

СТАНОВИЩЕ

от доц. дн Иванка Миткова Желева

Русенски университет „Ангел Кънчев“

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование **4. Природни науки, математика и информатика**; професионално направление **4.5. Математика**; докторска програма *Математическо моделиране и приложение на математиката*

Автор: *Димитър Васков Фиданов*

Тема: *„Математическо моделиране на лазери с метални пари“*

Научен ръководител: *проф. д.м.н. Снежана Георгиева Гочева-Илиева от Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“*

1. Общо представяне на процедурата и докторанта

Със заповед № Р33-1433 от 26.04.2021 г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ (ПУ) съм определена за член на научното жури за осигуряване на процедура за защита на дисертационен труд на тема: *„Математическо моделиране на лазери с метални пари“* за придобиване на образователната и научна степен ‘доктор’ в област на висше образование **4. Природни науки, математика и информатика**; професионално направление **4.5 Математика**, докторска програма *Математическо моделиране и приложения на математиката*. Автор на дисертационния труд е Димитър Васков ФИДАНОВ – докторант в редовна форма на обучение към катедра „Математически анализ“ на Факултета по Математика и информатика на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ с научен ръководител проф. дн Снежана Гочева – Илиева от Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“.

На първото заседание на журито бях определена да изготвя становище за дисертационния труд.

Представеният от докторанта Димитър Васков Фиданов комплект материали е в съответствие с Чл.36 (1) от Правилника за развитие на академичния състав на ПУ и включва следните документи:

- ✚ молба до Ректора на ПУ за разкриване на процедурата за защита на дисертационен труд;
- ✚ автобиография в европейски формат;
- ✚ протокол от катедрения съвет, свързан с докладване на готовността за откриване на процедурата и с предварително обсъждане на дисертационния труд;
- ✚ дисертационен труд;
- ✚ автореферат;
- ✚ списък на научните публикации по темата на дисертацията;
- ✚ копия на научните публикации – 4 бр;
- ✚ декларация за оригиналност и достоверност на приложените документи;
- ✚ справка за спазване на специфичните изисквания на съответния факултет (на ФМИ) (само за докторантите зачислени до 04.05.2018 г.);

Представеният от докторанта Димитър Фиданов комплект материали е акуратно подготвен и напълно удовлетворява изискванията на Закона за развитие на академичния състав, на Правилника за развитие на академичния състав на Пловдивски университет и на специ-

2. Кратки биографични данни за докторанта

Димитър Васков Фиданов е роден на 25.01.1979. Завършва средно образование в Търговската гимназия в Пловдив през 1998 г. След това, в периода 1999 – 2016, придобива висше образование със следните образователно-квалификационни степени Бакалавър по икономика, бакалавър по социология, магистър по икономика, бакалавър по математика и физика. От 2017 до 2020 е редовен докторант към ФМИ на ПУ в програмата Математическо моделиране и приложения на математиката.

Димитър Фиданов има 6 научни публикации, отразени в базата данни СКОПУС, участвал е в 4 проекта, финансирани от Пловдивски университет и е участвал с доклади в три международни и в три национални научни конференции и семинари.

Димитър Фиданов говори свободно английски език и ползва руски език на добро ниво. Той притежава добри комуникационни и компютърни умения, умения за работа в екип, умения за управление и организация на учебен процес в училище и в университет, включен е в регистъра на медиаторите към Министерството на правосъдието на Република България.

3. Актуалност на тематиката

Дисертацията на Димитър Фиданов е посветена на Математическото моделиране на лазери на метални пари (ЛМП). Съществуват разнообразни приложения на тези лазери в практиката и поради това те продължават активно да се разработват. Стоят открити редица проблеми, както в експериментален план, така също и в областта на математическото моделиране. Тези проблеми са свързани основно с изучаване и разкриване на доминиращите процеси в газовия разряд на нови лазерни устройства и системи, включително такива, които се използват като усилители на яркостта в някои модерни оптични системи. Към момента в тази категория спадат лазерите с пари на меден бромид и с малък диаметър на тръбата. Това определя мотивацията за разработката на дисертационния труд на Димитър Фиданов.

Освен това, заедно с развитието на нови типове лазери, се натрупват нови данни от експерименти, които се нуждаят от старателно изследване, моделиране и осъзнаване. За тяхната статистическа обработка, например, могат да се използват, както възможностите на класическите статистически методи, така и нови интелигентен тип компютърноориентирани техники с машинно обучение. Този тип задачи обикновено са свързани с класификации и регресии. В частност, отворените актуални задачи в моделирането на лазерите на метални пари (ЛМП) с интелигентни методи се свеждат до определяне на взаимодействията между входни и изходни лазерни характеристики - изходна лазерна мощност, ефективност, време на живот и др. Целта е да се постигне по-високо качество на предсказване от моделите, което да е съизмеримо с точността на експеримента. Създадените модели могат да се използват за анализ, подпомагане и насочване на експеримента с цел оптимизиране на работния режим при оценка на съществуващите и конструирането на нови лазерни източници от класа на ЛМП.

