

## **СТАНОВИЩЕ**

**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  
специалност – Точно уредостроене**

**Автор: маг. инж. Андреас Николау Пурнарас**

**Тема: ИЗСЛЕДВАНЕ И ПЕРСПЕКТИВИ НА МЕХАНИЗМА АНТИКИТЕРА**

**Член на научното жури: доц. д-р инж. Генади Цветанов Цветанов**

### **1. ТЕМА И АКТУАЛОСТ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Дисертационния труд е посветен на изследване и развитие на механизма Антикитера от гледна точка на съвременната теория на зъбното зацепване. Той представлява епицикличен диференциален механизъм със зъбно-щифтово зацепване с центрирани и ексцентрични оси за реализиране движенията на 5 от планетите и Луната около Слънцето в Слънчевата система. За това е направена връзка с кинематичния принцип на работа на механизма, в случая центроидно обхождане и е конструиран механизъм за точно представяне движенията на планетите и предсказване на затъмненията в Слънчевата система на база еволвентни зъбни предавки с нулева дебелина във върха без оглед на геометрията на инструмента и симетричност.

Известните в учебната и специализираната научна литература методи за оптимално проектиране на зъбни предавки са по критерии минимални габарити, маса, инерционен момент и к.п.д. Всички те се свеждат до решаването на логаритмични уравнения, с оглед определяне на предавателните отношения на отделните стъпала.

В конкретния случай тези методи са неприложими, поради отсъствието на данни за общото предавателно отношение на механизма от Антикитера.

Изследването и възстановяването на механизма Антикитера изисква нестандартен подход за определяне координатите на осите и геометрията на зъбните колела, което прави задачата актуална.

Всичко това ми дава основание да приема, че темата на дисертационния труд е актуална и значима.

## **2. ОБЗОР НА ЦИТИРАНАТА ЛИТЕРАТУРА**

В дисертацията са цитирани 136 литературни източника. От тях 121бр. са на латиница, а останалите 15 бр. са на кирилица. Докторантът е обхванал голям обем от разнообразни източници. Включени са известни учебници и справочници по конструиране и синтез на зъбно зацепване.

Като се вземат в предвид цитираните в дисертацията литературни източници може да се направи извод, че докторантът се е запознал много добре с научната и приложна проблематика в направлението. Това му дава възможност да прави необходимия анализ, да оценява творчески литературния материал и да постява необходимите за решаване задачи.

## **3. СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Дисертационен труд включва съдържание, списък на основните означения, изложение, научно-приложни и приложни приноси, публикации към дисертационния труд, използвана литература и приложения. Общият обем е 143 стр. От тях 133 стр. е текстова част, 9 стр. списък на литературата и 111 стр. приложения. В текстовата част има 55 фигури и 5 таблици.

Изложението на дисертацията е структурирано в четири глави.

**ГЛАВА I** – Механизмът на Антикитера е уникален археологически, исторически и технически обект, който съчетава високи технологии за древната епоха, като вероятно е бил конструиран и изработен през 150-100 пр. н.е. Индикациите и информацията, която дава механизма е в резултат на сложни изчисления и астрономически познания на практика поставя древната техника и технологии на високо ниво, така че правилно той е описван като първият компютър на древността.

След възстановяване на Механизма от Антикитера, който се съхранява в Националния археологически музей и от април 2012 г. напълно са изложени 82-фрагменти, които оцеляват и до днес. От тези фрагменти, 7 имат име с буквите А, В, С, D, Е, F и G, а за останалите 75 фрагменти са използвани с номера 1-75. Известно е точното първоначално положение на механизма за почти всички по-големи фрагменти и повечето от по-малки фрагменти. Днес 30 зъбни колела на механизма са оцелели (27 във фрагмент А и по 1 във фрагменти В, С и D). Въпреки липсата на части от механизма той реализира движението на Слънцето, както и на пет планети, познати в древността от слънчевата система.

Главата завършва с изводи и са формулирани целта и задачите на дисертационния труд.

**ГЛАВА II-** От момента на неговото откриване, механизмът от Антикитера е привлякъл интереса на много от изследователи, като обект от вкаменена епоха се изчаква развитието на технологиите за по-задълбочено проучване. От изследването на Де Ла Сол през 1970 г. в сътрудничество с Каракалос се използват първите рентгенови лъчи от вътрешността на механизма, като се разкрива структурата и отношения на предавките. През октомври 2005 г. се сканират всички фрагменти от механизма от пионера в компютърна томография System Bladerunner на британската компания X-Tek. Броят на сканиране е отделно за всеки от големите фрагменти, вариращи между 1500-3000 анализа на сканиране и е от порядъка на няколко десетки микрометъра. Разработен е специален софтуер, СТ-Pro, който използва сканирането и реконструира всеки фрагмент като 3D файл. След 2005 изследването на механизма се основава на използването на тези файлове. Също така много полезен инструмент за подробно проучване на липсващата повърхност, са цифровите изображения на повърхността от фрагментите на механизма с техниката РТМ, като тези данни са получени от Hewlett-Packard Company през 2005.

**ГЛАВА III-** Сред най-забележителните резултати от изследванията след 2005 г., както и от най-забележителните характеристики на механизма е симулация на движението на Луната, като движението достига до предния циферблат през вътрешната ос. В действителност движенията на небесните тела са сложни и не е създаден все още механизъм за предаване на движението им, който да притежава проста съставна конструкция.

