

ФИС 71-НСЗ 102

15.01.2026



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на
научна степен „Доктор на науките“

Професионално направление: 5.1 Машинно инженерство

Научна специалност: Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите

Автор на дисертационния труд: доц. д-р инж. физ. Венцислав Митков Янчев

Тема на дисертационния труд: „Технология на тънкослойните резонансни устройства на Лембови микроакустични вълни“

Член на научното жури: проф. д-р инж. Юлияна Яворова Георгиева, ХТМУ - София

Дисертационен труд е оформен е в 6 глави и общ обем от 281 страници, съдържа 204 фигури и 21 таблици. Дисертацията е представена на английски език и включва справка за приносите, списъци на използваната литература и на публикациите и патентите по дисертацията. По дисертацията са представени 30 публикации, от които 29 са в издания, реферирани в Scopus, както и 8 патента.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Тънкослойната електро-акустична технология се развива активно от началото на 90-те години и днес има важно място в съвременната микроелектроника и телекомуникации. Тя намира широко приложение в радиочестотни филтри с ниски загуби, както и в различни видове датчици. Благодарение на интензивните изследвания през последните години, качеството и честотният обхват на тези устройства значително се подобрява, което води до масовото им внедряване в мобилните комуникации в диапазона 700 MHz - 7 GHz.

Актуалността на разработвания в дисертационния труд проблем не буди никакво съмнение, тъй като в последните години се оказва като особено перспективна тънкослойната технология на базата на Лембови акустични вълни, която доминира при честоти над 5 GHz. Ниската себестойност и съвместимостта с интегралните схеми я правят подходяща за микровълнови устройства от следващо поколение, включително филтри, мултиплексори и силно чувствителни интегрируеми гравиметрични и температурни датчици, както и датчици на налягане.

В работата са разгледани основните аспекти на тънкослойната резонансна технология на Лембови микроакустични вълни. Анализирани са методите за прототипиране на тънкослойни Лембови резонатори върху пиезоелектрични мембрани от алуминиев нитрит и литиев ниобат, както и са разработени ефективни модели за проектиране, оптимизация и реализация на микроакустични устройства. Представено е актуалното състояние на технологията, заедно с научните приноси моменти и съвременните направления на развитие.

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

В рамките на дисертационния труд са цитирани литературни източници преобладаващо от последните 25-30 години. Общият им брой е 198 и всички те са на английски език. Източниците са публикации от авторитетни научни списания и международни конференции.

В литературното проучване е проведен анализ на технологиите на радиочестотните тънкослойни резонатори на обемни микро-акустични вълни, на повърхнинни микро-акустични вълни и на Лембови микро-акустични вълни. Представен е като обзор на еволюцията на тези ключови технологии, обхващащ периода преди и след появата на тънкослойната резонансна технология на Лембови акустични вълни. Целта на обзора е да очертае научния и технологичен контекст, в който възникват изследванията, представени в дисертацията, както и да проследи развитието на тези технологии до настоящия момент.

Литературният обзор показва, че авторът притежава задълбочено познаване на изследваната проблематика, демонстрира компетентно боравене с множеството литературни източници и творчески подход при тяхната интерпретация, както и много добра осведоменост относно съвременното състояние и тенденциите в развитието на разглеждания научен проблем. Представеното литературно проучване е достатъчно изчерпателно и цялостно и осигурява необходимата рамка в теоретичен и методологичен аспект за успешно провеждане на дисертационното изследване.

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

Изследването е проведено чрез комбиниран аналитичен, числен и феноменологичен подход, насочен към разработването и валидирането на ефективни инструменти за проектиране на тънкослойни резонатори на Лембови акустични вълни. Методиката се основава на разширяване и адаптиране на утвърдени теоретични модели от физиката на повърхнинните акустични вълни към спецификата на тънкослойните Лембови структури.

Изследването включва аналитичен и числен подход за анализ и проектиране на тънкослойни Лембови резонатори. Аналитичният полев анализ на разпространението и възбуждането на Лембови вълни в периодични структури е реализиран на базата на теоремата на Floquet-Bloch и метода на функциите на Green. Численото моделиране е извършено чрез метода на крайните елементи в средата COMSOL Multiphysics, включително дисперсионен анализ на тримерни периодични структури, като резултатите са използвани за валидация на аналитичните модели. За целите на проектирането е приложен формализмът на теорията на свързаните модове, чрез който са получени параметризирани описания и еквивалентни електрически модели на Лембовите резонатори, използвани при анализа и реализацията на устройствата, представени в дисертацията.

