



## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната 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"** по професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника, автоматика”, научна специалност „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника”

Рецензент: проф. д-р инж. Никола Вичев Колев, д.н.

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

Създаването на нови сензорни методи и технологии за диагностика на състоянието на скалните образувания и бетонните композити при едноосни натоварвания са от стратегическо значение.

Актуалността на темата на дисертационния труд на инж. Мартин Ралчев не буди съмнение, защото обществото налага активно да се развиват методи и сензори за обективна оценка при регистрация на микрочастици в нехомогенни структури при едноосни деформации.

Дисертантът Мартин Ралчев е роден през 1995 година и завършва бакалавърски и магистърски курс по електроинженерство в Електротехнически факултет на Техническият университет - София през 2020 година. Работи най-напред в Техническият университет, а след това - като научен сътрудник в Института по роботика при БАН. Веднага е зачислен в задочна докторантура в Института с ръководител проф. д-р инж. Сия Лозанова. През тази година инж. Ралчев е отчислен от докторантурата с право на защита и на 29.04.2024 година е проведено разглеждане на проекта за дисертационен труд и е взето решение за откриване на процедура за защита.

През годините инж. Ралчев е отличен с редица награди за активно участие в научни проекти на института, сред които и награда на фондация Еврика за млад учен – изобретател за 2023 година.

### **2. Поставени цели и задачи:**

Целта, която преследва дисертантът е установяване на емисията на микрочастици от повърхността на нехомогенни скални системи от територията на страната и предлагане на иновативен интегрален метод за оценка на напрегнатото състояние на тези нееднородни структури при едноосни натоварвания.

Основните задачи, систематизирано, включват: анализ на скалните проби при едноосна деформация и свързаното с това явление образуване на фино диспергирани

минерални частици в нано- и микроразмерния диапазон и се изясни изменението на техния интензитет в зависимост от стойността на натоварването; определяне на влиянието на типа скали от различни региони на България върху интензитета и състава на образуваните микро- и наночастици; установяване на зависимостите между емисията на частиците, нивото на деформация на скалните структури, площта на образците и др. такива, и проектиране, реализиране и изследване на иновативни инженерни решения за получаване на интегрална информация за състоянието на скалните системи.

Решаването на тези задачи ще доведе до разработването на иновативни методи и системи за прогнозиране и управление на рисковете от разрушенията в условията на сеизмична активност, в минната индустрия, за оценка на състоянието на язовирните стени и др.

### **3. Степен на познаване състоянието на проблема и на литературния материал:**

Прегледът на списъка на използваната в дисертацията литература, включваща 71 заглавия, от които 29 на кирилица и 42 - на латиница, показва, че дисертантът познава публикациите в областта на сензорната електроника, моделирането и измервателната техника. Той показва добра литературна осведоменост като коректно цитира наши и чужди източници за да обоснове избрания подход при разработката.

Изследванията по дисертацията 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 ИР.

### **4. Съответствие на избраната методика на изследване с поставените цел и задачи:**

Дисертантът методически правилно е избрал да анализира съществуващи методи за оценка и наблюдение на напрегнато деформираното състояние на скални масиви и фокусът е върху различни механизми за интерпретация на напреженията и деформациите в нехомогенните системи. Той е разгледал методи за формиране на образци и лабораторна апаратура, на които да се осъществи едноосно деформиране на скални структури. Дисертантът предлага директно да се наблюдават процесите, които се развиват в пробите под натиск, включително образуването на фино диспергирани минерални частици, като експерименталните изследвания в лабораторна среда се основават на лазерната спектрометрия. Този подход дава възможност за точно измерване на емисиите от фино диспергирани частици едновременно в различни размерни обхвати, предоставяйки по-детайлна информация за тяхната структура и състав. Анализът на процесите на деформация и разрушаване на скалните образувания



спомага за изясняване на механизмите на разрушаване на пробните тела от различни видове скали в България.

Създадени са от дисертанта интегрален сензорен метод и система за регистриране на деформационното състояние на скалните масиви и е предложен вертикален сондаж и сензорна система за контрол на прадразрушителни състояния на скални масиви.

Подкрепям изследователския подход на дисертанта по решаването на поставените задачи чрез създаване на експериментална постановка за едноосно натоварване на пробите и на сензорна система за регистриране на микрочастици от пробите при едноосните им деформации.

Усвоени са, приложени и усъвършенствани методики за сензорна регистрация на разпрашените микрочастици от скалните и бетонни проби. Прилагането и усъвършенстването на тези методики обогатяват знанията и опита на дисертанта и представляват принос и с образователно значение.

#### **5. Кратка аналитична характеристика на дисертационния труд:**

Дисертационният труд е в обем от 114 страници, като включва увод, пет глави, научно-приложни приноси и използвана литература.

