

# РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

в професионално направление 4.1 Физически науки, Радиофизика и физическа електроника

по процедура за защита във Физически факултет (ФзФ)  
на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)

Рецензията е изготвена от: проф. дфзн Асен Енева Пашов, Физически факултет на СУ, в качеството му на член на научното жури съгласно Заповед № РД 38-95/21.02.2023г. на Ректора на Софийския университет.

**Тема на дисертационния труд: “Преобразуване на CO<sub>2</sub> в дъгови разряди при атмосферно налягане”**

**Автор на дисертационния труд: Владислав Валентинов Иванов**

## **I. Общо описание на представените материали**

### **1. Данни за представените документи**

Кандидатът г-н Владислав Иванов е представил дисертационен труд и Автореферат, а така също и автобиография, диплома за бакалавър, диплома за магистър, декларация за допускане до предзащита, декларация за авторство на дисертацията, авторка справка за приносите (сравнителна таблица, ФзФ), протокол за плагиатство (Прил. 1), становище за плагиатство (Прил. 2), доклад за плагиатство, научни публикации по дисертацията (3), съгласно изискванията на Физическия факултет при Софийския Университет „Св. Климент Охридски“.

**Представените по защитата документи** от кандидата съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и [Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“](#) (ПУРПНСЗАДСУ).

### **2. Данни за кандидата**

Г-н Владислав Валентинов Иванов защитава, с отлична оценка, своята бакалавърска (2016 год.) и магистърска (2018 год.) степени в специалност „Комуникации и физична електроника“ на Физическия факултет при СУ „Св. Кл. Охридски“, като бакалавърската степен включва и допълнителна квалификация – учител по „Физика и Астрономия“. Още като студент, г-н Владислав Иванов участва активно в групата по изучаване на газови разряди и плазма, към катедра РФЕ на ФзФ, където работи с доц. д-р Станимир Колев върху разработването на асинхронен събитийно-базиран кинетичен модел. Впоследствие, от 2019 год. е зачислен като редовен докторант към катедра РФЕ, с ръководител доц. д-р Станимир Колев. Темата на докторантурата е насочена към теоретичното и експерименталното изследване на постояннотоковите разряди с плъзгаща се дъга, при атмосферно налягане и ток под 1 А, с

оглед на дисоциацията на въглероден диоксид (CO<sub>2</sub>). В тази връзка, докторантът е част от колектива в два големи научни проекта, съответно, към Националния фонд за научни изследвания (на МОН) и Националния център по мехатроника и чисти технологии. По време на докторантурата, г-н Владислав Иванов показва широк спектър от научни интереси, даващи израз в активно му участие и съществен принос в цялостната работа на колектива. Впечатление прави високият импакт фактор на основните научни публикации по дисертацията (IF: 4.004 и 7.84), както и участието в научна конференция с устен доклад и спечелена първа награда за най-добър постер в областта на нискотемпературната плазма. В професионален аспект, г-н Владислав Иванов притежава забележителен опит и умения в софтуерните технологии за визуализации и симулации, което дава положително отражение при анализирането и решаването на комплексни физични проблеми. В началото на 2023 год., в рамките на третата година от докторантурата, г-н Владислав Иванов напълно покрива изискванията за обучение и научноизследователска работа от индивидуалния план и с решение на Факултетния съвет на ФзФ, от същата година, е отчислен с право на защита.

### **3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата**

**Изследванията** върху дисоциацията на CO<sub>2</sub> са мотивирани от разработването на екологично-чисти технологии, явяващо се основна насока в настоящето развитие на индустрията. Ключов фактор в тези технологии е тяхната енергийна ефективност. В тази връзка, прилагането на дъгови разряд при атмосферно налягане се явява един от ефикасните методи за ефективна дисоциацията на CO<sub>2</sub>, което на свой ред, прави изследванията в тази област, част от които е и настоящия дисертационен труд, изключително **актуални и значими**.

