

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Чавдар Ставрев ГЕОРГИЕВ

Тема на дисертационния труд: "Изследване и оптимизация на механични структури с внезапна загуба на устойчивост"

Рецензент: проф. д-р Тодор Стоилов ТОДОРОВ

Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Проблемите за загубата на устойчивост в механиката са с постоянна във времето актуалност, поради нарастващите изисквания за минимална маса и оптимална структура на съвременните механични системи, при които към цялостното натоварване съществен дял има напрежението на натиск.

Задачата за загуба на устойчивост е класическа и е дефинирана от Ойлер за натоварване на колони още през далечната 1744 г. По-късно проблемът се разпростира и върху обемни тела, еластични плочи и черупки. В наши дни съчетаването на класическите теоретични резултати с числените методи и изчислителната мощ на компютрите създават основа за развитие на съвременните приложни софтуерни продукти. В този смисъл, макар че е достигнал високо ниво още в миналото, проблемът продължава да е актуален и има възможности както за аналитично теоретично развитие, така и за прилагане на тази теория в съвременните компютъризирани системи. В днешно време числените анализи и симулации, комбинирани с алгоритми на невронните мрежи, машинното обучение и изкуствения интелект, извеждат задачата в други логически пространства, където освен за оптимизация се създават възможности за прогнозиране и самообучение.

В научноприложно отношение при решаване на конкретни задачи, въпросите за внезапната загуба на устойчивост винаги ще са актуални, защото засягат важни аспекти на оптималното инженерно проектиране.

Тепен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Докторантът се е запознал добре със състоянието на проблема, за което говори уместно подобреният списък на цитирани 94 литературни източници на немски, английски и български език. Въпреки, че състоянието на научната тематика в областта е достатъчно обширна, той правилно се е концентрирал върху разглеждането и включването на източници, свързани с конкретиката на задачите, които трябва да реши в дисертационния труд. В литературния материал е отделено място и на системи за компютърно проектиране, управление на жизнения цикъл, дигитален двойник и метод на крайните елементи.

Въответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Избраната методика на изследване основно е базирана на метода на крайните елементи (МКЕ) и възможностите за прилагане на съвременни методи за оптимизация, съчетан с изкуствен интелект, машинно обучение и неврони мрежи. Разработени са приложения, процеси на симулации и валидации чрез МКЕ. Решени са примери за загубата на устойчивост, за нелинейно изкълчване на уякчена цилиндрична черупка и на цилиндрична черупка с промяна на параметрите.

Целта на дисертацията: „Да се изследват чрез МКЕ механични структури, които са предразположени към внезапна загуба на устойчивост и да се предложи подход за повишаване на стабилността чрез структурна и топологична оптимизация“ е правилно подбрана и кореспондира на направените изводи от литературния обзор.

ратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала

Предоставеният ръкопис в обем от 133 страници съдържа 6 глави, в които са включени и приносите. След литературния обзор докторантът формулира целта и задачата на дисертацията. Във втора глава са разгледани методите за анализ чрез МКЕ, направена е верификация и са разработени четири симулационни модела, като един от тях е съпоставен с поведението на индустриален образец. Третата глава е посветена на структурната оптимизация като включва комплексно изследване на софтуерни пакети устойчивост при различни допълнителни ограничения. В глава четвърта са дадени структурни оптимизации при загуба на устойчивост, решени са няколко вида оптимизационни задачи и е разработена нова методика и класификация, която може да намери приложение при решаване на сложни задачи за натискови натоварвания. В глава пета докторантът изследва приложението на изкуствения интелект и машинното обучение в числените методи и апробира нова методика и тестов вариант с невронни мрежи и непрекъснато обучение за предсказване на резултати от симулации със загуба на устойчивост.

Аналитичната характеристика на дисертацията се отнася до области свързани с усъвършенстването на софтуерни системи с конкретно приложение за анализ, оптимизация и предсказване на внезапна загуба на устойчивост.

аучни и научноприложни приноси на дисертационния труд:

Научноприложните приноси на автора са следните:

Създадена е нова методика за изследване на натискови натоварвания, базираща се на получените оптимизационни резултати с висока степен на достоверност при решаване на реални инженерни задачи.

Базирана на същите предпоставки е създадена и класификация.

Използвани са невронни мрежи и изкуствен интелект за предсказване на загуба на устойчивост преди провеждане на симулации.

Създадена е възможност за непрекъснато обучение на алгоритъм за повишаване на сходимостта и точността на симулираните варианти.

Авторът е постигнал следните приложни приноси:

Четири симулационни модела на реални геометрични структури предразположени към загуба на устойчивост са разработени и са анализирани основните показатели при загуба на устойчивост.

