



РЕЦЕНЗИЯ

Върху дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Деница Ивелинова Иванова-Мутафчиева**

Тема на дисертационния труд: **Изследване на възможностите за разработване на персонални защитни очила с интегрирана функция за ултравиолетово (UV-C) стерилизиране на вдишания въздух**

Професионално направление: **5.1 Машинно инженерство**

Докторска програма: **Автоматизирани системи за обработка на информация и управление**

Рецензент: **проф. дн инж. Иво Малаков**

Представеният за рецензиране дисертационен труд е с обем от 149 страници и се състои от въведение, седем глави, общи изводи, списък на използваната литература, справка за приносите, списъци на публикациите по дисертацията, фигурите, таблиците и използваните съкращения. Във връзка с труда са представени четири публикации, като една от тях е в базата Scopus.

Трудът е разработен в ТУ-София под научното ръководство на проф. дтн инж. мат. Николай Николов и доц. д-р инж. Явор Софронов.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Дисертационният труд е в перспективна и актуална област на проектиране и оптимизация на лично предпазно средство тип очила с маска за дихателна защита.

Разработените в дисертационния труд иновативни очила с маска, като фокусът е поставен върху маска, с интегрирана система за ултравиолетово (UV-C) стерилизиране на вдишвания и издишван въздух осигурява високо ниво на защита и гарантира активно предпазване не само в пандемични ситуации, а и при евентуални биологични, бактериални, производствени или военни заплахи. Постигнатите резултати в интердисциплинарното изследване на кандидата имат потенциал за развитие и приложение в науката и практиката. Дисертационният труд не само отговаря, но и поставя нови въпроси и проблеми към изследователите в разглежданата област, свързани с възможността за активна защита и превенция в борбата срещу вирусни и бактериални заплахи.

Всичко това определя актуалността и значимостта на изследването в научно и приложно отношение.

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

В труда са изследвани и анализирани спектралните характеристики на ултравиолетовите лъчи, разгледани са различни стратегии за дезинфекция и необходимостта от използването на лични предпазни средства. Дефинирани са

изисквания към личните предпазни средства. Разгледани са основните положения на методи за виртуално и физическо прототипиране. В дисертационния труд са цитирани 115 литературни източници, значителна част от които са от последните 10 години. Литературният обзор е аналитичен, като на негова основа са направени обосновани изводи и са посочени нерешени проблеми. На тази основа докторантът правилно е формулирал целта на дисертационната работа и задачите за нейното постигане.

Считам, че кандидатът познава много добре съвременното състояние в разглежданата област и притежава необходимия капацитет за получаване на нови резултати.

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

В съответствие с целта и задачите на дисертационния труд в него е извършено експериментално изследване на големината и направлението на силата на притискане на маската към лицето, на антропометрична форма на човешката глава и на излъчваната UV-C радиация от индустриален уред за дезинфекция. В резултат на което са определени изискванията към основни характеристики на проектираното изделие. На основата на утвърдена методология за разработване на нови продукти, надградена с възможност за подобро отчитане на ергономичните изисквания, е разработена концепция на иновативна предпазна маска с UV система за активна стерилизация, отчитаща в значителна степен ергономичните фактори и изисквания. Чрез подходящи методи и средства е извършена оптимизация на градивни компоненти на проектираното изделие. Извършено е експериментално изследване и анализ на физически прототип чрез анкета на потребители.

Решаването на поставените задачи в дисертационния труд се базира на успешното съчетаване както на нови, така и на класически методи и средства за проектиране, оптимизация и изследване на иновативни изделия. От получените резултати може да се заключи, че избраната методика на изследване е адекватна на поставената цел и задачи на дисертационния труд, които съответстват напълно на постигнатите приноси.

4. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Дисертационният труд представлява завършено интердисциплинарно теоретично-експериментално изследване. Неговата структура се обуславя от логическата последователност, произтичаща от дефинираната цел и поставените задачи. Изследването е компетентно, докторантът демонстрира задълбоченото познаване на проблемите и използване на подходящ съвременен инструментариум от методи и средства за решаване на поставените задачи.

Получените резултати са анализирани и е доказана ефективността на разработката. Изложението е в методична последователност, като резултатите са коментирани подробно и са подкрепени с данни и доказателства. На тяхна основа са направени съответните изводи и заключения. Считам, че поставената цел и

задачите, свързани с нея са изпълнени коректно, в необходимия обем и съдържание.

Оценявам положително резултатите от изследванията и разработката.

5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

Приемам формулираните от автора приноси, които са с научно-приложен и приложен характер.

