

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на научната степен „Доктор на науките“

Автор на дисертационния труд: Илийчо Петков Илиев, д-р, доц. в

Технически университет – Филиал Пловдив

Тема на дисертационния труд: Методики за развитие на лазери с пари на халогенидите с подобрени изходни характеристики

Рецензент: Иван Томов Димов, д.т.н., професор в Института по информационни и комуникационни технологии, БАН

1. Актуалност на проблема

Една от насоките на съвременните научни изследвания е използването на иновационни методи и софтуерни технологии с цел повишаване на ефективността на експерименталните изследвания и автоматизиране на инженерно- физичното проектиране на нови изделия. Това е актуално при изучаването и развитието на лазери с пари на металите и техните съединения. Добре е известно, че този тип лазери са изключително сложен за изучаване физически обект. Основната характеристика на един лазерен източник е неговата лазерна генерация. Тя зависи от голямо количество независими величини. Всяка една от тези величини може да има самостоятелно действие върху лазерната генерация, но може и да действа едновременно с други независими величини, като това колективно въздействие придобива сложен нелинеен характер. Има и други величини, които характеризират лазерното изделие- ефективност, физически срок на служба, спад на лазерната генерация във времето, цена на лазерното изделие, разходи по неговото поддържане и експлоатация. Като комерсиален продукт се изисква основните изходни характеристики на лазерния източник да бъдат решавани съвместно. Чисто експерименталното изследване не може изцяло да реши задачите, които стоят пред изследователя и конструктора. Ето защо използването на съвременни математични методи и иновационни софтуерни технологии са станали вече правило, а не изключение, в научните изследвания.

Лабораторията по лазери с пари на металите към ИФТТ, БАН винаги е провеждала иновативни изследвания в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения. През последните 30 години е натрупан огромен експериментален материал, публикуван под формата на научни статии и монографии, които са издадени от най-реномирани международни и български списания и издателства. Налице са и множество международни и български патенти. Дълго време този експериментален материал стоеше неизползван. Той е благодатна почва за извличане на ценна информация, която може да даде възможност да се решат научни и практически задачи, които не могат да бъдат решени по експериментален път. Съвременният математически и статистически анализ е мощен апарат за извличане на знания от емпиричните данни, извличане на формули, автоматизиране на тяхната обработка чрез компютърно разпознаване на образи и визуализация на получените резултати, оптимизиране на сложни функциониращи системи и др.

Без да се спирам на конкретния физически обект на изследване в дисертационния труд, напълно убедено мога да кажа, че актуалността на проблема се определя и от прилагането на отделни елементи на съвременното математическо и статистическо моделиране и използването на съвременен иновационен статистически софтуер за изследване на сложната природа на лазерната генерация на лазерите с пари на халогениди на металите и решаване на чисто приложни инженерни задачи по оптимизиране и конструиране на нови източници.

2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.

Всички основни публикации на автора на дисертационния труд са в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения. В тази насока е и защитения през 2003 г. дисертационен труд за придобиване на ОНС „доктор“. По-голяма част от направените публикации са съвместни с представители на Лабораторията по лазери с пари на металите.

Смятам, че по тази причина авторът на дисертационния труд познава в детайли проблемите на разглежданите от него лазери. В направения литературен обзор са включени 195 заглавия. Бих разделил цитираните литературни източници на три основни групи. В първата група са публикациите, свързани със съществуващите математични модели в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения. Във втора група това са литературни източници, описващи всички експериментални резултати на Лабораторията по пари на металите, върху които е построен дисертационния труд. В третата група са цитирани източници, описващи прилаганите статически методи и използвания математически и статистически софтуер. Смятам, че авторът творчески е оценил литературния материал. Това му е позволило да формулира основните цели и задачи на дисертационния труд и да развие методиките за тяхното решаване.

3. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставените цел и задачи на дисертационния труд.

В изпълнение на поставените цели и задачи авторът на дисертационния труд е развил в глава втора нова методика за определяне на температурата на газовия разряд за три вида лазери- лазер с пари на CuBr , излъчващ във видимия диапазон, меден йонен лазер с пари на CuBr , излъчващ в ултравиолетовата област и лазер с пари на SrBr_2 . Методиката се базира на задача за квазистационарното уравнение на топлопроводност. Новото, в сравнение с широко цитирания до този момент математически модел (модел на Кушнер) е, че за първи път са зададени гранични условия от трети и четвърти род. По този начин, за първи път са дефинирани нови физически процеси, които по-коректно описват процесите на топлопреминаване на топлинната енергия. Това позволява, по мое мнение, по-достоверно да бъде определено разпределението на температурата на газа, което е част от поставените цели и задачи на дисертационния труд.

