

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
„Доктор“

област на висше образование – 5. Технически науки
професионално направление – 5.1. Машинно инженерство
специалност – рязане на материалите и режещи инструменти

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Пламен Пламенов Касабов

Тема на дисертационния труд: „Изследване и оптимизация на стабилността на
антивибрационни инструменти“

Член на журито: проф. д-р инж. Галина Иванова Николчева

1. **Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.**

Разработеният дисертационен труд е насочен към изследване с цел оптимизиране на технологичните параметри на механичната обработка при разстъргване на дълбоки отвори. Вероятността за възникване на вибрации при такава обработка особено при нестабилни и дълги заготовки е голяма, което налага на база класическите решения на съществуващите разстъргващи щанги да се предложат решения въздействащи в посока намаляване на вибрационните амплитуди. Основната цел на изследванията в дисертационния труд е да се анализира и оптимизира стабилността на антивибрационна щанга, използвана при обработката на отвори. Чрез прилагане на съвременни методи за моделиране, числени симулации и експериментални изследвания, е направено идентифициране на ключовите параметри, влияещи върху вибрационното поведение на инструмента. На тази база са разработени на ефективни стратегии за намаляване на динамичните нестабилности възникващи при разстъргване на дълбоки отвори.

Степен на познаване. Нарастващите в индустрията изискването за по-голяма точност, по-висока производителност и минимален брак при обработката прави темата изключително релевантна.

В дисертационния труд ясно е аргументирано мнението, че антивибрационни щанги с настроен масов демпфер представляват ключова посока за развитие с цел подобряване на амплитудно-честотната характеристика, намаляване на вибрациите, редукция на грапавост и повишаване на размерната точност в процеса на разстъргване на дълбоки отвори. Това е безспорно актуален проблем, както концептуално, така и в чисто инженерно приложение.

2. **Състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.**

Авторът демонстрира много добро теоретично и практически познаване на вибрационните явления – принудени, самовъзбуждащи се, случайни и нелинейни вибрации, с ясни математически модели и инженерен контекст. Литературният обзор е широко обхванат, покриващ всички аспекти на тематиката, правилно структуриран и включва важни направления, като: динамика на МПД системи; режещи сили и тяхната връзка с възникващите вибрации; влиянието на геометрията на инструмента върху възникването и развитието на вибрациите; видовете методи за контрол и управление на вибрациите; съвременни схеми на реализация на настроен масов демпфер в инструменталната конструкция.

Авторът не само добре обобщава информацията, но също така прави задълбочен собствен инженерно-критичен анализ за влияние на масата, геометрията и позиционирането на демпфериращия елемент; анализира предимства, недостатъци и разглежда компромисите които трябва да се направят при избора на материал на тялото и демпферния елемент.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Методиката е последователна, технически издържана и напълно съответства на целите. Тя включва в себе си аналитична част, обхващаща изчисляването на силите на рязане при базовия режим използван за якостните изчисления; разработване на статични и динамични модели на коравината, масата и собствена честота на щангата, изчисления свързани с прецизната настройка на масовия демпфер.

Вторият етап обещава проектирането на конструкцията: на лице са ясно дефинирани габарити на инструмента и компонентите му, взети са в предвид ограничителните условия за размерите на кухината на демпфериращата система и нейното разположение по направление на дължината на тялото на инструмента, обсъдена е оптимизация на масата на демпфериращия елемент и коравината на еластомерният елемент

В третия етап е направено стимулационно – числено моделиране по метода на крайните елементи. Направен е модален анализ на тялото, отделен модален анализ на демпфериращата система, както и модален анализ на цялата инструментална система. Извършен е и анализ на хармоничния отклик на системата.

Четвъртият етап включва експериментални изследвания валидиращи направения стимулационен анализ. Извършено е снемане на амплитудно, честота характеристика и определяне на собствените честоти на тялото на инструмента и на цялата инструментална система, чрез принудено възбуждане с модален чук. Направен е сравнителен анализ на динамичното поведение на инструмента с приложен настроен масов демпферен елемент и без него. Анализирано е влиянието на режима на рязане върху динамичното поведение на инструмента и е изведен регресионен модел използван за оптимизация на режимите на рязане на антивибрационната шанга.

Може аргументирано да се заключи, че предложената от автора методологията е правилно подбрана, добре аргументирана и пряко обслужва целите на изследването.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Материалът, върху който дисертационният труд изгражда своите резултати, се характеризира с инженерна достоверност и коректно подбрана изследователска основа. Авторът обосновава разработката едновременно върху теоретични модели, числени симулации и експериментални изпитвания, като осигурява непрекъсната проследимост между отделните нива на анализа. Това създава ясна логическа линия от вибрационните модели до реалното поведение на изработения прототип на антивибрационната шанга.

