



РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор: маг. инж. Пламен Пламенов Касабов

Тема: „ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ НА СТАБИЛНОСТТА НА АНТИВИБРАЦИОННИ ИНСТРУМЕНТИ“

Рецензент: доц. д-р инж. Иван Маринов Амуджев

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.

Настоящия дисертационен труд е насочен към изследване и оптимизиране на стабилността на антивибрационна щанга за обработване на отвори. Използвани са съвременни методи за моделиране, числени симулации и експериментални изследвания със цел идентифициране на ключови параметри, влияещи върху вибрационното поведение на инструмента. Разработени са ефективни стратегии за намаляване динамичните нестабилности.

Настоящата работа използва многопластов изследователски подход, комбиниращ теоретичен анализ, числени симулации и експериментални изследвания. Теоретичният анализ включва проучване на съществуващите методи за управление на вибрациите, идентифициране на критичните параметри и тяхната роля върху стабилността на обработващите инструменти. Числените симулации позволяват прогнозиране на вибрационното поведение на щангата при различни експлоатационни условия, като се използват съвременни софтуерни инструменти за динамичен анализ. Експерименталните изследвания включват измервания в реални условия, които подпомагат верификацията на разработените модели и потвърждават ефективността на предложените оптимизационни стратегии.

Вибрациите в процеса на разстъргване на отвори се проявяват като динамични нестабилности, водещи до нежелани колебания на инструмента и обработваната детайлна повърхност. Основните фактори, причиняващи тези вибрации, включват недостатъчна твърдост на режещите елементи на инструмента, неподходящи режими на рязане, неравномерно натоварване върху режещите ръбове и конструктивните особености на обработвания детайл. Тези проблеми водят до образуване на нежелани резонансни явления, които не само намаляват качеството на обработените отвори, но и увеличават вероятността от преждевременна повреда на инструментите. Разработването на ефективни антивибрационни решения, като например

използването на щанги с оптимизирана геометрия и демпфиращи елементи, може значително да подобри резултатите от обработката.

Основната цел на настоящото изследване 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, се цели идентифициране на основни параметри, влияещи върху вибрационното поведение, и разработване на ефективни стратегии за намаляване на динамичните нестабилности. За постигане на поставената цел се формулират следните основни задачи:

- Анализ на съществуващите антивибрационни технологии и тяхното приложение в обработката на отвори.
- Идентифициране на факторите, влияещи върху вибрационната устойчивост на щангите.
- Разработване на числени модели за симулация на вибрационното поведение и оптимизация на конструкцията на антивибрационната щанга.
- Провеждане на експериментални изследвания за валидиране на получените резултати от числените симулации.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

На база на направения обстоен анализ на проблемите, възникващи при обработването на отвори с антивибрационни щанги в следствие променливата стабилност на разстъргващия инструмент възникват неточности по дължина на обработвания отвор в следствие на което се влошава качеството на обработка и се увеличават разходите за производство.

Благодарение на добрите познания в областта на рязане и режещи инструменти предложените технологични подходи за анализ на факторите влияещи върху вибрационното поведение на инструмента особено при разстъргване на дълбоки отвори ще способства за подобряване на точностите показатели на обработка. Създадената методика за изследване ще допринесе за усъвършенстване на методиките за проектиране и изследване на антивибрационни инструменти. Представения задълбочен анализ на факторите, влияещи върху вибрационната устойчивост способства за предлагането на ефективни решения за оптимизация на антивибрационната щанга.

Считам , че докторанта е запознат много добре с тематиката на дисертационния труд и е използвал съвременни и иновативни методики за аналитични и експериментални изследвания. Това е създало възможност за получаването на зависимости отчитащи влиянието на параметрите на режима на обработка върху качествените показатели на повърхнините на разстъргваните отвори.

На база на задълбочения анализ на съществуващи методики за проектиране и изследване на антивибрационни инструменти от различни

литературни източници както на кирилица така и на латиница е синтезиран подход за оптимизиране на режимите на рязане при разстъргване на дълбоки отвори.

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

Избраната методика на изследване съответства с поставената цел и задачи на дисертационния труд. Извършеният многофакторен експеримент е предпоставка за създаването на алгоритмични модели за управление на качествените показатели на обработваните отвори.

Методиката на експериментални изследвания е избрана, съгласно целите и задачите на дисертационния труд.