**Научните постижения** на кандидата, отразени в дисертационния труд, са изразяват в **две статии в списания с импакт фактор** [Б.1 и Б.2] (съответно, квартили Q1 и импакт фактор 4.004 и 7.84 (Scopus)) и **един доклад** на конференция [Б.3], публикуван **в пълен текст** (квартил Q4, реферирана, без импакт фактор). Кандидатът е водещ автор с **основен принос и в трите научни публикации** [Б.1, Б.2 и Б.3] по дисертацията. Кандидатът има **три участия на научни конференции**, от които два постерни доклада [В.1 и В.3] и един устен доклад [В.2]. Трябва да се отбележи, че един от постерните доклади [В.3] е с първа награда, за най-добър постер в областта на нискотемпературната плазма. Извън публикациите по дисертацията, кандидатът има един доклад на конференция [Г.1], публикуван в пълен текст (квартил Q4, реферирана, без импакт фактор).

**Научните публикации**, включени в дисертационния труд, **напълно покриват минималните национални изисквания** (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“, в съответната научната област и професионално направление.

Въз основа на **предоставените документи** – авторска справка за приносите (сравнителна таблица, ФзФ), протокол за плагиатство (Прил. 1), становище за плагиатство (Прил. 2) и доклад за плагиатство – с пълна убеденост може да се заяви, че:

Включените в дисертационния труд научни публикации **не повтарят такива от предишни процедури** за придобиване на научно звание и академична длъжност.

**Няма доказано** по законоустановения ред **плагиатство** в представените дисертационен труд и Автореферат.

#### **4. Характеристика и оценка на преподавателската дейност на кандидата (ако има изискване в ПУРПНСЗАДСУ за това)**

В ПУРПНСЗАДСУ и вътрешния правилник на ФзФ няма изискване за наличието на преподавателка дейност. Въпреки това, искам да отбележа, че по време на докторантурата си, г-н Владислав Иванов води практическите упражнения към курса „Симулация на космическа и газоразрядна плазма“.

#### **5. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса**

Изследванията по дисертацията са част от работата на авторския колектив, към който принадлежи и кандидата, върху теоретичното и експериментално изследване на постоянно-токови разряди с плъзгаща се дъга (при атмосферно налягане и ток под 1 А), с оглед на дисоциацията на  $\text{CO}_2$ , в рамките на два проекта:

„Изследване и оптимизиране на дисоциацията на  $\text{CO}_2$  в разряд с плъзгаща дъга“, Национален фонд научни изследвания, МОН – КР-06-ОПР 04/4 от 14.12.2018;

European Regional Development Fund within the Operational Programme "Science and Education for Smart Growth 2014 - 2020 Project CoE "National center of mechatronics and clean technologies" BG05M2OP001 – 1.001 – 0008 – CO1.

Работата по дисертацията е теоретична и експериментална, като експериментите са проведени изцяло в лаборатория А402 на ФзФ, при СУ.

**Авторефератът** е на български и на английски, структуриран е ясно и отразява напълно адекватно съдържанието на дисертацията.

**Дисертационният труд включва** Увод, три Глави, Заключение, Библиография, Списък на фигурите и Списък на таблиците. Общият му обем е 124 страници, като съдържа 45 фигури, 4 таблици и 84 цитирани литературни източника. Изложението е на висок научен стил и технически старателно оформено. Резултатите са представени с дълбоко разбиране на изследваните проблеми, както и на използваните методи и техники.

**В Увода** на дисертацията, след кратък преглед върху механизмите на дисоциация, теорията на постоянно-токовите разряди и приложението на дъговите разряди за дисоциация на  $\text{CO}_2$ , са формулирани ясно целта и поставените задачи. **Основната цел** е изследване на свойствата на постоянно-токови разряди (30 – 200 mA) с магнитна стабилизация и плъзгаща се дъга, в конфигурацията на плоски разходящи електроди, при атмосферно налягане, с оглед на дисоциацията на  $\text{CO}_2$ . **Конкретните задачи** са:

- 1) Изследване на ефекта на газовия поток и магнитната сила върху поведението на магнитно-стабилизиран дъгов разряд в аргон, посредством разработен двумерен числен модел.
- 2) Създаване (и окомплектоването със съответните компоненти) на експериментална установка за изследване на дъгови разряди при атмосферно налягане.
- 3) Експериментално изследване на различни конфигурации на разряда за дисоциация на  $\text{CO}_2$ , при атмосферно налягане и ниски токове (25 – 200 mA).
- 4) Изследване на поведението и свойствата на разряда при ниски токове (под 200 mA) и анализ на режима му на работа.