Теоретичната част стъпва върху класическите модели за принудени, самовъзбуждащи се и случайни вибрации. Моделите се представят с достатъчна математическа строгост, а избраните зависимости адекватно описват динамиката на системата машина–приспособление–инструмент–детайл. Важно е да се отбележи, че авторът последователно използва параметри, реалистични за разстъргващи операции, като режещи сили, дълбочина на рязане и геометрия на инструмента, извлечени от утвърдени източници и технологични каталози. Този подход минимизира риска от абстракции, които нямат еквивалент в действителни производствени условия.

Численото моделиране чрез метода на крайните елементи повишава още повече достоверността и надеждността предложената методика. Формирането на геометричен модел с детайлен антивибрационен модул, дефинирането на реалистични гранични условия и изборът на подходяща мрежа позволяват постигане на резултати с необходимата точност и стабилност. Особено важно е, че модалният анализ на тялото на инструмента, на самия демпферен елемент и на обединената система показва вътрешна консистентност – собствените честоти на отделните компоненти се съгласуват логически и не противоречат на аналитичните оценки. Хармоничният отклик и времеви анализ допълват тази картина, като визуално представят честотните диапазони, където системата е особено чувствителна, и дават възможност да се проследи как настроен масов демпфер реално влияе върху затихването на вибрациите.

Проведените измервания на честотни характеристики чрез възбуждане с модален чук показват съществено съвпадение с числените модели. Наблюдаваните отклонения са в рамките на допустимите инженерни граници и по-скоро потвърждават реалистичността на допусканията, отколкото да разкриват слабости. Особено показателно е, че експериментално установената първа собствена честота на борщангата съвпада с тази, използвана при настройката на демпфериращата система. Това демонстрира прецизност при преминаването от аналитичен модел към физически обект и потвърждава приложимостта на разработената методика.

Взаимното припокриване на трите нива- теоритично-аналитични изчисления, симулация използващи метода на крайните елементи и експеримент показва, че материалът е достатъчно пълен, последователно структуриран и проверен по начин, който минимизира вероятността от грешни инженерни обобщения. Научните приноси не са базирани на единичен метод, а върху интеграцията на няколко взаимнодопълващи се източника на данни. По този начин се гарантира, че изводите и разработените конструктивни решения почиват както на научна, така и на практически проверена основа.

5. Научни и научно приложни приноси на дистанционния труд

По дисертационният труд са формулирани четири научно-приложни (4 броя) и три приложни (3 броя) приноси.

Научно- приложните приноси са свързани най-вече с изградената вибрационна моделна база, която описва динамиката на борщанга с настроен масов демпфер чрез адаптиране на класически вибрационни зависимости към реалните условия на разстъргване. Използваната методика за настройване на масата, коравината и демпфирането на настроен масов демпфер демонстрира способност за прогнозиране и оптимизация на динамичното поведение, като резултатите от нея се потвърждават както чрез FEM анализ, така и чрез експериментални измервания.

Налице е добра съгласуваност между симулационните и експерименталните резултати, което показва, че разработената методика е не само концептуално точна, но и практически надеждна. Конструктивното решение на антивибрационната щанга, базирано на тези модели, представлява най-силния научно-приложен резултат: създаден е реален инструмент, който демонстрира повишена устойчивост на вибрации, по-висока собствена честота и по-ниски работни амплитуди в сравнение със стандартна щанга при аналогични условия.

Обобщените приложни и научно- приложни приноси отразяват адекватно получените резултати в дисертационния труд и дават обективна представа за съдържанието му.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По дисертационния труд са направени три на брой публикации, като всички са в съавторство. В една публикация докторантът е на първо място. Съдържанието на публикациите отразява обстойно анализа на състоянието на проблема, постигнатите резултати от направените изследвания и предложените научно приложни и приложни приноси.

7. Мнение и препоръки

Дисертационният текст оформя общо впечатление за добре структурирана, технически обоснована и последователна работа, успешно съчетаваща теоретичен анализ, числено моделиране и експериментална проверка. Авторът демонстрира добро ниво на познаване на тематиката и в частност динамичните процеси, който определят стабилността на разстъргващия инструмент. Изведените резултати са убедителни и добре аргументирани. Логически добре свързаните аналитични модели с конкретно инженерно изпълнение показва теоретична подготвеност и инженерна компетентност.

Като забележка мога да отбележа, че е изследвана само една антивибрационна щанга.

