

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд за присъждане на научната степен „доктор на науките“ по Професионално направление **5.4 Енергетика**,
Научна Специалност **Енергопреобразуващи технологии и системи**
на тема: „**Технологичен и екологичен анализ на работата на енергийни блокове на местни, органични горива**“
с автор **проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев**

от **доц. д-р инж. Петко Георгиев Цанков** –
Тракийски университет – Стара Загора; ФТТ – Ямбол; кат. Енергетика;
Професионално направление 5.4 „Енергетика“,
Научна специалност: „Промислена топлотехника“

Представените от проф. д-р Тотю Тотев дисертационен труд и пакет документи за присъждането на научната степен „доктор на науките“ са в областта на енергопреобразуващите технологии. Всички приложени научни работи се отнасят до проблем от **фундаментално значение за националната енергетика и икономика**, още повече - проблем който в началото на XXI век има потенциала да бъде основата на нова индустриална революция. Това е проблема за отказ от въглеродната енергетика и преход към друг тип енергоносители и енергопреобразуващи технологии.

Научните разработки на проф. Тотев са посветени на технологичен и екологичен анализ на българските електроцентрали работещи с местно гориво – лигнитни въглища, за да се гарантира възможен плавен, щадящ и ефективен преход към енергетика без фосилни горива.

В тази рецензия следва да се направи **оценка на съответствието** на представения от проф. Тотю Тотев научен труд **на формалните и същностни критерии** за присъждане на научната степен „доктор на науките“.

1.Значимост, актуалност на темата на дисертационния труд

Актуалността, значимостта на изследвания проблем от кандидата проф. Т. Тотев може да се разглежда и доказва в много аспекти.

1.Необходимост от **устойчиво развитие на човечеството** – разглеждано като комплексен процес на „икономическа, социална и екологична устойчивост“ при реализацията на различни практики и политики за генерацията на енергия.

2.**Ограничаване на вредните ефекти от човешката дейност** върху природата, определени последователно от:

Рамковата конвенция на ООН по изменение на климата (РКООНИК) - Рио де Жанейро - 1992 г.;

Протокола от Киото – 1997 г.

Парижкото споразумение в областта на климата от 2016 г.

3.**Задълженията на Република България**, съгласно споразуменията за опазване на климата, да редуцира количествата емитирани парникови газове (CO₂) и емисиите на вредни вещества от големите горивни инсталации (ГГИ) – азотни оксиди (NO_x), въглероден оксид (CO), серен диоксид (SO₂), живак (Hg) и други.

4.Използване на:

- **местните енергийни горива** – единственият национално значим собствен енергиен източник, българските лигнитни въглища от комплекса „Марица изток“;

- **наличните големи енергогенериращи мощности** – чрез намирането на възможности за частична и плавна подмяна на наличната горивна база;

и квалифицирания човешки потенциал – най-големия инженерно-технически персонал в областта на голямата енергетика;
за постигане на плавен преход към нови екологични и икономически доказани технологии.

2.Формулирани цели и задачи на дисертацията

Целите и задачите поставени в дисертационния труд са ясно, точно, разбираемо формулирани – 2 основни цели:

1.Анализ и оценка работата на енергопреобразуващата технология за производство на електрическа енергия, основана на оползотворяването на българските лигнитни въглища, през призмата на съвременните екологични изисквания.

2.Обосновани алтернативни предложения на технологични решения, които да дават възможност за запазване енергийната независимост на страната ни и гарантират икономическата стабилност на държавата.

За изпълнението на тези цели са **формулирани и няколко задачи**, на които е дадено в настоящия дисертационен труд **решение или предложение за решение** като:

- внедряване на технологични **решения за редуциране на вредните емисии** (азотни оксиди, серни оксиди, въглероден оксид, прах, живак и др.) изхвърляни в околната среда до **Пределно Допустимите Норми (ПДН)**;

- внедряване на нови, иновативни решения за **повишаване на коефициента на полезно действие на термодинамичния процес**;

- създаване и изграждане на нови и/или адаптирани енергопреобразуващи технологични решения за **съвместното използване на лигнитни въглища и природен газ**;

- прилагане на технологични решения, при които се **използва наличното технологично оборудване**.

3.Познаване на проблема, продължение и самостоятелност на научния труд

Представеният от проф. д-р Т. Тотев дисертационен научен труд за присъждане на научната степен „доктор на науките“:

- отговаря на изискванията на **ЗРАСРБ** и Правилника за неговото приложение, както и на **ПРАВИЛНИК ЗА РАЗВИТИЕТО НА АКАДЕМИЧНИЯ СЪСТАВ в Тракийски университет**;

- съдържа анализ, обобщения и решения на научно-приложни проблеми в областта на **енергопреобразуващите технологии** на база на енергийни горива, като се основава на съвременните научни постижения и има значителен, оригинален принос в оптимизирането на горивните технологии;

- не повтаря, а надгражда, доразвива в много по-широка степен дисертационния труд за присъждане на ОНС „Доктор“ на тема: „**Управление на топлинния товар на парогенератори на нискокачествени горива**“;

- разработен е самостоятелно и използва доказателствен материал (по група показатели), който не е представян и използван при получаването на научните звания „доцент“ и „професор“ – публикации, признати заявки за полезни модели, изследователски договори са за период след 2015 г.