Като метод на виртуалното инженерство е проведено комплексно изследване на възможностите в софтуерните пакети TOSCA и Optimus за различни стратегии за компютърна структурна оптимизация, при която са използвани симулационни модели.

Разработените методи и подходи са приложени в решения на оптимизационни практически и теоретични задачи за загуба на устойчивост като са използвани водещи комерсиални продукти.

Направена е съпоставка и валидация на резултатите от прогнозите на обучените Невронни мрежи за поведение на обекта на моделиране с резултатите от специализиран анализ.

Характерът на приносите е предимно софтуерно усъвършенстване на продукти с цел улесняване на решението на задачи за загуба на устойчивост.

ценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

При представянето на дисертацията на вътрешната защита в катедра „Теория на механизмите и машините“, докторантът демонстрира задълбочено експертно познаване на материала, отговори на всички въпроси и участва компетентно в спонтанно възникналите дискусии. Друг показател за високата степен на личното участие са публикациите в съавторство по дисертацията, в които докторантът е на първо място.

реценки на публикациите по дисертационния труд

Докторантът е представил пет публикации, от които в четири е съавтор, а в една е самостоятелен автор. Две от статиите са публикувани в реферираното неиндексирано „Българско списание за инженерно проектиране“, а останалите три са доклади на конференции. Представени са и регистрации на един полезен модел и патент.

използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика

Голяма част от работата и резултатите на докторанта са вследствие на работа по важни индустриални проекти. Поставените задачи, формулирането на оптимизационните критерии и разработените нови алгоритми са плод на преодоляването на реални предизвикателства с важно икономическо значение.

заключения, препоръки и бележки

В предварителната ми рецензия отбелязах, че дисертацията е оформена сравнително добре, без граматични и правописни грешки.

Докторантът е взел предвид всички мои забележки от предварителната рецензия, поради което тук нямам съществени възражения по работата.

Бих препоръчал за бъдещите научни изследвания авторът да обърне по-голямо внимание на описанието и обработката на експерименталните данни.

Задълбочаването на теоретичните изследвания за загуба на устойчивост в съчетание с постиженията на теорията на еластичността, еластичните черупки и плочи е другата благоприятна насока, по която може да се постигнат важни научни приноси.

заключение:

Като изхождам от значимостта и оригиналността на дисертационния труд, свързаните с него публикации и приноси, както и от съответствието му с изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ–София, препоръчвам на уважаемото жури да присъди на докторанта **маг. инж. Чавдар Ставрев ГЕОРГИЕВ** образователната и научна степен „**доктор**“ в професионално направление **5.1 Машинно инженерство**, научна специалност **02.19.08 „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите“**.

Дата: 15.06.2024 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

/проф. д-р Т. Тодоров/

REVIEW

on a dissertation

for acquiring educational and scientific degree “**doctor**”

Author of the dissertation: M.Sc. Engineer Chavdar Stavrev GEORGIEV

Dissertation topic: "Investigation and optimization of mechanical structures with sudden loss of stability"

Member of scientific jury: Prof. Dr. Todor Stoilov TODOROV

1. Relevance of the problem developed in the dissertation work

The problems of the loss of stability in mechanics are of constant relevance over time, due to the increasing requirements for minimum mass and optimal structure of modern mechanical systems, in which the compressive stress has a significant share of the overall load.

The loss of stability problem is classical and was defined by Euler for column loading as early as 1744. Later, the problem was extended to solid bodies, elastic plates and shells. Nowadays, the combination of classical theoretical results with numerical methods and the evaluating power of computers creates a basis for the development of modern applied software products. In this sense, although it reached a high level already in the past, the problem continues to be relevant and has opportunities both for analytical theoretical development and for the application of this theory in modern computerized systems. Nowadays, numerical analyzes and simulations combined with neural network algorithms, machine learning and artificial intelligence bring the task into other logical spaces where, in addition to optimization, opportunities for prediction and self-learning are created.

In a scientific and applied sense when solving specific tasks, questions about the sudden loss of stability will always be relevant because they affect important aspects of optimal engineering design.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material

The PhD student has become well acquainted with the state of the problem, which is indicated by the appropriately selected list of cited 94 references in German, English and Bulgarian. Although the state of the scientific subject in the field is extensive enough, he has correctly concentrated on examining and including sources related to the specifics of the tasks he has to solve in the dissertation work. In the literature, space is also devoted to computer-aided design systems, life cycle management, digital twin and finite element method.