Той отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Р. България и Правилника към него, както и на Правилника на БАН за дисертация за образователната и научна степен «Доктор».

В първа глава „Състояние на проблематиката” е направен литературен преглед и анализ на състоянието на изследванията по оценка на скални образувания и на методи за изучаване на вътрешното напрежение на скални масиви (сеизмични методи, методи чрез сондиране и повърхностно профилиране, ултразвуков и електрически методи и радиометричен метод. Обсъждат се известни методи и системи за регистрирането на деформационното състояние на скалите, предизвикващо емисии на микрочастици. В обхвата на изучаваните явления се разглеждат методи за анализ на механичните характеристики на скални образци.

Класификацията на генетичните типове скали в геологията се основава на произхода и процесите, които са довели до образуването им. Скалите се групират в три основни категории: магматични, седиментни и метаморфни, всяка от които се характеризира с уникални генетични типове и образователни процеси.

В тази глава е направен и обзор на индустриалната значимост на системите за изследване на разрушаването на бетона при едноосно натоварване на структурите.

Извеждат се задачите за изпълнение при разработката на дисертацията.

Втора глава „Формиране на микрочастици при натоварване на скални структури” е посветена на анализ на гинетичните типове скали и оценка на нехомогенността на скалните формации.

Изследванията по дисертацията са построени така, че да се постигнат необходимите решения на заложените в дисертацията задачи. Прави се теоретичен анализ, последван от експериментални изследвания, графична и математична обработка на получените резултати.

По думите на дисертанта, в последните десетилетия особено актуално е изучаването на деформационно-разрушителните процеси в материалите, като по-специално внимание се обръща на поведението на цилиндрични кухини при различни натоварвания, и не на последно място при изследванията на сеизмичната активност

Дисертантът подчертава, че съществуващите методи за изучаване на вътрешно напрежение и състояние на скални масиви и бетони са разнообразни и всяка технология предлага предимства за различни приложения и носи недостатъци при оценката на състоянието на изследваните образци.

В последните десетилетия особено актуално е изучаването на деформационно-разрушителните процеси в материалите, като по-специално внимание се обръща на поведението на цилиндрични кухини при различни натоварвания, и не на последно място при изследванията на сеизмичната активност. Тези изследвания са от първостепенно значение, тъй като имат широко приложение в геотехниката, минното дело, сеизмиката, строителното инженерство и дизайна на материалите.

В резултат на изследванията в глава втора са моделирани 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 макронарушения в скалната структура и на усилватели на деформационното въздействие, оказвайки влияние върху генерационния процес.

В трета глава „Експериментална постановка за изследване на динамични процеси в нехомогенни структури” дисертантът твърди, че добиването на информация за процесите в скалните структури при едноосно натоварване изисква специфични експериментални методи, сензорни устройства и апаратура. В тази глава той представя разработената от него оригинална сензорна система, използвана в експериментите за изучаване на вътрешно напрежение и състояние на скални масиви и бетони, които са

разнообразни. За да се моделира напрежението в хомогенен и изотропен масив, който е изложен на равнинно напрегнато състояние се използват установените отношения от теорията на еластичността. Дисертантът обосновава експерименталните методи за детектиране на аерозолните частици при едноосен натиск и подчертава, че се изисква възпроизводима и високоточна метрология на отделящите се фракции от повърхността на образеца в резултат на едноосното въздействие.

В четвърта глава „Експериментални резултати” най-напред се дава обяснение за произхода на скалните образци и се отбелязва, че в България се наблюдава голямо разнообразие от скални образувания, от които са подбрани няколко образци за експериментите: сив гранит, гранит, сив мрамор, доломит, риолит и варовик. От тези образци са подготвени проби във вид на кубове, цилиндри и паралелепипеди. За да се осъществява възпроизводимост и сравнителен анализ, частиците следва да се генерират от един изолиран обем, създаден вътре в самия пробен образец. Този обем се формира чрез проходна цилиндрична кухина, централно разположена в пробата и емисията на микрочастици се регистрира директно от вътрешността на пробата. Въз основа на резултатите от експериментите се прави извод, че колкото едноосният натиск върху пробата е по-голям, толкова по-голямо количество микрочастици се генерират от изолирания обем, създаден вътре в самия пробен образец и емисията на частици се регистрира директно. Иновативният експериментален стенд, създаден за целите на дисертационното изследване, е дал възможност да се извършат експерименти с висока точност в контролирани лабораторни условия, което е от съществено значение за изясняване на процесите, свързани с емисиите на минерални частици при едноосно натоварени скални проби и бетони.

Интересни са техническите решения на сензорната система, организирана специално за експериментите с образците и за регистрацията на отделените микрочастици от пробите при едноосния натиск върху пробите.