Първи етап в методиката е проектиране на тялото. Разгледани са въпроси свързани с избора на изходен материал и диаметър на тялото на разстъргващия инструмент. Извършени са якостни и проверочни изчисления на предложената конструкция на тялото.

Определянето на силовото натоварване на инструмента. Извършения анализ е базиран на теоретични изчисления за условията на рязане, предвидени за този инструмент. Стойностите на параметрите участващи в изчисленията са взети като средни стойности от препоръчителните на производителя на режещите пластини ,а именно скорост на рязане $V_c=180\text{m/min}$, дълбочина на хода $a_p=0.5\text{mm}$, подаване $f=0.1\text{mm/об.}$, обработваем диаметър $D=45\text{mm}$.

Втория етап от методиката е проектиране на демпфирация възел и на тази база са изчислени и оразмерени основните елементи съставлящи конструкцията на възел. Положението на масовия демпфер в тялото на борщангата е тясно обвързано с неговата ефективност. Геометричните параметри на демпфера, включително диаметърът на кухината и разпределението на масата, се определят въз основа на изчислената оптимална маса за съответната собствена честота на системата. Това разположение съвпада с максимума на относителното огъване и вибрационна амплитуда при първия собствен мод, което обуславя неговата ефективност като пасивен виброабсорбер . Направените изчисления включват оценка на максималната еластична деформация на борщангата под действието на радиалната сила. За тази цел е използван класическият аналитичен модел за огъване на конзолна гредка, при който натоварването е приложено в края на гредката перпендикулярно на нейната ос.

В третия етап е съставен и разгледан математически модел на принудените вибрации с който се верифицира аналитично предложената конструкция. На тази база са получени абсолютните премествания на двете маси във времето. Изследването показва, че в началния момент се наблюдават колебания с относително висока амплитуда, които постепенно затихват поради енергийното разсейване в системата, осигурено от демпферните елементи.

В четвъртия етап е направен стимулационен анализ по метода на крайните елементи използвайки приложния софтуерен продукт Solidworks. Въз основа на този анализ са изследвани динамичните характеристики и поведението на проектираната антивибрационна инструментална щанга с настроен масов демпфер. Анализът е провежда чрез модулите на софтуерния продукт, които позволяват извършване както на модален, така и на хармоничен отклик, при дефинирани работни натоварвания.

В последния етап е извършен експеримент за верификация на динамичното поведение на инструмента и определяне на оптимални режими на работа.

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

Формулираните приноси имат както теоретична стойност – чрез усъвършенстване на методиките за анализ и оптимизация на вибрационните характеристики, така и приложна насоченост – чрез създаване на решения, приложими в реални производствени условия.

Приносите са базирани на основа направени теоретико-аналитични изчисления и извършени експериментални изследвания. На база задълбочения теоретичен анализ и анализ на съществуващо конструктивни решения на антивибрационни инструменти, като и извършените експериментални изследвания за оптимизиране на режимите на рязане е предложена методика за проектиране и конструкция на разстъргващ инструмент. Направения многофакторен анализ и получените регресионни модели способстват за определяне на оптимални режими на обработка, от които се вижда, че подаването се явява основен фактор влияещ на точността и грапавостта по дължината на отвора.

Оригиналността на разработената методика за проектиране на антивибрационна щанга, способства за вземане на решения за подобряване на конструкцията на разстъргващия инструмент, чрез което се въздейства на амплитудно-частотната характеристика при разстъргване.

Въз основа на оптимизиране на динамичните характеристики на процеса разстъргване е създаден е прототип на щанга. Чрез направеното числено моделиране е извършен параметричен анализ за експериментална апробация на процесите влияещи върху точностите и качествените показатели на обработка.

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. Те 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 публикации 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 труд е разработен и структуриран на високо научно равнище. Съдържанието на дисертационния труд следва последователността на решаваните проблеми и отделните глави завършват с изводи. От създадените алгоритмични модели за определяне на динамичната характеристика на инструмента и натоварването на режещия инструмент при разстъргване на ротационни повърхнини и получените графични зависимости за грапавостта е възможно създаването на автоматизирана система за управление процеса на механична обработка при разстъргване на отвори в условия на не стационарно рязане .

Считам , че добре би било докторанта да аргументира по важност факторите влияещи върху стабилността на антивибрационните разстъргващи инструменти. В заглавието се акцентира на оптимизация на стабилността, а в глава четвърта се говори за оптимизация на режимите на обработка. Разширяване на диапазона на изследванията с различни по типоразмер антивибрационни инструменти би допринесло за увеличаване на достоверността на получените резултати.

