



## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на научната степен „доктор на науките“

Автор на дисертационния труд : проф. д-р инж. Тотю Иванов Тотев

Тема на дисертационния труд: „ТЕХНОЛОГИЧЕН И ЕКОЛОГИЧЕН АНАЛИЗ НА РАБОТАТА НА ЕНЕРГИЙНИ БЛОКОВЕ НА МЕСТНИ, ОРГАНИЧНИ ГОРИВА“

Професионално Направление: 5.4. Енергетика

Научна Специалност: Енергопреобразуващи технологии и системи

Рецензент : проф. д-р инж. Димитър Ангелов Попов

Професионално Направление: 5.4. Енергетика

Научна Специалност: Енергопреобразуващи технологии и системи

**1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.**

Разработвания в дисертационния труд проблем касае технологиите за редукция на емисиите на вредности , изпускани в атмосферата при изгарянето на български лигнитни въглища от електроцентралите в комплекса „Марица изток“. В тази насока са и изследванията целящи ефективната подмяна наличната горивна база с горива с по-нисък въглероден отпечатък. Отново целта е постигане на устойчиво ниво на опазване на околната среда, което да гарантира енергийната независимост на страната, при запазване в експлоатация на големите ТЕЦ в района, до момент, в който развиващите се нови технологии не достигнат ниво, гарантиращо както екологичното им така и икономическо предимство. Конкретните задачи разработени в дисертацията се отнасят до:

- Внедряване на технологични решения за редуциране на вредните емисии (азотни оксиди, серни оксиди, въглероден оксид, прах, живак и др.) отделяни в околната среда до Пределно Допустимите Норми, залегнали в съответните нормативни документи.
- Внедряване на иновативни решения, чрез които да се намери възможност за повишаване на коефициента на полезно действие на термодинамичния процес при оползотворяването на българските лигнитни въглища;
- Създаване и изграждане на нови и/или адаптирани енергопреобразуващи технологични решения, при които се дава възможност за съвместното използване на българските лигнитни въглища) и природен газ;

- Прилагане на технологични решения, при които се използва наличното технологично оборудване в съществуващите ТЕЦ при пълна замяна на въглищата с природен газ.

Всичко това прави разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение изключително актуален и с голям икономически и социален ефект за страната.

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

Проф. Тотев е защитил дисертационен труд за придобиване на ОКС „доктор“ през 1994 г. на тема „Управление на топлинния товар на парогенератори на нискокачествени горива“. От днешна гледна точка развитието на топло-енергийната теория и практика касаещи използването на ниско-качествени горива и в частност ниско-качествени лигнитни въглища от Марица-изток протича в два етапа.

През първия етап основните задачи са свързани с разработването и практическо приложение на енерго-ефективни технологични решения даващи възможност изгарянето на тези горива да има икономически смисъл. Тематиката на горепосочения дисертационен труд очевидно бележи края на този етап. През втория етап, вече се търсят и изследват технологични решения, при които изгарянето е съпроводено с минимални емисии на широк спектър от вредности, т.е. с покриването на все по-строгите и ограничаващи екологични норми. Този етап започва в края на деветдесетте години продължава до настоящия момент, т.е. е продължителност почти 25 г. През цялото това време авторът на дисертационния труд работи усилено в тази област съвместно с колективи от централите а в един момент започва и създаването на собствена научна школа от сътрудници и последователи. Очевидно степента на познаване на състоянието на проблемите и в последствие творческата интерпретация на достигнатото до момента са напълно достатъчни за провеждането на пълноценни и плодотворни изследвания.

## ***3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.***

Поставената цел и задачи на дисертационния труд се свеждат най-общо до усъвършенстване на процесите и в крайна сметка и на конструкцията на мощни енергийни парогенератори и в частност на техните горивни системи. Използваната методика включва комбинация от изчислителни и експериментални изследвания. Изследваните обекти са комплексни промишлени съоръжения, което ограничава мащаба и времетраенето на експерименталните изследвания. В дисертацията акцентът е поставен върху изчислителните изследвания и в частност върху математичното моделиране, подход който е в унисон със съвременната изследователска практика. Изчислителните изследвания вземат в предвид сложната система от процеси, уравнения и взаимовръзки в

котел, работещ с нискокачествени въглища. За целта са отчетени пет основни процеса и всички ключови взаимодействия между тях, а именно:

- Пренос на флуид: движение на флуида, маса на компонентите и пренос на енергия в турбулентната среда на смесването;
- Пренос на частици: частица (в този случай въглища) или дискретно фазово движение във флуид;
- Хомогенни химични реакции: изгаряне на газообразни видове;
- Хетерогенни химични реакции: изгаряне на частици;
- Радиационен топлообмен: радиационен топлообмен в „натоварена“ с частици участваща среда.

