

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
специалност – Машинознание и машини елементи

Автор: инж. Красимир Василев Кръстев

Тема: Проектиране и изследване на профилни еластични съединители

Рецензент: проф. д-р инж. Галя Великова Дунчева

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Изборът на подходящ съединител в механичните задвижвания е от ключово значение за условията на експлоатация на техническите съоръжения. Наличието на еластична връзка между свързаните валове намалява динамичните натоварвания, демпфира колебанията във въртящия момент в компонентите при преходните процеси и осигурява възможност за компенсиране на отклоненията във взаимното разположение на свързаните валове. В настоящата дисертация са проектирани и изследвани гама еластични съединители, в които е използвана профилна форма в напречно сечение на еластичните елементи, взаимодействащи без хлабина по външните и вътрешни повърхнини съответно с водещата и водима части от съединителя. Тази идея е застъпена в Авторско свидетелство 37164 МПК F16D7/06 с автор Христо Цачев. Използвайки тази концепция, са проектирани съединители с различен брой страни на профила на еластичните елементи, като изследванията са проведени за три вида гумени смеси с различна твърдост. Този подход осигурява достатъчно емпирична информация за характеристиките на поведението на изследваните съединители. В литературата липсват задълбочени изследвания на такъв вид еластични съединители, поради което считам, че изследванията в дисертацията са актуални и полезни за практиката.

2. Структура и обем на дисертационния труд

Дисертацията включва Въведение, Приети означения и съкращения, 4 глави, Класификация на приносите, Публикации по дисертацията, Литература и Съдържание в общ обем от 105 стр., включващи текст, формули, 119 фигури и графики и 22 таблици. Приложенията съдържат разработените програми в среда на MathCAD и получените решения.

3. Обзор на цитираната литература

Цитираната литература обхваща 74 заглавия – статии, доклади, книги, авторски свидетелства, фирмени каталози и интернат сайтове, от които 39 на латиница. Повечето от тях са публикувани след 2003 година, поради което като цяло считам, че информацията в областта на научния проблем е актуална.

4. Методика на изследване

За провеждане на изследванията в дисертацията са използвани аналитичен и експериментален подход. Предвид спецификата на обекта на изследване, експерименталният подход е без алтернатива. За интензифициране на изчисленията са използвани възможностите на съвременни специализирани програмни продукти - MathCAD и LabVIEW.

В **Първа глава** е направена обща характеристика на еластичните съединители и на основните свойства на материалите, използвани за еластични елементи. Анализирани са различни конструкции на профилни еластични съединители с гумени елементи. Отделно е направен анализ на съществуващи конструкции стендове за експериментални изследвания на еластични съединители. На тази база убедително е обоснована необходимостта от разработване на универсален стенд, даващ възможност за определяне както на статични, така и на динамични характеристики на еластични характеристики. Накрая са направени изводи, на база на които е обоснована целта и са формулирани основните задачи в дисертацията.

Във **Втора глава** са разработени конструктивно гама профилни еластични съединители, в които еластичният елемент в напречно сечение има форма, определена от външен и вътрешен правилен многоъгълник (или близка до такава форма). Еластичният елемент е посредник в предаването на въртящия момент между вътрешна и външна корави втулки, чиито работни повърхнини имат аналогичен профил. Дефинирани са геометричните параметри на съединителите във функция от големината на въртящите моменти в диапазона 40 – 100 Nm съответно за триъгълен, четириъгълен, петоъгълен и шестоъгълен профил. За случая на гумени еластични елементи, енергоемкостта и демпфиращата способност на съединителя се определят от обема на тези елементи. От тази гледна точка, коректно е приета постановката за еднакъв обем на различните профилни еластични елементи за даден типоразмер (въртящ момент). За случаите на триъгълен и четириъгълен профили, геометричните параметри са ограничени от условието за непревъртане между коравите втулки в случай на разрушени еластични елементи. Теоретично са определени статичните тангенциални коравини на гамата проектирани еластични съединители, съответстващи на максималните стойности на въртящите моменти. За целта е приет идеализиран модел, базиран върху триъгълен закон на разпределение на нормалните напрежения с максимална стойност в края на всяка стена и нулева в средата ѝ. На основа на този модел и прието линейно еластично поведение на гумените смеси, са определени аналитични зависимости, на база на които в MathCAD са изчислени статичните коравини и максималните напрежения. Изчисленията са направени за три вида гумени смеси с твърдост по Shore съответно 50, 60 и 70. За определяне на модулите на линейни деформации за всяка гума смес са използвани експериментални резултати от експерименти на едномерен натиск в еластичната област.

