

ТРАКИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
Факултет "Техника и технологии"
Имя: _____
Вх. №: 390
Дата: 14.06.2024

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за присъждане на
научна степен „доктор на науките“ в област на висше образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.4. Енергетика, Научна специалност „Енергопреобразуващи
технологии и системи”

Автор на дисертационния труд: проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев - Тракийски Университет
Ст. Загора, факултет „Техника и технологии“- Ямбол, катедра „Енергетика“

Тема на дисертационния труд „Технологичен и екологичен анализ на работата на енергийни
блокове на местни, органични горива“

Рецензент: Георги Иванов Вълчев, инж. д-р професор

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение

Кандидатът проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев за научна степен „доктор на науките“ е представил всички необходими документи след конкурса за заемане на академична длъжност „професор“ от 2015 г.; дисертационен труд; автореферат на дисертационния труд; лична информация; защитен дисертационен труд за присъждане на ОНС „доктор“ на тема „Управление на топлинния товар на парогенератори на нискокачествени горива“ (Диплома №22954/23.021994 г., изд. от ВАК към Министерски съвет на Р България); списък на научни публикации включени в група Г съгласно ЗРАСРБ и приложението му; списък на забелязаните цитати по показател Д; признати заявки за полезен модел, патент или авторско свидетелство-група „Е.26“; Полезен Модел № 2643 U1/06.07.2017 год и Полезен Модел № 4278 U1/03.05.2022 год. Списък на изследователски договори внедрени в практиката под ръководство на проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев на брой 27 за периода след 2015 год. и на три броя Референции от ТЕЦ “Марица Изток 2” - 2 бр. и фирма „Тотема“ ЕООД - София 1 бр..

Темата на дисертационият труд е безспорно актуална в областта на енергетиката тъй като отговаря на изискванията за изпълнение на Европейските екологични изисквания (в частта им емисии от CO₂) с хоризонт 2030 г. (2050 г.), и на възможностите за запазване дела на произвежданата ел. енергия от нашия, собствен енергиен ресурс (лигнитните въглища), колкото е възможно по-дълго време. Доказателство за постиженията в научния труд са научните публикации на брой 18 станали достояние на научната общност, на проектантите и инженерни специалисти работещи в енергетиката. В представеният научен труд са показани получените положителни резултати от внедрявания свързани с азотните и серните емисии.

Основната цел на научния труд е да разгледа, анализира и оцени работата на енергопреобразуващата технология за производство на електрическа енергия, основана на оползотворяването на българските лигнитни въглища, през призмата на съвременните екологични изисквания. На базата на направените оценки да се обосновават алтернативни предложения на технологични решения, даващи възможност за запазване енергийната независимост на страната ни, което да гарантира икономическата стабилност на държавата. Поставената цел изисква: въвеждане на мероприятия по повишаване енергийната ефективност при производството на ел. енергия от лигнитните въглища; въвеждане на паро-газови цикли в нашите термични централи, чрез съвместното използване на природен газ и местни въглища и дори изключване на въглищата като енергийно гориво, ако това е наложено от европейските изисквания; паралелно със стремежа за намаляване на емисиите от CO₂, при изгарянето на органични горива, е необходимо да се изпълнява и Директива 75/2010 на Европейската комисията за вредните емисии изхвърляни от Големи Горивни Инсталации – актуализираните изисквания са посочени в Заключениеята на Най-добрите Налични Техники (НДНТ) от 2017 год. Едновременното Изпълнението на изискванията на европейското екологично законодателство и гарантиране на българската енергийна сигурност изисква, решаването на следните конкретни технологични задачи. За постигане на целта са формулирани следните основни задачи:

*Внедряване на технологични решения за редуциране на вредните емисии (азотни оксиди, серни оксиди, въглероден оксид, прах, живак и др.) изхвърляне в околната среда до Пределно Допустимите Норми, залегнали в европейското и националното законодателство;

*Внедряване на нови, иновативни решения, чрез които се търси възможност за повишаване на коефициента на полезно действие на термодинамичния процес при оползотворяването на българските енергийни ресурси;

*Създаване и изграждане на нови и/или адаптирани енергопреобразуващи технологични решения, при които се дава възможност за съвместното използване на националния енергиен ресурс (българските лигнитни въглища) и енергийни горива с по-нисък въглероден отпечатък, например: природен газ;

*Прилагане на технологични решения, при които се използва наличното технологично оборудване (на термичните централи) при пълна замяна на въглищата с енергийни горива, генериращи въглеродни емисии в рамките на допустимите в нормативните документи.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев познава до висока степен съвременното състояние на технологичните схеми за изгаряне на най-ниско качествените лигнитни въглища в Европа, а това са топлоелектрическите централи в Марица изток за производство на ел. енергия, както и с проблемите свързани с Европейските екологични изисквания.