В трета и четвърта глава са развити методики, основани на използване на елементи от факторния, клъстерен и регресионен анализ. За постигане на поставените в тази област цели и задачи на дисертационния труд авторът е използвал съвременния статистически пакет SPSS. Това не е единствения подходящ за целта софтуер, но по мнение на специалисти към настоящия момент той предлага доста добри възможности. Считаю изборът на този статистически софтуер като напълно подходящ за провеждане на изследванията и решаване на поставените задачи. Развитите методики в трета и четвърта глава мога да ги разделя на две основни групи-класификационен анализ и регресионен анализ. Първата методика има за цел изследване и изучаване на процесите в лазерната среда, а втората - предсказване поведението на изследвания физичен обект с цел планиране на физическия експеримент и конструиране на нови лазерни източници с повишени изходни характеристики. Смятам, че развитите методики са оригинални; те се прилагат в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения за първи път. Това определя и едно от достойнствата на предложения дисертационен труд.

Като заключение мога да заявя, че развитите методики са изцяло адекватни и позволяват да се решат поставените цели и задачи на дисертационния труд. Те са достатъчно гъвкави и лесно могат да се прилагат за друг тип лазери.

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

Предложеният дисертационен труд се състои от четири глави, списък на цитираната литература, списък на публикациите, включени в дисертационния труд и забелязани цитати на тези трудове.

Първа глава има уводен характер. В нея е дадено кратко описание на изследваните лазери, направен е литературен обзор на съществуващите математични модели в областта на лазерите с пари на металите. Разгледани са основните проблеми в областта на математическото моделиране и са дефинирани целите и задачите на дисертационния труд.

Смятам, че както по обем, така и като качество те напълно отговарят на изискванията на дисертационен труд за получаване на научното звание „доктор на науките“.

Втора глава е посветена на определяне на температурата на газа в лазерния обем на разглежданите лазери. От направения литературен обзор става ясно, че този въпрос и досега продължава да бъде актуален, особено при разработване на нови лазерни източници с повишена лазерна генерация.

За определяне на температурата на газа е решено аналитично квазистационарното уравнение на топлопроводност. За първи път са зададени гранични условия от трети и четвърти род. Получените решения са напълно коректни от позицията на общата теория на диференциалните уравнения. Използван е и готов статистически софтуер- системата Wolfram Mathematica.

В параграф 2.3.6 е развит двумерен числен модел за определяне на разпределението на температурата в надлъжното сечение на лазерната тръба. За численото решаване на квазистационарното уравнение на топлопроводност е използван известния метод на мрежите. Развит е програмен код на Fortran. Получените резултати са оригинални. За първи път е оценено влиянието на температурата на електродите и на резервоарите с меден бромид. Направено е сравнение с резултатите от аналитичните пресмятания и е получено добро съвпадение в рамките на няколко процента.

Смятам, че приносите в тази глава имат предимно научно-приложен характер. Приложеният нов физичен модел е позволил за първи път да се определи коректно температурата на газа в лазерния обем без да се задава температурата на външната стена на тръбата. Това позволява да се правят по-достоверни пресмятания при конструиране на нови лазерни източници, когато външната температура е неизвестна. По мое мнение това е основното предимство на развитата методика и в сравнение със съществуващия до този момент т.нар. модел на Кушнер от 1983 г.

Трета глава е посветена на статистическото изследване на лазер с пари на меден бромид, излъчващ във видимия диапазон. Тя има научен и научно-приложен характер. Развитата методика и получените резултати са изцяло оригинални и са публикувани за първи път. За първи път е развит класификационен анализ с използването на факторния и клъстерен анализ. При провеждане на факторния анализ е използван методът на главните елементи за извличане на факторните променливи и групиране в три фактора. Проведено е въртене на факторите с метода Варимакс. Установено е наличието на висока степен на корелация между независими величини. Групираните променливи са използвани както за класификация, така и за регресионни уравнения. Направени са тестове за адекватността ФА-тест на Кайзер-Майер-Олкин и Бартлет тест за сферичност. Проведеният факторен анализ е коректен, а получените резултати са достоверни. За първи път е установена степента на влияние на всяка една от независимите величини на изходните параметри - лазерна мощност и ефективност. При провеждането на клъстерния анализ за критерий за близост е избрана формулата за квадрат на евклидовото разстояние. Клъстеризацията е извършена по метода на йерархичния клъстерен анализ, а обединението на клъстерите е извършено по метода на междугруповото свързване. На тази база са построени и класификации на променливите. Получените групираня потвърждават като цяло класифицирането от факторния анализ, което е критерий за достоверността на класификационния анализ. Смятам, че получените резултати имат определен научен характер, защото установяват нови връзки и зависимости между независимите и зависимите величини, които не са били известни до този момент. С научно-приложен характер са резултатите, свързани с редуциране на размерността на поставената задача. Това може непосредствено да помогне за решаване на задачата за повишаване на ефективността на инженерните изследвания и при планиране на физическия експеримент.