Формулировката на поставените задачи напълно съответства на целта на дисертацията.

**В Глава 1** е направен задълбочен и напълно състоятелен, с оглед на целта и задачите на дисертацията, литературен обзор основаващ се на ползването на 53 източника. По същество, в тази част са разгледани различните видове постояннотокови разряди, представено е теоретичното описание на процесите в газоразрядна плазма, обобщени са основните характеристики на молекулата на  $\text{CO}_2$  и са представени спецификите на нейната дисоциация. В края на тази част са обобщени известните от литературата резултати за енергийна ефективност и степента на дисоциация „конверсия“ на  $\text{CO}_2$  при различни разряди.

**В Глава 2** на дисертацията са представени теоретичните изследвания върху качествено поведение на постояннотоковите разряди с напречна магнитна стабилизация на дъгата, при атмосферно налягане и малки токове (под 1 A). Те се основават на една научна публикация по докторантурата [B.1] (квартил Q1, импакт фактор 4.004 (Scopus)), в която кандидатът е водещ автор. Неговият принос е съществен, изразяващ се както в изграждането на модела (отчитане на ефектите, свързани с външното магнитно поле и потока на газа), така и в получаването и анализа на числените резултати. Понастоящем, няма данни за налични цитати и отражение на резултатите на кандидата в трудовете на други автори.

По същество, в Глава 2 се разглежда първата задача, формулирана в Увода на дисертацията и отразява първите четири научни приноса, представени в Заключение.

В рамките на тази задача е разработен теоретичен модел, основаващ се на флуидната теория на плазмата, на магнитно-стабилизиран дъгов разряд, отчитащ ѝ външната електрическа верига. Целта е изследване на ефекта на газовия поток и магнитната сила върху пространственото и времево поведението на магнитно-стабилизиран дъгов разряд при атмосферно налягане и малки токове (под 1 A). Моделът е двумерен, за напречното сечение на дъгата, при постоянно електрично поле по нейната дължина и наличие на напречно външно магнитно поле. Моделът е приложен за аргон, вместо  $\text{CO}_2$ , което е добре аргументирано в дисертацията. (Видът на газа не променя общото поведение на разряда, на качествено ниво, а моделирането на газове със сложна кинетика е изключително трудно.) Кандидатът несъмнено се справил с поставената задача, което еднозначно се определя от наличието на научна публикация в квартал Q1. Получените числени резултати от създадения модел, могат да бъдат су-

мирани по следния начин: Определени са интервалите от скорост на газа, при които се постига магнитна стабилизация на дъгата (т.е., магнитната сила и силата на триене на плазмата с газовия поток се уравновесяват). Установено е наличието на три режима на поведение, в зависимост от разстоянието между страничните стени ( $W_D$ ) и диаметъра на дъгата ( $r_{arc}$ ) – формиране на стабилна дъга в средата на газовия канал ( $W_D \approx r_{arc}$ ), прилепване към една от стените ( $W_D > r_{arc}$ ) и централно осцилираща дъга ( $W_D \gg r_{arc}$ ) – и са идентифицирани физични причини за това поведение. Получени са някои основни характеристики на дъгата – сила и ефективен коефициент на триене с газовия поток и ефективния радиус на положителния стълб на разряда – като е приложен модел на твърдо тяло в движещ се флуид.

