

РЕЦЕНЗИЯ

**на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен „доктор” в**

**област на висше образование – 5. Технически науки
професионално направление – 5.1 Машинно инженерство
докторска програма – Металорежещи машини и системи**

Автор: маг. инж. Христиан Йосифов Митев

Тема: Проблеми при машиностроителното оборудване с паралелна кинематика

Рецензент: проф. д-р инж. Ирина Стефанова Александрова

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Развитието на машиностроителното производство е тясно свързано с модернизацията на производствените средства на базата на прилагане на най-новите постижения на науката и техниката. Водещите машиностроителни фирми залагат на развитието на високоскоростни и хибридни технологии и предлагат редица нови решения, в това число и голямо многообразие от структури на технологично оборудване на основата на механизми с паралелна кинематика. Интересът към тези структури е свързан с техните предимства в сравнение с традиционните механизми. Те са по-ефективни, многофункционални, обезпечават надеждност, стабилност и точност, както и добро съчетаване на изискванията и особеностите на новите технологии с динамичните и точностни параметри на този вид оборудване.

Като всяко ново решение обаче тази нова концепция на технологично оборудване, наред с възможностите, които предоставя, поставя и редица проблеми, свързани с неговото проектиране и управление, които изискват своевременно решаване. Не могат да се използват традиционните подходи за проектиране, както и опитът и интуицията на проектантите, натрупани при разработване на традиционно оборудване. Проектирането включва решаването на сложни задачи на структурния и параметричния синтез, които все още не са решени напълно. Това изисква разработването на методики за проектиране, включващи

методи за избор на структура и геометрия на механизми с паралелна кинематика на ранен стадий, като се отчита спецификата на оборудването. Освен това е необходимо да се създадат специализирани програмни средства, които позволяват да се пресметнат, моделират и оптимизират параметрите (геометрични, кинематични, статични и динамични) на механизма и да се определят областите на приложението му.

Механизмите с паралелна кинематика са сложни механични системи със сложно управление. За управлението им са необходими съответни изчислителни мощности, както и създаване на модели на тези обекти и разработване на подходящи алгоритми за управлението им, съобразени с избраната конструкция. Нелинейната зависимост между точността и положението и ориентацията на изпълнителния орган на машината, заедно със сложната форма на работната зона, не позволяват напълно да се използват технологичните възможности на този вид оборудване.

Известни са примери на конструкции машини, приспособления и друго машиностроително оборудване, създадени на база на механизми с паралелна кинематика, които намират ограничено приложение поради следните причини – сложност при управлението, недостатъчно апробирани методики за определяне на оптимален вариант на конструкцията, както и наличие на подходящ алгоритъм за управление, съобразен с избраната конструкция. Това налага създаване на нови методи и инструменти за проектиране и управление на този вид оборудване, отчитащи неговата специфика.

Всичко това ми дава основание да считам, че разработеният дисертационен труд е актуален както в научен, така и в научно-приложен аспект и спомага за решаването на характерни проблеми при създаването и използването на машиностроително оборудване с паралелна кинематика.

2. Обзор на цитираната литература

В дисертацията авторът е цитирал 135 литературни източника, от които 17 - на кирилица, 106 - на латиница и 12 са интернет източници. Тридесет и два от печатните литературни източници са публикувани след 2009 г.

Литературният обзор е в областта на изследваната тематика. В дисертационния труд са направени проучване и анализ на известни конструкции на механизми с паралелна кинематика, класифицирани в две основни групи – пълни паралелно кинематични механизми и хибридни

механизми. Дефинирани са основните им предимства и е разгледано приложението им в машиностроително оборудване. Анализирани са структурата и технологичните възможности на машините с паралелна кинематика, въз основа на които е установено, че най-ефективни са хибридните структури с 5 степени на свобода (3+2 на детайла), което ги прави особено перспективни и подходящи за развитие и внедряване. Направеният анализ е позволил да се очертае областта на изследванията и да се формулират целта и задачите на дисертационния труд.

Литературният обзор и използваната за него литература показват, че докторантът е навлязъл в проблема на дисертационния труд в теоретично и практическо отношение и притежава възможности за използване на постиженията в изследваната област и за прилагане на собствен опит при решаване на поставените задачи.

3. Методика на изследване

За постигане на поставената цел и задачи на дисертационния труд са използвани съвременни методи и средства за проектиране, моделиране, симуляционни и експериментални изследвания и управление на машиностроително оборудване, както и специализиран софтуер.

Използвани са методите за параметрично моделиране и графичната CAD среда от високо ниво - Autodesk Inventor, за построяване на виртуален модел на механизъм с паралелна кинематика, тип линапод.

За определяне на работната зона на изследвания механизъм с паралелна кинематика е създадена методика за визуализиране, базирана на виртуални симулации. Построената зона е осово-симетрична и е съставена от три части – централна част с форма на призма с триъгълно сечение, и две непълни части - долна с форма на триъгълна пирамида и горна с неправилна форма.

