

# РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд  
за придобиване на образователната и научна степен "Доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки  
професионално направление – 5.1 Машинно инженерство  
докторска програма – “Метрология и метрологично осигуряване”

**Автор:** инж. Фотини Григориос Когиа

**Тема:** “Изследване и подобряване точностните характеристики на средства за измерване на енергиен капацитет”

**Рецензент:** доц. д-р Димитър Иванов Дяков

## 1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Представеният дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“, на тема „Изследване и подобряване точностните характеристики на средства за измерване на енергиен капацитет“, съдържа четири глави, списък на използваните съкращения и обозначения, въведение и заключение с научно-приложни и приложни приноси, списък с публикации по дисертацията и литература, с общ обем от 205 страници.

Глава 1 - „Анализ на статичните характеристики на средствата за измерване на топлинен капацитет“ разглежда измерванията за определянето на топлинен капацитет и свързаните с тях характеристики на статичния режим на измерване, общи характеристики на уредите за колориметрични измервания и структурата на съвременните средства за измерване, включително възможностите за корекции на грешките от нелинейност. Дефинирана е целта на дисертацията - изследване на възможностите за използване на методи от числовата апроксимация при провеждане на калориметрични измервания за създаване на подходящи модели и алгоритми за оценка и корекция на грешките на измервателните средства.

Формулирани са основните задачи за решаване при изпълнение на целта:

– анализ на елементите на процеса на измерване на топлинен капацитет, техните взаимовръзки и характеристики;

– разработване на математическите модели за определяне и изследване на грешките при калориметрични измервания;

– изследване свойствата на статичната характеристика при разработване на моделите и алгоритмите за оценка и корекция на грешките при средствата за калориметрични измервания;

– разработване на математичния модел на средство за измерване в статичен режим, базиран на свойствата на статичната характеристика;

– съставяне на математичния апарат за построяването на номиналната статична характеристика и определяне на абсолютната грешка от нелинейност;

–разработване на математичния модел за построяване на статичната характеристика, с цел отстраняване или намаляване на стойностите на грешката от нелинейност;

–провеждане на експериментални изследвания за потвърждаване на получените теоретични резултати и постановки и установяване на съответните изводи и констатации.

В Глава 2 са анализирани грешките от нелинейност на статичната характеристика и са разработени математичен модел на средството за измерване, изразен чрез статичната му характеристика и математичен модел за построяването на правата на най-малките модули, поставени за решаване са задачите за построяване на статичната характеристика. Съставен е алгоритъм за програмно решаване на задачите за построяване на правата на най-малките модули и определяне на грешката от нелинейност. Изведени са обобщени формули, дефиниращи основните параметри на правата на най-малките модули и определяне на грешката от нелинейност за по-характерни измервателни устройства.

Разработените модели за построяване на статичната характеристика, основаващи се на статистически методи са представени в Глава 3. Изложена е логиката и механизма на метода на най-малките квадрати, като за разработването и построяването на модела на правата са приети най-често прилаганите диференциални функции за разпределение (законите за равната вероятност, Симпсън и Гаус).

Глава 4 е посветена на методиката за провеждане на експерименталните изследвания. Представени са структурните схеми на измерване. Разработена е методика за експериментално определяне на действителната статична характеристика на калориметъра Paгг 6400 и изследване на грешката от нелинейност. Съставени са пет модела за изследване. Въз основа на експериментални резултати е извършен анализ на грешката от нелинейност на статичната характеристика.

Всяка от главите на дисертационният труд завършва с изводи и констатации, а в заключение, резултатите от извършената теоретична и експериментална работа, са представени в 4 научно-приложни и 11 приложни приноса.

Научно-приложните приноси включват:

- формулиране на ново дефиниционно понятие в теорията на статичните измервания;
- математически апарат за построяване на номиналната статична характеристика по метода на най-малките модули;
- разработен математичен модел за построяване на номиналната статична характеристика;
- методика за експериментално определяне на действителната статична характеристика на калориметър Paгг 6400 и изследване на грешките от нелинейност на статичната характеристика.