Дисертационният труд е оформен в обем от 296 стандартни машинописни страници с 40 бр. таблици и 152 фигури с цветен печат, като са анализирани общо 209 литературни източника, от които 50 на кирилица, а останалите на латиница-фирми, Приложение 1 (публикации свързани с дисертационния труд) и стандарти. Представени са 6 глави за решаване на формулираните основни задачи, които са свързани в логическа последователност, а в 7 глава са обобщени резултатите от извършените изследвания както и приносни претенции на автора. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд. Използваната литература е свързана с темата на дисертацията.

3. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси

Избраните методи и техники на анализ и оценка от кандидата за научна степен „доктор на науките“ е в пълно съответствие с поставената цел и определените задачи за постигането ѝ.

Във втора глава са разгледани и съпоставени характеристиките на българските лигнитни въглища с тези на други европейски държави. Изведен е универсален баластен показател, както за нашите лигнитни въглища, така и за лигнитните въглища от другите европейски страни. Резултатите от сравнителния анализ показват, че изгаряните в България лигнитни въглища имат най-висока стойност $K^{BG} = 0,6702$, отчитащ неблагоприятните характеристики на лигнитите използвани в отделните страни, която е близо 3 пъти по-висока от втората по големина, а именно тази за Румъния е $K^{BG} = 0,2371$. Също така е видно, че стойността на за българските лигнити е много по-висока от средната стойност за всички страни, обект на изследването е $0,1674$. От технологична гледна точка, високата стойност на коефициента води до редица, технологични и екологични предизвикателства пред българските специалисти, експлоатирайки тези горива а именно: трудности свързани с осъществяването на устойчив и ефективен горивен процес; увеличена е вероятността за образуване на минерални отложения по екраните в печната камера (шлаковане) и по пакетите в конвективната шахта – замърсяване; високи стойности на собствените нужди на централите; изграждане на сложни и иновативни технологии за чистота на димните газове, отговарящи на европейските и национални изисквания.

Посочени са екологичните изисквания при изгарянето на въглища, които условно са разделени на 2 големи групи: към първата група се отнасят към активните замърсители на околната среда, генерирани от тези инсталации: серни емисии (SO); азотни оксиди(NO); въглероден оксид (CO); прах в димните газове, както и живак в димните газове. За тези вещества

се въвеждат Предельно Допустими Норми на емисиите, които димните газове носят в себе си и се изхвърлят в околната среда; към втората група изисквания се отнасят така наречените парникови газове и частност емисиите от въглероден диоксид (CO_2).

Дефинирано е влиянието на различните фактори за образуването на азотните и серните оксиди в енергийните парогенератори изгарящи въглища. Обърнато е внимание, че прилагането на „първични методи“ за редуцията азотни оксиди (NO_x) е приложим за нашите въглища, както и че „мокрия варовиков метод“ е най-подходящия за почистване на димните газове от серни емисии (SO) димните газове.

Глава трета е посветена на използваните изследователски методи и техники за анализ и оценка на енергопреобразуващи технологии прилагани в ТЕЦ приложени в дисертационния труд. Разгледани са и са използвани принципите на численото моделиране на: флуидни потоци; преноса на топлина и на процесите на изгарянето. Аналитичните методи за изследване на топлоенергийни обекти са представени чрез използването на Thermoflex. Чрез този софтуер могат да се моделират всички видове електроцентрали (включително комбинирани и конвенционални парни цикли), топлоенергийни системи и мрежи, както и широка гама от инсталации и системи за възобновяема енергия. Програмата дава възможност за изследване на съществуващи инсталации, както и за тестване на нови технологични решения.

Представен е 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). Получените резултати от така изградения модел, дават възможност да бъдат направени задълбочени анализи на възможността за повишаване на ефективността на работа на енергийния блок, а с това и за намаляване на емисиите от парникови газове, проблем който стои много остро пред блоковете изгарящи въглища.

Използван е методът на ексергията като алтернативна, сравнително **нова техника рядко използвана в нашата страна**, базирана на концепцията за ексергия, свободно дефинирана като универсална мярка за работния потенциал или качеството на различни форми на енергия по отношение на дадена среда. Направен е ексергиен баланс, приложен към процес или цяла инсталация, който показва каква част от използвания работен потенциал или ексергията, предоставена като вход към разглежданата система, е била изразходвана (безвъзвратно загубена) от процеса. Загубата на ексергия или необратимостта, осигурява общо приложима количествена мярка за неефективност на процеса. Анализиранието на многокомпонентна инсталация показва общото разпределение на необратимостта на инсталацията между компонентите на инсталацията, като посочва тези, които допринасят най-много за общата неефективност на инсталацията. Този подход е приложен към енергиен блок, работещ в ТЕЦ „Марица Изток 2“.