Механизмът от Антикитера симулира движението на Луната като коригира различното кръговото движение в следствие на ексцентричната орбита около Земята, т.е. симулира неравномерно движение с много висока точност. Корекцията се прави с помощта на две зъбни колела  $k_1$  и  $k_2$ , които са монтирани в друга предавка,  $e_3$ . Зъбните колела  $k_1$  и  $k_2$  имат еднакъв брой на зъбите (50 зъба), но техните оси са ексцентрично разположени, като се получава синусидален закон за моментното предавателно отношение.

**ГЛАВА IV-** Извършен е геометричен синтез на зъбни предавки с триъгълен профил на зъба, като е съставен модел за броят на зъбите и междуосовите разстояния между отделните двойки, което е представено в табличен вид.

Реализиран е кинематичен анализ чрез метода на графите, като са определени ъгловите скорости на всички зъбни колела от механизма на Антикитера при нулева

стойност на централното задвижващо колело, което представлява смесен Хиртов тип предавка с триъгълни зъби.

#### **4. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ**

Проведените изследвания и получени резултати са осъществени с използване на съвременни методики, методи и програмни продукти, които позволяват на докторанта да реши поставените в дисертационния труд задачи. Тук се включват:

- История и откриване на механизма от Антикитера.
- Кинематика и заместващи механизми, позволяващи аналитичен подход в изследването;
- Компютърно моделиране и асемблиране на нелинейни зъбни механизми с триъгълна и скосена пирамидална структура на зъба;
- Проектиране на 3D-модел на механизма от Антикитера;
- Параметрично моделиране на еволвентни зъбни предавки, които имат нулева дебелина на зъба във върха;
- Софтуерно приложение. Разработване на механизма на CAD/ CAM система и симулиране.

Получените резултати и тяхното представяне говорят за високата професионална квалификация на докторанта в избраната област на научни изследвания и показват неговите възможности при решаване на конкретни технически задачи.

#### **5. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

В резултат на разработката са постигнати определени приноси, които може да се класифицират в следните групи:

**5.1. Научно приложни приноси** (създаване на нови класификации, методи, подходи, алгоритми, конструкции и модели):

5.1.1 Извършен е геометричен синтез на зъбни предавки с триъгълен профил на зъба, като е съставен модел за броя на зъбите и междуосовите разстояния между двойките;

5.1.2 Извършен е кинематичен анализ чрез метода на графите, като са определени ъгловите скорости на зъбните колела от механизма, който представлява Хиртов тип предавка с триъгълни зъби;

5.1.3 На база теоретични зависимости е предложен модел за реализиране на еволвентни зъбни предавки с нулева дебелина на зъба при върха без отчитане геометрията на инструмента и са определени областите на съществуване на независимите променливи в зависимост от изменението на ъгъла на зацепване.

## **5.2. Приложни приноси**

5.2.1 Извършено е дешифриране на механизма, геометрията на зъбния профил, броят зъби на всички колела от предавката и е определено общото предавателно отношение на механизма от Антикитера чрез теорията на графите;

5.2.2 Чрез използване на CAD/CAM система са проектирани и реконструирани всички детайли от изследвания механизъм и са определени техните геометрични показатели.

5.2.3. Реализирана е коронна зъбна предавка с пространствено зацепване, тригълен профил на зъбите и ръчно задвижване, която геометрично съответства на конусна зъбна предавка.

## **6. ПУБЛИКАЦИИ И ЦИТИРАНИЯ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

По дисертацията са направени 7 публикации. Три от тях са самостоятелни, четири от тях са в съавторство с ръководителите на докторанта. Две от публикациите са в чужбина. Останалите са в България. Три от публикациите в България са докладвани на Научни конференции, а две са публикувани в списание "Механика на машините".

Това дава основание да се направи извод, че разработката е много добре представена, както у нас така и в чужбина.

Не са ми известни данни за цитирания на дисертационния труд.

## **7. АВТОРСТВО НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ**

Смятам че представения ми за рецензия дисертационен труд е лично дело на докторанта. Основание за това ми дават научните публикации по темата и личните ми впечатления за неговата работа.

## **8. АВТОРЕФЕРАТ И АВТОРСКА СПРАВКА**

След като се запознах с автореферата и със съдържанието на дисертационния труд на маг. инж. Андреас Николау Пурнарас считам, че предоставеният автореферат е оформен съгласно изискванията на Закона за развитие на академичния състав на Република България и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и звания в ТУ-Габрово.

## **9. ЗАБЕЛЕЖКИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Към дисертационния труд нямам забележки и препоръки.

## **10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Считам, че представеният дисертационен **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми

дават основание да предложи да бъде придобита образователната и научна степен  
„Доктор”

от маг. инж. Андреас Николау Пурварас

в

област на висше образование - 5. Технически науки,  
професионално направление -5.1. Машинно инженерство ,  
специалност - Точно уредостроене

20.07.2017 г.  
гр. Габрово

Заложено обстоятелство,  
на основание чл.2 от ЗЗЛД

Подпис:

/доц. д-р инж. Т. Цветанов/