

РЕЦЕНЗИЯ

на

Дисертационния труд: „Нелинейна еластовискозност на еластомери при циклично натоварване“

за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“

по професионално направление 5.1 Технически науки - Машинно инженерство, специалност „Приложна механика“ при ХМТУ - София

Докторант: инж. Тарик Хрима, катедра „Приложна механика“, към ДФМТ науки

Рецензент: чл.кор.проф.д.т.н. Ангел Иванов Балтов, Институт по механика БАН

1. Общи бележки

Процедурата по представянето на дисертационния труд е изпълнена съгласно Правилника на ХМТУ – София. Със Заповед на Ректора на ХМТУ – София, на основание Решение на Съвета на Департамента по физико-математически и технически науки, съм включен в състава на Жури по процедурата. На заседание на Журито съм избран за рецензент на труда.

Дисертацията е представена е на френски език “Charges cycliques des élastomères en elasto-viscosité nonlinéaire” на 126 стр., информация за три авторски софтуерни програми в среда Mathcad, множество илюстративни фигури, снимки, таблици, 125 литературни източника на английски и френски езици. Представен е също подробен автореферат на български език, както и всички необходими документи.

Ръководители на инж. Тарик Хрима са проф. д.т.н.инж. Климент Хаджов и доц.д-р инж. Димитър Дончев.

2. Кратки биографични данни

2.1. Лични данни

Инж. Тарик Хрима (Tarik Hrima) е роден през 1988 г. в Република Мароко с адрес в София.

2.2. Образование

Завършил е лицей по електротехника в гр. Мохамедия, Мароко (2006). Завършил е успешно степен „BTS en énergétique“ в „Ecole Normal Supérieure de l'Enseignement Technique de Rabat“, Мароко. У нас е получил магистърска степен по индустриална химия като инженер-химик в направление по материалознание във Франкофонския отдел на ХМТУ – София (2011).

2.3. Служебна и научна кариера

Редовен докторант в ХТМУ - Департамента по физико-математически и технически науки, катедра „Приложна механика“, ХТМУ – София (2013-2016)

Стажове в „ICOMA“ (2011), в „ALCAN“ (2008), в „Steel strafor“ (2007).

Ползва четири езика (арабски, френски, английски и частично български). Има добра квалификация в областта на информатиката и компютърните методи. Съчетава базова подготовка по електроника и електротехника с такава по материалознание и механика на материалите.

2. Обща характеристика на дисертацията

Темата на дисертацията е в областта на Механика еластомерите. Тези материали намират широко и разнообразно приложение, което прави дисертацията актуална. Инж. Т. Харима дава достатъчно примери и данни за увеличеното им производство. темата е в съгласие с традициите на катедра „Приложна механика“ и се явява естествено продължение на серия защитени докторски дисертации в катедрата. Там, той е получил научно ръководство на високо ниво.

Целта на дисертацията е „Да се изучи и моделира механичното поведение при циклиране с големи деформации на еластомерни материали въз основа на нелинейната наследствена теория със сингулярни ядра на пълзене и релаксация“. За постигането ѝ в Дисертацията са формулирани осем подходящи задачи, които са решени успешно.

По дисертацията има отпечатани 4 публикации, в които той е на първо място и са в сътрудничество с научните му ръководители и други колеги от катедрата. Публикациите са в престижни издания, като International Journal of Engineering, Journal of the Balkan Tribological Association, Engineering Science and Education Journal – 2 в чужбина и 2 у нас. Така той напълно изпълнява изискванията на българското законодателство.

Дисертационния труд е апробиран на редица представяния като доклади у нас и в чужбина (Мароко и др.).

Темата отговаря на обявената процедура по Приложна механика. Изложението е коректно, ясно и по същество.

Авторефератът отразява в сбита форма всички по-важни резултати, постигнати в дисертацията.

4. Приноси в дисертационния труд

Приносите в труда ще бъдат отбелязани в хода на изложението по глави.