В глава четвърта се разглеждат нови конструктивно-технологични решения за редуциране на азотните емисии от горивни инсталации на български лигнитни въглища. Прилагането на „нова организация“ на осъществяването на горивния процес на енергийните котли, изгарящи български лигнитни въглища е извършено след реализиране на редица дейности:

*идентифициране на вида на азотните емисии формирани в печните камери на котлите изгарящи български лигнитни въглища;

*изградени са модели на процесите протичащи в печните камери на котли тип ПК-38-4 и П-62. Верифициране и валидиране на моделите, включително с натурни изпитвания;

*изградени са модели на индивидуалните прахоприготвящи системи включващи сепаратори, прахоконцентратори, горивни уредби и са верифицирани и валидирани с нарочно проведени изпитвания;

*извършени са множество изследвания с така изградените числени модели с цел постигане на резултати, удовлетворяващи съвременните изисквания за емисиите от азотни оксиди.

Тествани са различни конструкции на сепараторите на мелниците, на прахоконцентраторите (с цел получаване на прахо-газов поток с различни характеристики), на различни видове горивни уредби гарантиращи различни скорости на втичане в печната камера. Установени са оптимални конструктивни решения на всички елементи на ППС и на ГУ, които при осъществяването на горивния процес да гарантират азотни емисии под 200 mg/Nm^3 в димните газове, напускащи печната камера; създадена е проектно-конструктивна документация за новите съоръжения, която е изпълнена от специализирана организация под авторски надзор; след извършената

реконструкция, са осъществени пусково-настроечни изпитвания и успешно е въведена в експлоатация на котли тип ПК-38-4М и на котли тип П-62. Доказано е, че емисиите от азотни оксиди са в изискуемите граници, без това да е довело до влошаване на коефициента на полезно действие на котлите.

Оценени са факторите влияещи върху ефективността на работа на сярочистващите инсталации на „мокър варовиково-гипсов процес с интензивно окисление“, приложен към димните газове на сярочистващите инсталации на горивните инсталации в Комплекса „Марица Изток“.

В глава шеста се разглеждат проблемите свързани с редуцията на въглеродни емисии получавани при изгарянето на органични горива. Доказано е, че съвместяването на два различни термодинамични процеса използващи различни горива всеки от тях, може да доведе до повишаването на ефективността на общия такъв. Теоретично, използвайки метода на ексергийния анализ, е доказано, че подаването на топлинна енергия в енергийния котел, повишава с повече общата ефективност на общия такъв. Теоретично, използвайки метода на ексергийния анализ, е доказано, че подаването на топлинна енергия в енергийния котел, повишава с повече общата ефективност на общия цикъл в сравнение със случая на подаване на топлина в пароводния тракт на парната турбина на блока.

Анализирана е възможността за осъществяването на „oxy-fuel“ горене в котли тип П-62. Предимствата на този начин на изгаряне на въглицата е свързан с по-лесния последващ процес на сепарирането на емисиите от (СО). При този начин на изгаряне, димните газове са годни за геоложко съхранение, почти без допълнителна обработка. За съжаление, големият брой данни получени при това изследване, показват икономическата нецелесъобразност на прилагането на тази технология в практиката;

Анализиран е въпросът с използване на наличното енергетично оборудване за производство на електрическа енергия с **алтернативно на въглицата енергийно гориво, а именно природна газ**. Разгледано е оборудването, което се включва в така наречената „стара част“ на ТЕЦ „Марица Изток 2“, а именно: котли тип ПК-38-4М и парни турбини тип TCDF-36“, както и прилежащото към тях спомагателно оборудване,

Изследвани са следните алтернативни предложения:

*предложена е технологична схема за CCGT-цикъл при който димните газове от ГТ да постъпват в котлите тип ПК-38-4М (т.е. тези котли да играят ролята на котли-утилизатори). Към тях да се запазят наличните парни турбини TCDF-36, които имат номинална мощност от 177 MW;

*оценено е количеството природен газ, което е необходимо да се подава както към газовата турбина, както и допълнително такова към котлите тип ПК-38-4М;

*извършено е пълно проверочно пресмятане на наличните котли ПК-38-4М, които трябва да работят с димни газове от газовата турбина и изгарят допълнително природен газ. Доказано е, че наличните нагревни повърхности (като вид на материала, нагревна повърхност и др.) са подходящи да се получи пара с нужните параметри за парната турбина;

*тъй като в сега съществуващата технологична схема, ще отпаднат въздухоподгревателите на котлите, се предлага те да бъдат заменени с газови турбини, работещи по Органичен Цикъл на Ренкин (този цикъл също е симулиран в средата THERMOFLEX);

*да се оценят технико-икономическите и финансовите показатели на работата на така предложения паро-газов цикъл.

4. Научни или научноприложни приноси на дисертационния труд

В глава седма авторът на дисертационния труд е представил обобщените резултати от изпълнението на задачите поставени за постигане на поставената цел. Претенциите за приносите са групирани в три групи като: научни приноси - 2 бр.; научно приложни - 8 бр. и приложни - 2-бр.. Заключениеята, изводите и приносите напълно съответстват на поставената цел и на задачите за нейното реализиране. Като изхождам от целта и поставените задачи за нейното реализиране на база на получените резултати в следствие на извършеното експериментално изследване приемам напълно претенциите на автора за приносите.

