



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд

за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Мартин Лъчезаров Ралчев;**

Тема на дисертационния труд: **Емисия и сензорна регистрация на микрочастици в нехомогенни структури при едноосни деформации;**

Професионално направление: **5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“.**

Научна специалност: **„Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника“**

Рецензент: *проф. д-р инж. Август Йорданов Иванов, Институт по роботика към БАН.*

1. Общи положения

Маг. инж. Мартин Ралчев е роден през 1995 година и завършва бакалавърски и магистърски курс по електроинженерство в Електротехнически факултет на ТУ - София през 2020 година. Работи като асистент в Института по роботика при БАН. Зачислен в задочна докторантура със заповед №63/18.08.2020 г. на директора на ИР - БАН. Изпълнил е индивидуалния план за протичане на докторантурата. Всички изпити от докторантския минимум са положени успешно. Сумарната кредитна оценка за проведеното обучение е много висока общо 308 кредита, като е преизпълнил съществено изискуемия минимум от 200 кредита. С решение, Протокол вх.№58а/29.04.2024 г., на разширен семинар на секция „СИТМР“ към ИР-БАН се предлага на НС на ИР да се разкрие процедура за насочване към защита, приемаща се и за отчисляване с право на защита на задочния докторант Мартин Лъчезаров Ралчев. С решение на НС на ИР, Протокол № 4/08.05.2024 г. т.2, тя е открита и е избрано Научното жури. Цялата процедура е проведена съгласно изискванията на Закона за развитие на академичния състав на република България, Правилника за неговото приложение и Правилника на ИР - БАН.

Рецензираният дисертационен труд е в обем от 114 страници текст, 68 фигури и три таблици. Структура: Въведение, Пет глави, Научно-приложни приноси, Използвана литература, Списък на публикациите по дисертацията и Декларация за иновативност. Авторът с научният ръководител претендират за пет научно-приложни приноси.

Представени са: Автореферат по Дисертацията в обем от 35 страници, копия на публикациите свързани с нея и други документи съгласно изискванията.

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

Подобряване на съществуващите и създаването на нови сензорни методи, технологии, включително роботизирани системи за диагностика и контрол на състоянието на скалните образувания и бетонните композити са от стратегическо значение. За установяване на деформационния статус и разкриване на механизмите за възникване на предкритичните състояния, авторът е изтъкнал наличието на голям брой измервателни сензорни елементи, компоненти, устройства и регистрираща апаратура. Отчита се съществуването на актуални проблеми, нерешени в достатъчна степен от теорията и практиката

- Като недостатък е необходимостта за отделните етапи от развитието на предразрушителния процес да се използват разнородни методи и устройства
- Отсъства и последователна теория на нехомогенните структури в отличие от регулярните (кристалните).

В рамките на дисертационното изследване са анализирани процесите на образуване на микро- и наночастици при прилагане на едноосни напрежения върху различни по своя тип нехомогенни материали. Идентифицирани са възпроизводимите ключови механизми, които могат да допринесат за превенцията на структурни разрушения. В настоящото изследване се съдържат оригинални методи за контрол и мониторинг на образуването на частици. Това ми дава основание да го приема като актуално, важно като научно-приложно изследване и особено подходящо за технологичен трансфер.

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

В представения дисертационен труд докторантът е използвал, за оценка на състоянието на проблема, 71 литературни източници, 42 са на латиница и 29 на кирилица. Източниците са в интервала от време 1972-2023 г., което приемам за логично.

Отбелязан е значителния напредък при разработването на множество подходи и системи свързани с изучаването на напрегнатото-деформирано състояние (НДС) на скалните масиви. Отчита се, че предизвикателствата остават актуални поради комплексността и разнообразието на геомеханичните и физикохимичните процеси, протичащи в нехомогенните структури - скали и бетони.

Изследванията в настоящия труд са осъществени в Института по роботика при БАН и Националния център за компетентност „Квантова комуникация, интелигентни системи за сигурност и управление на риска”- QUASAR към ИП.

Общото ми впечатление е, че докторантът показва добра информираност в областта. Разграничава постиженията и нерешените проблеми, което му е послужило за прецизно формулиране на целта и задачите на дисертационния труд.

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

Темата на дисертационната работа, целта и задачите, които си поставя автора за решаване е изследване на установен ефект на емисия на частици от повърхността на нехомогенните скални системи. На основата на това явление е предложен иновативен интегрален метод за оценка на напрегнатото състояние на тези нееднородни структури. Оценявам особено положително, че при разработката са разкрити закономерности и свойства, касаещи емисиите на фино диспергираните минерални частици при едноосно компресиране на скалните системи.