Конкретните лазерни устройства, които се изследват в дисертацията, са създадени основно от руски учени от Националния Томски Изследователски Държавен университет и Националния Томски Изследователски Политехнически университет. При моделирането и изследването на конкретните лазерни установки са използвани и публикувани резултати и данни.

От направения в дисертацията подробен и задълбочен литературен обзор на развитието и приложението на лазерите на метални пари и на тяхното математическото моделиране и изследване се определя **Основната цел на дисертационния труд: Установяване на нови зависимости за някои основни енергетични и термични процеси в лазери с метални пари чрез аналитични и статистически методи на моделиране.**

Определят се и **Основните задачи на дисертационния труд:**

- 1) Развитие на аналитични модели и аналитично-числено моделиране на електронната

- температура (енергията на електроните) в разряда на ЛМП;
- 2) Развитие и създаване на нови аналитични модели за определяне на температурния профил на основния инертен газ в ЛМП;
 - 3) Установяване на пределните възможности за функциониране на лазера от гледна точка на термойонизационната стабилност на разряда;
 - 4) Моделиране на зависимости в експериментални данни за лазери с метални пари с многомерен статистически анализ;
 - 5) Събиране на данни от литературни източници и моделиране на експериментални данни за лазер с пари на меден бромид с приложение на интелигентни предсказващи техники.

На базата на това може да се заключи, че **темата, целта и задачите на дисертационния труд са актуални.**

2. Познание на проблема

Въз основа на подробния и задълбочен литературен анализ по темата на дисертацията, както и на формулираните цели и задачи на дисертацията мога да заключа, че **дисертантът демонстрира ВИСОКА степен на познание състоянието на проблема и творчески интерпретира литературния материал.**

4. Методика на изследването

В дисертацията е представена сложността на процесите в лазерната среда и нуждата от прилагане на различни теоретични, числени и статистически методи за решаване на голям брой проблеми от тази област. В процеса на моделиране на лазерите на метални пари влияние оказват множество величини: **Геометричният дизайн на лазерната тръба:** диаметър, дължина, разположение и брой на външните електроди, дължина на активната зона, диаметър на пръстените в тръбата и др.; **Енергетични:** подавана електрическа мощност, мощност на единица обем, честота на импулса, интензитет на електричното поле, магнитно поле, електронна температура, дизайн и параметри на хранящия блок и др.; **Термодинамични:** температура на лазерната среда (на буферния газ), налягане на буферния газ и налягане на халогенидните добавки, тип на изолация на лазерната тръба и охлаждането; **Оптични:** технология на огледалата, вид на резонатора и др.

Известно е, че методите на математическото моделиране на лазерите на метални пари, могат условно да се разделят на следните категории: **Кинетични**, описващи взаимодействията на частиците – атоми, молекули и йони (възбуждане, йонизация, дисоциация), електронни колизии и др. процеси в разряда посредством диференциални уравнения; **Флуидни**, които разглеждат надлъжни процеси по осите на тръбата; **Симулационни**, представянето на частиците е като супер-частици, частица в клетка/Монте Карло колизии, облак в клетка и др.; **Статистически**, с които се предоставя възможност да се откриват класификации и зависимости за конкретен набор от емпирични данни за конкретни лазери.

За изпълнение на определените цел и задачи на дисертационния труд в него са описани и използвани разнообразни методи - опростен аналитичен модел за определяне електронната температура на CuVg лазер, аналитично-числен модел на газовата температура в лазери с медни пари и халогениди на медта, методика за определяне на границите на взаимното нарастване на електронната и газовата температура, факторен анализ, многомерна полиномна регресия, методът на случайните гори.

Усвояването и приложението на толкова много и различни методи за моделиране, изследване и анализ на сложни лазерни системи са отличен атестат за докторанта и неговия научен ръководител.

5. Характеристика и оценка на дисертационния труд и приносите

Дисертационният труд се състои от увод, 4 глави, заключение и библиография с общ обем от 130 печатни страници. Библиографията включва 146 източника. Основните резултати са публикувани в 4 научни статии.

Глава 1 съдържа кратко историческо и техническо описание на лазерите на метални пари. Направено е въведение в проблемната област, в която са проведени изследванията на дисертационния труд – лазерите с пари на металите, използвани като усилители на яркост в новоразработвани активни оптични системи. Направен е литературен обзор на основните публикувани резултати. Заедно с това е представено състоянието на математическото моделиране в това направление и актуалността на тематиката. Определени са целта и задачите на дисертационния труд.