Научни приноси

*Изведена е актуална зависимост за формиращите се азотни оксиди при изгарянето на български лигнитни въглища, която корелира с физичните условия при които се осъществява горивния процес в котлите от басейна „Марица Изток“. Същата е имплантирана в средата CFX, а получените резултати от симулационното моделирани са валидирани с натурни измервания.

*Предложени са нови технологични схеми за съвместното изгаряне на лигнитни въглища и природен газ. Задълбочено са изследвани получените резултати от термодинамични параметри в енергопреобразуващия процес, при който от химическата енергия на органичното гориво се получава електрическа енергия.

Научно-приложни приноси

*Изследвано е влиянието на различните фактори за образуването на азотните и серните оксиди в енергийните парогенератори изгарящи въглища. Обърнато е внимание, че прилагането на „първични методи“ за редуцията на азотни оксиди е приложим за нашите въглища, както и че „мокрия варовиков метод“ е най-подходящия за очистване на димните газове от серни емисии в димните газове.

*Използвайки моделни изследвания, са генерирани предложения за изменения, по сега съществуващото оборудване, свързано с подготовката и подаването за изгаряне гориво в пещната камера на енергийните котли.

*Предложена е нова организация на подаването на организирания въздух за горене, имаща за цел редуция на азотните емисии.

*Предложени са нови горивни уредби за котли тип ПК-38-4М и П-62, изгарящи български лигнитни въглища.

*Анализирани са конкретни конструктивни изменения (използвайки моделни изследвания) по сярочистващите инсталации на блоковете изгарящи лигнитни въглища. Доказана е приложимостта им за конкретната система.

*Приложен е ексергиен анализ за работата на реален енергиен блок на лигнитни въглища. Доказано е, че ексергийните загуби са най-големи в котела, поради което енерго-ефективните решения трябва да бъдат търсени именно в работата на котлите за енергийните блокове работещи при този цикъл.

*Изследвана е възможността за осъществяването на „oxy-fuel“ горене в котли тип П-62. Тази технология би довела до значително по-лесно геоложко съхранение на въглеродните емисии, но за съжаление, резултатите показват, че е икономически нецелесъобразна.

*Много детайлно е изследвана възможността за реализирането на паро-газов цикъл, в който да се използва сега съществуващото енергетично оборудване в частта си парна турбина, а котлите тип ПК-38-4М да се модифицират като котли-утилизатори. Разгледано е изменението на коефициента на полезно действие при използването на различни газови турбини. Направени са и технико-икономически анализи на различните варианти, като са сравнени със сега съществуващия енергопреобразуващ цикъл.

Приложни приноси

*На основата на предложените технологични изменения, за елементите на енергийните котли е изработен цялостен работен проект, за осъществяването на нискоазотно изгаряне на лигнитни въглища в енергийните котли от басейна „Марица Изток“. Такива работни проекти успешно са внедрени на всички 12 котела в ТЕЦ „Марица Изток 2“. Работоспособността им е доказана.

*На основата на предложените изменения по сярочистващите инсталации – допълнително дюзово ниво и поставянето на стенен пръстен, е изработен цялостен работен проект, който успешно е внедрен на сярочистващите инсталации на блок №7 и блок №8 в ТЕЦ „Марица Изток 2“. След внедряването им, степента на сярочистване на инсталациите се е повишила от 94 % на 97,2 %.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По докторантурата са публикувани 10 бр. по показател Г7 – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни база данни с научна информация, а по показател Г8 – 18 бр. научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в

редактирани колективни томове. Забелязани са 12 бр. в група Д12 цитирания или рецензии в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни база данни с научна информация или в монографии и колективни томове, 27 бр. в група Д13 цитирания в монографии и колективни томове с научно рецензиране, както и 11 бр. по показател Д14 цитирания или рецензии в нереперирани списания с научно рецензиране. Тъй като кандидатът не е представил разделителен протокол за приноса на всеки от съавторите на публикациите включени в дисертационния труд считам, че приносите им са равностойни.

Кандидатът проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев за научна степен „доктор на науките“ удовлетворява минималните национални изисквания за присъждане на тази степен, посочени в Закона за развитието на академичния състав в Р България и Правилника за прилагане на закона за развитието на академичния състав към него както и Правилника за условията и реда за заемане на академични длъжности в Тракийски университет – Стара Загора в научна област 5. Технически науки, Професионално направление 5.4 Енергетика, научна специалност „Енергопреобразуващи технологии и системи“. При минимални изисквания 350 точки по група показатели за научна степен „доктор на науките“, личният общ брой точки на кандидата е 747,34. Точките по показател А са 50 при необходими 50, по показател В [В.3] са 100 при необходими 100. Сумата от точките по показател Г [Г.7 и Г.8] са общо 278,34, при необходими 100. Сумата от точките по показател Д [цитирания Д.12, Д.13, Д.14] са общо 239 при необходими 100. Изпълнено са и изискванията по показател Е с 80 т.- призната заявка за полезен модел, патент, или авторско свидетелство [Е.26], което за научна степен „доктор на науките“ не се изисква.