С помощта на регресионния анализ са развити параметрични модели от първа, втора и трета степен за предсказване на изходната лазерна мощност и ефективност. Ще отбележа сравнително много високите коефициенти на детерминация на получените регресионни уравнения от 93-97%. Получените регресионни уравнения за предсказване на бъдещи

експерименти са в рамките на статистическа достоверност 5%. Изследването на нормалността на остатъците от регресия, статистическата значимост на коефициентите и др. индекси потвърждават валидността на резултатите на цялостната методика. Развита методика е оригинална и се публикува за първи път. Научният характер се състои именно в предложената методика. Лазерните източници са силно нелинейни обекти. Развитието на нелинейните модели поставят началото на развитието на нелинейната физика в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения. Нелинейната физика е едно от съвременните научни направления, която се развива от края на ХХ и началото на ХХІ век. Смятам, че тази част има най-голяма научна стойност не само за трета глава, а и за целия дисертационен труд.

Авторът на дисертационния труд демонстрира висока статистическа култура и добро познаване на статистическия пакет SPSS. Спазени са всички изисквания при провеждането на статистическите пресмятания. Направените изчисления са коректни и получените резултати са статистически валидни и допустими.

Обект на изследване в четвърта глава е лазер с пари на меден бромид, излъчващ във ултравиолетовата област. Предмет на изследване е изходната лазерна мощност и ефективност. За първи път се изследва времето на живот на лазерния източник. От позицията на статистическите и математични методи в тази глава няма нови неща. По тази причина на нея ще се спра по-кратко. Развита методика от глава трета е приложена за нов лазерен източник. Това показва едно от предимствата на развития статистически подход-неговата гъвкавост и възможност за прилагане при изследване на други физически обекти. На базата на реални експериментални данни са извлечени връзки във вид на уравнения или класификации. Те имат пряко отношение към изследваната характеристика на лазерната система.

Като основна забележка към тази глава мога да отбележа, че не са приведени статистическите показатели, които да удостоверяват коректността на получените резултати. При прегледа на цитираната към тази глава литература се вижда, че такива показатели съществуват и техните стойности са напълно приемливи за валидността на получените резултати.

5. В какво се заключават научните или научно-приложни приноси на дисертационния труд.

Приемам защитаваните от автора научни и научноприложни приноси на дисертационния труд. Ще направя подробен анализ на получените резултати по глави.

Втора глава има научноприложен характер. Получените резултати са оригинални и се публикуват за първи път за разглежданите типове лазери.

- **методологични приноси** - предлага се нова методика, която позволява по нов начин да се определи температурата на газа в лазерния обем в условията на естествена и принудителна конвекция. Предложени са нови гранични условия, които по достоверно отчитат физическите процеси на топлопреминаване в лазерния източник.

- **научноприложни приноси:**

-*установяване на нови факти на изследвания физически обект:* полученото разпределение на температурата е ново и по-достоверно от известния модел на Кушнер от 1983 г. Причината за това е, че развитият в дисертацията температурен модел по-правдоподобно описва топлинните процеси на газовата тръба. За първи път се проследява движението на топлинния поток през стените на лазерния източник. За първи път за лазер с пари на SrBr_2 е развит топлинен модел, който изследва процесите в затвореното пространство между двете тръби. Установено е, че основен процес в топлопренасянето е топлинното излъчване. Развитите гранични условия от трети и четвърти ред за първи път разглеждат процесите на границата лазерна тръба-околно пространство. Установено е, че основен процес отново е топлинното излъчване.

- *получаване на потвърдителни данни.* Развеният обобщен температурен модел позволява, в частност, да се получи опростения модел на Кушнер. За първи път е направена оценка на модела на Кушнер и е определена границата на неговото прилагане.

Глава трета има научен и научноприложен характер. Всички основни публикации, в т.ч. публикациите с импакт фактор и импакт ранг, са оригинални и се публикуват за първи път.

- **методологически приноси** - на основата на развити статистически техники и съвременен иновационен софтуер са развити формални методики, които позволяват по нов начин да се изучават процесите в лазерните източници и да се разработват нови лазерни източници с подобрени изходни характеристики.