По-нататък при моделирането на системата се използва подходяща техника за решаване на система от уравнения, описваща обекта на изследването. Системите от частни диференциални уравнения, се решават числено. За целта диференциалните уравнения се дискретизират, за да се получи набор от нелинейни алгебрични уравнения, които могат да бъдат решени с известни числени похвати. Така описаната методика по същество представлява решение на поставените в дисертацията задачи с използване на изчислителната механика на флуидите (CFD). Рецензентът счита че избраната методика на изследване напълно съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

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

Достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд се основава на следните два съществени фактора:

- Използване на подходящ софтуер за целите на математичното моделиране;
- Валидиране на резултатите от математичното моделиране с подходящи и целенасочени експериментални изследвания;

При разработването на дисертационния труд са използвани комерсиални програмни продукти като ANSYS CFX, Thermoflex и GATECYCLE. Те са създадени и верифицирани от реномирани софтуерни компании и в този смисъл създаването с тяхна помощ математични модели на съоръжения и системи са достатъчно надеждни от гледна точка достоверност на резултатите. Изработване на математични модели на системи и съоръжения, съдържа в голяма степен различни авторски дейности, най-често под формата на специфично приложение на елементи от комерсиални програмни продукти. В този смисъл функционирането на математичните модели трябва да се подложи на щателно валидиране, т.е. на директно съпоставяне на получените с тях резултати за стойностите на най-важните параметри процеса и/или системата с техните аналози получени с експериментално изследване. Тази процедура е особено наложителна когато се изследват комплексни съществуващи съоръжения какъвто е настоящия случай.

За валидиране на изградения модел на сепаратор са използвани данни от натурни изпитания на ППС на котли тип ПК-38-4, проведени на територията на ТЕЦ „Марица Изток 2“ от производствено-технологичен отдел на централата. На база на подходящо подбрани началните условия, описани, извършени изчисления със CFD софтуер и са получени резултати от цифров модел на сепаратор. За оценка на достоверността на модела на сепаратора, резултатите получени от него, са сравнени с резултати от натурни изпитания. Направеното сравнение модел показва, адекватно представяне на физическата действителност от страна на компютърната симулация. По аналогичен начин са създадени и валидирани модел на центробежен прахоконцентратор, детайлни триизмерни модела на горивна уредба и множество други.

Всичко посочено по-горе, убедително демонстрира достоверността на материалите, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

#### ***5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд.***

Приносите биха могли накратко да обобщят в две направления:

- По-нататъшно развитие на топло-енергийната наука за използването на ниско-качествени горива с отчитане и удовлетворяване на все по-строгите и ограничаващи екологични норми за емитирането на широк спектър от вредности;
- Успешното решение на множество конкретни научно-приложни и технологични проблеми съпътстващи работата за най-големите термични електро-централи в страната;

Без да навлизам в подробно изброяване, искам да заявя че приемам напълно и оценявам високо научните, научно-приложните и приложни приноси и постижения в научните трудове на проф. Т. Тотев, така като са посочени в текста на дисертацията.

#### ***6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.***

Дисертационния труд се основа на публикациите на проф. д-р инж. Тотьо Тотев след конкурса за професор /2015-2024/. По това време той е вече утвърден учен и ръководител на собствена школа от сътрудници и последователи. Познавайки добре тяхната съвместна работа мога да заявя че проф. Тотев лично формулира научноизследователските задачи, посочва пътища за тяхното решаване и следи на всички етапи за намирането на качествени и отговорни решения. В този смисъл личното участие на дисертанта в приносите за мен не буди съмнение.

#### ***7. Преценка на публикациите по дисертационния труд***

По-нататък преценката на публикациите по дисертационния труд е направена в съответствие с изискванията на Приложение 8.6. Минимални национални и допълнителни изисквания към научната и преподавателската дейност на кандидатите за

придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности на ФАКУЛТЕТ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ към Тракийския университет.

Изискването по Група А, Показател 1 Дисертационен труд за присъждане на ОНС „Доктор“ е изпълнено. Изискването по Група Б, Показател 2 за представен дисертационен труд за присъждане на научна степен „доктор на науките“ е изпълнено.