Представеният автореферат на дисертация за присъждане на научна степен „доктор на науките“ е в обем от 106 стр. с необходими таблици, диаграми и фигури които отговарят напълно на тези показани в дисертацията. Отразени са целите и поставените задачи, както и получените приноси.

6.Заклучение

Представените материали: дисертационен труд по показател Б; материалите по показатели Г, Д и Е; както и получените резултати от изследването са разработени на високо ниво чрез използване на съвременни методи на изследване. **Оценката** ми за цялостната научноизследователска, публикационна и внедрителска дейност, пълното изпълнение на минималните национални изисквания за присъждане на научна степен „доктор на науките“ съгласно ЗРАС в Р България и Правилника за прилагане на закона за развитието на академичния състав към него както и Правилника на Тракийски Университет - Ст. Загора е **положителна**.

Предлагам на Уважасмото научно жури да присъди на проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев научна степен „доктор на науките“ в област 5. Технически науки, професионално направление 5.4. Енергетика, Научна специалност „Енергопреобразуващи технологии и системи“.

Дата: 07.06.2024 г.
гр. Пловдив

Изготвил:
/проф. д-р инж. Г. Вълчев /

ПРАКТИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ	
факултет "Техника и технологии"	
№: №	390
дата:	14.06.2024

REVIEW

of dissertation for awarding of scientific degree "doctor of science" in the field of higher education 5. Technical sciences, professional area 5.4. Energy, Scientific specialty "Energy converting technologies and systems"

Author of the dissertation: Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev – Thrakia University Stara Zagora, Faculty of Engineering and Technologies - Yambol, Department of Energy

Topic of the dissertation "Technological and ecological analysis of the operation of energy units of local, organic fuels"

Reviewer: Prof. Dr. Eng. Georgi Ivanov Valchev,

1. Relevance of the problem, developed in the dissertation in scientific and applied scientific aspect

The applicant, Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev, for the scientific degree "Doctor of Sciences", submitted all the necessary documents after the competition for the academic position of "Professor" from 2015; dissertation work; abstract of the dissertation; personal information; dissertation work for the award of the Educational Science Degree PhD on the topic of "Heat load control of steam generators burning low-quality fuels" (Diploma No. 22954/23.021994, issued by the Higher Attestation Commission to the Council of Ministers of the Republic of Bulgaria); a list of scientific publications included in group G according to the ACT ON DEVELOPMENT OF THE ACADEMIC STAFF IN THE REPUBLIC OF BULGARIA and its annex; list of noticed citations by indicator D; recognized applications for a utility model, patent or author's certificate - group "E.26"; Useful Model No. 2643 U1/06.07.2017 and Useful Model No. 4278 U1/03.05.2022 List of research contracts implemented in practice under the leadership of Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev amount to 27 pcs. for the period after 2015 and three References from TPP "Maritsa East 2" - 2 pcs. and the company "Totema" EOOD - Sofia 1 pc.

The topic of the dissertation work is undeniably relevant in the field of energy, as it meets the requirements for the implementation of the European environmental requirements (in their part CO₂ emissions) with a horizon of 2030 (2050), and the possibilities of preserving the share of the produced electricity, energy from our own energy resource (lignite coal) for as long as possible. Proof of the achievements in the scientific work are the scientific publications amounting to 18, that became available to the scientific community, designers and engineering specialists working in the energy sector. The presented scientific work shows the positive results obtained from implementations related to nitrogen and sulfur emissions.

The main goal of the scientific work is to examine, analyze and evaluate the impact of the energy conversion technology on the production of electrical energy, based on the utilization of Bulgarian lignite coal, through the prism of contemporary environmental requirements. On the basis of the assessments made, to justify alternative proposals of technological solutions, giving the opportunity to preserve the energy independence of our country, which would guarantee the economic stability of the country. The set goal requires: introduction of activities to increase energy efficiency in the production of electrical energy from lignite coal; introduction of steam-gas cycles in our thermal power plants, through the combined use of natural gas and local coal and even the exclusion of coal as an energy fuel, if this is imposed by European requirements; in parallel with the effort to reduce CO₂ emissions, when burning organic fuels, it is necessary to implement Directive 75/2010 of the European Commission on harmful emissions from large combustion installations - the updated requirements are specified in the Conclusions of the Best

Available Techniques (BAT) from 2017. The simultaneous implementation of the requirements of the European environmental legislation and guaranteeing the Bulgarian energy security requires the solution of the following specific technological tasks. To achieve the goal, the following main tasks have been formulated:

*Implementation of technological solutions to reduce harmful emissions (nitrogen oxides, sulfur oxides, carbon monoxide, dust, mercury, etc.) discharged into the environment up to the Maximum Permissible Norms laid down in European and national legislation;

*Implementation of new, innovative solutions, through which an opportunity is sought to increase the efficiency factor of the thermodynamic process in the utilization of the Bulgarian energy resources;

*Creation and construction of new and/or adapted energy-conversion technological solutions, which enable the combined use of the national energy resource (Bulgarian lignite coal) and energy fuels with a lower carbon footprint, for example: natural gas;

*Application of technological solutions in which the available technological equipment (of the thermal power plants) is used in the case of a complete replacement of coal with energy fuels, generating carbon emissions within the limits allowed in the regulatory documents.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material

Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev knows to a high degree the current state of the technological schemes for burning the lowest quality lignite coal in Europe, namely the thermal power plants in Maritsa East for the production of electricity, as well as the problems related to European environmental requirements.