Избраната методика на научните изследвания е подходяща за поставената цел и задачи на дисертационния труд и позволява доказването на постигнатите резултати.

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

Дисертационният труд е оформен в 6 глави. В първа глава, в качеството на литературен обзор, са разгледани микроакустичните технологии преди и след изобретяването на тънкослойната резонансна технология на Лембови акустични вълни, като е представен и прогреса на тези технологии до момента. Във втора глава „Анализ на разпространението и генерирането на S0 вълни на Лемб в периодични системи” се описва разработването на аналитични инструменти в подкрепа на проектирането на тънкослойни Лембови резонатори. По същество разработените модели представляват разширяване и адаптиране на известни

моделите при проектирането на устройства на повърхнинни акустични вълни. Разработените аналитични инструменти са използвани в проектирането на устройствата, представени в следващите глави. Трета глава „Технология и прототипиране на резонансни структури на Лембови вълни в пиезоелектричен AlN“ е посветена на проектирането, прототипирането и характеризирането на тънкослойни резонатори на Лембови акустични вълни в с-текстуриран пиезоелектричен алуминиев нитрид депозиран върху силициева подложка. В четвъртата глава „S0 резонансни структури с приложения в честотния контрол и радиочестотни датчици“ е представена работата по изследване на приложимостта на тънкослойната технология, базирана на S0 вълни на Лемб, в AlN мембрани. Демонстриран е честотен генератор с нисък шум, в който Лембовия резонатор се използва като стабилизиращ елемент в схема с положителна обратна връзка. Пета глава третира разработването на тънкослойната резонансна технология на A1 Лембови вълни, започвайки от физичните фундаменти. Основното приложение на този тип устройства е в широколентови филтри за телекомуникациите от пето и шесто поколение. Основните постижения са свързани с проектирането на широколентови резонатори съвместими с радиочестотните мощности в съвременните телекомуникации. В шеста глава е дадено кратко описание на дисертационния труд по глави и са представени научните, научно-приложните и приложни приноси на база проведеното дисертационно изследване.

Дисертационният труд може да се разглежда като един много успешен опит за задълбочено представяне на разработването на тънкослойната резонансна технология на Лембови вълни от самото и начало, като систематично изследва теоретичните, технологичните и приложните аспекти на технологията започвайки от физичните фундаменти. Аналитичната характеристика на проведените изследвания доказва достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертацията.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд са категоризирани като научни, научно-приложни и приложни. Накратко те могат да бъдат описани, както следва:

Научните приноси: - Изобретен е нов клас радиочестотни микро-акустични резонатори на базата на тънки пиезоелектрични слоеве; - Разработена е теоретична рамка за моделиране и оптимизация на тънкослойни резонатори на Лембови акустични вълни. Разширени и адаптирани са аналитични модели на базата на теоремата на FloquetBloch и функциите на Green; - Предложени и прототипирани са принципно нов тип резонансни структури на Лембови акустични вълни; - Направени са изследвания във връзка с практичните приложения на тънкослойните Лембови резонатори; - Изобретен е тънкослоен резонатор на A1 Лембова вълна с разширена честотна лента и повишена работна мощност.

Научно-приложни приноси: - Разработената теоретична рамка е вградена в софтуер за проектиране на тънкослойни Лембови резонатори; - Проектиран е (в колектив) първият самосъгласуван n79 филтър с ниски внесени загуби в лентата на пропускане и стръмни филтрови характеристики.

Приложни приноси: - MEMS технологията е специфично адаптирана (в колектив) към необходимите стандарти за успешно прототипиране на тънкослойни Лембови резонансни структури; - Разработена е (в колектив) комуникационна система с ниска консумирана мощност чрез специфично интегриране на трансформаторни чипове базирани на Лембови вълни.