В изпълнение на изискването по Група Г, Показател 5 – 11 и по-специално показател 7. Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация са представени общо 10 публикации. Начислените точки са пресметнати по формулата  $40/n$ , където  $n$  е броят на авторите на съответната публикация и общият им брой възлиза на 143 т. Справка в базата данни SCOPUS потвърждава представеното от кандидата по този показател, включително и с една публикация в повече – 11 вместо 10 бр.

В изпълнение на изискването по Група Г, показател 8 научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове са представени общо 18 броя научни трудове. Начислените точки са пресметнати по формулата  $20/n$  и общият им брой възлиза на 141 т. Така общия брой точки по показател Г възлиза на 285 т. при изискуеми 100 т.

Кандидатът представил списък с 13 цитирания по показател „Д12“ – Цитирания или рецензии в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация. Справка в базата данни SCOPUS потвърждава представеното от кандидата по този показател. Начислените точки са с общ брой 130 т.

Кандидатът е представил списък с 24 цитирания по показател „Д13“ Цитирания в монографии и колективни томове с научно рецензиране. Начислените точки са с общ брой 87 т. Аналогично са изчислени 22 т. по показател „Д14“ с което общия брой точки по показател „Д“ става 239 т. при изискуеми 100 т.

Кандидатът е представил и две активности по показатели „Е“, по специално група „Е.26“, респ. призната заявка за полезен модел, патент или авторско свидетелство, макар че те не са изискуеми за присъждане на научна степен „доктор на науките“. Общото ми впечатление е че изискването за покриване на минималните национални изисквания по отношение на публикационното представяне е достатъчно убедително изпълнено и не буди съмнения.

Съгласно Чл. 54. (3) от Правилника дисертационният труд не трябва да се основава на научните трудове, с които е придобита академичната длъжност „доцент“. Съгласно справка извлечена от сайта на НАЦИД кандидатът е придобил академичната длъжност доцент през 2003 г. и академичната длъжност професор към дата 22.04. 2015 г. Всички научни трудове предмет на настоящата процедура са датирани след тази дата. Очевидно и това изискване на Правилника е изпълнено.

## **8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.**

В представения дисертационен труд са намерили място теоретични решения на действително големи и важни научни и научно-приложни проблеми каквито съпътстват съвременното производство на електроенергия а именно:

- Минимизацията на отделяните вредности при използването ниско-качествени лигнитни въглища, респ. серни емисии (SO<sub>2</sub>); азотни оксиди (NO<sub>x</sub>); въглероден оксид (CO); прах в димните газове, както и живак в димните газове.
- Намаляване на въглеродните емисии чрез прилагането на иновативни решения, касаещи термодинамичния цикъл и комбинираното изгаряне на лигнитни въглища и природен газ;
- Преход към използването на горива с малък или никакъв въглероден отпечатък с максимално използване на съществуващите съоръжения в ТЕЦ;

Гореописаните проблеми са решавани с комбинация от изчислителни и експериментални изследвания. Изчислителни изследвания са провеждани със съвременни методи и средства, респ. с прилагане на принципите на численото моделиране на флуидни потоци, преноса на топлина и на процесите на изгарянето. Валидиращите експерименталните изследвания са провеждани в промишлени условия и мащаби.

Всичко това в много от случаите завършва с внедрявания. Например 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 %.

За голяма част от внедряванията има издадени документи от ръководството централите удостоверяващи полезността на извършеното от изследователския колектив ръководен от проф. Тотев. Считаю че широкото и реално използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика е достатъчно убедително и заслужаващо адмирации.

## **9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.**

Представеният автореферат по същество е умалена версия на дисертацията. Основните положения и приносите на дисертацията са отразени достатъчно адекватно.

## **10. Мнения, препоръки и бележки.**

Дисертационният труд заслужено има амбицията да представи в пълен размер проблемите и постиженията в топлоенергийната технология и практика при овладяването на технологията за използване на българските лигнитни въглища. Очевидно това е документ, който ще остане като полезно наследство за следващите поколения български енергетици. В този смисъл преценявам, че е могло е да се направи едно по-сбито представяне на съдържанието – 300 стр. са доста много.

Също така, темата би придобила пълна изчерпателност ако бе дадено и кратко описание на технологията за газификация на въглища и възможностите за нейното приложение у нас.