- **научни приноси:**

- *създаване на нови методи на изследване*- основното достойнство на глава трета и на целия дисертационен труд е развитието на нелинейните статистически модели в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения. Това се изразява в развитите регресионни модели от втора и трета степен за лазерната мощност и ефективност. Това съответства на едно от съвременните научни направления, възникнали в края на XX и началото на XXI век- развитието на нелинейната физика.

- *създаване на нови класификации*- За първи път с методите на факторния, клъстерния и регресионен анализ е разработена формална методика за класифициране на независимите лазерни величини на изходните характеристики на лазерния източник. Изучени са нови страни от сложните процеси на лазерната генерация. Подобни резултати могат да се получат само с използваните методи на класификация.

- **научно-приложни приноси** -

- *получаване и доказване на нови факти*- установено е степента на влияние на независимите величини на лазерната мощност и ефективност. Установено е, че 5 от тях имат съществено значение. Подобни резултати се получават за първи път и могат да намерят приложение при планиране на експерименталните изследвания.

- *получаване на потвърдителни данни*- получените резултати показват, че подаваната електрическа мощност има съществено влияние на изходната лазерна мощност. Това има своето експериментално потвърждение от проведените експериментални изследвания в цитираната от автора литература.

Глава четвърта има научен и научноприложен характер. Публикациите по тази глава в основната си част са оригинални и се правят за първи път.

- **Методологически приноси** - Развита в глава 4 методика позволяват да се нелинейните процеси в лазерната среда. Става възможно по нов начин да се подхожда към планиране на експеримента и разработване на нови лазерни източници.

- **Научни приноси:**

- *създаване на нови методи на изследване.* Развита методика е пряко свързана с тази от глава 3. Това показва, че тя може да се прилага за по-голям кръг лазерни източници, а също така и за други физически обекти, за които има достатъчно надеждни експериментални данни.

- *създаване на нови класификации*- установено е степента на влияние на независимите величини на лазерната мощност и ефективност. За първи път, доколкото ми е известно, е извършено статистическо изследване на времето на живот на лазерната тръба.

- **научно-приложни приноси:**

- *получаване и доказване на нови факти:* за първи път е установено, че съществено влияние на изходната лазерна мощност оказва буферния газ неон. Това показва, че процесите в разглеждания тип лазер съществено се различават от тези на лазера от глава 3.

- *получаване на потвърдителни данни*- установено е, че нелинейните процеси са основни в поведението и на този лазерен източник.

6. *До каква степен приносите в дисертационния труд са личен принос на докторанта.*

От представените 33 публикации, включени в дисертационния труд, 4 са самостоятелни, а в други 20 авторът е на първо място. Смятам, че това е достатъчен критерий за да приема, че приносите в дисертационния труд са личен принос на кандидата. В съвместните работи приемам участието на всички автори за равностойно.

7. *Преценка за публикациите по дисертационния труд.*

Авторът е включил в дисертацията общо 33 научни публикации. От тях 11 са с импакт фактор, а други 11 са включени в системата Scopus и са с импакт ранг. Налице са престижни публикации във водещи научни списания в областта на лазерната техника и квантовата електроника: в руското списание Квантовая Электроника са 6 публикации- [D1, D2, D4, D14, D14, D17 и D29], в списанието Optics and Laser Technology са 2 публикации [D11 и D20]. Смятам, че това е достатъчно признание за научния и научноприложните приноси в дисертационния труд. За мен са особено важни публикациите в списанието Mathematical Problems in Engineering [D7, D23]. Отчитайки неговата насоченост в приложната математика и статистика, приемам, че това е и оценка за качеството и коректността на развитите модели и методики. Кандидатът е представил списък със 70 забелязани цитирания. От тях само 15 са в чужди издания и само 1 цитат е в списание с импакт фактор. Смятам, че към днешна дата все още няма достатъчна публичност в чуждите списания. Една от причините е, че публикациите по дисертацията са сравнително нови. От всичките 33 публикации 18 са от последните 5 години (2010-2014), като 11 от тях са през последните 3 (2012-2014). Необходимо е повече време, за да може развитите методики да получат повече гласност и признание в научния свят.

Като цяло авторът на дисертацията напълно отговаря на изискванията на ИФТТ за защита на дисертация за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

8. *Резултатите от дисертационния труд използвани ли са вече в научната практика, има ли постигнат пряк икономически ефект и пр.? Документи, на които се обосновава твърдението.*

Няма представени документи за икономически ефект и използване на резултатите в практиката. Отчитайки научноприложните приноси в дисертацията смятам, че в получените резултати има голям потенциал, който успешно би могъл да се приложи в научната практика.