Работата, професионалната и научна квалификация на проф. д-р Т. Тотев са органично свързани с **голямата школа на българската топлоенергетика** вече почти 40 г. – създадена и развита от проф. Н. Тодориев, проф. И. Чорбаджийски, проф. Г. Мумджиян, проф. С. Батов, проф. Б. Бонев и мн. др. Днес той е определен водещият специалист в областта на: горивните технологии на българските лигнитни въглища, свързаните с тях екологични технологии, мероприятия и големите горивни инсталации в България. **Научна школа** означава както „поемане на щафетата от учителите“, така и „предаване на щафетата на учениците“ - проф. д-р Т. Тотев

днес има много последователи – инженери - енергетици в практиката, студенти, доктори, докторанти и хабилитирани преподаватели в научните среди.

Под ръководството на проф. Т. Тотев само след 2015 г. са реализирани **25 изследователски договори внедрени в практиката**. Всички тези внедрени в практиката решения са свързани с: оценка концентрацията и повишаване улавянето, или намаляването на серни, азотни оксиди, живак; оптимизиране работата и реконструкция на различни инсталации, системи и др. на ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД и „ТЕЦ Контур Глобал Марица Изток 3“.

Представени са и **4 референции от фирми** - потребители на научно – приложния продукт на екипите ръководени от проф. Т. Тотев.

В дисертационния труд са цитирани над 200 заглавия, повече от ¼ от които на английски език, доказателство за свързаността на работата със световните достижения в областта.

4. Структура, съдържание на труда, методически инструментариум

Дисертационния труд представен от проф. Т. Тотев е структуриран и подреден много **последователно и точно методологично** – представени са изходните данни, условия, формулирани са проблеми и задачи, и е дадено тяхното решение или предложение за решение. Дисертационният труд е в обем 300 страници разделени в седем глави.

В **глава Първа** са представени технологичните особености при оползотворяване на български лигнитни въглища - особеностите на използваните енергийни парогенератори тип ПК-38-4М и тип 670/140 (П-62). Описани и анализирани са проблемите свързани със съоръженията и системите, и многото задачи и подзадачи, които са решавани за да се превърне технологията в действаща и оптимална.

В **глава Втора** са разгледани характеристиките на българските лигнитни въглища. Изведен е един **обобщен коефициент отчитащ неблагоприятните характеристики на лигнитите** (пепел, влага, сяра) и който за нашите въглища е $K^{BG} = 0,6702$, което 3,85 пъти повече от средния показател за въглищата в 10 страни обект на изследването. Това обяснява **големите технологични и екологични предизвикателства** пред българските специалисти, експлоатиращи тези горива.

Тук са дефинирани и **екологичните изискванията** към Големите Горивни Инсталации (ГГИ), за страните от Европейския Съюз. **Към I-та група изисквания** се отнасят тези за: серни емисии (SO_2); азотни оксиди (NO_x); въглероден оксид (CO); прах в димните газове, както и живак в димните газове.

А **II-ра група „изисквания“**, касаят така наречените парникови газове и в частност емисиите от въглероден диоксид (CO_2).

Разгледани са основните Европейски политики и нашите национални ангажименти по отношение на развитието на енергетиката до 2030 (2050 г.).

Описано е влиянието на различните фактори за образуването на азотните и серните оксиди в енергийните парогенератори изгарящи въглища и възможните методи за редуция или почистване на тези оксиди. По специално внимание в глава Втора е отделено на **възможни решения за редуция на емисиите от въглероден диоксид (CO_2)**, които детайлно са развити в следващите глави на дисертационния труд.

На база на направения анализ, главата завършва с ясно формулирани цели и задачи на дисертационния труд.

В **глава Трета** на труда се описват **изследователски методи и техники за анализ и оценка** на енергопреобразуващите технологии, прилагани в ТЕЦ. Проф. Тотев ясно определя **мястото на численото моделиране като трети подход** за изследване, анализ и проектиране, добавен към теорията и експеримента. В тази глава се описва същността на изследователските методи:

- определя се приложението на числените методи за моделирането на: потоци, съоръжения (горелки, котли, скрубери, топлообменници), горивен процес;

- разглежда се **модела на факелното изгаряне на въглища** като комплексен сложен петпроцесен модел (състоящ се от транспорт на флуиди, транспорт на частици, хомогенни и хетерогенни химични реакции, радиационен топлообмен);
- показана е част от сложната математическа основа на численото моделиране;
- ясно са определени верификационната и валидационна оценки съответно на точността на решението и на симулацията на процеса;
- описани са използваните CFD софтуерни продукти и **софтуера за топлинен баланс Thermoflex** (изяснена е в дълбочина същността му – защото решението **трябва да е достоверно**);
- описва се **създаването на модел на енергоблока** в ТЕЦ МИ-2 и след това е **представен валидиран модел на работата на въглищен блок** (енергийният котел, парната турбина и всички основни и спомагателни съоръжения към тях) за три режима на работа (максимален, среден и минимален товар);
- направен е много важен същностен анализ на топлинните и **ексергийни загуби в енергоблока** работещ в ТЕЦ „Марица Изток 2“. Оценката на загубата на ексергия или необратимостта, осигурява общоприложима количествена мярка за неефективност на процеса – указва на проблемните елементи в инсталацията.