Приложните приноси на дисертацията са:

- разработване на структурна схема на калориметрични измервания и за формиране на статичната грешка;
- модели на измервателно средство за калориметрични измервания, както и за определяне и изследване на грешките при калориметрични измервания, метрологичните

характеристики на изходното звено на калориметричните средства за измервания, построяване на номиналната статична характеристика на измервателните средства;

- методика за построяване на номинална статична характеристика и определяне на грешките;

- алгоритъм за програмно решаване на задачите за построяване на правата на най-малките модули и определяне на грешка от нелинейност;

- изведени са обобщени формули за основните параметри за определяне на грешката от нелинейност.

Необходимостта от метрологично осигуряване и изследване на резултатите при калориметрични измервания, както и разработването на математически апарат за построяването на статична характеристика, определяне на грешките, тяхното отстраняване или намаляване на влиянието им, обуславя актуалността на дисертационния труд.

## **2. Обзор на цитираната литература**

Списъкът на литературата се състои от 141 литературни източници, включващ 20 заглавия на кирилица и 121 на латиница, както следва:

- 16 от български автори;
- 4 от руски автори;
- 121 от английски, немски и други автори.

Използваната литература изцяло съответства на темата на дисертационния труд и всичките коректно са цитирани в работата.

Имайки предвид броя, характера и структурата на използваните и цитирани литературни източници, може да се направи извода, че докторантът има необходимия инструментариум за решаване задачите на дисертацията.

## **3. Методика на изследване**

Основната цел на дисертационният труд е изследване на възможностите за използване на методи от числовата апроксимация при провеждане на калориметрични измервания с оглед създаване на подходящи модели и алгоритми за оценка и корекция на грешките при този вид измервателни средства.

За постигане на тази цел е избран подход, включващ теоретични и експериментални изследвания. Използвани са методите и подходите на теорията на вероятностите за създаване на необходимия математически апарат и алгоритмите за тяхното практическо приложение. Избраният подход се основава на подобряване на точностните характеристики на съществуващите измервателни средства.

Считам, че използваните в дисертацията методи, подходи и инструментариум са адекватни на поставената цел и задачи.

## **4. Приноси на дисертационния труд**

В следствие на проведените теоретични и експериментални изследвания, за решаване на поставените в дисертационния труд цели и задачи, са формулирани 4 научно-приложни и 11 приноса с приложен характер.

Научно-приложни приноси:

1. Формулирано е ново дефиниционно понятие на една от основните характеристики в теория на статичните измервания, а именно - статичен режим на измерване, което е изведено въз основа на анализа на съставените математични модели, дефиниращи измервателните режими, както и условията, които ги обуславят.

2. Съставен е математичният апарат, необходим за построяването на номиналната статична характеристика по метода на най-малките модули и определяне както на абсолютната грешка от нелинейност, така и на максималната приведена грешка.

3. Разработен е математичният модел за построяване на номиналната статична характеристика по вероятностна хипотеза, съгласно която: грешките от апроксимиране на тези стойности от измерваната величина, които са по-вероятни да се случат в обхвата на конкретните измервания, трябва да имат по-малка стойност от тези, които са по-малко вероятни. Моделът позволява да се повиши съществено точността на измерване чрез намаляване в реално време на стойността на грешката от нелинейност.

4. Разработена е методика за експериментално определяне на действителната статична характеристика на калориметър "Paq 6400" и изследване на грешките от нелинейност на статичната характеристика.

Приложни приноси:

1. Разработена е структурната схема на калориметричните измервания, дефинираща възможно най-всеобхватно участващите елементи и техните взаимовръзки, на базата на която е извършен цялостен анализ в метрологичен аспект с оглед създаване на подходящи модели и алгоритми за оценка и корекция на грешките при този вид измервателни средства.

2. Разработен е математическият модел за определяне и изследване на грешките при калориметрични измервания въз основа на свойствата и специфичните особености на косвените методи за измерване.