Тези резултати са ясно отразени в първите четири научни приноса на кандидата, посочени в Заключение на дисертацията. Те значително обогатяват съществуващите знания, в областта на физика на плазмата, относно поведението на постоянно-токовите разряди с напречна магнитна стабилизация на дъгата при атмосферно налягане и малки токове (под 1 А). Също така, притежават необходимия потенциал за приложение в практиката, което е направено в следващата Глава от дисертацията.

**В Глава 3** на дисертацията са представени експерименталните изследвания върху дисоциацията на  $CO_2$ . Те се основават на две научни публикации по докторантурата [В.2 и В.3] (съответно, квантил Q1, импакт фактор 7.84 (Scopus) и квантил Q4, реферирана, без импакт фактор), в които кандидата е водещ автор, което несъмнено определя съществения му принос в тях. Понастоящем, няма данни за налични цитати и отражение на резултатите на кандидата в трудовете на други автори.

По същество, в Глава 3 се разглеждат останалите три задачи (от 2 до 4), формулирана в Увода на дисертацията, като резултатите от тях са отразени в четири научни и два „Персонални“ приноса, изнесени в Заключение.

Първата поставена задача в тази част е изграждането на експериментална установка за дисоциации на  $CO_2$ , основаваща се на плъзгащ се дъгов/тлеещ разряд, с външна магнитна стабилизация. Задачата е напълно изпълнената, като е съществено да се отбележи, че кандидатът взима основно участие в проектирането, изграждането и окомплектоването на цялата експерименталната установка, както и на софтуер за обработка на експерименталните данни от измерванията. В Заключение на дисертацията, това е отчетено като „Персонални приноси“.

Втората задача в тази част е свързана с експериментално изследване на дисоциация на  $CO_2$  при атмосферно налягане в нискотокови разряди с плъзгаща се дъга и външна магнитна стабилизация. Изследвани са главно две величини – степен на конверсия на  $CO_2$  и енергийна ефективност на процеса – при три конфигурации на разряда и различен поток на подавания газ. Този избор е логичен и добре мотивиран в дисертацията. Първата изследвана конфигурация е класическа, без наличието на външно магнитно поле. Тя позволява идентифицирането на ефектите, свързани с прилагането на такова, в останалите две конфигурации. При вто-

рата конфигурация, магнитната сила ускорява дъгата, като осигурява скъсяване на времето между запалване и изгасване на дъгата. При третата конфигурация, магнитната сила забавя дъгата, което осигурява нейната стабилизация и увеличава времето на непрекъснато горене. Тази конфигурация съответства на теоретичните изследвания, представени в Глава 2, за магнитно-стабилизиран разряд. Кандидатът се е справил отлично с изпълнението на цялата задача, като трябва да се отбележи, че тук е направен и включен анализ на неопределеностите. Получените експериментални резултати (конверсия ~ 8% и енергийна ефективност над 30%) са в много добро количествено съответствие с подобни изследвания от литературата. На качествено ниво, са установени следните тенденции в поведението на разрядите: За всички конфигурации, нарастването на газовия поток води до намаляване на конверсията на  $\text{CO}_2$  и нарастване на енергийната ефективност. Конфигурациите без стабилизация (1 и 2), поддържат висока стойност на конверсия за по-широк интервал на газовия поток, но са нестабилни и с по-ниска ефективност от тези със стабилизация. Конфигурациите със магнитна стабилизация показват висока ефективност, но само при ниски стойности на газовия поток. Също така, експериментално е потвърден ефектът на напречна неустойчивост на стабилизирана дъга в газов поток – при ширина на газовия канала по-голяма от ефективния диаметър на дъгата – получен от числения модел в Глава 2.

Тези резултати са обособени в петия и шестия научни приноса на кандидата, дадени в Заключение на дисертацията.

Показаните ефекти от прилагането на напречно външно магнитно поле и скоростта на газовия поток върху дисоциацията на  $\text{CO}_2$ , при постояннотоков разряд (под 1 А) с раздалечаващи се електроди, формират общите тенденции в поведението на този тип разряди, което значително обогатяват съществуващите знания в тази област. Тези тенденции имат базов характер за изследванията и практическата разработката на устройства за дисоциацията на  $\text{CO}_2$ .