В **Глава 2** са развити аналитични модели за определяне на температурата на електроните и газовата температура на лазери с метални пари. На основата на реално съществуващ лазерен източник с пари на меден бромид за първи път е развита методика, която позволява да се определи максимално възможната подавана електрическа мощност в газовия разряд и максималната енергия на електроните от позициите на термойонизационната и електройонизационна устойчивост на разряда. Тази методика позволява да се използва за широк кръг газови лазери и лазери с пари на металите и техните съединения с цел планиране на експеримента за съществуващи лазери и разработване на нови лазери, включително за моностатични и бистатични активни лазерни оптични системи.

В **Глава 3** въз основа на данните от публикувани експерименти и използването на инструментите на стандартни многомерни статистически методи като Факторен анализ и Множествена линейна регресия са разработени емпирични модели. Първо, класификацията на основните лазерни характеристики в 3 фактора е получена чрез факторен анализ, който показва, че най-силно влияние върху изходната лазерна мощност оказва добавянето на бромоводород в разряда (променливата HBr). Второ, построен и изследван е линеен регресионен модел с помощта на генерираните фактори, описващ данните до 76%. Трето, разработен е нелинеен полиномен модел от втора степен, основан на множествен регресионен анализ. Моделът изследва зависимостта на изходната лазерна мощност от 6 начални и всичките им възможни взаимодействия до втора степен, или от общо 27 независими променливи и една константа. Уравнението на регресията е сравнено с известни резултати от експерименти и е установено високо ниво на надеждност за около 93% от данните. Представен е статистически анализ на модела. Потвърдена е значимостта на бромоводорода HBr като основна работна лазерна характеристика за определяне на изходната лазерна мощност. Получените моделни стойности са сравнени с известни от литературата числени резултати от симулации за същите данни. Показано е, че представеният в дисертацията регресионен модел превъзхожда резултатите от симулациите, получени със сложни числени кинетични модели в други научни публикации.

В **Глава 4** са представени резултати от статистическо моделиране на данни за нов тип лазери с пари на меден бромид, използвани в активни оптични системи. Данните от литературни източници за 465 експеримента са специално подбрани и обработени от автора на дисертационния труд. Описани са 12 независими лазерни работни характеристики и зависима от тях величина - изходната лазерна мощност. Проведени са два типа статистически анализи. Първият от тях използва непараметричен корелационен анализ на Спирмън за изучаване на взаимовръзките между 12-те работни лазерни характеристики и изходната лазерна мощност. Вторият анализ е проведен с мощната и гъвкава дейта майнинг с машинно обучение регресионна техника Random forest (RF) (случайна гора). Построени са регресионни модели на основната лазерна характеристика – изходната лазерна мощност. Установена е степента на влияние на независимите величини върху стойностите на изходната мощност. Установено е, че най-голямо влияние оказват входната електрическа мощност, налягането на бромоводорода, следвани от геометричните размери на тръбата. Моделите съвпадат с реалните данни над 98%, което е изключително постижение.

Резултатите от Глава 3 и Глава 4 потвърждават известни факти за ЛМП, но също така имат и практическо приложение. Предложените и развити подходи дават възможност за явно определяне на влиянието на отделните работни лазерни характеристики върху изходната лазерна мощност, което не може да бъде получено по другите методи на математическо моделиране.

В **Заключението** е представено кратко резюме, списък на публикациите по дисертационния труд и апробациите му. Систематизирани са претенциите за научните и научно-приложни приноси на дисертационния труд в областта на математическото моделиране на лазери с метални пàри, както следва:

- 1) За моделиране на температурата на електроните в разряда на лазер а пàри на меден бромид (CuBr) е построен и изследван опростен аналитичен модел, базиран на физични закони и точно решение на уравнението за топлопроводност с гранични условия от първи и втори род. Получено е явно представяне на решението, проведени са компютърни симулации за реален лазер. Подобрени са резултати на други автори, Моделът може да се използва за анализ и бъдещо планиране на експерименти.
- 2) За моделиране на температурата на газа в лазерната тръба е построен и изследван радиален аналитичен модел за ЛМП. Проведени са компютърни симулации за реален лазер с метални пàри.
- 3) На база на моделите за електронната и газова температура за пръв път е предложена и тествана методика за оценка на максималната подавана електрическа мощност в разряда на ЛМП при нормален работен режим.
- 4) Построени и изследвани са модели по реални експериментални данни на изходната лазерна мощност на CuBr-Ne-HBr лазер, използван като високочестотен усилвател на активни оптични системи с помощта на факторен и полиномен многомерен регресионен анализ от втора степен. Получените модели обясняват емпиричните наблюдения с 93 % съвпадение. Установено е влиянието на изследваните работни лазерни характеристики върху лазерната генерация. Моделите имат приложение за оценка, планиране и предсказване на експеримента.
- 5) Построени и изследвани са високоефективни регресионни модели на изходната мощност с метода на случайните гори (Random Forest) за голяма извадка експериментални данни за ЛМП от литературни източници. Най-добрият RF модел обяснява измерените стойности на изходната мощност с 98 %. Определено е в явен вид влиянието на 12 работни лазерни характеристики в общия комплекс променливи величини, което не може да се получи с кинетични или друг тип методи за математическо моделиране. Моделите са приложени за предсказване на експеримента.