9. *Мотивирани препоръки за бъдещето използване на научните и научноприложните приноси.*

По мое мнение, в бъдеще постигнатите научни и научноприложни приноси могат да бъдат използвани в следните насоки:

- за подобряване на съществуващи и разработване на нови лазерни системи, вкл. в Лабораторията по лазери с метални пари, ИФФТ на БАН;
- насочване на експерименталната работа при конкретни изследвания;
- по-нататъшно развитие на методиките в посока на нелинейни модели и непараметрични методи;
- прилагане на развитите методики върху други физически обекти, в т.ч. и лазери;
- работа с дипломанти, докторанти и млади учени в областта на тематиката на дисертационния труд;
- участие в регионални, национални и международни проекти за научни изследвания.

10. *Авторефератът изготвен ли е съгласно изискванията, отразява ли основните положения и научни приноси на дисертационния труд?*

Авторефератът съдържа 59 страници и отразява основните положения на дисертационния труд. Приложена е справка за цитираната литература, списък на публикациите, включени в дисертационния труд, претенциите на автора за научните и научноприложните приноси на дисертацията. Смятам, че са спазени съществуващите изискванията и са отразени основните положения и научни приноси на дисертационния труд.

11. Други въпроси, по които рецензентът следва да вземе отношение.

А) преподавателска дейност

От представената биография става ясно, че Илийчо Петков Илиев работи като преподавател в Техническият университет Филаил Пловдив от 1989 г. досега. От 2010 г. е доцент по физика. Провежда със студентите от I курс лекции и упражнения по физика. Има издадени 6 учебника и учебни пособия по физика, като 5 са самостоятелни. Има защитени 2 докторанта през 2013 г. – като съръководител и като консултант. Има и защитени дипломанти. Прилага съвременни иновативни методи и софтуерни технологии в преподаването. През 2010 г. той е завършил второ висше образование по магистърската специалност „Физика на кондензираната материя“. Отчитайки, че преподавателската дейност е основната за един преподавател във ВУ, кандидатът е намерил време да се занимава с активна научна дейност и не на последно място да подготви настоящия дисертационен труд. Това говори за последователност и трудолюбие.

Б) Лични впечатления: Личните ми впечатления от доц. Илиев като специалист и изследовател са много добри. Той активно навлиза в нови области на базата на добрата си подготовка по приложна математика и статистика. Отлично владее съвременните статистически методи и добре познава обектите на своите изследвания. Той е един завършен водещ учен в своята област.

В) Забележки и въпроси по дисертацията

- 1) Към параграф 2.5 липсва таблица с използваните данни, които са описани на различни места в текста. Това затруднява четенето на дисертацията.
- 2) Повечето таблици в дисертацията са дадени с английски текст, не са преведени термините в тях.
- 3) На много места са пропуснати коефициентите на детерминация на регресионните модели, например за моделите (3.28), (3.30), (3.31) и на всички модели в глава 4. Те могат да се намерят в съответните публикации, но липсват в дисертацията.
- 4) Как се избира методът на въртене във факторния анализ? Може ли да се даде ясно предписание в контекста на развитите методики? Влияе ли съществено на крайния резултат?

12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След внимателен прочит на представения дисертационен труд и свързаните с него материали мсятам, че:

- 1) Дисертационният труд представлява завършена научноизследователска работа в актуална и динамично развиваща се област;
- 2) Представените научни и научноприложни резултати са оригинални и са получени за първи път в областта на лазерите с пари на металите и техните съединения.
- 3) Развитите методики позволяват по нов начин да се изследва природата на лазерното излъчване и се развиват нови лазерни източници с повишени изходни параметри. В тях е заложен голям потенциал, тъй като те могат да бъдат адаптирани и към други физически обекти, в т.ч. и за различните типове лазери.
- 4) За първи път в тази област са приложени съвременни математически и статистически методи с използване на иновативен софтуер.

5) Авторът на дисертационният труд е демонстрирал висока математическа култура и умение по съвременен начин да решава важни задачи в областта на математичното изследване на сложни физически обекти.

Напълно убедено смятам, че са налице всички законови изисквания, в т.ч. и изискванията на ИФТТ, за присъждане на научната степен „доктор на науките“. Моята окончателна оценка е ПОЛОЖИТЕЛНА.

Предлагам на уважаемото научно жури да присъди на доц. д-р Илийчо Петков Илиев научната степен „доктор на науките“ по специалността Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси.

Дата: 10.04.2015 г.

Рецензент:
/проф. д.т.н. Иван Димов/