Приемам предложените от автора научни, научноприложни и приложни приноси като достоверно формулирани, тъй като адекватно отразяват съществените резултати и постижения на дисертационния труд. Те са ясно аргументирани и логически произтичат от проведените изследвания и направените анализи. Актуалността и значимостта на тези

приноси са безспорни, като същите имат потенциал да допринесат както за развитието на съответната научна област, така и за нейното практическо приложение.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Считам, че проведените изследвания и експерименти, както и получените резултати и формулираните приноси в дисертационния труд на доц. Венцислав Митков Янчев, са негово лично дело. Това се потвърждава и от публикациите му, които се коментират в следващата точка.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката -- използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

По темата на дисертацията са представени 30 публикации, от които 29 са в престижни издания, реферирани в Scopus (от тях 21 в списания с импакт фактор и 8 в реферирани и индексирани конференции на IEEE в чужбина). От публикациите на доц. Янчев една е самостоятелна, а в 12 от тях той е първи автор.

Цитиранията на публикациите по дисертацията от статии в Scopus са над 800.

По дисертацията са представени и 8 американски патента, от които 4 самостоятелни, а в 2 от останалите е на първо място в авторския колектив.

Научната продукция на доц. Венцислав Янчев, пряко свързана с представения дисертационен труд, се характеризира с много високо научно ниво и има съществен принос за развитието на разглежданата научна област. Броят на публикациите и цитатите е достатъчен за придобиване на научната степен "Доктор на науките" и представя в голяма степен процеса на работа и постигнатите резултати. Наукометричните показатели надвишават многократно изискуемите такива за ПН 5.1.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат пряк икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението.

Тънкослойната резонансна технология на Лембови микроакустични вълни представлява значима част от съвременната микроакустична технология с нарастваща практическа приложимост. Макар първоначално изследванията да са били с фундаментален характер, в процеса на тяхното развитие са идентифицирани редица перспективни направления за реални приложения.

В частност, ниските шумови характеристики и високата чувствителност на тънкослойните Лембови резонатори ги правят подходящи за високорезолуционни датчици, а устройствата на базата на S0, S1 и A1 Лембови вълни демонстрират съществени предимства за нискоенергийни комуникационни системи и телекомуникационни филтри. Практическата значимост на технологията вече се потвърждава от първи индустриални реализации и се очаква нейното приложение да се разширява в бъдеще.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът към дисертацията е представен на български език, оформен в обем от 63 страници и адекватно отразява целите, задачите, съдържанието по глави и постигнатите приноси в дисертационния труд. Авторефератът е подготвен и оформен съгласно изискванията на ТУ-София и считам, че безспорно носи съществените черти на дисертационния труд и отразява в подходящ обем и по коректен начин неговото съдържание.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Очевидно е, че дисертационният труд на доц. Венцислав Янчев представлява резултат от продължителна, систематична и целенасочена научноизследователска дейност, като свидетелства за много задълбочено познаване на предметната област от автора. Като резултат са получени значими научни и научноприложни резултати с ясно изразена стойност за разглежданата научна област. Прави положително впечатление, че проведените в рамките на дисертационния труд изследвания създават предпоставки и за по-нататъшно развитие, като част от разглежданите аспекти могат да бъдат идентифицирани като перспективни направления за бъдеща научноизследователска работа.

Позволявам си да отправя някои бележки към представената работа:

На титулната страница на автореферата е допусната неточност, като едновременно е записано „Дисертация за придобиване на образователна и научна степен” и „Дисертация за придобиване на научната степен Доктор на науките”;

Обикновено целта и задачите на дисертационния труд се дават в края на литературния обзор, базирайки се на достатъчно аргументирани анализи и изводи в него. Тук те (целта и задачите) са записани предварително без никаква логическа обосновка за тяхното прецизно формулиране.

Забелязват се и други неточности от стилови, технически и/или фактологичен характер, като например: - В описанието „Обща характеристика на дисертационния труд” е записано, че дисертацията се състои от 4 глави, а те всъщност са 6 на брой; - Броят на публикациите по дисертацията, записан на стр. 7 в автореферата се различава от този в списъка на стр. 62 и респ. този в дисертацията; - Броят на патентите по дисертацията, записан в резюмето към автореферата се различава от този в списъка на патентите на стр. 62-63.

Изказаните забележки в никакъв случай не омаловажават постигнатите в дисертационния труд резултати и приноси. Цялостното ми мнение за дисертационния труд е строго положително - актуална тематика, оригинален подход, структурирана работа с добро качество на илюстративния материал.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд.