The dissertation is shaped in a volume of 296 standard typewritten pages with 40 tables and 152 figures with color printing, and a total of 209 literary sources have been analyzed, of which 50 are in Cyrillic and the rest are in Latin-firms, Appendix 1 (dissertation-related publications) and standards. Six chapters are dedicated to solving the formulated main tasks, which are connected in a logical sequence, and in chapter 7, the results of the conducted researches are summarized as well as the author's contribution claims. The numbers of the figures and tables in the abstract correspond to those in the dissertation. The literature used is related to the topic of the dissertation.

3. Compliance of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation to the contributions achieved

The chosen methods and techniques of analysis and evaluation by the candidate for the scientific degree "Doctor of Sciences" are in full accordance with the set goal and the defined tasks for its achievement.

The second chapter examines and compares the characteristics of Bulgarian lignite coal with those of other European countries. A universal ballast indicator has been derived, both for our lignite coal and for lignite coal from other European countries. The results of the comparative analysis show that the lignite coal burned in Bulgaria has

the highest value $K^{BG} = 0.6702$, taking into account the unfavorable characteristics of the lignite coal used in individual countries, which is nearly 3 times higher than the second largest, namely that of Romania is $K^{BG} = 0,2371$. It is also evident that the value of Bulgarian lignites is much higher than the average value for all countries subject to the study which is $0,1674$. From a technological point of view, the high value of the coefficient leads to a number of technological and environmental challenges for Bulgarian specialists exploiting these fuels, namely: difficulties related to the implementation of a sustainable and efficient fuel process; the probability of the formation of mineral deposits on the walls of furnace chamber (slagging)

and on the packages in the convective shaft (pit) is increased - pollution; high values of the power plants' auxiliaries; construction of complex and innovative technologies for the purity of flue gases, meeting European and national requirements.

The environmental requirements for the burning of coal are indicated, which are conditionally divided into 2 large groups: All active environmental pollutants generated by these installations: sulfur emissions (SO); nitrogen oxides(NO); carbon monoxide (CO); dust in flue gases as well as mercury in flue gases refer to the first group. For these substances, a Maximum Permissible Norms of the emissions that the flue gases carry in themselves and are discharged into the environment, are implemented; to the second group of requirements refers the so-called greenhouse gases and, in particular, carbon dioxide (CO₂) emissions.

The influence of various factors on the formation of nitrogen and sulfur oxides in coal-burning steam generators is defined. It is noted that the application of "primary methods"

for the reduction of nitrogen oxides (NO_x) is applicable to our coal, and that the "wet lime method" is the most suitable for cleaning flue gases from sulfur emissions (SO₂).

Chapter three is dedicated to the research methods and techniques used for analysis and evaluation of energy conversion technologies, applied in thermal power plants and applied in the dissertation. The principles of numerical modeling of: fluid flows have been examined and used; heat transfer and combustion processes. Analytical methods for the study of thermal energy objects are presented through the use of **Thermoflex**. All types of power plants (including combined and conventional steam cycles), thermal power systems and networks, as well as a wide range of renewable energy plants and systems can be modeled, using this software. The program provides an opportunity to study existing installations, as well as to test new technological solutions.

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, average and minimum load) is presented. The results obtained from the so built model, enable in-depth analyzes to be made for the possibility of increasing the efficiency of the energy unit's operation, and thus also of reducing greenhouse gas emissions, a problem that stands sternly for coal-burning units.

The exergy method was used as an alternative, relatively **new technique rarely used in our country**, based on the concept of exergy, freely defined as a universal measure of the operation potential or quality of various forms of energy in relation to a given environment. An exergy balance applied to a process or an entire installation is made, which indicates how much of the usable operation potential or exergy provided as input to the system under consideration, has been consumed (irretrievably lost) by the process. Exergy or irreversibility loss, provides a generally applicable quantitative measure of process inefficiency. The analysis of a multi-component plant shows the overall distribution of plant irreversibility among the plant components, indicating those that contribute most to the overall plant inefficiency. This approach has been applied to a power unit operating at TPP Maritsa East 2.