3. Въз основа на съставената структурна схема за формиране на статичната грешка са изведени моделите за нейното пресмятане чрез привеждане към входа и изхода на уреда, а величините, участващи в тези модели могат да бъдат определени по статистически методи.

4. Разработен е математичният модел на изходното звено на калориметричните измервателни средства, оказващ основно влияние при формиране на техните метрологични характеристики. Въз основа на метода на най-малките модули са създадени модел и методика за определяне на оптималните стойности на параметрите на теоретичната статична характеристика за този тип измервателни средства.

5. Съставен е математичният модел на измервателно средство, изразен чрез статичната характеристика, на базата на който са обобщени условията, гарантиращи близостта на статичната характеристика до праволинейната ѝ форма.

6. Съставена е методика за построяване на номиналната статична характеристика и определяне на грешката от нелинейност според принципа за равноотдалеченост спрямо действителната статична характеристика в границите на зададения диапазон на измерване.

7. Разработен е модел за построяване на номиналната статична характеристика и определяне на грешката от нелинейност въз основа на условието за минимизиране на неявно зададена функция на два аргумента.

8. Съставен е алгоритъм за програмно решаване на задачите за построяване на правата на най-малките модули и определяне на грешката от нелинейност. Въз основа на алгоритъма са разработени програми в средата на приложния пакет Mathcad, построени съответно в цикъл за една и две променливи.

9. Изведени са обобщени формули, дефиниращи основните параметри за построяване на правата на най-малките модули и определяне на грешката от нелинейност, за някои по-характерни измервателни устройства.

10. Разработени са модели за построяване на статичната характеристика на измервателните средства по метода на най-малките квадрати за различни диференциални функции на разпределение на измерваната величина. Моделите се основават на два способа, първият от които се подчинява на условието за минимум на основната функция, а вторият - на изведените уравнения за определяне на параметрите на номиналната статична характеристика.

11. Въз основа на факторите, влияещи за образуването на грешката от нелинейност на статичната характеристика, са съставени пет модела за изследване на нейните характеристики.

Приносителите на дисертацията са резултат от успешно решените първоначално поставени задачи. Приемам изцяло представената справка за научно-приложните и приложни приноси.

## **5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд**

Резултати от работата по дисертацията са представени в шест публикации, част от дисертационния труд, от които пет са в съавторство и една самостоятелна.

От представените материали, пет са доклади на научни конференции, а една е статия в научно издание, реферирано и индексирано в базите данни на Scopus и притежаващо Импакт Ранг (SJR).

Считам, че публикациите отразяват основните идеи и съществените моменти от дисертационния труд.

## **6. Авторство на получените резултати**

Познавайки опитът и високата компетентност на научните ръководители на докторанта инж. Фотини Когиа, както и в известна степен процеса на работа по разработване на дисертационния труд на тема „Изследване и подобряване точностните характеристики на средства за измерване на енергиен капацитет“, ми дават основание да

твърдя, че опитният материал, въз основа на който са формулирани приносните моменти в работата, е напълно достоверен.

## 7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е направен в съответствие с изискванията на Закона за развитие на академичния състав, Правилника за неговото прилагане и Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ТУ-Габрово. Той отразява достатъчно пълно съдържанието на дисертационния труд.

## 8. Забележки по дисертационния труд

Към дисертационния труд имам следните препоръки:

- Би било добре да се оптимизират приносите – по-специално приложните, като някои от тях се обединят, а други, като принос №9 има по-скоро научно-приложен характер.

- Изразяването на някои от параметрите на статичната характеристика е добре да бъдат представени и математически, а не само описателно, напр. грешката от нелинейност на статичната характеристика (стр.154).

- Представянето на използваният в експерименталните изследвания изопериметрен калориметър Раг 6400 би било по-подходящо да бъде дадено в Глава 4.

## 9. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание **да предложа** да бъде придобита образователната и научна степен „Доктор” от инж. Фотини Григориос Когиа в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.1 Машинно инженерство, докторска програма – „Метрология и метрологично осигуряване“

26.08.2019 г.

Подпис: /п/

/доц. д-р инж. Димитър Дяков/