Моята крайна оценка относно съдържанието и приносите на дисертационния труд е категорично положителна. Считаю, че представеният дисертационен труд отговаря напълно на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, на Правилника за неговото приложение, както и на изискванията за придобиване на научната степен „Доктор на науките” в Технически Университет - София.

Гореизложеното ми дава основание убедено да препоръчам на Уважаемото Научно Жури да присъди на доц. д-р инж. физ. **Венцислав Митков Янчев** научната степен „Доктор на науките” в научна област 5. Технически науки, професионално направление 5.1. Машинно инженерство, научна специалност „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите”.

София, 15.01.2026 г.

Рецензент:

/проф. д-р инж. Юлияна Яворова/



REVIEW

of a dissertation for awarding the scientific degree "Doctor of Science"

Scientific area: 5. Technical sciences

Professional field: 5.1. Mechanical Engineering

Scientific specialty: "Dynamics, strength and reliability of machines, appliances, devices and systems"

Author: Assoc. Prof. PhD Eng. Phys. Ventsislav Mitkov Yantchev

Dissertation topic: "The Thin-Film Lamb Wave Resonator Technology"

Member of the scientific jury: Prof. Dr. Eng. Juliana Javorova Georgieva, UCTM Sofia

The dissertation is structured into 6 chapters with a total length of 281 pages and contains 204 figures and 21 tables. It is written in English and includes a summary of contributions, as well as lists of the references and of the publications and patents related to the dissertation. A total of 30 publications related to the dissertation are presented, 29 of which are in journals indexed in Scopus, along with 8 patents.

1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and scientific-applied terms.

Thin-film electro-acoustic technology has been developing actively since the early 1990s and today occupies an important position in modern microelectronics and telecommunications. It is widely used in low-loss radio-frequency filters as well as in various types of sensors. Owing to intensive research in recent years, the performance and frequency range of these devices have improved significantly, leading to their widespread deployment in mobile communications in the 700 MHz-7 GHz range.

The relevance of the problem addressed in this dissertation is beyond doubt, as thin-film technology based on Lamb acoustic waves has emerged in recent years as particularly promising and dominant at frequencies above 5 GHz. Its low cost and compatibility with integrated circuits make it well suited for next-generation microwave devices, including filters, multiplexers, and highly sensitive, integrable gravimetric, temperature, and pressure sensors.

The work examines the main aspects of thin-film resonant technology based on Lamb micro-acoustic waves. Methods for prototyping thin-film Lamb resonators on piezoelectric membranes of aluminum nitride and lithium niobate are analyzed, and efficient models for the design, optimization, and implementation of micro-acoustic devices are developed. The current state of the technology is presented together with the scientific contributions and contemporary directions of further development.

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

Within the dissertation, the cited literature sources are predominantly from the past 25-30 years. Their total number is 198, and all are in English. The sources consist of publications from reputable scientific journals and international conferences.

The literature review includes an analysis of radio-frequency thin-film resonator technologies based on bulk acoustic waves, surface acoustic waves, and Lamb micro-acoustic waves. It presents an overview of the evolution of these key technologies, covering the period before and after the emergence of thin-film resonant technology based on Lamb acoustic waves. The purpose of this review is to outline the scientific and technological context in which the research presented in the current dissertation has emerged, as well as to trace the development of these technologies up to the present day.

The above-mentioned literature review demonstrates that the author possesses in-depth knowledge of the investigated topic, demonstrates competent handling of the multitude of literary sources and a creative approach to its interpretation, and exhibits a very good awareness of the current state and development trends of the scientific problem under consideration. The presented literature study is sufficiently comprehensive and coherent, providing the necessary theoretical and methodological framework for the successful conduct of the dissertation research.

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

The research was carried out using a combined analytical, numerical, and phenomenological approach aimed at the development and validation of effective tools for the design of thin-film Lamb acoustic wave resonators. The methodology is based on the extension and adaptation of established theoretical models from the physics of surface acoustic waves to the specific characteristics of thin-film Lamb wave structures.