Този анализ е едно категорично доказателство за **силата на научните доводи, за смисъла от изследванията и знанията** – енергийния баланс доказва най-големи топлинни загуби в кондензатора на енергопреобразуващата инсталация. Но същностния ексергиен анализ доказва друго - основните загуби са в котела поради необратими загуби на топлопредаване. Т.е. в основата на ниската ефективност не са загубите в кондензатора или „охладителната кула“, а в котела и неефективния радиационен топлообмен.

В глава Четвърта са разгледани методите за редуциране на азотните оксиди от горивните инсталации на български лигнитни въглища. Зад оценката: **прилагането на „първични методи“ за редуцирането на азотни оксиди (NO_x) е приложимо при изгарянето на български лигнитни въглища**, стои много работа. Приложена е „нова организация“ на осъществяването на **горивния процес** на енергийните котли, като за целта:

- идентифицирани са видовете азотни емисии;
- създадени са числени модели на процесите протичащи в пещните камери;
- верифицирани и валидирани са числените модели, включително с натурни изпитвания и са направена **корекции и доуточняване на определени зависимости и коефициенти, заложили в CFX средата**, за да се получат адекватни резултати съответстващи на реалния обект и на спецификата на нашите лигнитни въглища;
- изградени са модели, извършени са числени изследвания, изработени са в натура, проверени са експериментално – в натурни изпитвания множество елементи на прахоприготвящите системи и на горивните уредби на инсталациите (сепаратори, прахоконцентратори и др.), проведени са пусково -настроечни изпитвания;
- постигнати са **резултати** – реализиран е горивен процес гарантиращ азотни емисии под 200 mg/Nm³ в димните газове, напускащи пещната камера без влошаване на к.п.д. на котлите.

Методите за редуциране на серните емисии (SO₂) са разгледани в **глава Пета**. Тук се доказва, че „**мокър варовиково-гипсов процес с интензивно окисление**“ е най-подходящия за почистване от серни емисии (SO₂) на димните газове на горивните инсталации в Комплекса „Марица Изток“ . След:

- изясняване на механизма на десулфуризация; обзор на актуален световен опит;
 - **анализ на факторите влияещи върху ефективността на работа на действащите сярочистиращите инсталации;**
 - отчитане на конкретните конструкции СОИ и съобразяване с изисквания за минимални, реализуеми реконструкции;
- се доказва, че постигането на изискуемата степен на почистване може да се получи, чрез **сумиране/комбинация от мерки**. Тези възможни за прилагане мерки са: монтаж на решетъчни

дъна, монтаж на стенни пръстени, допълнително дюзово ниво, корекция на капкоуловител, повишаване на дюзово налягане. След задълбочено числено изследване са избрани две мерки: **допълнително дюзово ниво и монтаж на стенен пръстен.**

Резултатът валидиран с натурни измервания е: **сяроочистване 97,6 % при 14 240 mg/Nm³ съдържание на серния диоксид в непречистения газ.**

Глава Шеста е посветена на изключително актуалния проблем свързан с редуцията на **CO₂ емисии** получавани при изгарянето на органични горива.

В дисертационния труд, като се изхожда от изискванията за **ефективна реализуемост и използване на съществуващото гориво и технология** много ясно, последователно, обосновано, прагматично са представени няколко технологични възможности за редуция на емисии CO₂:

- изгаряне на въглища, в **термодинамичен цикъл с много високи параметри на парата**
- повишаване на КПД, намаляване на емисиите, но значително повишени капиталови разходи;

- използването на **“технология CCS” за „улавянето“ на генерираните въглеродни емисии** може да доведе до 90 % намалението им от горивната инсталация, но е свързана с понижаване на ефективността на цикъла с между (7-12) %;

- осъществяването на **“oxy-fuel” (чист кислород) горене** в съществуващите котли тип П-62 и съвместна работа с газова турбина – повишен к.п.д. на цикъла с 5%, намалени емисии CO₂ с 14 ...19%, но необходимост от геоложко съхранение на чистия CO₂ и енергийно неизгодно каталитично производство на кислорода (за горивния цикъл) и водорода (като възможно гориво);

- най-резултатната технология е прилагането на **паро-газовия цикъл (CCGT) или като техническо решение - интегрирането на газова турбина с конвенционален блок на лигнитни въглища или смяна на горивната база от въглища само на природен газ.**

На база на вече **създаден и валидиран модел енергоблока** в ТЕЦ МИ-2 (гл. Трета) последната предлагана възможност е изследвана при **седем различни варианти**. Промените наложени от този цикъл изискват за допълнително усвояване на нископотенциална енергия и включването на допълнителни газови турбини, работещи по Органичен Цикъл на Ренкин (този цикъл също е симулиран в средата Thermoflex). В обобщение това решение дава:

- повишение на коефициента на полезно действие на цикъла от 36% до над 50%;
- редуция на емисиите на CO₂ – над 60%.

В глава Седма е направено кратко и стегнато обобщение на резултатите от извършените изследвания описани научния труд и приносните претенции на проф. Т. Тотев.