Гл. I. Литературен обзор

Литературният обзор отразява главните публикации по темата, като похвално е, че са отразени и постиженията на катедрата в тази област. Инж. Т. Харима демонстрира задълбочени познания по еластомерите, по тяхната структура и по тяхното Механо-математично

моделиране. Прави добро впечатление, че са представени, както основополагащи резултати, то и такива с най-съвременни подходи (Вж. моделите с фрактални производни). Обзорът е аналитичен и критичен, като показва смислеността на поставената цел в дисертацията. Инж. Т. Харима демонстрира успешно изпълнение на образователните изисквания към дисертацията, която е за присъждане на образователна и научна степен, съгласно нашето законодателство.

Гл. II. Подобрено наследствено ядро в конститутивното уравнение

Научни приноси

- Предложен е собствен модел на вискозо-еластично тяло за описване поведението на еластомери. Моделът подходящо е в два варианта: за малки и за големи деформации, в линеен и нелинеен вариант. Приеманията на модела са: наличие на подобие в изохромните криви на релаксация; разглежда се едномерен случай; не се отчита изменение на температурата вследствие наличие на вътрешен източник на топлина от дисипация на енергия при процеса; разглежда се наследствена вискозо-еластичност без стареене.

Приемам предпоставките като разумни за приближено инженерно описание. Моделът успешно съчетава в линейния вариант при малки деформации подхода на Болцман за конститутивни уравнения в интегрален вид с наличие на ядра на релаксация и пълзене. Обобщава идеи на Ржаницин и Колтунов, като за първи път се предлагат редове от сингулярни ядра (в приложения вариант се спира до третия член).

В нелинейния вариант при големи деформации и големи интервали от време, целесъобразно се въвежда уравнението на Ogden, в което влизат удълженията в степенен вид.

Научно-приложни приноси

- Прилага се успешно експериментална методика за верификация на модела, при която се построяват: мигновена зависимост между напреженията и деформациите; пълзене при наложено напрежение; релаксация при наложена деформация. Получени са параметрите на модела за полиизипренов вулканизат в голям времеви интервал, което е много полезно за приложението на модела на практика.
- Сравняването между теоретичните и експериментални резултати дава добро приближение, което верифицира модела, като подходящ да описва вискоеластичното поведение на еластомери при малки и големи деформации и интервали от време.

Гл. III. Хистерезисни криви и фактор на загубите

Еластомерите при развитие на вискозоеластичните си свойства, проявяват мигновена еластичност и при вискозното си деформиране дисипират енергия. Това мотивира инж. Т. Хрима да приложи за описване на поведението им комплексен модул на еластичност E^* с реална стойност E' (модул на натрупване) и имагинерна част E'' (параметър на загубите). В тази глава се разглежда циклично натоварване, която е една от целите на работата.

Научни приноси

- Получени са всички необходими зависимости за връзките между E' , E'' и ядрата на пълзене и релаксация в съгласие с предложения в Глава II модел в условията на циклично натоварване и линейна и нелинейна постановка.
- На тази база целесъобразно се получават изразите за известния от литературата фактор на загубите чрез ядрата на пълзене и релаксация по модела.

Научно-приложни приноси

- Получени са полезните изрази за хистерезисните криви при малки и големи деформации в рамките на линейния и нелинеен вариант на модела.
- Особен интерес представляват изразите на връзката между фактора на загубите и амплитудата и честотата на цикличното въздействие.
- Изведените зависимости целесъобразно са проверени експериментално с полиизопренов вулканизат (получен в ХТМУ - София) при малки и големи деформации и интервали от време. Удачно е избегнато на този етап, влиянието на ефекта на Mullins.
- Съвпадението на теоретичните и експериментални резултати е приемливо и показва възможността предложения модел да се прилага при циклични натоварвания.