Анализът на данните от експериментите разкрива закономерности в поведението на скалните материали под въздействието на компресионния натиск, което илюстрира, че при приближаване на напрежението на натиск до високи стойности, се забелязва значимо увеличение на емисиите на частици във всички размерни диапазони. Това може да се приеме за индикатор за началото на структурни промени в материалите, които водят до по-висока степен на фрагментация и съответно до увеличаване на броя на емитираните частици.



В дисертацията е подчертано, че изследването на бетонни образци показва, че подложените на циклично натоварване структури проявяват признаци на отслабване на якостните им характеристики. Рязкото увеличение в интензивността на емисията на частици служи като индикатор за предстоящото им макроразрушение, което беше идентифицирано при бетонните образци, подчертавайки значението на този подход за прогнозиране на структурната устойчивост на различните видове бетони.

В бъдеще дисертантът планира разширяване обхвата на сензорните изследвания към други видове строителни материали, за които емисията на частиците успешно ще определя важни техни параметри, което ще разшири знанията за динамиката на техните деформационните процеси.

Както е известно, почвите в далечното минало са се образували структурно от изветрянето на скалите от земната повърхност, и колкото повече скални микрочастици са се натрупвали, толкова по-бързо са се формирали различните почвени типове и почвеното плодородие е било по-голямо. Това ми дава основание да мисля, че изследванията по дисертацията ще са полезни и за почвените специалисти, които да предположат възрастта на различните почви.

В пета глава "Върху произхода на емисионния ефект и перспективи за надграждането му" се обсъжда приложимостта на получените резултати, като се подчертава възпроизводимостта на новооткритата закономерност в едни и същи скални структури, получени от различни области на страната. Дисертантът прави опит за обяснение на генерацията на частици в нехомогенните твърдотелни структури при едноосно въздействие при различни скали.

Обсъждането на емисионния ефект изисква изясняване на процесите на микро- и нанониво, което е първопричината за генериране на минералните фракции при едноосни деформации в неподредените системи - скалите и бетоните. Установено е от дисертанта, че скалните и рудните образци при високи деформации излъчват електромагнитни вълни в широк честотен диапазон. Произходът на този процес е свързан с преместването на дислокациите, съдържащи електрически товари в полето на високи механични напрежения. Също така колебателното движение на заредените краища на пукнатините и взаимодействието на електричните товари на краищата на пукнатините води до появата на токове и формирането на електромагнитни полета с вихрова структура. Интензивността на емисията е свързана със стойността на действащите външни натоварвания, при които в образците от геоматериали в стадий на доразрушителното деформиране се образуват локални микрообласти на дезинтеграция.

Установено е, че максималното количество частици се освобождава именно в момента на увеличаването на натоварването близо до критични стойности. Процесът е свързан с времето на преразпределение на вътрешните напрежения, в резултат на които става откъсване на частици от повърхността на скалните структури. Промяната в положенето на електростатичните връзки е необратима, което модифицира разположението между положително и отрицателно заредените групи частици. При скалите възстановяване на състоянието след деформиране е невъзможно.

Процесът е свързан с времето на преразпределение на вътрешните напрежения, в резултат на които става откъсване на частици от повърхността на скалните структури. Според дисертанта, нано- и микродефектите в обема или на повърхността на образеца формират “кожух” от хаотично дислоцирани електрически заредени частици. Освободената потенциална енергия допълнително поляризира съседните молекулни групи. Крайният резултат от деформацията на скалата е емисията, т.е. генерация на частици със съответен спектрален състав, който експериментално се наблюдава. Те първоначално напускат приповърхностните зони на образеца. Най-същественото в този качествен модел е неговата т.н. “еднопосочност”, т.е. необратимо изтощаване на генерационния процес, което споделя и рецензента.

На базата на получените резултати дисертантът конструира система за регистриране на разрушителни състояние в скалните масиви в реални условия.

Изследването на емисионното явление предлага възможности за надграждане както в сферата на изучаване физиката на процесите на разрушение на различни материали, така и в приложни области. Особено значимо е приложението му в сеизмологията за прогнозиране на земетресения, както и в минната индустрия за контрол на риска от динамични прояви на налягане в скалните структури.

#### **6. Приноси на дисертационния труд:**

В дисертационния труд е установен и изследван нов научен проблем в областта на сензориката – регистриране на емисия на нано- и микрочастици в нехомогенни структури при едноосни деформации.

Подкрепям формулираните от дисертанта приноси, които са свързани, с:

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, при което е доказано, 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.

2. По оригинална методология е проектирана, реализирана и тествана опитна постановка в четири варианта, оборудвана със сензорни устройства, измерващи с висока точност характеристиките на отделящите се микрочастици в зависимост от геометричната форма на скалните образци при едноосен натиск.