Трета глава е посветена на експериментални изследвания на разработените профилни еластични съединители. Предвид спецификата в поведението на гумените смеси, тази глава е най-важната в дисертацията, а получените резултатите от изследванията са безспорни. За техническо обезпечаване на експери-

ментите е проектиран и изработен стенд, даващ възможност за провеждане на статични и динамични изпитания без ограничения по отношение на вида на изпитваните еластични съединители. Стендът е снабден със съвременен измервателен модул NI 9219, в който постъпват сигнали от тензометрична глава, индуктивен датчик и термодвойка съответно за големината на въртящия момент, ъгловата деформация в съединителя (ъгълът на относително завъртане) и температурата в еластичния елемент. За обработка на данните е използван специализирания софтуер LabVIEW, от който информацията се записва в компютър. Натоварващото устройство, създаващо съответния съпротивителен момент, е базирано върху взаимодействие между зъбно колело и две зъбни рейки. За създаване на циклични натоварвания с различна амплитуда е използван регулируем ексцентрик и кулисен механизъм.

Изследвани са еластични съединители с триъгълен, четириъгълен и шестоъгълен профили, изработени от гумени смеси с различна твърдост по Shore – съответно 50, 60 и 70. За изработване на еластичните елементи са направени пресформи със съответна геометрия, осигуряваща еднакви обеми. Получените статични характеристики потвърждават различните демпфиращи свойства на различните гумени смеси. На тази основа са определени статичните коравини, съответстващи на максималните стойности на предаваните въртящи моменти, енергоемкостта и коефициента на демпфиране. Използвайки MathCAD, за апроксимиране на кривите на натоварване от статичните характеристики са генерирани степенни функции и полиномни модели. Заключение е, че регресионните модели, базирани върху полиномни модели от трета степен осигуряват много добра съвпадение с експерименталните резултати.

Направена е приблизителна количествена оценка на температурния ефект, базирана върху експериментални резултати за дисипираната енергия за един цикъл за случая на еластичен съединител с четириъгълен профил.

Динамичните изпитания са проведени за три различни честоти – 0.4 Hz, 1.0 Hz и 2.0 Hz. За всяка честота, еластичен елемент и гумена смес са получени динамичните коефициенти на демпфиране. За трите вида изследвани съединители резултатите за изменението на коефициента на демпфиране в зависимост от твърдостта на гумата и честотата на натоварване графично са визуализирани. Накрая са направени изводи.

В Четвърта глава е направено теоретично изследване на динамиката на подемен механизъм на възжен електротелфер на основа на тримасов динамичен модел. Сравнени са два варианта за връзка между електродвигателя и входящия вал на планетния редуктор – еластична връзка чрез твърд (втулков) съединител и вискозо-еластична връзка за случая на еластичен съединител. Приет е опростения вариант, при който коравината на еластичния съединител е постоянна. Получените системи линейни диференциални уравнения за четири преходни процеса са решени числено посредством програмния продукт MathCAD. Изменението на моментите и силата във възето за различните варианти са визуализирани графично и са определени коефициентите на динамичност за двата сравнявани варианта. Предоставена е служебна бележка от PODEM GABROVO, удостоверяваща, че разработената гама профилни еластични съединители ще се използват в нови подедни съоръжения, изработвани от фирмата.