In chapter four, new structural and technological solutions for reducing nitrogen emissions of combustion plants burning Bulgarian lignite coal, are examined. The implementation of a "new organization" of the implementation of the combustion process of the energy boilers burning Bulgarian lignite coal was carried out, after the implementation of a number of activities:

*identification of the type of nitrogen emissions formed in the furnace chambers of boilers burning Bulgarian lignite coal;

*models of the processes taking place in the furnace chambers of ПК-38-4 and P-62 type boilers have been built. Verification and validation of the models, including nature (field) tests;

*models of the individual dust preparation systems including separators, dust concentrators, combustion plants were built and verified and validated with specially conducted tests;

* in order to achieve results satisfying the modern requirements for nitrogen oxide emissions, a numerous studies with the so constructed numerical models have been carried out.

Different constructions of mills separators, of dust concentrators (in order to obtain a dust-gas flow with different characteristics), and different types of combustion plants guaranteeing different inflow speeds into the furnace chamber, were tested. Optimum design solutions of all the elements of the Coal preparation system (CPS) and the (burners) have been established, which, during the implementation of the combustion process, guarantee nitrogen emissions below 200 mg/Nm³ in the flue gases leaving the furnace chamber; design and construction documentation for the new facilities was created. It was executed by a specialized organization under the author's supervision; After the reconstruction, commissioning and adjustment tests that were carried out a ПК-38-4М type boilers and on P-62 type boilers were successfully commissioned. It has been proven that the emissions of nitrogen oxides are within the required limits, without this having led to a deterioration of the efficiency of the boilers.

The factors affecting the efficiency of the flue gas desulphurization plants of the "wet limestone-gypsum process with intensive oxidation" applied to the flue gases of the FGD of the combustion installations in the "Maritsa East" Complex were evaluated.

Problems related to the reduction of carbon emissions obtained from the burning of organic fuels are examined in Chapter six. It has been proven that the combination of two different thermodynamic processes using different fuels each of them can lead to the increase of the efficiency of the overall one. (Theoretically, using the method of exergy analysis, it has been proven that the supply of thermal energy in the energy boiler increases the overall efficiency of the overall one). Theoretically, using the method of exergy analysis, it has been proven that the supply of heat energy in the power boiler increases the total efficiency of the overall cycle by more than the case of the supply of heat in the water steam path of unit's steam turbine.

The possibility of implementing "oxy-fuel" combustion in P-62 type boilers has been analyzed. The advantages of burning the coal in this way are related to the easier subsequent process of separating emissions from (CO). With this method of combustion, flue gases are suitable for geological storage, almost without further processing. Unfortunately, the large number of data obtained in this research show the economic inexpediency of applying this technology in practice;

The issue of using the available energy equipment for the production of electrical energy **with an energy fuel alternative to coal, namely natural gas**, has been analyzed. The equipment included in the so-called "old part" of TPP "Maritsa East 2", namely: ПК-38-4М type boilers and TCDF-36 type steam turbines, as well as the auxiliary equipment associated to them, was examined.

The following alternative proposals have been explored:

*a technological (process) diagram is proposed for a CCGT-cycle in which the flue gases from the GT enter the boilers of the ПК-38-4М type (i.e. these boilers play the role of utility boilers). To keep to them, the available steam turbines TCDF-36, with rated power of 177 MW;

*the amount of natural gas that needs to be supplied both to the gas turbine and additionally to the ПК-38-4М type boilers has been estimated;

*a full check calculation was performed for the available ПК-38-4М boilers, which must operate with the flue gases from gas turbine and to burn additionally, natural gas. It has been proven that the available heating surfaces (as type of material, heating surface, etc.) are suitable to obtain steam with the necessary for the steam turbine parameters;

*since in the currently existing process diagram, the air heaters of the boilers will be removed, it is proposed to replace them with gas turbines operating on the Organic Rankine Cycle (this cycle is also simulated in the THERMOFLEX environment);

* to evaluate the technical, economic and financial indicators of the operation of the thus proposed steam-gas cycle.

4. Scientific or applied scientific contributions of the dissertation

In chapter 7, the author of the dissertation has presented the summarized results of the implementation of the tasks set to achieve the set goal. The claims for contributions are grouped into three groups as: scientific contributions - 2 pcs.; scientific applied - 8 pcs. and applied - 2- pcs. The conclusions, inferences and contributions fully correspond to the set goal and the tasks for its realization. Based on the goal and the tasks set for its realization and on the results obtained as a result of the experimental research, I fully accept the author's claims for the contributions.

Scientific contributions

*An up-to-date dependence has been derived for the nitrogen oxides formed during the burning of Bulgarian lignite coal, which correlates with the physical conditions under which the combustion process takes place in the boilers from the "Maritsa East" basin. The same was implanted in the CFX medium, and the results obtained from the simulation modeling were validated with real-world measurements.

*New process diagrams, for the co-combustion of lignite and natural gas are proposed. The obtained results of thermodynamic parameters in the energy conversion process, in which electrical energy is obtained from the chemical energy of the organic fuel, have been thoroughly investigated.

Scientific applied contributions

*The influence of various factors on the formation of nitrogen and sulfur oxides in coal-burning steam generators has been studied. Attention is paid on the fact, that the application of "primary methods" for the reduction of nitrogen oxides is applicable to our coals, and that the "wet lime method" is the most suitable for cleaning the flue gases from sulfur emissions in the flue gas.

