и управления подвесных ТПР.

Во втором разделе рассматривается метод структурного синтеза подвесных ТПР. Показана классификация подвесных ТПР. Приведены структурные схемы подвесных ТПР.

В третьем разделе проведено исследование рабочей зоны подвесного ТПР. Представлены различные виды рабочих зон подвесного ТПР. Приведены типичные модели рабочих зон подвесного ТПР, упорядоченных по возрастающей сложности

В четвертом разделе рассмотрены методы кинематического и статического анализа подвесного ТПР. Показаны решения прямой и обратной кинематики подвесного ТПР.

В пятом разделе проведено математическое моделирование кинематики, динамики и систем управления подвесного точечного ТПР. Приведено решение прямой и обратной задач кинематики подвесного точечного ТПР. Проведен статический анализ подвесного ТПР. Разработаны динамическая и математическая модели подвесного точечного ТПР. Создана модель подвесного точечного ТПР на программном комплексе SimulationX. Осуществлен синтез системы управления подвесного точечного ТПР.

В шестом разделе рассмотрена разработка прототипа подвесного точечного ТПР. Разработана 3D модель прототипа подвесного точечного ТПР. На основе 3D модели получена проектно-конструкторская документация (ПКД) прототипа подвесного точечного ТПР. Изготовлен прототип

подвесного точечного ТПР. Проведены экспериментальные исследования прототипа подвесного точечного ТПР.

В седьмом разделе проведена разработка и экспериментальные исследования миноискателя на основе подвесного точечного ТПР. Показан обзор по существующим роботам для обнаружения мин. Разработана конструкция миноискателя на основе подвесного точечного ТПР. Изготовлен миноискатель на основе подвесного точечного ТПР. Проведены экспериментальные исследования миноискателя на основе подвесного точечного ТПР.