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

4. Установено е, че 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 като 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.

6. Предложен е постоянен мониторинг на микрочастиците, който да 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 преразрушителните им състояния; предотвратяване на свлачища; контролиране състоянието на язовирните стени, мостовете, виадуктите и др.

7. Формулиран и развит е интегрален сензорен метод и система за регистриране на деформационното състояние на скалните масиви. Предложен е вертикален сондаж и сензорно устройство за контрол на преразрушителни състояния на скални масиви.

#### **7. Оценка на степента на личното участие на дисертанта в приносите:**

Не познавам лично Мартин Ралчев, но от документите му разбирам, че е завършил докторантурата си с отлични оценки и препоръки, и е участвал активно в изпълнението на научни проекти.

Оставам с впечатление, че предложените подходи и методики, както и получените резултати и експериментални данни по дисертацията, са лично дело на дисертанта и са достоверни. Усвоените и приложени в изследването методики, и създадените по дисертацията сензорни системи са добра атестация за дисертанта и



представяват елементи с високо качество от образователната и научна части на степената „доктор“.

#### **8. Прценка на публикациите по дисертационния труд:**

Прочетох внимателно научните трудове по дисертацията, които са 3 на брой, в две от които Ралчев е самостоятелен автор и три патента и приемам, че те отразяват основните части на разработката. Публикациите са добре обосновани, аналитични и завършени. В публикациите и патентите инж. Ралчев пише в съавторство с научния ръководител и с утвърдени учени от Института по роботика, което е основание да приема за успешна работата му в екип. Ясно е отделен неговия принос в подготовката на публикациите.

От прочетеното в дисертацията и публикациите оценявам, че още млад дисертантът владее теоретическия анализ и експериментите по разработките, а представянето на резултатите в няколко научни форума доказва активното му присъствие в научния живот на БАН.

Може да се приеме, че резултатите от изследванията по дисертацията са познати на научната общност у нас и в чужбина, тъй като публикациите са включени в рецензирани сборници на национални и международни научни конференции.

Отбелязвам, че дисертантът няма доказано по законоустановен ред плагиатство в научните си трудове (Чл.24. ал.5 от ЗРАСРБ).

Нямам общи публикации с дисертанта и не съм свързано лице с него по смисъла на параграф 1, т. 5 от Допълнителните разпоредби на ЗРАСРБ.

#### **9. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната практика:**

Сензорната регистрация на нано- и микрочастици, предложеният за първи път метрологичен метод в сензориката в основата на експерименталното изучаване на бетон и скали с използване на микро- и нано-технологиите представляват нов подход в използването на сензорика за регистрация на нано- и микрочастици на разпръскване при едноосно въздействие на натиск.

Подходът е експресен, реализируем е инструментално и е подходящ за роботизиран контрол на качеството в микро- и нано-електрониката.

Резултати от изследванията по дисертацията са използвани в успешно приключилия научен проект „Български национален план за квантово комуникационна инфраструктура - DIGITAL-2021-QCI-01“ по договор между Главна дирекция „Комуникационни мрежи, съдържание и технологии“ на Европейската комисия и ИР.

Резултатите от разработките по дисертацията могат да бъдат използвани в иновативни решения с многофункционална приложимост, свързани с изучаването на скали и композитни материали.

#### **10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му:**

Авторефератът е в изисквания от Правилника обем, отразява съдържанието на дисертационния труд и представя приносните му елементи.

#### **11. Мнения, препоръки и бележки:**

1. Цитираната литература не е подредена според изискванията на БДС. Най-напред – литературата на кирилица и след това – тази на латиница.
2. На стр.34 в дисертацията е написано „пестицидите - за увеличаване на добивите”, което е некоректно. Пестицидите са химически реагенти за унищожаване на плевелите, при което се създават условия за по-добро развитие на културите.
3. В текста на дисертацията се срещат правописни грешки.

Получените резултати и полезността на разработката ми позволяват да дам положителна рецензия по процедурата за защита на дисертацията, независимо от критичните ми бележки.

#### **12. Заключение:**

Оценявам положително резултатите от разработката на дисертационния труд с автор маг. инж. Мартин Лъчезаров Ралчев на тема: "Емисия и сензорна регистрация на микрочастици в нехомогенни структури при едноосни деформации" по професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика”, научна специалност „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника” за получаване на образователната и научна степен “Доктор” и предлагам на Научното жури, назначено със заповед №32 от 15.05.2024г на Директора на Института по роботика при БАН да присъди образователната и научна степен “Доктор” на Мартин Лъчезаров Ралчев по научна специалност „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника”.

София

12.06. 2024г.

Подпис:

проф. д-р инж. Никола Вичев Колев, дн.