3. Correspondence of the chosen research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work

The chosen research methodology is mainly based on the finite element method (FEM) and the possibilities of applying modern optimization methods combined with artificial intelligence, machine learning and neural networks. Applications, simulation processes and validations through FEM have been developed. Examples of loss of stability, nonlinear buckling of a stiffened cylindrical shell and of a cylindrical shell with a change in parameters are solved.

The aim of the dissertation: "To investigate through FEM mechanical structures that are prone to a sudden loss of stability and to propose an approach to increase stability through structural and topological optimization" is correctly selected and corresponds to the conclusions drawn from the literature review.

4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material

The provided manuscript in a volume of 133 pages contains 6 chapters, in which contributions are also included. After the literature review, the doctoral student formulates the aim and task of the dissertation. In the second chapter, FEM analysis methods are discussed, verification is done, and four simulation models are developed, one of them being compared with the behavior of an industrial sample. The third chapter is dedicated to structural optimization, including a complex study of TOSCA and Optimus software packages, and approaches to optimizing models with loss of stability under various additional constraints are discussed. In the fourth chapter, structural optimizations in the case of loss of stability are given, several types of optimization problems are solved, and a new methodology and classification is developed, which can find application in solving complex problems for compressive loads. In chapter five, the PhD student explores the application of artificial intelligence and machine learning in numerical methods and tests a new methodology and test case with neural networks and continuous learning to predict results from loss-of-sustainability simulations.

The analytical feature of the dissertation refers to areas related to the improvement of software systems with a specific application for analysis, optimization and prediction of sudden loss of stability.

5. Scientific and applied scientific contributions of the dissertation work:

The scientific and applied contributions of the author are the following:

A new methodology for the study of compressive loads has been created, based on the obtained optimization results with a high degree of reliability when solving real engineering tasks.

Based on the same premises, a classification was also created.

Neural networks and artificial intelligence were used to predict loss of stability before running simulations.

An opportunity has been created for continuous training of an algorithm to increase the convergence and accuracy of the simulated variants.

The author has achieved the following applied contributions:

Four simulation models of real geometric structures prone to loss of stability have been developed and the main indicators of loss of stability have been analyzed.

As a method of virtual engineering, a complex study of the possibilities in the software packages TOSCA and Optimus for different strategies for computer structural optimization was carried out, in which simulation models were used.

The developed methods and approaches are applied in solutions of practical and theoretical optimization problems for loss of sustainability using leading commercial products.

A comparison and validation of the results of the predictions of the trained Neural Networks for the behavior of the object of modeling with the results of a specialized analysis was made.

The nature of the contributions is primarily software product improvement to facilitate the solution of sustainability loss tasks.

6. Assessment of the degree of personal involvement of the dissertation student in the contributions

During the presentation of the dissertation on internal defence in the "Theory of Mechanisms and Machines" department, the PhD student demonstrated in-depth expert knowledge of the material, answered all questions and participated competently in the spontaneously arising discussions. Another indicator of the high degree of personal involvement is the publications in co-authorship of the dissertation, in which the doctoral student is in first place.

7. Assessment of dissertation publications

The PhD student has presented five publications, of which he is a co-author in four and an independent author in one. Two of the articles were published in the refereed non-indexed "Bulgarian Journal of Engineering Design", and the remaining three were conference reports. One utility model and patent registrations are also presented.

8. Using the results of the dissertation work in scientific and social practice

A large part of the PhD student's work and results are the result of work on important industrial projects. The set tasks, the formulation of the optimization criteria and the developed new algorithms are the result of overcoming real challenges of important economic significance.

9. Opinions, recommendations and notes

In my preliminary review, I noted that the dissertation was fairly well laid out, with no grammatical or spelling errors.

The PhD student has taken into account all my remarks from the preliminary review, so I have no major objections to the work here.

I would recommend that for future research, the author pays more attention to the description and processing of the experimental data.

The deepening of the theoretical research on loss of stability combined with the advances in the theory of elasticity, elastic shells and plates is the other favourable direction in which important scientific contributions can be achieved.

10. Conclusion:

Based on the significance and originality of the dissertation work, the publications and contributions related to it, as well as its compliance with the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations on the Terms and Procedures for the Acquisition of Scientific Degrees at TU-Sofia, I recommend to the esteemed jury to award the PhD student an **M.Sc. Eng. Chavdar Stavrev GEORGIEV** educational and scientific degree "**doctor**" in professional direction **5.1 Mechanical engineering**, scientific specialty **02.19.08 "Dynamics, strength and reliability of machines, devices, apparatus and systems"**.

Date: 15.06.2024

Member of scientific jury:

/Prof. Dr. T. Todorov/