Чрез динамични симулации на работата на модела на изследвания механизъм с паралелна кинематика е изяснен характерът на изменение на силовите и скоростните характеристики в работното пространство. Дефинирани са технологичните особености в различните зони на работното пространство и специфични особености на използването му. Разработен е подход за определяне на коефициентите на предаване на движението на звената при различни конфигурации и зададени скорости, а в резултат и на необходимите параметри на задвижванията в етапа на проектиране.

За моделиране на работата на механизмите с паралелна кинематика е използван модулът за динамични симулации на Autodesk Inventor. Разработеният в САД среда 3D модел е преобразуван, като са въведени съответстващите кинематични връзки между звената, триене и външни натоварвания от гравитация и външни сили. Постигнато е прецизно кинематично и динамично моделиране на работата на механизмите, благодарение на прилагането на съвременни САД/САЕ системи.

Разработени са методики и са създадени опитни уредби за експериментално изследване на моментното натоварване на задвижването и на полето на разсейване при позициониране на изследвания механизъм с паралелна кинематика в работната зона. За обработване на експерименталните резултати са използвани методът на регресионния анализ и математическият апарат на Matlab.

4. Приноси на дисертационния труд

Приемам формулираните от докторанта приноси на дисертационния труд. Те са в областта на проектирането и управлението на машиностроително оборудване с паралелна кинематика. Приносите имат научно-приложен характер и правилно са обобщени, както следва:

- Създаден е математически модел на линапод, отразяващ зависимостта между координатите на центъра на подвижната платформа и положението на задвижващите модули. Определени са аналитични условия, предотвратяващи недопустими конфигурации на звената на механизма, водещи до тяхното разрушаване.
- Създадени са виртуален модел в графична САД среда от високо ниво Autodesk Inventor, като са използвани методите на параметричното проектиране, както и реален модел на механизъм с паралелна кинематика (тип линапод). Те позволяват провеждането на изследвания, свързани с проектиране, компютърни симулации на кинематични и динамични характеристики, технологични приложения и други проблеми при този вид оборудване.
- Разработена е методика за визуализиране на работната зона на механизми с паралелна кинематика в САД среда. Изследвана е формата на работната зона на избраната конструкция механизъм с паралелна кинематика, дефинирани са характерните ѝ зони и е обосновано технологичното им значение. Установени са

функционални зависимости между размерите на работната зона и конструктивните параметри на избраната конструкция механизъм с паралелна кинематика.

- Изследвани са зависимостите между скоростите и натоварванията на крайното звено и задвижващите модули и е установен нелинейният им характер.
- Предложена е методика за изследване на полето на разсейване при позициониране на изследвания механизъм с паралелна кинематика в работната зона, чрез прилагане на която е построен адекватен теоретико-експериментален модел, описващ точноста при работа на изследвания линапод във функция на натоварването във вертикална посока и позицията в работното пространство.
- Разработено е задвижване на механизъм с паралелна кинематика, включващо високомоментни двигатели и тиристорни преобразуватели.
- Създадена е система за управление на механизъм с паралелна кинематика, базирана на PLC структура и осигуряваща условия за изследвания на кинематиката и динамиката на механизма, както и прилагането на нови алгоритми за управлението му.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Основните резултати в дисертационния труд са оповестени в 5 публикации в научни издания на конференции:

- Международна научна конференция Унитех 2012 и 2014 година;
- Дни на механиката, Варна, 2017 година;
- 13th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, York, England, 2014;
- Scientific Forum on Innovative Trends in Engineering and Science, 2015, Kavala, Greece.

Една от публикациите на докторанта е самостоятелна и 4 са в съавторство. Считаю, че работата е апробирана в достатъчна степен в страната и чужбина.

6. Авторство на получените резултати

Считам, че получените резултати от научното изследване, и представеният дисертационен труд са авторска разработка на докторанта под научното и методическото ръководство на неговите ръководители.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е в обем от 36 страници и включва обща характеристика на дисертационния труд, кратко съдържание на дисертацията по глави, основните приноси и списък на публикациите по дисертационната работа. Авторефератът отговаря на изискванията и отразява същността на проведените теоретични и експериментални изследвания, както и постигнатите от докторанта резултати. Той е илюстриран много добре с графичен материал от дисертацията.

8. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Нямам съществени забележки към дисертационния труд. Направените от мен препоръки и забележки, представени при предварителната защита на дисертационния труд, като цяло са отразени от докторанта.

Бих препоръчала работата по тематиката да продължи с оптимизиране на конструкцията, управлението и параметрите на изследвания механизъм с паралелна кинематика до създаване на реална металорежеща машина.

9. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание **да предложа** да бъде придобита образователната и научна степен „доктор”

от маг. инж. Христиан Йосифов Митев

в област на висше образование - 5. Технически науки,

професионално направление - 5.1 Машинно инженерство,

докторска програма - Металорежещи машини и системи.

12.08.2020 г.

Подпис: /п/

/проф. д-р И. Александрова/