Направих този по-обстоен обзор, преглед на дисертационния труд за да обоснова и подчертая много сериозната и **съдържателна научно – изследователска и внедрителска работа, и принос на автора**. Защото понякога кратката оценка или само споменаване **на приноси или на технологични, или технически решения** е непълна, некоректна. Защото зад всяко решение стоят много усилия, много квалифициран труд, на голям екип специалисти.

Според мен, поне три от главите в този труд могат самостоятелно да „претендират“ за „голяма докторска дисертация“.

Избраната **методология и методика на изследване напълно съответстват на поставените цели и задачи**. В дисертационния труд са приложени методите на численото моделиране и използване на най-съвременни софтуерни продукти в научната област, резултатите на повечето моделни изследвания са валидирани – сравнени с натурни изследвания, реализирани със съвременни методи.

Всички представени резултати са изключително **собствен принос на автора**.

5. Приноси в научния труд

Приемам всички претенции за **научни, научно - приложни и приложни приноси в дисертационния труд** - екипа ръководен от проф. Т. Тотев има представени само за тази процедура 2 полезни модела и 25 изследователски договори внедрени в практиката.

Смятам, че **научно-приложните приноси могат да се редактират**, като се обобщят в групи приноси като: редукция на азотни оксиди; очистване на серни емисии; ексергиен анализ на енергиен блок; изследване на технологии за редукция на CO₂ – отхвърлени и предлагани.

Независимо, че работата, решенията и резултатите по повечето от изследваните проблеми са плод на продължителна и екипна дейност убеден съм, че **приноса на проф. Т. Тотев е основен, личното му участие определящо**. Този труд е плод на неговата 40 г. работа и както по-горе споменах, днес проф. Тотев е достойния продължител на **голямата школа на българската топлоенергетика**.

6. Представяне и публикации по дисертационния труд

Научни тези и решени проблеми от дисертационния труд са достатъчно представяни, дискутирани в професионалните среди на конференции, симпозиуми и реализирани чрез изследователски договори в комплекса Марица Изток. Представени са:

- **10 публикации** в групата показатели **Г7. Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация**, които са направени след 2015 г. (след конкурса за професор на Т. Тотев) и са изключително по последния дисертационен труд. В работите се разглеждат:

- Възможни решения за намаляване на въглеродните емисии по време на експлоатация на енергоблок за лигнитни въглища;

- Реализуемост на кислородно изгаряне - Oxy-fuel технология;

- Възможностите за използване на водорода като гориво;

- Намаляване на емисиите на CO₂ при изгаряне на въглища чрез охлаждане;

- Анализ на съдържанието на живак при работа на ТЕЦ на лигнитни въглища;

- Ефективност и екологична оценка на работата на енергоблок в двугоривна инсталация и др.

- **17 публикации и доклади** в групата показатели **Г8. Научна публикация в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове**

Спецификата на решаваните задачи и проблеми (от **националната** енергопреобразуваща система) определя тяхното обсъждане и апробиране **основно сред научните среди и професионалистите в България**, което обяснява (макар и не оправдава) по-малкото публикации в чужбина.

По група показатели **Д цитирания** - **Д12** - цитирания в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни; **Д13** – цитирания в колективни томове с научно рецензиране; **Д14** – цитирания в нереферирани списания с научно рецензиране са представени забележани цитирания съответно - 13, 29 и 11 цитирания.

Има представени документи за **Признати заявки за 2 (два) полезни модела** :

- **Полезен Модел № 2643 U1 / 06.07.2017 год.** - Горивна инсталация за изгаряне на български лигнитни въглища, гарантираща азотни емисии под 200 mg/Nm³ (Котел П - 62).

- **Полезен Модел № 4278 U1 / 03.05.2022 год.** - Инсталация за намаляване на CO₂ емисии при изгаряне на лигнитни въглища.

Според Skopus – регистрираните публикации на проф. Т. Тотев (последните 4 г.) са 11 броя, а цитиранията на публикациите са 13, h-index е 2.

Авторефератът е изготвен в обем от **100 страници печатан текст** и представя по същество дисертационни труд – кратко и съдържателно.

Кандидатът за присъждане на научната степен „доктор на науките“ – проф. д-р Тотев **напълно изпълнява минималните изисквания по различните групи показатели** (табл.1).

Табл.1 Минимални изисквани точки и изпълнението по групи показатели за научна степен Доктор на науките (ТрУ – Стара Загора; ФТТ – Ямбол; Област 5.Технически науки; Професионално направление 5.4. Енергетика)

Група показатели / съдържание показатели	Мин. изисквания за Доктор на науките	Изпълнение
А (1)	50	50
Б (2)	100	100
В (3-4)	-	-
Г (5...11)	100	285
Д (12...15)	100	239
Е (16...28)	-	80
ДОПЪЛНИТЕЛНИ		
Ж (29...32)	-	-
З (33...42)	-	-
И (43)	-	-

Мнения, препоръки и бележки

Познавам проф. Тотю Тотев – като уважаван преподавател, като голям учен – изследовател и специалист, и като добър колега. Много високо оценявам неговия професионализъм и академизъм.

Нямам критични бележки към автора на дисертационния труд.

Бих препоръчал само – в глава Шеста да се направят някои методически и редакционни промени, за да се **диференцират, отделят по-ясно различните предложения за редуцията на СО₂ емисии** – конкретни предложения, изходни данни, предимства, недостатъци. Дори с риск за повторение, основна информация по този въпрос от глава 2 да се даде и в глава 6.