Докторантът е предоставил теоретична и практическа обосновка за необходимостта от инструментариума, което е ключово за провеждане на висококачествени експериментални изследвания.

Проектирал и конструирал е експериментална постановка.

Извършени са тестове и усъвършенстване на използваната експериментална апаратура, което е довело до адаптиране ѝ към конкретните изследвания, повишавайки точността на измерванията.

Избрани и подготвени са серии от образци на скали за експерименталните изследвания, като е взет предвид техния минерален състав и физико-механични свойства.

Проведени са множество експериментални изследвания, които са документирали процесите на деформация и емисията на минерални частици при различни условия и режими на натоварване.

Извършена е обработка и анализ на получените данни, което е довело до идентифицирането на ключови закономерности и процеси.

За измерване и оценка на качествата им е проектирана и изработена опитна установка за изследване на електрическите, магниточувствителните и термичните характеристики на изработените сензори.

Общото ми впечатление, е че дисертацията е построена на най-добрия инженерен принцип: проектиране, изработване и експериментални

изследвания за потвърждаване на основните изводи, допринасящи за научно-приложните приноси в настоящия труд. Този подход съответства на формулираната цел и задачи на дисертационния труд, и добре кореспондира с претенциите за приноси.

5. Кратка аналитична характеристика на дисертационния труд:

Дисертационният труд има структура, която включва увод, пет глави, научно-приложни приноси и използвана литература. Той отговаря на изискванията на Закона и Правилника за РАС РБ за дисертация за образователната и научна степен „доктор“.

В първа глава „*Състояние на проблематиката*“ е направен анализ на състоянието на изследванията на напрегнатото-деформирано състояние (НДС) на скалните масиви и съществуващите методи за изучаването им. Проследено е развитието на проблема от античността до днес. Разгледани са различни методи за изучаване на вътрешното напрежение и състояние на скални масиви.

Авторът прави преглед и на емисионните методи за регистриране на деформационното състояние на скалите. За целта се използват механични изпитвания като един от най-често използваните методи е тестването на проби за определяне на едноосната якост при натиск.

При деформацията и разрушаването на скалите се наблюдава образуване на макро-, микро- и наночастици, съпроводени от излъчване на акустични, електромагнитни и термични сигнали, а в някои от случаите радиоактивно лъчение и газ радон.

Комплексното използване на представените подходи изисква множество еквивалентно реализиращи ги инструменти и технологии. Тяхното взаимно съгласуване в общия случай се оказва практически невъзможно и би довело до грешки от субективен характер.

Новият ефект на генерация на частици при едноосни деформации в нехомогенните твърдотелни структури е интегрален метод за проследяване на негативните процеси от зараждането им до настъпване на предразрушителните и разрушителните състояния.

Формулирайки комплексната цел на настоящото изследване са поставени и задачите за нейното реализиране.

Във втора глава „*Формиране на микрочастици при натоварване на скални структури*“ са анализирани видовете структури на скалните формации и тяхната реакция на физически натоварвания. Определени са факторите, влияещи за увеличаване образуването на частици, локализиращи в зоните на повишени напрежения, инициращи разрушаване.

Моделирани са деформационно-разрушителните процеси в цилиндрични кухини, като е изследвано образуването на частици от тяхната повърхност. Идентифицирано е разпределението на напреженията около цилиндричните образувания и динамиката на отделяне на фракциите. Доказано е, че цилиндричните кухини изпълняват едновременно ролята на макро-нарушения в скалната структура и на усилватели на деформационното въздействие, оказвайки влияние върху генерационния процес.

На основата на метода на крайните елементи и програмата Ansys Maxwell е развит иновативен модел на деформационните и разрушителните процеси в скални цилиндрични кухини при едноосно натоварване. Идентифицирани са два източника за генериране на микрочастици в цилиндричните кухини: единият е областта на максимални компресионни деформации, а другият - зоната на максимални напрежения на опън.

В трета глава „*Експериментална постановка за изследване на динамични процеси в нехомогенни структури*” е формулирана и обоснована методология за изследване свойствата и характеристиките на скални образци с различна геометрична форма чрез ефекта на емисия на частици в нехомогенни структури при едноосни деформации.

Проектирана, конструирана, реализирана и тествана е експериментална постановка със съответната специализирана измервателна система и сензорен модул за изследване на динамичните характеристики на скални образци чрез генерацията на частици при едноосна деформация.