Те могат да бъдат обобщени по следния начин:

5.1. Научноприложни приноси

- Разработен е концептуален модел на иновативна предпазна маска с възможност за интегриране на предпазни очила, в която е вградена UV-C LED система за активна стерилизация, осигуряваща висока степен на защита.

- Надградена е известна методология за проектиране на нови продукти с акцент върху подобро отчитане на ергономичните изисквания, като чрез апробиране и изследване на полученото решение е доказана нейната ефективност.

- Оптимизирана е концепцията на система за стерилизация на вдишвания и издишван въздух чрез изследване и анализ на разработени варианти и модифициране на градивните им компоненти.

- Чрез мултифизични симулации е оптимизиран пътът на въздушните потоци през корпуса на маската с цел висока ефективност на стерилизация чрез максимална експозиция на UV-C LED светлината за третиране на преминаващия поток.

- Разработен е антропометричен модел на топологията на мъжката и женската форма на главата и е установено, че е възможно да се унифицира с определена девиация форма на женски скалп с модел на мъжка форма или обратно.

- Доказано е, че моделът на антропометричната форма позволява намиране на "компромисна еластична" контактна форма на маската между различните популации, на основата на която може да се създаде "унисекс" и "унисайз" еластична система на маската.

5.2. Приложни приноси

- Избран е подходящ материал за изработване на основата на маската с добра еластичност и устойчивост, който позволява дезинфекция, стерилизация и прилагане на покритие или добавки с антибактериален ефект за подобряване на биосъвместимостта.

- Обоснована е хипотезата за използване на безфилтърни системи с максимално ниско съпротивление на проходимост на обема въздух при вдишване и издишване.

- Разработен е 3D модел на UV-C LED модул с интегрирана контролна платка с изводи за зареждане, херметизирано включване/изключване и индикатор за заряда на батерията.

- Чрез числени симулации е определена стойността на радиационната експозиция на проектираното изделие - $47,88 \text{ J/m}^2$, която е по-голяма от посочените

в специализираната литература изисквания за UVGI за постигане на LD90 (между 20 и 37 J/ m²) за SARS-CoV-2 и други корона и грипни вируси

- Потвърдени са планираните ергономични показатели (удобство на поставяне, носене, силово натоварване и др.) чрез анкета с потребители, ползващи физически прототипи на разработения продукт.

Получените научно-приложни и приложни приноси могат да бъдат отнесени към групите: доказване с нови средства на съществени нови страни на вече съществуващи научни области, проблеми, теории, хипотези, създаване на нови конструкции, методики и др., получаване на потвърдителни факти и обогатяване на съществуващите знания с практическо приложение.

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

Оценявам приносите в дисертационната работата като резултат от съвместните усилия на автора и на неговите ръководители. Убеден съм в преобладаващото лично участие на докторанта и неговите лични приноси при разработването на дисертационния труд и публикациите по него, което се потвърждава от факта, че една от публикациите е самостоятелна, а в колективните кандидатът е първи автор.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Във връзка с дисертацията са направени 4 публикации, една от които е в издание, индексирано в базата Scopus. Добър атестат за качеството на публикациите е фактът, че една от тях е цитирана два пъти в трудове, индексирани в базата Scopus.

Представените публикации по дисертационния труд отразяват достатъчно пълно и точно съществени страни от неговото съдържание и популяризират извършената работа.

8. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му.

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и отразява цялостно същността и основните приносни моменти от дисертацията.

9. Мнение, препоръки и забележки

Добрата литературна осведоменост на докторанта, използваните подходящи методи и средства за теоретични и експериментални изследвания, полученият богат емпиричен материал, неговата обработка и творческата му интерпретация, разработената концепция на иновативно изделие, нейното валидиране и оптимизация, говорят за добрата професионална квалификация на докторанта и придават на дисертационния му труд качества на методично правилно построено, достоверно и научно издържано интердисциплинарно изследване, което е с определена практическа насоченост и значимост.

Нямам съществени забележки, с които да оспорвам основните научно-приложни и приложни приноси на кандидата. Изготвих мнение за вътрешната

защита на дисертационния труд, в което имаше бележки и препоръки, значителна част от които са взети под внимание в окончателната редакция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на запознаването ми с дисертационния труд, изпълнената образователна цел на докторантурата, актуалността и значимостта на постигнатите научноприложни и приложни приноси, с убеденост давам **ПОЛОЖИТЕЛНА** оценка на дисертационната работа. Изпълнени са всички изисквания на ЗРАСРБ, на правилника за неговото приложение, както и специфичните изисквания за придобиване на научни степени в ТУ-София по отношение на обхват, обем и качество на дисертационния труд.