Гл. IV. Ефект на Mullins

Научно-приложни приноси

- Подходящо е въведена демпфериращата функция, като е обобщена формулата на Rolland. В израза за нея целесъобразно участва демпфериращ параметър и наложената циклична деформация. Подходящо е въведена функцията на Хевисайд за да се отчете, че демпфериращата функция намалява след началото, като след първите цикли остава постоянна.
- Нов резултат е изразяването демпфериращата функция в нелинеен вариант на модела при големи деформации по Ogden и включването ѝ в конститутивните зависимости.
- Особено интересно е свързването на натрупаната енергия при цикличен процес с параметъра на демпфериране C . Така той приема физичен смисъл.
- На основа на известната дефиниция за дефектиране в първите два цикъла е изведена полезна връзка между параметъра на дефектиране и демпфериращия параметър.
- С получените в рамките на модела при циклични натоварвания изрази за натрупаната и разсеяна енергия след n цикъла е получен израз за демпфериращия фактор за разглеждания случай.
- Приведени са серия експерименти с полиизопреновия вулканизат, които добре потвърждават, след сравнение, изведените теоретични зависимости свързани с ефекта на Mullins.

Гл. V. Разлагане на решенията

Приетият нелинеен вариант на модела, при големи деформации, успешно описва ефекта на Раупе и в тази връзка в главата са постигнати следните приноси.

Научни приноси

- За първи път се дефинира и извежда израза за податливостта на натрупване /Вж. § 5.3.1./.
- С помощта на редовете на Фурие и нелинейния модел при големи деформации, е изведена важната амплитудно-честотна диаграма на Фурие /Вж. § 5.2./.

Научно-приложни приноси

- Целесъобразно наложеното напрежение при циклични хармонични въздействия се представя в ред на Фурие, което улеснява ползването му.
- Получена е полезната връзка на амплитудата на деформацията с броя и честотата на процеса чрез коефициентите на Фурие в развитието на израза за напреженията.
- Определени са важните характеристики на цикличния процес – хистерезисните криви при опън и при срязване в рамките на модела, както и функциите на нелинейност, дъмпинг функциите и др.
- Целесъобразно специално внимание е отделено за случая на цикличен пулсиращ процес, като коректно са изведени всички описващи ги функции (модул на натрупване, податливост при натрупване, хистерезисни криви).
- Разкрито е проявлението на ефекта на Раупе и възможността да се опише в условията на пулсиращ процес с нелинейния модел.
- Проведени са важни системни експериментални изследвания, които разкриват теоретично описаните ефекти (ефект на Раупе, хистерезисни криви, уравнение на Ogden, нормализирани криви на релаксация при срязване, дъмпинг функцията и др.)

Гл. VI. Експериментална техника

В главата се дават необходимите сведения за експерименталните установки, с които са проведени полезните опити в дисертацията.

Представяват интерес и имат приложен принос представените в допълнение три софтуерни програми: за построяване на диаграмата на Фурие, за определяне на напреженията и деформациите при цикличен процес с вулканизат – 70 СВ и за описване ефекта на Раупе.

5. Бележки и препоръки

- Би било добре, ако в дисертацията бяха определени и представени неопределеностите при експериментите и да се даде статистическа оценка при сравняването на теоретичните и експериментални резултати.
- Бих препоръчал в бъдеще:

- Да се изследва за еластомери термичен цикличен процес при променлива температура и с отчитане вътрешния източник на топлина, вследствие дисипацията на енергия в процеса.
- Да се изследва появата и развитието на уморни дефекти и се определи границата на умора на характерни еластомери.

Всичко това не омаловажава постигнатите приноси резултати.

6. Лични впечатления

Имах възможността да присъствам на презентацията на дисертацията и получих отлични впечатления от задълбоченото, компетентно и балансирано представяне на резултатите от докторанта.

7. Заключение

Цялостния анализ на разработването на дисертационния труд и постигнатите съществени приноси резултати ми позволяват убедено да препоръчам на Почитаемото Жури да присъди на инж. Тарик Хрима образователната и научна степен „Доктор“ по Приложна механика в професионално направление 5.1 Технически науки - Машинно инженерство.

20.09.2016

София

Рецензент:



/чл.кор.д.т.н. инж. Ангел Балтов/