The study employs both analytical and numerical approaches for the analysis and design of thin-film Lamb resonators. The analytical field analysis of the propagation and excitation of Lamb waves in periodic structures is based on the Floquet-Bloch theorem and the Green's function method. Numerical modeling was performed using the finite element method implemented in the COMSOL Multiphysics environment, including dispersion analysis of three-dimensional periodic structures, with the results used to validate the analytical models. For design purposes, the formalism of coupled-mode theory was applied, yielding parameterized descriptions and equivalent electrical models of the Lamb resonators, which were used in the analysis and realization of the devices presented in the dissertation.

The selected research methodology is appropriate for the set goal and tasks of the dissertation and enables the validation of the achieved results.

4. Brief analytical characterization of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.

The dissertation is structured into six chapters. The first chapter, serving as a literature review, examines micro-acoustic technologies before and after the invention of thin-film resonant technology based on Lamb acoustic waves and presents the progress of these technologies to date. The second chapter, "Analysis of the Propagation and Generation of S₀ Lamb Waves in Periodic Systems" describes the development of analytical tools to support the design of thin-film Lamb resonators. Essentially, the developed models represent an extension and adaptation of established models used in the design of surface acoustic wave devices. These analytical tools are applied in the design of the devices presented in the subsequent chapters. The third chapter, "Technology and Prototyping of Lamb Wave Resonant Structures in Piezoelectric AlN" is devoted to the design,

prototyping, and characterization of thin-film Lamb acoustic wave resonators fabricated in c-textured piezoelectric aluminum nitride deposited on a silicon substrate. The fourth chapter, "S₀ Resonant Structures with Applications in Frequency Control and RF Sensors" presents research on the applicability of thin-film technology based on S₀ Lamb waves in AlN membranes. A low-noise frequency oscillator is demonstrated, in which the Lamb resonator is used as the stabilizing element in a positive-feedback loop. The fifth chapter addresses the development of thin-film resonant technology based on A₁ Lamb waves, starting from the underlying physical fundamentals. The primary application of this type of device is in broadband filters for fifth- and sixth-generation telecommunications. The main achievements are related to the design of broadband resonators compatible with the RF power levels used in modern telecommunications. The sixth chapter provides a brief chapter-by-chapter summary of the dissertation and presents the scientific, scientific-applied, and applied contributions based on the conducted research.

Overall, the dissertation can be regarded as a very successful attempt at a comprehensive presentation of the development of thin-film Lamb wave resonant technology from its inception, systematically examining its theoretical, technological, and applied aspects starting from the fundamental physical principles. The analytical characterization of the conducted research demonstrates the reliability and credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.

5. Scientific and/or scientific-applied contributions of the dissertation work

The contributions of the dissertation are categorized as scientific, scientific-applied, and applied. Briefly, they can be described as follows:

Scientific contributions: - A new class of radio-frequency micro-acoustic resonators based on thin piezoelectric layers has been invented; - A theoretical framework for the modeling and optimization of thin-film Lamb acoustic wave resonators has been developed, including the extension and adaptation of analytical models based on the Floquet-Bloch theorem and Green's functions; - Fundamentally new types of Lamb acoustic wave resonant structures have been proposed and prototyped; - Studies have been conducted on the practical applications of thin-film Lamb resonators; - A thin-film A₁ Lamb wave resonator with an extended bandwidth and increased power handling capability has been invented.

Scientific-applied contributions: - The developed theoretical framework has been implemented in software for the design of thin-film Lamb resonators; - The first self-matched n⁷⁹ filter with low insertion loss in the passband and steep filter characteristics has been designed (as part of a research team).

Applied contributions: - MEMS technology has been specifically adapted (as part of a research team) to meet the required standards for the successful prototyping of thin-film Lamb resonant structures; - A low-power communication system has been developed (as part of a research team) through the specific integration of transformer chips based on Lamb waves.

I accept the scientific, scientific-applied, and applied contributions proposed by the author as valid and appropriately formulated, as they adequately reflect the essential results and achievements of the dissertation. They are clearly justified and logically derived from the conducted research and analyses. The relevance and significance of these contributions are beyond doubt, and they have the potential to contribute both to the advancement of the respective scientific field and to its practical applications.

6. Assessment of the degree of personal participation of the candidate in the contributions.

I consider that the conducted research and experiments, as well as the obtained results and formulated contributions in the dissertation of Assoc. Prof. Ventsislav Yantchev, are his own

personal work. This is further confirmed by his publications, which are discussed in the following section.