5. Приноси на дисертационния труд

Научно-приложните приноси са в категорията Създаване на нови класификации, методи, подходи, алгоритми, конструкции, модели и др.:

- Аналитични зависимости за определяне на напреженията и статичните коравини в профилни еластични съединители в зависимост от броя на стените и твърдостта на гумените смеси;
- Разработеният стенд за експериментални изследвания на еластични съединители в статичен и динамичен режим с възможност за управление на натоварването и честотата и електронна сисема за регистриране и обработване на получените данни;
- Методика за определяне на статичните и динамични характеристики на профилни еластични съединители;
- Създаден динамичен модел на подемен механизъм на въжен електротелфер за определяне на динамичните натоварвания на елементите в механизма при използване на профилни гумени еластични съединители.

Приложни приноси:

- Проектирани и изработени гама профилни еластични съединители с еластични елементи от гумени смеси с различна твърдост;
- База данни за експериментално получени статични характеристики, енергоемкост и коефициента на демпфиране на профилни еластични съединители в зависимост от броя на стените и твърдостта на гумените смеси;
- База данни за динамичния коефициент на демпфиране в зависимост от броя на стените, честотата на цикличното натоварване и твърдостта на гумените смеси;
- Изработени в метал прес-форми, които могат да се използват за изработване на гумени еластични елементи с различен профил.

6. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Публикациите по дисертацията включват: 5 доклада в съавторство с научния ръководител на международни научни конференции, 4 от които в чужбина (RaDMI, Сърбия), 1 в България (GMD на Русенски университет и 1 самостоятелна статия в Известия на Технически университет – Габрово. Публикациите удовлетворяват изискванията на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на Технически университет – Габрово. Не са посочени цитирания.

7. Авторство на получените резултати

Имам преки впечатления от работата на инж. Красимир Василев Кръстев. Считаю, че той има основен принос за разработване на дисертационния труд. Отчитайки концепцията, на основа на която е изграден разработения стенд за експериментални изследвания на еластични съединители, свършената работа от инж. Красимир Василев Кръстев е впечатляваща.

8. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е разработен в обем от 52 стр. и включва: Обща характеристика на дисертационния труд, Кратко изложение на дисертационния труд по

глави, Класификация на приносите и Публикации по дисертацията. Авторефератът отразява най-важното – приетите постановки, методологията на изследване и получените съществени резултати.

9. Забележки и препоръки по дисертационния труд

Към дисертацията имам следните забележки, свързани с прецизиране на съдържанието в текста:

- 1). Неравенството според зависимост (2.25) е некоректно;
- 2). В контекста, в който е използвано понятието „модул на еластичност E “, би трябвало да се замени с „модул на линейни деформации“;
- 3). Отчитайки материалната нелинейност на гумените сплави и получените в резултат нелинейни статични характеристики на изследваните съединители, коравината е функция на големината на въртящия момент. От тази гледна точка би трябвало ясно да се посочи, че намерените статични коравини съответстват на конкретни стойности на предваните въртящи моменти.

Енергоемкостта, демпфиращата способност и якостния ресурс на еластичните съединители с гумени еластични съединители се определя от относителния обем на еластичните елементи и характера на натоварване (целесъобразно е еластичните елементи да са натоварени предимно на усукване и срязване). От тази гледна точка препоръчвам в бъдещата работа да се направи технико-икономическа оценка на разработените еластични съединители, като се сравнят с известни конструкции (например посредством отношението цена/качество). Такъв сравнителен анализ и оценка на поведението на разработените конструкции в реални производствени условия (предвид възможността за внедряване в ПОДЕМ GABROVO) ще позволят да се оптимизира геометрията на еластичните елементи, например по критерий концентрация на напреженията и др.

10. Заключение

Отчитайки практическата полезност на получените експериментални резултати и възможността за внедряване на разработената гама профилни еластични съединители, считам, че представеният научен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Това ми дава основание да **предложа** да бъде присъдена образователната и научна степен „Доктор“ на инж. Красимир Василев Кръстев в:
област на висше образование - **5. Технически науки**,
професионално направление - **5.1. Машинно инженерство**,
специалност – **Машинознание и машинни елементи**.

13.04.2017 г.

Подпис:

**Заличено обстоятелство,
на основание чл.2 от ЗЗЛД**

/проф. д-р инж. Галя В. Дунчева/