С пълна убеденост на моята квалификация и знания твърдя, че проф. Т. Тотев отговаря, изпълнява не само формалните, но по важно – **отговаря на същностните, съдържателни критерии за присъждане на научната степен „доктор на науките“**. Той е водещ специалист в областта на горивната енергетика в България, учен със значителен както научен, така и приложен принос.

Заклучение

Цялостната ми оценка на дисертационния труд, базирана на **наукометрични критерии и показатели за значимостта на избраната тема, неговата структура и съдържане** ми дава основание да приема, че в него се съдържат предвидените в чл. 12 (3) от ЗРАСРБ и чл. 37 (1) от Правилника за неговото приложение, както и в чл. 56(2) от ПРАВИЛНИК ЗА РАЗВИТИЕТО НА АКАДЕМИЧНИЯ СЪСТАВ в Тракийски университет „теоретични обобщения и решения на големи научни или научно-приложни проблеми, които съответстват на съвременните постижения и представляват значителен и оригинален принос в науката“.

Това са и съображенията ми да дам категорично **положителна оценка** на дисертационния труд за присъждане на научната степен „доктор на науките“ **на проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев**.

Ямбол , 10.06.2024 г.

.....

доц. д-р инж. Петко Цанков
ТрУ-Стара Загора;
ФТТ – Ямбол ; кат. Енергетика

ТРАКИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ Факултет "Техника и технологии"
В. № <u>406</u>
дата: <u>17.06.2024г.</u>

PEER REVIEW

of a dissertation for awarding of a Doctor of Science degree
in professional area: **5.4 Energy**,
in academic discipline: **Energy Conversion Technologies and Systems**
on topic: **Technological and Ecological Analysis of the Operation of
Power Units Run on Local Organic Fuels**
author: **Prof. Totyo Ivanov Totev, MEng, PhD**

by **Assoc. Prof. Petko Georgiev Tsankov, MEng, PhD** –
Trakia University of Stara Zagora, Faculty of Engineering and Technology – Yambol,
Energy Department;
professional area: 5.4 Energy,
academic discipline: Industrial Heat Engineering

The dissertation and package of documents submitted by Prof. Totyo Totev for the awarding of a Doctor of Sciences degree are in the field of energy conversion technologies. The research papers submitted discuss an issue of fundamental importance for the national energy and economy, even more so it is an issue which at the beginning of the 21st century has the potential to be the basis of a new industrial revolution. This is the issue of abandoning of carbon energy and transition to other types of energy carriers and energy conversion technologies.

The research work of Prof. Totev is dedicated to technological and ecological analysis of the Bulgarian power plants operating with local fuel - lignite coal, in order to ensure a possible smooth, environmentally friendly and efficient transition to fossil fuel free energy.

This review makes an assessment of the compliance of the research submitted Prof. Totyo Totev with the formal and substantive criteria for awarding of a Doctor of Sciences degree.

1. Significance and relevance of the dissertation topic

The relevance and significance of the problem researched by candidate Prof. T. Totev can be considered and proven in many aspects.

1. **Necessity for sustainable development of humanity** - seen as a complex process of "economic, social and ecological sustainability" in the implementation of various energy generation practices and policies.

2. **Limiting the harmful effects of human activity** on nature, defined successively by:
United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) - Rio de Janeiro - 1992;
The Kyoto Protocol - 1997
The 2016 Paris Climate Agreement.

3. **The obligations of the Republic of Bulgaria**, according to climate protection agreements, to reduce the amount of emitted greenhouse gases (CO₂) and emissions of harmful substances from large combustion plants (LCPs) - nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO₂), mercury (Hg) and others.

4. Use of:

- **local energy fuels** – the only nationally significant own energy source, the Bulgarian lignite from the "Maritsa East" complex;

- **the available large energy generating capacities** - by finding opportunities for partial and smooth replacement of the available fuel base;

and the qualified human potential - the largest engineering and technical staff in the area of the large energy;

to achieve a smooth transition to new environmentally and economically proven technologies.

2. Formulated objectives and tasks of the dissertation

The objectives and tasks set in the dissertation are clearly, accurately, and comprehensibly formulated - 2 main objectives:

1. **Analysis and assessment of the performance of the energy conversion technology** for electrical energy production, based on the utilization of Bulgarian lignite, through the prism of modern environmental requirements.

2. **Reasoned alternative proposals of technological solutions**, which would enable the energy independence of our country to be preserved and ensure the economic stability of the country.

For the fulfillment of these objectives, **several tasks have been formulated**, and a relevant **solution or proposal for a solution** is given in this dissertation, such as:

- implementation of **technological solutions to reduce harmful emissions** (nitrogen oxides, sulfur oxides, carbon monoxide, dust, mercury, etc.) discharged into the environment down to the Maximum Permissible Levels (MPLs);

- implementation of new, innovative solutions **to increase the efficiency of the thermodynamic process**;

- creation and construction of new and/or adapted energy-converting technological solutions for the **joint use of lignite and natural gas**;

- implementation of technological solutions that **use available technological equipment**.