В рамките на тази задача е изследвано и влиянието на материала на електродите и наличието на странични кварцови стъкла, ограничаващи дъгата и газовия поток в напречно направление. Установено е, че: Страничното ограничаване на разряда има положителен ефект върху конверсията и енергийната ефективност. Материал на електродите с по-висока топлопроводност осигурява по-висока конверсия, но при по-ниска енергийна ефективност. Тези резултати не са включени в приносите на кандидата, посочени в дисертация, но трябва да се отчетат с техния научно-приложен характер.

Третата задача в тази част е върху експерименталното изследване и определяне на режима на поддържане на разряда, в конфигурациите със и без магнитна стабилизация. При изпълнението на тази задача е използвана бърза I-CCD камера (PI-Max), чрез която е наблюдавана времевата и пространствена еволюцията на разряда, в комбинация със синхронизирано измерване на електрическите параметри на разряда. Изпълнението на поставената задача е безупречно. Направеният качествен анализ на катодните процеси показва, че разрядът може

да работи както в тлеещ, така и в дъгов режим, като с оглед на дисоциацията на  $\text{CO}_2$ , последният осигурява оптимална работа. Показано е, че посредством приложената методика може да се оцени плътността на тока и интензитета на електричното поле, в областта на положителния стълб на дъгата.

Тези резултати са отразени в последните два (седми и осми) научни приноса на кандидата, от Заключението на дисертацията.

Техният характер е с изразена научно-приложна насоченост.

В края на Глава 3 е представена допълнителна секция, в която е разгледан стенно-стабилизиран дъгов разряд в цилиндрична геометрия. Тази конфигурация е разглеждана като бъдеща насока за развитие на работата и не е част от конкретните задачи по дисертацията. Въпреки това, нейният потенциал е явен: Реализиране на експеримент, чиято геометрия и конфигурация позволява прилагането на едномерни модели, с което съществено би се улеснило изследването на процесите, свързани със сложната кинетика на  $\text{CO}_2$ .

**Заключение**то на дисертация е стандартно, включващо кратко описание на изследваните проблеми, списък с отделени научните приноси на кандидата, списък с публикациите и участието на конференции, както и благодарности.

## **6. Критични бележки и препоръки**

Единствените критични бележки по дисертационния труд и Автореферата са от изцяло технически характер, свързани с наличието на някои печатни грешки и неточности като: предефиниране на означения и физични величини; частично използване на чуждици, печатни грешки в някои изрази (тензор на налягането (стр. 37) и (1.44), (1.61), (1.64)) и липсата на литературна препратка към други (подвижността на кинетичната енергия (1.63), стойността на коефициента  $\beta$  в (1.64), и фиг. 1 от Автореферата); наличие на недефинирани величини (в уравнение (9) от Автореферата); в края на литературния обзор (Глава 1) не е изложено преимущество на изследвания в дисертацията разряд и „Персоналните приноси“ следва да се дадат като „Допълнителни приноси“. Забелязаните неточности са основно в обзорната част дисертацията и Автореферата. Броят им е много малък и не променят изцяло положителното впечатление от високото ниво на литературна осведоменост, изложение, анализ, точност и завършеност на получените резултати, както и на тяхната актуалност и значимост.

## **7. Лични впечатления за кандидата**

Нямам, но уважавани от мен колеги, чието мнение ценя, споделят, че г-н Владислав Иванов е за човек с високо ниво на теоретични и практически познания, проявяващ методичност, задълбоченост и самостоятелност в работата си, както и изграден подход при анализа и интерпретацията на получените резултати.

## **8. Заключение**

След като се запознах с представените дисертационен труд, Автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научно-приложни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на образователната и научна степен „доктор“**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, Автореферат и научни трудове.

Давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

## **II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление 4.1 Физически науки, Радиофизика и физическа електроника на г-н Владислав Валентинов Иванов.

21.05.2023 г.

Изготвил рецензията: .....

(проф. дфзн Асен Пашов)