Като препоръка към автора и неговия труд бих препоръчала да се продължи с бъдещ по-задълбочен анализ на динамичната характеристика по отношение на масовото отношение, както и на еластомерите елементи използване в конструкцията, с оглед на дългосрочната им устойчивост и надеждност.

8. Заключение

Дисертационният труд е разработен, съгласно общо националните изисквания и съгласно Закона за развитие на академичния състав в Република България. Получените резултати са оригинални, практически полезни и това ми дава основание да предложа на уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „Доктор” на маг. инж. Пламен Пламенов Касабов в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.1. Машинно инженерство, докторска програма „Рязане на материалите и режещи инструменти“.

гр. Пловдив
10.12.2025

Рецензент:

(проф. д-р инж. Г. Николчева)

REVIEW

on a dissertation work for the acquisition of an educational and scientific degree "PhD"

field of higher education – 5. Technical sciences

professional direction - 5.1. Mechanical Engineering

specialty - "Cutting of materials and cutting tools".

Author of the dissertation: M.Sc. Eng. Plamen Plamenov Kasabov

Dissertation topic: " Research and optimization of the stability of anti-vibration tools "

Member of the jury: Prof. PhD. Eng. Galina Ivanova Nikolcheva

1. Actuality of the problem developed in the dissertation in scientific and applied scientific terms. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation.

The developed dissertation work is aimed at research with the aim of optimizing the technological parameters of mechanical processing when boring deep holes. The probability of vibrations occurring during such processing, especially with unstable and long workpieces, is high, which requires, based on the classical solutions of the existing boring bars, to propose solutions that affect the reduction of vibration amplitudes. The main goal of the research in the dissertation work is to analyze and optimize the stability of an anti-vibration bar used in the processing of holes. By applying modern modeling methods, numerical simulations and experimental studies, the key parameters influencing the vibration behavior of the tool have been identified. On this basis, effective strategies have been developed to reduce the dynamic instabilities occurring during boring deep holes.

Level of knowledge. The growing demand in the industry for greater accuracy, higher productivity and minimal scrap during processing makes the topic extremely relevant.

The thesis clearly argues the opinion that anti-vibration bars with a tuned mass damper represent a key direction for development in order to improve the amplitude-frequency characteristic, reduce vibrations, reduce roughness and increase dimensional accuracy in the process of deep hole boring. This is undoubtedly a current problem, both conceptually and in a purely engineering application.

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

The author demonstrates very good theoretical and practical knowledge of vibration phenomena - forced, self-excited, random and nonlinear vibrations, with clear mathematical models and engineering context. The literature review is wide-ranging, covering all aspects of the topic, properly structured and includes important areas, such as: dynamics of MPID systems; cutting forces and their relationship with the arising vibrations; the influence of tool geometry on the occurrence and development of vibrations; types of methods for vibration control and management; modern schemes for implementing a tuned mass damper in the tool design.

The author not only summarizes the information well, but also makes a thorough engineering-critical analysis of the influence of the mass, geometry and positioning of the damping element; analyzes advantages, disadvantages and considers the compromises that must be made when choosing the material of the body and the damping element.

3. Compliance of the chosen research methodology with the set goal and objectives of the dissertation work

The methodology is consistent, technically sound and fully consistent with the objectives. It includes an analytical part covering the calculation of cutting forces in the basic mode used for strength calculations; development of static and dynamic models of the stiffness, mass and natural frequency of the bar, calculations related to the precise adjustment of the mass damper.

The second stage promises the design of the structure: the dimensions of the instrument and its components are clearly defined, the limiting conditions for the dimensions of the cavity of the damping system and its location along the length of the instrument body are taken into account, optimization of the mass of the damping element and the stiffness of the elastomer element is discussed.

In the third stage, a stimulation-numerical modeling using the finite element method was performed. A modal analysis of the body, a separate modal analysis of the damping system, as well as a modal analysis of the entire instrument system were performed. An analysis of the harmonic response of the system was also performed.

The fourth stage includes experimental studies validating the stimulation analysis. The amplitude and frequency characteristics were recorded and the natural frequencies of the tool body and the entire tool system were determined by forced excitation with a modal hammer. A comparative analysis of the dynamic behavior of the tool with and without a tuned mass damping element was performed. The influence of the cutting mode on the dynamic behavior of the tool was analyzed and a regression model was derived for optimization of the cutting modes of the anti-vibration bar.

It can be reasonably concluded that the methodology proposed by the author is correctly selected, well-argued and directly serves the objectives of the study.