7. Assessment of publications on the dissertation work

On the topic of the dissertation, a total of 30 publications have been presented, of which 29 are in prestigious journals indexed in Scopus (21 in journals with an impact factor and 8 in refereed and indexed IEEE conferences abroad). Among Assoc. Prof. Yantchev's publications, one is single-authored, and in 12 of them he is the first author.

Citations of the publications related to the dissertation in Scopus-indexed articles exceed 800.

Additionally, eight US patents are associated with the dissertation, of which four are single-inventor, and in two of the remaining patents he is listed as the first author in the inventor team.

The scientific output of Assoc. Prof. Ventsislav Yantchev, directly related to the presented dissertation, is characterized by a very high scientific level and makes a significant contribution to the development of the studied field. The number of publications and citations is sufficient to obtain the academic degree of Doctor of Sciences and largely reflects the research process and achieved results. The scientometric indicators significantly exceed the requirements set forth in professional field 5.1.

8. Realisation of the dissertation results in scientific and social practice. Evidence of the achieved direct economic effect and supporting documentation.

Thin-film resonant technology based on Lamb micro-acoustic waves represents an important segment of modern micro-acoustic technology with increasing practical applicability. Although the initial research was of a fundamental nature, several promising directions for real-world applications have been identified during its development.

In particular, the low-noise characteristics and high sensitivity of thin-film Lamb resonators make them suitable for high-resolution sensors, while devices based on S0, S1, and A1 Lamb waves demonstrate significant advantages for low-power communication systems and telecommunications filters. The practical relevance of this technology has already been confirmed by initial industrial implementations, and its application is expected to expand further in the future.

9. Assessment of the compliance of the Abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work.

The abstract of the dissertation is presented in Bulgarian, comprising 63 pages, and adequately reflects the objectives, tasks, chapter content, and achieved contributions of the dissertation. The abstract has been prepared and formatted in accordance with the requirements of TU-Sofia, and I consider that it clearly conveys the essential features of the dissertation, presenting its content appropriately and accurately.

10. Comments, recommendations and remarks.

It is evident that the dissertation of Assoc. Prof. Ventsislav Yantchev represents the result of a prolonged, systematic, and purposeful research activity, reflecting the author's deep knowledge of the subject area. As a result, significant scientific and scientific-applied outcomes have been achieved, with a clear value for the respective field. It is also noteworthy that the research conducted within the dissertation lays the groundwork for further development, as some of the examined aspects can be identified as promising directions for future research.

I would like to make a few comments on the presented work:

An inaccuracy was made on the title page of the abstract, as it was written simultaneously "Dissertation for the acquisition of an educational and scientific degree" and "Dissertation for the acquisition of the scientific degree of Doctor of Sciences";

Typically, the goal and tasks of a dissertation are presented at the end of the literature review, based on well-argued analyses and conclusions. Here, they (the goal and tasks) are stated in advance without any logical justification for their precise formulation;

Other inaccuracies of a stylistic, technical, and/or factual nature are also noticeable, for example: - In the description "General characteristics of the dissertation," it is stated that the dissertation consists of 4 chapters, while it actually contains 6; - The number of publications related to the dissertation listed on page 7 of the abstract differs from that in the list on page 62 and correspondingly from the dissertation itself; - The number of patents mentioned in the abstract summary differs from the number listed in the patent section on pages 62/63.

The above remarks in no way diminish the results and contributions achieved in the dissertation. My overall assessment of the dissertation is strictly positive – it addresses a relevant topic, presents an original approach, and is a well-structured work with good-quality illustrative material.

11. Conclusion with a clear positive or negative assessment of the dissertation work.

My final assessment of the content and contributions of the dissertation is categorically positive. I consider that the presented dissertation fully meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for its implementation, as well as the requirements for obtaining the scientific degree of "Doctor of Sciences" at the Technical University of Sofia.

The above gives me reason to confidently recommend to the Honorable Scientific Jury to award **Assoc. Prof. Dr. Eng. Phys. Ventsislav Mitkov Yantchev** the scientific degree "**Doctor of Sciences**" in the scientific area 5. Technical Sciences, professional field 5.1. Mechanical Engineering, scientific specialty "Dynamics, strength and reliability of machines, devices, apparatuses, and systems."

Sofia, 15.01.2026

Reviewer:

/ Prof. Dr. Eng. Juliana Javorova/