

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р инж. Данко Христов Тонев

от Русенски университет „Ангел Кънчев“,

относно дисертационния труд на инж. Пламен Живков Панайотов,

на тема: “Моделиране на некръгли малкомодулни зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите”

За присъждане на образователната и научна степен “доктор”

В област на висшето образование: 5. Технически науки;

Професионално направление: 5.1 Машинно инженерство;

Специалност: "Точно уредостроене".

1. Актуалност на разработените в дисертационния труд проблеми

Известно е, че в последните години все по-често се появяват зъбни предавки, имащи несиметрично еволвентно зацепване. Този факт се обуславя от няколко предимства, като повишаване на якост на предавката в работното направление на движение чрез промяна на активния и пасивния ъгъл на зацепване и увеличаване на предавателното число на предавката при зададен модул и междуцентрово разстояние, като се намалява броя на зъбите.

Настоящият дисертационен труд е структуриран в пет глави с общ обем от 138 страници, въведение, цел, задачи, заключения, 59 фигури и една таблица. Разработени са три приложения с обем от 6 страници.

В първа глава е представен обширен и компетентен литературен обзор (ясно личи от големия брой на цитирани източници) като е анализиран асиметричен профил с обобщени параметри и подробно са разгледани двата метода за неговото образуване. Авторът, използвайки съответните зависимости, които ги описват представя разликите в профила на всеки един от зъбите, които би се получил при използването на съответния метод. Графично е представена областта на съществуване на зъбна предавка с

асиметричен профил (т.нар. блокиращи контури), като функция на работните еволвенти θ_1 и θ_2 за конкретно предавателно отношение, ъгъл на зацепване и коефициент на препокриване.

Направеното частично „конкурентно сравняване” между предавки с класическото еволвентно симетрично зацепване и това с асиметрично води до тезата, че при невъзможност за удовлетворяване на потребителските изисквания към класическото зацепване (дори и с изместване на изходния контур) е необходимо да се премине към втория вид, а при необходимост от нелинейност на закона на движение е възможно да се използват и некръгли зъбни колела със затворени центроиди.

На базата на изложения литературен обзор е формирана целта на дисертационната работа и необходимия брой задачи за нейното успешно реализиране.

Във втора глава се предлага обобщените параметри при синтез на асиметричен профил да се отстранят чрез приемане на параметрите на инструмента като изходни от гледна точка на проектирането. По тази причина се предлагат и съответните зависимости, чрез които е възможно да се реализират такъв вид предавки без отчитане на първоначалната ос на симетрия. На базата на конкретен пример теоретично е определена безусловната област на съществуване на предавка с равномерна и неравномерна стъпка между разноименни профили. Предложен е подход за изследване на параметричното движение на зъбен гребен за нарязване на желаното зъбно колело и е представена реална малкомодулна зъбна предавка, използваща горепосочената методика.

В трета глава на дисертационния труд са анализирани ексцентрикови зъбни предавки с прави и наклонени зъби, коефициента на препокриване и условията за незаклинване. Подробно описание е направено на кинематиката на зъбните предавки с елиптични колела и влиянието на ексцентрицитета върху различните показатели на предавката и е определен закона за изменение на моментното предавателно отношение и ъглите на зацепване, като функция на показателите на зъбния профил.

В четвърта глава са разгледани силовите зависимости в зъбната предавка- една от приоритетните задачи на етап конструиране, като чрез използване на теоретични

зависимости е определен коефициента на формата на зъба. Чрез използване на програмен продукт, базиран на метода на крайните елементи са определени напреженията на изследвания зъб, което спомага за определяне на сумарната деформация, водеща до определяне на допълнителния ъгъл на завъртане на зъбното колело. За да се повиши точността при определяне на контактните напрежения паралелно с предходната програма се използват Master-slave повърхнини и допълнителен GAP елемент, като е определено максималното напрежение за един оборот на зъбните колела.

В последната глава на дисертацията се предлагат някои методи за контрол на показателите на зъбното колело с асиметричен профил. Важен етап в нея заема определянето на диаметъра на ролката, който участва в косвеното измерване на дебелината на зъба, необходима за определяне на един от най-важните показатели на контролния комплекс- страничната хлабина. Наред с това се предлага и зависимост за определяне на радиалното биене на зъбното колело и метод за проверка на реално получената центроида.

Проектирането на малкомодулни зъбни колела като съставна част от елементите в областта на уредостроенето е важна проектантска и до определена степен технологична задача. В някои случаи се предявяват клиентски изисквания за осигуряване на зъбни предавки с променливи предавателни движения, които известните теоретични модели не могат да изпълнят напълно. В настоящата дисертация се предлагат решения на посочения проблем и по тази причина считам, че разработената работа е актуална в настоящия момент.

2. Обзор на използваната литература

В дисертационния труд са използвани 130 литературни източника, като 21 от тях са на български език, 43 на руски, а останалите са на латиница и интернет сайтове. Те напълно се вписват в концепцията на целта на дисертацията, на тяхна база са изведени необходимите зависимости и методики и са послужили за реализиране на поставената

задача. В текста се наблюдава правилно и коректно цитиране на използваната литература.