На тези основания предлагам на маг. инж. Деница Ивелинова Иванова-Мутафчиева да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор” по професионално направление 5.1 Машинно инженерство, научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление”.

05.03.2025

Рецензент:

(проф. дн инж. И. Малаков)



REVIEW

on a dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree „doctor”

Author of the dissertation: **Denitsa Ivelinova Ivanova-Mutafchieva, MSc, Eng.**

Topic of the dissertation: **Exploring the possibilities for developing personal protective eyewear with an integrated function for ultraviolet (UV-C) sterilization of inhaled air**

Professional field: **5.1 Mechanical Engineering**

Doctoral Program: **Automated Information Processing and Management Systems**

Reviewer: **Prof. DSc. Eng. Ivo Malakov,**

The dissertation submitted for review consists of 149 pages and includes an introduction, seven chapters, general conclusions, a list of references, a summary of contributions, and lists of publications related to the dissertation, figures, tables, and abbreviations used.

In relation with the dissertation, four publications have been presented, one of them is indexed in the Scopus database.

The research was done at TU-Sofia under the scientific supervision of Prof. DSc Eng. Math. Nikolay Nikolov and Assoc. Prof. PhD Eng. Yavor Sofronov.

1. State of the art of the solved in the dissertation problem in scientific and scientific-applied meaning

The dissertation is in a perspective and relevant field of designing and optimizing personal protective equipment in the form of goggles with a respiratory protection mask.

The innovative goggles with an integrated mask developed in the dissertation focus on a mask with a built-in ultraviolet (UV-C) sterilization system for inhaled and exhaled air. This ensures a high level of protection and provides active defense not only in pandemic situations, but also against potential biological, bacterial, industrial, or military threats.

The candidate's interdisciplinary research results have potential for further development and practical application in both science and industry. The dissertation not only addresses existing issues but also raises new questions and challenges for researchers in this field, particularly regarding the feasibility of active protection and prevention against viral and bacterial threats.

All of this underscores the relevance and significance of the research from both a scientific and practical perspective.

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

The dissertation investigates and analyzes the spectral characteristics of ultraviolet irradiation, examines various disinfection strategies, and highlights the necessity of using personal protective equipment (PPE). The requirements for PPE are defined, and the fundamental principles of virtual and physical prototyping methods are discussed.

The dissertation cites 115 references, a significant portion of which are from the last 10 years. The literature review is analytical, providing well-founded conclusions and identifying unresolved issues. Based on this review, the doctoral candidate has correctly formulated the dissertation's goal and the tasks necessary to achieve it.

I believe that the candidate has a strong understanding of the current state of the research in this field and possesses the necessary capacity to achieve new results.

3. Correspondence of the selected research methodology and the aimed goal and tasks of the dissertation with the achieved contributions.

In accordance with the goal and the tasks of the dissertation, an experimental study was conducted on the magnitude and direction of the force pressing the mask against the face, the anthropometric shape of the human head, and the UV-C radiation emitted by an industrial disinfection device. As a result, the requirements for the key characteristics of the designed product were determined.

Based on an established methodology for new product development, enhanced with improved consideration of ergonomic requirements, a concept for an innovative protective mask with a UV-based active sterilization system was developed. This concept takes ergonomic factors and requirements into significant account. Optimization of the key components of the designed product was carried out using appropriate methods and tools.

An experimental study and analysis of a physical prototype were conducted through a user survey.

The successful completion of the dissertation tasks is based on a well-balanced combination of both new and classical methods and tools for designing, optimizing, and researching innovative products. The obtained results confirm that the chosen research methodology is appropriate for the set objectives and tasks of the dissertation, which fully align with the achieved contributions.

4. Characteristics and evaluation of the dissertation work

The dissertation represents a comprehensive interdisciplinary theoretical and experimental study. Its structure follows a logical sequence derived from the defined objective and assigned tasks. The research is conducted with expertise, demonstrating the doctoral candidate's deep understanding of the issues and the use of appropriate modern methodologies and tools to solve the given problems.

The obtained results have been thoroughly analyzed, and the effectiveness of the developed solution has been proven. The presentation follows a methodical sequence, with the results being extensively discussed and supported by data and evidence. Based on these findings, relevant conclusions have been drawn.

I believe that the defined objective and the associated tasks have been successfully and appropriately fulfilled in the required scope and depth.