Считам, че получените резултати в дисертационния труд съответстват на поставените цели и задачи и ги оценявам много високо.

Приемам изцяло всички научни и научно-приложни приноси на дисертацията като ги оценявам много високо.

6. Преценка на публикациите и личния принос на докторанта

Основната част от получените резултати са публикувана в 4 научни статии, реферирани в СКОПУС. Една от тях е самостоятелна и е с **SJR 0.198.**, а другите са в съавторство основно с научния ръководител. Една от публикациите в съавторство е в издание с импакт фактор **IF 1.842**, а другите две имат **SJR 0.190** и **SJR 0.198** съответно.

Част от резултатите са апробирани в три научни проекта, финансирани от ПУ. По темата на дисертацията са изнесени шест доклада на международни и национални научни форуми и семинари.

Считам, че броят и качеството на публикациите съответстват на изискванията за присъждане на образователната и научна степен „доктор”.

Ясно е, че представените в дисертационния труд и публикуваните резултати са лично

дело на автора, получени под общото ръководство на научния ръководител.

7. Автореферат

Дисертационният труд е представен в автореферат, който е с обем от 32 страници. В началото на автореферата е направена обща характеристика на дисертационния труд, на неговата актуалност и съдържание, посочени са приносите му, последвани от списък с публикациите на автора по темата на дисертацията и накрая е представена използваната литература – общо 146 заглавия.

Съдържанието на автореферата съответства на съдържанието на дисертационния труд.

Оценката ми за автореферата е, че той отговаря на общоприетите изисквания на Пловдивски университет и отразява вярно съдържанието и приносите на дисертационния труд.

8. Препоръки за бъдещо използване на дисертационните приноси и резултати

Приемам и оценявам високо направените в дисертационния труд препоръки за бъдещо използване и развитие на резултатите и приносите му. Разработените методи и подходи в дисертацията могат да се прилагат за решаване и на други актуални задачи за подобряване на лазерните характеристики и създаване на нови лазерни устройства с пари на металите. Бъдещи изследвания могат да бъдат насочени към математическо и статистическо моделиране на лазерните процеси, с разработване и прилагане на нови методи, включително методи за машинно обучение, методи на невронни мрежи и др., както и на хибридни методи, за решаване на следните актуални проблеми от голям практически интерес:

- Идентифициране на тенденции за повишаването на честота на лъчението и намаляването на неговата мощност;
- Установяване силата на влиянието на конструктивните елементи на лазера (размери, геометричен дизайн и други фактори), влияещи върху повишаването на честотата на лъчението;
- Получаване на оценки и прогнози за характера и границите на лазерните процеси при моделирани фактори с помощта на статистически модели;
- При наличие на данни, да се моделира и определи ролята и влиянието на входните параметри в усилването и усилената ширина на спонтанната емисионна линия при високи честоти на импулсите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд на магистър Димитър Васков Фиданов на тема „**Математическо моделиране на лазери с метални пари**” е на актуална тематика, свързана с многобройните приложения на лазерите с метални пари.

Главният извод, който е направен в дисертационния труд и аз напълно приемам е, че целта му е постигната чрез успешно решаване на поставените задачи.

Считам, че представеният дисертационен труд е много добър атестат, както за автора му, магистър Димитър Васков Фиданова и научния ръководител проф. Снежана Гочева - Илиева, така и за катедрата, факултета и университета, в които те работят.

Дисертационният труд и получените резултати в него отговарят на препоръчителните изисквания на ЗРАСРБ, на Правилника за приложението му и на Правилниците на Пловдивски университет за придобиване на образователната и научна степен „доктор”.

Имайки предвид гореизложеното, изразявам моята **висока положителна оценка** за дисертационния труд и получените в него резултати с научни и научно-приложни приноси и убедено предлагам на уважаемото научно жури да присъди на **магистър Димитър Васков**

Фиданов образователната и научна степен „ДОКТОР“ в област на висше образование: **4. Природни науки, математика и информатика**; Професионално направление **4.5. Математика** и докторска програма **Математическо моделиране и приложение на математиката**

22.05. 2021. г.

Изготвил становището:

Доц. дмн Иванка Желева