8. Заключение

Дисертационен труд е разработен, съгласно общо националните изисквания и съгласно Закона за развитие на академичния състав в Република България. Получените резултати са 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:
(доц. д-р инж. И. Амуджев)



Review

on the doctoral dissertation for the award of the educational and scientific degree 'Doctor'

Author of the dissertation: Eng. Plamen Plamenov Kasabov

Title of dissertation: "INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF STABILITY OF ANTI-VIBRATION TOOLS"

Reviewer: Assoc. Prof. Eng. Ivan Marinov Amudzhev, PhD,

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

The present dissertation is focused on the investigation and optimization of the anti-vibration boring bar stability used for hole machining. Contemporary methods of modeling, numerical simulations, and experimental investigations are employed in order to identify the key parameters influencing vibrational behavior of the tool. Effective strategies for reducing dynamic instabilities have been developed.

The dissertation applies a multi-layered research approach combining theoretical analysis, numerical simulations, and experimental studies. The theoretical analysis includes a review of existing vibration control methods, identification of critical parameters, and examination of their influence on the stability of cutting tools. Numerical simulations enable the prediction of the vibrational behavior of the boring bar under various operating conditions, using modern software tools for dynamic analysis. Experimental investigations include measurements under real operating conditions, supporting the verification of the developed models and confirming the effectiveness of the proposed optimization strategies.

Vibrations during the boring process manifest as dynamic instabilities leading to undesirable oscillations of both tool and machined surface. The main factors causing these vibrations include insufficient stiffness of the cutting elements, inappropriate cutting parameters, uneven loading of the cutting edges, and structural characteristics of the workpiece. These issues result in unwanted resonance phenomena, which not only degrade the quality of the machined holes but also increase the likelihood of preterm tool failure. The development of effective anti-vibration solutions, such as boring bars with optimized geometry and damping elements, can significantly improve machining results.

The main objective of the present research is to analyze and optimize the stability of an anti-vibration boring bar used in hole machining. By applying modern modeling techniques, numerical simulations, and experimental studies,

the aim is to identify the principal parameters influencing vibrational behavior and to develop effective strategies for reducing dynamic instabilities. To achieve this objective, the following main tasks are defined:

- Analysis of existing anti-vibration technologies and their application in hole machining;
- Identification of factors influencing the vibration stability of boring bars;
- Development of numerical models for simulation of vibrational behavior and optimization of the anti-vibration boring bar design;
- Conducting experimental investigations to validate the results obtained from numerical simulations.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literature.

Based on the conducted comprehensive analysis of problems arising during hole machining with anti-vibration boring bars, it is established that variable stability of the boring tool leads to dimensional inaccuracies along the length of the machined hole, resulting in reduced machining quality and increased production costs.

Owing to strong expertise in the field of cutting processes and cutting tools, the proposed technological approaches for analyzing the factors influencing tool vibration behavior - particularly in deep-hole boring will contribute to improving machining accuracy indicators. The developed research methodology contributes to the advancement of design and investigation methods for anti-vibration tools. The presented in-depth analysis of factors affecting vibration stability supports the proposal of effective solutions for optimizing the anti-vibration boring bar.

I consider that the doctoral candidate is very well acquainted with the subject matter of the dissertation and has applied modern and innovative analytical and experimental research methods. This has enabled the derivation of relationships reflecting the influence of cutting parameters on the quality indicators of the surfaces of bored holes.

Based on an in-depth analysis of existing methodologies for the design and investigation of anti-vibration tools from various literature sources, both Cyrillic and Latin, an approach for optimizing cutting conditions in deep-hole boring has been synthesized.

3. Compliance of the chosen research methodology with the objectives and tasks of the dissertation.

The selected research methodology is consistent with the objectives and tasks of the dissertation. The conducted multifactorial experiment forms the basis for the development of algorithmic models for controlling the quality indicators of machined holes.

The experimental research methodology has been selected in accordance with the objectives and tasks of the dissertation.

The first stage of the methodology involves the design of the tool body. Issues related to the selection of the base material and the diameter of the boring tool body are addressed. Strength and verification calculations of the proposed body design have been performed.