4. A brief analytical characterization of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are built.

The material on which the dissertation builds its results is characterized by engineering credibility and a correctly selected research basis. The author bases the development simultaneously on theoretical models, numerical simulations and experimental tests, ensuring continuous traceability between the individual levels of analysis. This creates a clear logical line from the vibration models to the real behavior of the manufactured prototype of the anti-vibration bar.

The theoretical part is based on classical models for forced, self-excited and random vibrations. The models are presented with sufficient mathematical rigor, and the selected dependencies adequately describe the dynamics of the machine-fixture-tool-part system. It is important to note that the author consistently uses parameters realistic for boring operations, such as cutting forces, depth of cut and tool geometry, extracted from established sources and technological catalogs. This approach minimizes the risk of abstractions that have no equivalent in real production conditions.

Numerical modeling using the finite element method further increases the credibility and reliability of the proposed methodology. The formation of a geometric model with a detailed anti-vibration module, the definition of realistic boundary conditions and the selection of an appropriate mesh allow achieving results with the necessary accuracy and stability. It is especially important that the modal analysis of the instrument body, the damping element itself and the combined system shows internal consistency – the natural frequencies of the individual

components are logically consistent and do not contradict the analytical estimates. The harmonic response and time analysis complement this picture by visually presenting the frequency ranges where the system is particularly sensitive, and allow one to trace how the tuned mass damper actually affects the vibration damping.

The frequency response measurements performed using a modal hammer excitation show substantial agreement with the numerical models. The observed deviations are within the permissible engineering limits and rather confirm the realistic assumptions than reveal weaknesses. It is particularly significant that the experimentally determined first natural frequency of the boring bar coincides with the one used in the tuning of the damping system. This demonstrates the precision in the transition from an analytical model to a physical object and confirms the applicability of the developed methodology.

The mutual overlap of the three levels - theoretical-analytical calculations, simulation using the finite element method and experiment shows that the material is sufficiently complete, consistently structured and verified in a way that minimizes the likelihood of erroneous engineering generalizations. Scientific contributions are not based on a single method, but on the integration of several mutually complementary data sources. In this way, it is guaranteed that the conclusions and the developed constructive solutions rest on both a scientific and a practically verified basis.

5. Scientific and scientifically applied contributions of remote work

The dissertation work has formulated four scientific-applied (4 pieces) and three applied (3 pieces) contributions.

The scientific-applied contributions are mainly related to the built vibration model base, which describes the dynamics of the boring bar with a tuned mass damper by adapting classical vibration dependencies to the real conditions of boring. The methodology used for tuning the mass, stiffness and damping of the tuned mass damper demonstrates the ability to predict and optimize the dynamic behavior, and its results are confirmed both by FEM analysis and by experimental measurements.

There is good agreement between the simulation and experimental results, which shows that the developed methodology is not only conceptually accurate, but also practically reliable. The constructive solution of the anti-vibration bar, based on these models, represents the strongest scientific-applied result: a real instrument has been created that demonstrates increased vibration resistance, higher natural frequency and lower operating amplitudes compared to a standard bar under similar conditions.

The summarized applied and scientific-applied contributions adequately reflect the results obtained in the dissertation work and provide an objective idea of its content.

6. Assessment of dissertation publications

Three publications have been made on the dissertation, all of which are co-authored. In one publication, the doctoral student is in first place. The content of the publications reflects in detail the analysis of the state of the problem, the results achieved from the research carried out and the proposed scientific and applied contributions.

7. Opinion and recommendations

The dissertation text gives the general impression of a well-structured, technically sound and consistent work, successfully combining theoretical analysis, numerical modeling and experimental verification. The author demonstrates a good level of knowledge of the subject and in particular the dynamic processes that determine the stability of the boring tool. The derived results are convincing and well-argued. The logically well-connected analytical models with a specific engineering implementation show theoretical preparedness and engineering competence.

As a note, I can note that only one anti-vibration bar was studied.

As a recommendation to the author and his work, I would recommend continuing with a future more in-depth analysis of the dynamic characteristics in terms of mass ratio, as well as the elastomer elements used in the structure, in view of their long-term stability and reliability.

8. Conclusion

The dissertation work has been developed in accordance with the general national requirements and in accordance with the Act on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria. The results obtained are original, practically useful and this gives me reason to propose to the esteemed scientific jury to award the educational and scientific degree "Doctor" to M. Eng. Plamen Plamenov Kasabov in the field of higher education - 5. Technical sciences, professional field - 5.1. Mechanical engineering, doctoral program "Cutting of materials and cutting tools".

Plovdiv

10.12.2025

Reviewer:



(prof. Phd Galina Nikolcheva)