3. Knowledge of the problem, continuity and independence of this research

The dissertation of Prof. Dr. T. Totev, MEng, PhD submitted for awarding a Doctor of Sciences degree:

- meets the requirements of the **Academic Staff Advancement in Bulgaria Act** and the Rules for its implementation as well as the **Rules for Academic Staff Advancement at Trakia University**;

- contains analysis, summaries and solutions of research and applied problems in the field of **energy conversion technologies** based on energy fuels, being based on modern scientific achievements and having a significant, original contribution to the optimization of fuel technologies;

- does not repeat, but builds on, further develops to a much wider extent the dissertation for the award of a PhD degree on the topic: "**Management of the Heat Load of Steam Generators on Low-Quality Fuels**;

- was developed independently and uses evidentiary material (by group of indicators) that was not submitted and used when obtaining the academic ranks "Associate Professor" and "Professor" - publications, recognized applications for utility models, research contracts are for the period after 2015.

The work, professional and scientific qualifications of Prof. T. Totev, PhD, have been organically connected with the **great school of Bulgarian thermal power engineering** for almost 40 years - created and developed by Prof. N. Todoriev, Prof. I. Chorbadzhiyski, Prof. G. Mumdzhiyan, Prof. S. Batov, Prof. B. Bonev and many others. Today, he is definitely the leading expert in the area of: fuel technologies of Bulgarian lignite, related environmental technologies, events and large fuel facilities in Bulgaria. A research school means both "taking the baton from the teachers" and "passing the baton to the students" - Prof. Dr. T. Totev today has many followers - engineers - power engineers in practice, students, doctors, doctoral students and habilitated instructors in scientific circles.

Under the guidance of prof. T. Totev a total of 25 research contracts were performed and implemented in practice only in the period after 2015. All these solutions implemented are related to: assessing the concentration and increasing the capture or reduction of sulfur, nitrogen oxides, mercury; optimization of work and reconstruction of various installations, systems, etc. of TPP Maritsa East 2 EAD and TPP ConturGlobal Maritsa East 3.

Also submitted are **4 references by companies** using an applied research product of the teams led by Prof. T. Totev.

More than 200 titles are cited in the dissertation, more than $\frac{3}{4}$ of which are in English, evidence of the relevance of this piece of research to global achievements in the field.

4. Structure, content of the research paper, methodological tools

The dissertation submitted by Prof. T. Totev is structured and arranged very **consistently and precisely methodologically** - the source data, conditions are presented, problems and tasks are formulated, and their solution or proposal for a solution is given. The dissertation is 300 pages divided into seven chapters.

Chapter One presents the technological aspects of the utilization of Bulgarian lignite - the features of the PK-38-4M and 670/140 (P-62) type power steam generators used. Problems related to equipment and systems, and the many tasks and subtasks that are solved to make the technology operational and optimal, are described and analyzed.

In **Chapter Two** the characteristics of Bulgarian lignite are discussed. **A generalized coefficient accounting for the unfavorable characteristics of lignite** (ash, moisture, sulfur) is derived as $KBG = 0.6702$, which is 3.85 times higher than the average indicator for coal in the 10 countries under consideration. This explains **the great technological and environmental challenges** facing Bulgarian experts working in the area.

The **environmental requirements** for the Large Combustion Plants (LCPs) for the countries of the European Union are also defined there. **Group I requirements** include those for: sulfur emissions (**SO₂**); nitrogen oxides (**NO_x**); carbon monoxide (**CO**); dust in flue gases as well as mercury in flue gases.

And the **II group of "requirements"** apply to the so-called greenhouse gases and, in particular, carbon dioxide (**CO₂**) emissions.

The main European policies and Bulgarian national commitments regarding energy development until 2030 (2050) are reviewed.

The impact of various factors on the formation of nitrogen and sulfur oxides in coal-burning steam generators and the possible methods for reduction or cleaning of these oxides are discussed. Special attention in the second chapter is given to **possible solutions for the reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions**, which are developed in detail in the following chapters of the dissertation.

Based on the analysis, the chapter ends with clearly formulated objectives and tasks of the dissertation.

Chapter Three of the dissertation discusses **research methods and techniques for analysis and evaluation** of energy conversion technologies applied in thermal power plants. Prof. Totev clearly defines **the place of numerical modeling as a third approach** to research, analysis and design, added to theory and experiment. This chapter discusses also the essence of research methods:

- the application of numerical methods for the modeling of: flows, equipment (burners, boilers, scrubbers, heat exchangers), combustion process, is defined;

- **the coal flaring model** is discussed as a complex five-process model (consisting of fluid transport, particle transport, homogeneous and heterogeneous chemical reactions, radiation heat exchange);

- part of the complex mathematical basis of numerical modeling is shown;

- the verification and validation assessments of the accuracy of the solution and of the process simulation are clearly defined;

- the CFD software products and the **Thermoflex heat balance software** used are described (its essence is explained in depth - because the solution **must be credible**);

- **the creation of a model of the power unit** at the MI-2 TPP is described and a **validated model of the operation of a coal unit** (the power boiler, the steam turbine and all the main and auxiliary equipment to them) for three modes of operation (maximum, medium and minimum load) is presented;

- a very important essential analysis of the heat and **exergy losses in the power unit** operating at TPP Maritsa East 2 was made. Estimation of exergy loss, or irreversibility, provides a generally applicable quantitative measure of process inefficiency - it indicates problematic elements in the plant.