*Using model studies, proposals for changes on the currently existing equipment related to the preparation and supply of burning fuel in the furnace chamber of the energy boilers have been generated.

*A new organization for the supply of organized combustion air, aiming at the reduction of nitrogen emissions is proposed.

*New combustion systems for ПК -38-4М and П-62 type boilers burning Bulgarian lignite coal are proposed.

*Specific design changes (using model studies) on the flue gas desulphurization installations of the lignite burning units, were analyzed. Their applicability to the specific system has been proven.

*Exergy analysis for the operation of a real power unit burning lignite coal, is applied. It has been proven that the exergy losses are greatest in the boiler, therefore energy-efficient solutions should be sought precisely in the operation of the boilers for the energy units operating in this cycle.

*The possibility of "oxy-fuel" combustion in П-62 type boilers has been studied. This technology would lead to significantly easier geological storage of carbon emissions, but unfortunately, the results show that it is not economically feasible.

***The possibility of implementing a steam-gas cycle, in which the existing energy equipment can be used in its steam turbine part, and the ПК-38-4М type boilers to be modified as utility boilers, has been studied in great detail. The variation of the efficiency factor when using different gas turbines is considered. Technical and economic analyzes of the various options were also made, comparing them with the currently existing energy conversion cycle.**

Applied contributions

*On the basis of the proposed technological changes, for the elements of the energy boilers, a complete detailed design for the implementation of low-nitrogen combustion of lignite coal in the energy boilers from the "Maritsa East" basin was developed. Such detailed designs have been successfully implemented on all 12 boilers in TPP "Maritsa East 2". Their performance has been proven.

*On the basis of the proposed changes to the flue gas desulphurization plants - a complete detailed design was prepared for additional nozzle level and the installation of a wall ring, and it was successfully implemented at the flue gas desulphurization plants of Unit #7 and Unit #8 in TPP "Maritsa East 2". After their implementation, the desulphurization rate of the plants increased from 94% to 97.2%.

5. Evaluation of publications on the dissertation work

10 papers were published on the doctoral course. according to indicator Г7 – scientific publications in editions that are referenced and indexed in world-famous databases with scientific information, and according to indicator Г8 – 18 pcs. scientific publications in non-refereed peer-reviewed journals or in edited collective volumes. 12 pcs have been noticed in group Д12, citations or reviews in scientific publications, referenced and indexed in world-famous databases with scientific information or in monographs and collective volumes; 27 pcs. in group Д13 citations in monographs and collective volumes with scientific review, as well as 11 pcs. according to indicator Д14, citations or reviews in non-refereed peer-reviewed journals with scientific review. Since the applicant (candidate) has not submitted a separate protocol for the contribution of each of the co-authors of the publications included in the dissertation, I consider that their contributions are equal. The applicant Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev for the scientific degree "Doctor of Sciences" satisfies the minimum national requirements for the award of this degree, specified in the Law for the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations on the Implementation of the Law for the Development of the Academic Staff to it, as well as the Regulations on the terms and conditions for occupying academic positions at Trakia University - Stara Zagora in scientific area 5. Technical sciences, Professional area 5.4 Energy, scientific specialty "Energy converting technologies and systems". With a minimum requirement of 350 points per group of indicators for the Doctor of Science degree, the applicant's personal total number of points is 747.34. The points for indicator A are 50 for the required 50, for indicator B [B.3] are 100 for the required 100. The sum of points for indicator Г [Г.7 and Г.8] amounts to a total of 278.34, points out of the required 100. The sum of the points under indicator Д [cited Д.12, Д.13, and Д.14] amounts to a total of 239 points out of the required 100. The requirements under indicator E have also been met with 80 points - a recognized application for a utility model, patent, or author's certificate [E.26], which is not required for the scientific degree "Doctor of Sciences".

The presented abstract of a dissertation for the award of a scientific degree "Doctor of Science" is in a volume of 106 pages with the necessary tables, diagrams and figures that fully

correspond to those shown in the dissertation. The goals and tasks set, as well as the obtained contributions, are reflected.

6. Conclusion

The presented materials: dissertation on indicator B; the materials according to indicators Г, Д and E; as well as the obtained research results are developed at a high level by using modern research methods. My **assessment** of the overall research, publication and implementation activity, the full fulfillment of the minimum national requirements for the award of the scientific degree "Doctor of Sciences" according to the ACT ON DEVELOPMENT OF THE ACADEMIC STAFF in the Republic of Bulgaria and the Regulations for the Application of the Law on the Development of the Academic Staff to it as well as the Regulations of Trakia University – Stara Zagora is **positive**.

I propose to the Honorable Scientific Jury to award Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev the scientific degree "Doctor of Sciences" in field 5. Technical sciences, professional area 5.4. Energy, Scientific specialty " Energy converting technologies and systems".

Date: 07.06.2024
Plovdiv

Prepared by:
/Prof. Dr. Eng. G. Valchev /