I positively evaluate the research results and the development presented in the dissertation.

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

I accept the contributions formulated by the author, which have both scientific-applied and practical significance.

They can be summarized as follows:

5.1. Scientific-applied

- A conceptual model of an innovative protective mask has been developed, with the capability to integrate protective goggles. The mask incorporates a UV-C LED system for active sterilization, ensuring a high level of protection.

- An established methodology for designing new products has been enhanced, with a focus on improved consideration of ergonomic requirements. Through validation and evaluation of the proposed solution, its effectiveness has been demonstrated.

- The concept of a sterilization system for inhaled and exhaled air has been optimized through research, analysis of developed variants, and modification of its key components.

- Multi-physics simulations have been used to optimize the airflow path through the mask's housing to achieve high sterilization efficiency by maximizing exposure to UV-C LED light for treating the passing air stream.

- An anthropometric model of the male and female head shape topology has been developed, demonstrating that it is possible to unify the female scalp shape with a male model (or vice versa) within a certain deviation.

- It has been proven that the anthropometric shape model enables the identification of a "compromise elastic" contact form of the mask across different populations, forming the basis for the creation of a "unisex" and "one-size" elastic mask system.

5.2. Practical contributions

- A suitable material has been selected for the base of the mask, offering good elasticity and durability while allowing for disinfection, sterilization, and the application of coatings or additives with antibacterial effects to enhance biocompatibility.

- The hypothesis of using filterless systems with minimal airflow resistance during inhalation and exhalation has been justified.

- A 3D model of a UV-C LED module has been developed, featuring an integrated control board with charging terminals, hermetically sealed on/off functionality, and a battery charge indicator.

- Numerical simulations have determined the radiation exposure value of the designed product to be 47.88 J/m^2 , which exceeds the specialized literature requirements for UVGI to achieve LD90 (between 20 and 37 J/m^2) for SARS-CoV-2 and other coronaviruses and influenza viruses.

- The planned ergonomic indicators (ease of wearing, comfort, applied force, etc.) have been confirmed through a user survey involving physical prototypes of the developed product.

The obtained scientific-applied and practical contributions can be categorized into the following groups:

- Demonstrating significant new aspects of already existing scientific fields, problems, theories, and hypotheses using new approaches.

- Developing new designs, methodologies, and techniques.
- Obtaining confirmatory findings and enriching existing knowledge with practical applications.

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

I assess the contributions of the dissertation as a result of the joint efforts of the author and her supervisors. I am convinced of the doctoral candidate's predominant personal involvement and individual contributions in the development of the dissertation work and related publications. This is confirmed by the fact that one of the publications is sole-authored, and in the collaborative works, the candidate is the first author.

7. Evaluation of the publications on the dissertation work

According with the dissertation, four publications have been made, one of them is in a journal indexed in the Scopus database. A strong testament to the quality of the publications is the fact that one of them has been cited twice in other articles indexed in Scopus.

The presented publications related to the dissertation sufficiently and accurately reflect key aspects of its content and help to disseminate the conducted research.

8. Assessment in the compliance between abstract and the requirements for preparing it

The abstract is prepared in accordance with the requirements and reflects the essence and the main contribution points of the dissertation.

9. Recommendations and remarks

The doctoral candidate's strong literary awareness, the use of appropriate methods and tools for theoretical and experimental research, the rich empirical material obtained, its processing and creative interpretation, the developed concept of the innovative product, its validation and optimization, all reflect the candidate's good professional qualification. These elements contribute to the dissertation being methodologically correct, credible, and scientifically rigorous, with a clear interdisciplinary approach that has practical focus and significance.

I have no substantial objections to challenge the candidate's key scientific-applied and practical contributions. I prepared an opinion for the internal defense of the dissertation, which contained notes and recommendations, many of which were taken into account in the final version.

CONCLUSION

Based on my review of the dissertation, the educational objectives of the doctoral program, and the relevance and significance of the achieved scientific-applied and practical contributions, I confidently give a POSITIVE assessment of the dissertation. All requirements of the Higher Education Act, its application regulations, and the specific

requirements for obtaining scientific degrees at the University of Sofia have been met regarding the scope, volume, and quality of the dissertation.

On this basis, I recommend that MSc. Eng. Denitsa Ivelinova Ivanova-Mutafchieva be awarded the educational and scientific degree of "Doctor" in the professional field 5.1 Mechanical Engineering, scientific specialty "Automated Systems for Information Processing and Control."

05.03.2025

Reviewer:

(Prof. DSc I. Malakov)