3. Методика на изследване

В дисертационния труд се използват стандарти подходи и методики, вписващи се адекватно в поставената от автора цел и произтичащите от нея задачи. Те от своя страна оформят образователно-научния характер на труда и спомагат на докторанта умело да прилага необходимите научни и статистически методи за достигане на необходимия за практическото използване резултат.

Изведените теоретични зависимости имат за база известни уравнения от теорията на зъбното зацепване, които автора умело е доразвил и адаптирал към неговия научен проблем. Подробното описание, относно извеждането на горепосочените зависимости, онагледено и със съответните графики допълват впечатлението от правилния подход за решаване на приоритетните задачи.

В случаите, когато проблемът не може да се реши изцяло по теоретичен метод и са необходими известни компромиси и приближения (например са определени локалните напрежения в основата на зъба, но не се отчитат всички компоненти на тензора напрежение) е използван стандартния метод на крайните елементи, с който се демонстрира сумарната деформация, проектирана по линията на зацепване.

За контрола на функционалните показатели на зъбното колело са предложени адекватни методи, известни със своята безспорна практическа приложимост, както и съответните уреди и установки, съобразени с необходимата за практическите цели точност на отчитане и получаващата се неопределеност на резултата.

4. Приноси на дисертационния труд

От представените решения на поставените проблеми в дисертационния труд могат да бъдат открити следните по-важни приноси:

Научно-приложни приноси:

1. Предложени са зависимости, описващи кинематиката на ексцентрикова зъбна предавка с асиметрични зъби. Изследвано е поведението на зъбните колела в зависимост от промяната на ексцентрицитета и влиянието на центроидата (елипсата) върху изменението на ъгъла на налягане.

2. Изведена е зависимост, описваща траекторията на движението на формообразувачия профил на инструмента, при нарязване на зъби с асиметричен профил, като адекватността ѝ е доказана чрез реално представена малкомодулна предавка.

3. С използване на метода на неравнинните сечения е предложена аналитична зависимост за определяне коефициента на формата на зъба, отнасящ се за еволвентни зъбни колела с асиметричен профил на зъба, на базата на които могат да се определят локалните напрежения в основата разглеждания профил.

Приложни приноси:

1. На базата на експериментални изследвания е установено, че при измерване на радиалното биене на зъбно колело с асиметричен профил, неопределеността която внася тангенциалната съставляваща в крайния резултат не превишава стойност от 1,7%.

2. С използване на компютърна програма, базирана на метода на крайните елементи е определена сумарната деформация на зъбните профили по линията на зацепване и предизвиканото от нея допълнително завъртане на водимото зъбно колело.

3. Чрез използване на модели за генериране на зъбни профили е разработена принципна схема на устройство за производство на елиптични зъбни колела с асиметричен профил по метода на центроидното обхождане.

5. Публикации и цитирания по дисертационния труд

Представени са седем публикации по темата на дисертацията, като две са самостоятелни, две с двамата ръководители, две с първия ръководител и една в съавторство с проф. Светослав Симеонов. Те са разположени равномерно във времето в

което е разработван дисертационния труд и отразяват основните и най-важни моменти от него, поради което приемам, че той е публикуван в основната си част.

6. Авторство на получените резултати

Предложените математични зависимости, методи и резултати потвърждават полезността на дисертация, относно разработването на малкомодулни зъбни колела с асиметричен профил. Част от нейното съдържание може да се използва и в учебния процес за разширяване познанието на студентите, относно геометрични и якостни изчисления за зъбни предавки, извън рамките на утвърдените стандарти. Наличието на значителния брой публикации по тема, които докторантът е представил като свои и в съавторство ми дават основание да считам, че дисертационния труд е лично негово дело.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът към настоящата дисертация е съобразен по обем и съдържание с изискванията и отразява най-същественото от нея. Чрез него може да се придобие пълна представа за изложените от докторанта методики, зависимости и приноси в научния труд.

8. Забележки по дисертационния труд

1. В литературния обзор по мое мнение би било удачно да се разкрият особеностите на малкомодулните зъбни колела, относно тяхната функционалност, проблемите при проектирането, изработването им и крайния инспекционен контрол. В противен случай трудно би се оценило по какво те се различават от минимодулните, малкомодулните, средномодулните и голямомодулните зъбни колела с асиметричен профил на зъбите.

2. От предложената методика за извеждане уравнението на началната права на инструмента след преобразуванията не следва получената зависимост (2.28) на стр. 42.

3. Не става ясно по каква причина е необходимо да се извежда специфичната зависимост за определяне на оптималния размер на ролката, необходим за т.нар. метод за косвено определяне на страничната хлабина по размер с ролки, след като следва

заклучението е, че диаметъра на ролката може да се определи и по познатата зависимост $D_{1,2} \approx 1,7m$.

4. Липсващата в текста методика и получаващите се от нея експериментални данни и съответните зависимости затрудняват оценката за определяне на максималното влияние на тангенциалната грешка, относно получаващата се разлика между α^* и α .

9. Критични бележки и препоръки по автореферата

Нямам критични бележки и препоръки към изготвения автореферат.

10. Заключение

Считам, че представеният за рецензиране дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за приложението и като цяло оценката ми за него е положителна.

По тази причина предлагам да се присъжди образователната и научна степен "доктор" по научна специалност „Точно уредостроене” на докторанта инж. Пламен Живков Панайотов.

12.08.2015 г.

Рецензент:.....

/доц. д-р инж. Д. Тонев/