В четвърта глава „*Експериментални резултати*” са описани образците с които са проведени експериментите. Разписана е и методологията за изследване в стъпки. Информацията от резултатите е представена в систематизиран вид. Анализът на данните разкрива закономерностите в поведението на изследваните материали под въздействието на компресия. Графичната илюстрация на резултатите подчертава високата точност и надеждност на използваната апаратура и методиките на измерване. Това позволява адекватно възпроизвеждане на деформационните процеси, дори при значителни разлики в началните условия.

При изследване и на бетонни образци, подложените на циклично натоварване, структурите показват признаци на отслабване на якостните характеристики. Рязкото увеличение в интензивността на емисията на частици служи като индикатор за предстоящото им макро-разрушение.

Докторантът изтъква, че експоненциалното увеличаване броя на частиците служи като надежден индикатор за предсказване на критични състояния в скали и бетони. Това е основа за разработването на

иновативни методи и системи за мониторинг и оценка стабилността на съоръжения състоящи се от тези материали.

В пета глава "Върху произхода на емисионния ефект и перспективи за надграждането му" авторът е насочил вниманието си към физико-химичната интерпретация на произхода на ефекта и визията му за бъдещо развитие. Възпроизводимостта на новата закономерност, в едни и същи скални структури, валидира прилагането ѝ в практиката.

Авторът предлага интерпретация на емисията на микрофракции в скалните структури при едноосни деформации, използвайки елементи от квантовото поведение на емитираните частици в нехомогенните системи. Формулира и развива интегрален сензорен метод и система за регистриране на деформационното състояние на скалните масиви. Предлага вертикален сондаж и сензорно устройство за контрол на пред-разрушителни състояния на скални масиви.

6. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд имат научно-приложен характер и се отнасят към доказване с нови средства на съществуващи научни проблеми и получаване на потвърдителни факти. Както отбелязах, на лице са оригинални инженерни решения, които са защитени с патент и две заявки за патенти. Претенциите на докторанта и научния ръководител са за пет научно-приложни приноси:

1. Експериментално е констатирана неизвестна по-рано закономерност в твърдотелните нехомогенни системи – скали и бетони, заключаваща се в генерация на частици при въздействие на високи едноосни деформации. Доказано е, че количествата емитирани минерални микрофракции в обхвата $0.3 \mu\text{m} - 5.0 \mu\text{m}$ са възпроизводими за конкретен вид скала в различните планински масиви от райони в България.

2. На основата на оригинална методология е проектирана, конструирана, реализирана и тествана опитна постановка в четири варианта в зависимост геометричната форма на скалните образци за изследване емисията на фините минерални фракции при едноосен натиск. Тя е оборудвана със съвременни сензорни устройства, измерващи с висока точност и чувствителност характеристиките на отделящите се микрочастици.

3. Определена е функционалната зависимост на генерацията на частиците от външни фактори като при деформация интензитетът и размерите им зависят от вида скали, доставени от различните райони в страната. Предложена е феноменологична и физикохимична интерпретация на новата закономерност.

4. При нива на деформационен натиск на скалните структури до границата на тяхната дезинтеграция възниква рязко, в първо приближение, експоненциално нарастване на частиците във всичките им размерни обхвати. Тяхното количество е право пропорционално на генериращата повърхност на образците като интензивността на емисионния процес е обосновано да служи като индикатор за прогнозиране на тяхното разрушаване.

5. Предложен и развит е интегрален метод и система за динамично определяне на напрегнато-деформационното състояние на скалните масиви. Постоянният мониторинг на микрочастиците служи за ранно оповестяване на предаварийни и аварийни ситуации в критичната инфраструктура с приложимост в: сеизмично активните райони за детектиране нагъването на тектонските плочи; минната промишленост; строителството на високи сгради и предразрушителните им състояния; предотвратяване на свлачища; контролиране състоянието на язовирните стени, мостовете, виадуктите и др.

Приемам по същество съдържателната страна на по-горе изложените научно-приложни приноси. Смятам, че те са достатъчни като брой и съдържание за образователната и научна степен „доктор“.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

По дисертационния труд са представени три публикации, един патент и две заявки за патенти. Две от публикациите са самостоятелни. Две са на английски език:

- S. V. Lozanova, M. L. Ralchev, Sensor system for determining the deformation state of rock massives. *Proc. Intern. Scient. Confer. UNITECH 2022*, TU - Gabrovo, 2022, ISSN: 1313-230X, vol. I, pp.165-170.
- M. L. Ralchev, Innovative sensor technology for critical infrastructure security purposes, *Proc. of I National scient.confer. with intern. participation „Security and defence“ 2023*, pp. 729-740, 2023

Публикациите на български език са: един патент, две заявки за патенти и „Емисия на частици при деформиране на скални материали“, XIX Национална научно-практическа конф. 2022 г., Сборн. докл. ФНТС, стр. 139-147, 2022.