The determination of the force loading of the tool is based on theoretical calculations for the cutting conditions envisaged for this tool. The parameter values used in the calculations are taken as average values recommended by the cutting insert manufacturer, namely: cutting speed $V_c=180$ m/min, depth of cut $a_p=0.5$ mm, feed $f=0.1$ mm/rev, and machined diameter $D=45$ mm.

The second stage of the methodology involves the design of the damping unit, based on which the main elements of the unit structure are calculated and dimensioned. The position of the mass damper within the boring bar body is closely related to its effectiveness. The geometric parameters of the damper, including cavity diameter and mass distribution, are determined based on the calculated optimal mass corresponding to the system's natural frequency. This position coincides with the maximum relative deflection and vibration amplitude at the first natural mode, which determines its effectiveness as a passive vibration absorber. The calculations include an evaluation of the maximum elastic deformation of the boring bar under radial force loading, using the classical analytical model of a cantilever beam subjected to an end load perpendicular to its axis.

In the third stage, a mathematical model of forced vibrations is developed and analyzed to analytically verify the proposed design. On this basis, the absolute displacements of both masses over time are obtained. The study shows that at the initial moment relatively high-amplitude oscillations are observed, which gradually decay due to energy dissipation in the system provided by the damping elements.

In the fourth stage, a simulation analysis using the finite element method is performed with the SolidWorks software package. Based on this analysis, the dynamic characteristics and behavior of the designed anti-vibration boring bar with a tuned mass damper are investigated. The analysis is carried out using software modules that allow both modal and harmonic response analyses under defined operating loads.

In the final stage, an experiment is conducted to verify the dynamic behavior of the tool and to determine optimal operating conditions.

4. Brief analytical characterization of the nature and assessment of the reliability of the material underlying the contributions of the dissertation.

The formulated contributions have both theoretical value through the improvement of methods for analysis and optimization of vibration characteristics and applied significance through the development of solutions applicable in real manufacturing conditions.

The contributions are based on conducted theoretical-analytical calculations and experimental investigations. On the basis of in-depth theoretical analysis, examination of existing design solutions for anti-vibration tools, and experimental studies aimed at optimizing cutting regimes, a methodology for the design and construction of a boring tool is proposed. The conducted multifactor analysis and the obtained regression models contribute to determining optimal machining conditions, demonstrating that feed rate is the main factor influencing accuracy and surface roughness along the length of the hole.

The originality of the developed methodology for designing an anti-vibration boring bar supports decision-making for improving the boring tool design, thereby influencing the amplitude-frequency characteristics during boring.

Based on optimization of the dynamic characteristics of the boring process, a prototype boring bar has been developed. Through numerical modeling, a parametric analysis has been performed for experimental validation of processes influencing machining accuracy and quality indicators.

5. Scientific and applied scientific contributions of the dissertation.

The dissertation formulates four (4) scientific-applied and three (3) applied contributions. They adequately reflect the obtained results and provide an objective representation of the dissertation content.

6. Evaluation of the publications related to the dissertation.

Three publications related to the dissertation have been produced, all in co-authorship. In one of the publications, the doctoral candidate is the first author. The content of the publications thoroughly reflects the analysis of the state of the problem, the results achieved from the conducted studies, and the proposed scientific-applied and applied contributions.

7. Opinion and recommendations.

The dissertation is developed and structured at a high scientific level. Its content follows the logical sequence of the addressed problems, and each chapter concludes with findings. Based on the developed algorithmic models for determining the dynamic characteristics of the tool and the cutting load during boring of rotational surfaces, as well as the obtained graphical relationships for surface roughness, it is possible to develop an automated system for controlling the machining process during hole boring under non-stationary cutting conditions.

It would be beneficial for the doctoral candidate to justify the relative importance of the factors influencing the stability of anti-vibration boring tools. While the title emphasizes stability optimization, Chapter Four discusses optimization of cutting parameters. Expanding the research range to include anti-vibration tools of different sizes and types would contribute to increasing the reliability of the obtained results.

8. Conclusion.

The dissertation has been developed in accordance with national requirements and the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria. The obtained results are practically applicable, which gives me grounds to propose to the esteemed scientific jury the awarding of the educational and scientific degree "Doctor" to Eng. Plamen Plamenov Kasabov in the field of higher education 5. Technical Sciences, professional field 5.1. Mechanical Engineering, doctoral program "Material Cutting and Cutting Tools."

Plovdiv
10.12.2025

Reviewer

(Assoc. Prof. Ivan Amudzhev)