This analysis is a definitive proof of **the strength of scientific arguments, of the meaning of research and knowledge** - the energy balance proves the greatest heat losses in the condenser of the energy conversion plant. But the essential exergy analysis proves otherwise - the main losses are in the boiler due to irreversible heat transfer losses. That is the basis of low efficiency is not losses in the condenser or "cooling tower", but in the boiler and inefficient radiation heat exchange.

Chapter Four discusses the methods for reducing nitrogen oxides from Bulgarian lignite combustion plants. Behind the assessment: **the application of "primary methods" for the reduction of nitrogen oxides (NOx) is applicable in the burning of Bulgarian lignite** much work remains to be done. A **"new organization" of the implementation of the combustion process** of energy boilers has been implemented, for the purpose of:

- the types of nitrogen emissions were identified;
- numerical models of the processes taking place in the furnace chambers have been created;
- the numerical models were verified and validated, including field tests, and **corrections and readjustments were made to certain dependencies and coefficients embedded in the CFX environment** in order to obtain adequate results corresponding to the real site and the specifics of our lignite coal;

- models were built, numerical studies were carried out, and these were made in field conditions, and many elements of the powder preparation systems and of the combustion systems of the plants (separators, powder concentrators, etc.) were checked experimentally in field tests, commissioning and adjustment tests were carried out;

- **results** have been achieved: a combustion process has been implemented guaranteeing nitrogen emissions below 200 mg/Nm³ in the flue gases leaving the furnace chamber without deterioration of efficiency of the boilers.

Methods for reducing sulfur emissions (SO₂) are discussed in **Chapter Five**. The **wet limestone-gypsum process with intensive oxidation** is proven as the most suitable sulfur emissions (SO₂) cleaning process for the flue gases of the combustion plants in the Maritsa East complex. After:

- clarification of the desulfurization mechanism; overview of current world experience;
- **analysis of the factors influencing the efficiency of operation of the operating sulfur cleaning installations;**

- taking into consideration the specific designs of the FGD plants and complying with requirements for minimum, feasible reconstruction;

- it is demonstrated that the achievement of the required degree of cleaning can be obtained by **a summation/combination of measures**. These possible measures are: installation of grid bottoms, wall rings, additional nozzle level, correction of mist eliminator, increase of nozzle pressure. After a comprehensive numerical study, two measures were chosen: **an additional nozzle level and a wall ring installation**.

The result validated with in-situ measurements is: **desulfurization 97.6% at 14,240 mg/Nm³ content of sulfur dioxide in the raw gas**.

Chapter Six is dedicated to the exceptionally topical **problem related to the reduction of CO₂ emissions** obtained from the burning of organic fuels.

In the dissertation, based on the requirements for **effective feasibility and use of existing fuel and technology**, several technological options for reducing CO₂ emissions are presented in a very clear, consistent, substantiated and pragmatical manner:

- burning of coal, in a **thermodynamic cycle with very high steam parameters** - increase in efficiency, reduction of emissions, but significantly increased capital costs;

- the use of **"CCS technology" to capture the generated carbon emissions** can lead to a 90% reduction of such emission from the combustion plant, but is associated with a decrease in the efficiency of the cycle by between 7-12 %;

- the implementation of **"oxy-fuel" (pure oxygen) combustion** in the existing P-62 type boilers and combined operation with a gas turbine - increased efficiency of the cycle by 5%, reduced CO₂

emissions by 14 ... 19%, but need for geological storage of pure CO₂ and energy inefficient catalytic production of oxygen (for the fuel cycle) and hydrogen (as a possible fuel);

- the most effective technology is the application of the steam-gas cycle (CCGT) or as a technical solution - **the integration of a gas turbine with a conventional lignite fired unit or changing the fuel base from coal to natural gas only.**

On the basis of an already **created and validated model of the power unit** in TPP Maritsa East 2 (Chapter Three), the latter of the three possibilities proposed has been studied in **seven different alternatives**. The changes imposed by this cycle require additional absorption of low-potential energy and the inclusion of additional gas turbines operating in an Organic Rankine Cycle (this cycle is also simulated in the Thermoflex environment). In summary, this solution gives:

- increase in the efficiency of the cycle from 36% to over 50%;
- reduction of CO₂ emissions by over 60%.

Chapter Seven provides a brief and concise summary of the results of the research carried out and the contribution claims of Prof. T. Totev.

I made this comprehensive overview of the dissertation to substantiate and highlight the very serious and **substantial research and implementation work and contribution of the author**. Because sometimes a short assessment or only mention of **contributions or technological or technical solutions** is incomplete and incorrect. Because behind every decision there is a lot of effort and a lot of qualified work of a large team of experts.

In my opinion, at least three of the chapters in this research paper can independently "claim" to be a "major doctoral dissertation."

The chosen **methodology and research methodology fully correspond to the set objectives and tasks**. In the dissertation, the methods of numerical modeling and the use of the most modern software products in the research field are applied, the results of most model studies are validated - compared with in-situ studies performed with modern methods.

All results obtained and presented are solely the **author's own contribution**.