- С.В. Лозанова, М.Л. Ралчев, Ч.С. Руменин, Устройство за определяне на физико-механичното състояние на деформирани скали и строителни материали, *Патент № BG 67599 B1/13.02.2024 г.*

- С.В. Лозанова, М.Л. Ралчев, Ч.С. Руменин, Сензорна система за прогнозиране на катастрофални макроразрушения на здания и строителни конструкции, *Патентен регистров № 113607 A1/27.10.2022 г.*

- С.В. Лозанова, М.Л. Ралчев, Ч.С. Руменин, Сензорен метод за определяне на предразрушителното състояние на скални структури, Патентен регистров № 113614 А1/09.11.2022 г.

Намирам, че публикациите са достатъчни по брой и отрязват съществената част от получените резултати в дисертационния труд. Нямам съмнение за равностойното участие на докторанта в колективните и че дисертационният труд е негово лично дело, под ръководството на научния ръководител. Убеден съм, че работата на дисертанта е станала достойна на научната общност, т.к. публикациите са включени в рецензирани сборници на национални и международни научни конференции.

Докторантът е представил и:

А/ три награди от

- Фондация „Лъчезар Цоцорков“
- „Иван Евстатиев Гешов“ на БАН за най-млади учени до 30 г.
- Фондация „Еврика“ за млад изобретател за 2023 г.

Б/ списък за участие в три проекта, свързани с тематиката на дисертацията.

В/ Годишен отчет на БАН за 2022 г. „Емисия на частици при едноосно налягане на твърдотелни структури“ стр.43-44.

Не съм установил плагиатство по законоустановения ред, чл.24. ал.5 от ЗРАС РБ, в научните трудове на дисертанта.

Декларирам, че не съм свързано лице с дисертанта по смисъла на параграф 1, т. 5 от Допълнителните разпоредби на ЗРАС РБ.

Познавам маг. инж. Мартин Ралчев като инициативен, енергичен и работоспособен млад учен. Притежава завидна теоретична подготовка. Способен е да конструира и организира самостоятелни научни изследвания. За него не е проблем коректната интерпретация на получените резултати.

8. Преценка за съдържанието и оформянето на автореферата.

Авторефератът е оформен съгласно изискванията. Изцяло е върху дисертационния труд, като отсъстват внушения или данни, които да не са третираны или обсъждани в дисертацията. Приносите и заключенията в автореферата са едни и същи с тези от основния материал.

Представено е и негово резюме на английски език.

9. Мнения, препоръки и бележки.

Авторът е извършил значителна по обем работа по изписване подробно на резултатите от изследванията. Дисертационната работа е оформена много добре, структурно и стилово. Не съм забелязал съществени грешки.

Отбелязал съм някои несъществени редакционни препоръки върху ръкописите на дисертацията и автореферата, които докторанта е отразил в окончателния вариант.

Поради многостранния приложен ефект на генерацията на микрочастици при въздействие на едноосни деформации в нехомогенните системи, препоръчвам интензивно продължаване на работата на дисертанта по конструиране на иновативни роботизирани платформи, сензорни устройства и технологии от ново поколение.

10. Заключение.

Целта на дисертационният труд и основните задачи са изпълнени успешно. Постигнати са положителни резултати, които се оформят в пет научно-приложни приноси.

Дисертационният труд е написан в добър стил, достатъчно логично, последователно и добре структурирано. Резултатите от дисертационния труд са приложими в инженерната практика. Популяризирани са чрез три публикации един патент и две заявки за патенти.

Оценявам положително проведеното обучение с много висок кредитен резултат. Изпълнени са законовите изисквания, както по отношение на дисертационния труд, така и за повишаване на образователната подготовка и доказване на възможности за самостоятелна научна работа на докторанта. Поради това предлагам на почитаемото Научно жури да присъди на **маг. инж. Мартин Лъчезаров Ралчев**, образователната и научна степен **“доктор”** по професионално направление 5.2 „*Електротехника, електроника и автоматика*“.

София, 20.06.2024г.

Рецензент:

/проф.д-р инж. А. Иванов/