5. Research contributions

I **accept all claims for scientific and applied research contributions made in the dissertation** - the team led by Prof. T. Totev has submitted 2 utility models and 25 research contracts implemented in practice for this procedure alone.

I believe that the **applied research contributions can be edited** by summarizing them into groups of contributions such as: reduction of nitrogen oxides; purification of sulfur emissions; exergy analysis of a power unit; research on CO₂ reduction technologies – and rejected or proposed.

Regardless of the fact that the work, solutions and results on most of the problems researched are the result of continuous and team work, I am convinced that the **contribution of Prof. T. Totev is fundamental and his personal involvement decisive**. This work is the fruit of his 40 years of work, and as I mentioned above, today Prof. Totev is the worthy continuator of the **great school of Bulgarian thermal engineering**.

6. Presentation and publications of the dissertation

Research theses and solved problems from the dissertation under consideration are sufficiently presented and discussed in professional circles at conferences, symposiums and implemented through research contracts in the Maritsa East complex. Presented are:

- 10 publications in the G7 indicator group. Research publications in journals that are refereed and indexed in world-famous databases with scientific information, and which were made after 2015 (after Mr. T. Totev became a professor) and are exclusively in relation with the dissertation under consideration. These papers discuss:

- Possible solutions to reduce carbon emissions during the operation of a lignite power unit;

- Feasibility of oxygen combustion - Oxy-fuel technology;
 - Possibilities of using hydrogen as a fuel;
 - Reduction of CO₂ emissions when burning coal through cooling;
 - Analysis of the mercury content during the operation of a lignite-fired thermal power plant;
 - Efficiency and ecological evaluation of the operation of a power unit in a dual-fuel system, etc.
- 17 publications and reports in the group of indicators G8. Research publication in non-refereed peer-reviewed journals or in edited collective volumes**

The specificity of the tasks and problems being solved (of the national energy conversion system) determines their discussion and approval **mainly among the research circles and professionals in Bulgaria**, which explains (although does not justify) the fewer publications abroad.

By **D citations indicator group**: **D12** - citations in research publications, refereed and indexed in world-famous databases; **D13** – citations in peer-reviewed collective volumes; **D14** – citations in non-refereed journals with research review, observed citations are presented, respectively - 13, 29 and 11 citations.

There are documents submitted for **Approved applications for 2 (two) utility models**:

- **Utility Model no. 2643 U1 / 06.07.2017** – Combustion plant for burning Bulgarian lignite coal ensuring nitrogen emissions below 200 mg/Nm³ (boiler P-62).
- **Utility Model no. 4278 U1 / 03.05.2022** - CO₂ emission reducing system in lignite fired plants.

According to Skopus - the registered publications of Prof. T. Totev (the last 4 years) are 11, and the citations of the publications are 13, h-index is 2.

The summary of dissertation consists of **100 pages of printed text** and essentially presents a dissertation - short and concise.

The candidate for the awarding of a Doctor of Sciences degree, Prof. Dr. Totyo Totev, PhD, **fully fulfills the minimum requirements for the various groups of indicators** (Table 1).

Table 1 Minimum score requirements for a Doctor of Sciences degree and score obtained (Trakia University of Stara Zagora; Faculty of Engineering and Technology – Yambol; Academic area 5.Technical Sciences; Professional area 5.4. Energy)

Indicator group	Minimum score required	Score obtained
A (1)	50	50
B (2)	100	100
C (3-4)	-	-
D (5...11)	100	285
E (12...15)	100	239
F (16...28)	-	80
ADDITIONAL		
G (29...32)	-	-
H (33...42)	-	-
I (43)	-	-

Opinion, recommendations and notes

I know Prof. Totyo Totev - as a respected lecturer, great researcher and expert, and as a good colleague. I very much appreciate his professionalism and academicism. I have no critical remarks towards the author of the dissertation.

I would only recommend that some methodological and editorial changes be made in Chapter Six in order **to differentiate, separate more clearly the various proposals for the reduction of CO₂**

emissions - specific proposals, source data, advantages, disadvantages. Even at the risk of repetition, basic information on this matter from Chapter 2 should also be given in Chapter 6.

With full conviction of my qualifications and knowledge, I assert that Prof. T. Totev meets and fulfills not only the formal, but more importantly - **meets the essential, substantive criteria for awarding a Doctor of Sciences degree**. He is a leading expert in the area of fuel energy in Bulgaria, a scientist with significant both research and applied contributions.

Conclusion

My overall assessment of the dissertation, based on **scientometric criteria and indicators of the significance of the chosen topic, its structure and content**, gives me grounds to accept that it contains the provisions for "theoretical summaries and solutions of major research or applied research problems that correspond to modern achievements and represent a significant and original contribution to science" as provided for under **Article 12 (3) of the Academic Staff Advancement in Bulgaria Act and Article 37 (1) of the Rules for its implementation, as well as in Article 56(2) of the Rules for Academic Staff Advancement at Trakia University**.

These are my reasons for giving a categorically positive assessment of this dissertation for awarding a Doctor of Sciences degree to **Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev**.

Yambol, 10.06.2024

.....
Assoc. Prof. Petko Georgiev Tsankov, MEng, PhD
Trakia University of Stara Zagora;
Faculty of Engineering and Technology – Yambol,
Energy Department