Има и някои терминологични отклонения, с които ми е трудно са се съглася. Така например, посочено е че работата на газотурбинните агрегати се описва с термодинамичния цикъл на Джаул. Газотурбинната теория и практика фактически се основават на термодинамичния цикъл на Брайтън.

### **11. Заключение**

Внимателното ми запознаване с дисертационния труд и споделените по-горе оценки и становища ми дават основание да заключа, че пред нас е представен един завършен научен труд с обобщения и решения, които представляват значителен и оригинален принос към топлоенергийната наука и практика.

Изискванията произтичащи от Закона за развитие на академичния съства в България и правилника за неговото прилагане в Тракийски университет в частта „Доктор на науките“ са изпълнени подобаващо.

С оглед на това, убедено препоръчвам на уважаемото научно жури по процедурата, да присъди научна степен „доктор на науките“ на проф. д-р инж. Тотьо Иванов Тотев в професионално Направление: 5.4. Енергетика, по научната специалност: „Енергопреобразуващи технологии и системи“.

20.06. 2024 г.

Рецензент:

/проф. д-р инж. Димитър Попов/

ИЗДАВАТЕЛСТВО "ТЕХНИКА"	1
№ на документа: АЗ-7	
Дата: 21.06.2024	

## REVIEW

on a dissertation work for obtaining the scientific degree "Doctor of Sciences"

Author of the dissertation: Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev

Topic of the dissertation: "TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE OPERATION OF ENERGY UNITS OF LOCAL, ORGANIC FUELS"

Professional Direction: 5.4. Energy

Scientific Specialty: Energy converting technologies and systems

Reviewer: Prof. Dr. Eng. Dimitar Angelov Popov

Professional Direction: 5.4. Energy

Scientific Specialty: Energy converting technologies and systems

***1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and scientific-applied terms. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation.***

The problem developed in the dissertation concerns technologies for the reduction of harmful emissions released into the atmosphere during the burning of Bulgarian lignite coal from the power plants in the "Maritsa East" complex. In this direction, research aimed at the effective replacement of the available fuel base with fuels with a lower carbon footprint is also underway. Again, the goal is to achieve a sustainable level of environmental protection, which would guarantee the energy independence of the country, while keeping the large thermal power plants in operation in the area, until a time when the developing new technologies do not reach a level that guarantees both their ecological and economic advantage. The specific tasks developed in the dissertation refer to:

- Implementation of technological solutions to reduce harmful emissions (nitrogen oxides, sulfur oxides, carbon monoxide, dust, mercury, etc.) released into the environment up to the Maximum Permissible Norms laid down in the relevant regulatory documents.
- Implementation of innovative solutions, through which an opportunity can be found to increase the coefficient of useful action of the thermodynamic process in the utilization of Bulgarian lignite coal;
- Creation and construction of new and/or adapted energy-converting technological solutions, which enable the joint use of Bulgarian lignite coal) and natural gas;



- Application of technological solutions, in which the available technological equipment is used in the existing thermal power plants in case of complete replacement of coal with natural gas.

All this makes the problem developed in the dissertation work in a scientific and scientific-applied sense extremely relevant and with a great economic and social effect for the country.

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

Prof. Totev defended a thesis for the acquisition of the doctor's degree in 1994 on the topic "Management of the heat load of steam generators of low-quality fuels". From today's point of view, the development of thermal energy theory and practice regarding the use of low-quality fuels, and in particular low-quality lignite coal from Maritsa-east, takes place in two stages.

During the first stage, the main tasks are related to the development and practical application of energy-efficient technological solutions enabling the burning of these fuels to make economic sense. The topic of the above dissertation clearly marks the end of this stage. In the second stage, technological solutions are already being sought and researched, in which combustion is accompanied by minimal emissions of a wide range of harmful substances, i.e. with the coverage of increasingly strict and restrictive environmental norms. This stage began at the end of the nineties and continues to the present moment, i.e. is a duration of almost 25 years. During all this time, the author of the dissertation work worked hard in this area together with collectives from the headquarters and at one point started the creation of his own scientific school of collaborators and followers. Obviously, the degree of knowledge of the state of the problems and, subsequently, the creative interpretation of what has been achieved so far are completely sufficient for conducting full-fledged and fruitful research.

## ***3. Correspondence of the chosen research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work.***

The set goal and tasks of the dissertation are generally reduced to improving the processes and ultimately the construction of powerful energy steam generators and, in particular, their fuel systems. The methodology used includes a combination of computational and experimental studies. The investigated sites are complex industrial facilities, which limits the scale and duration of the experimental studies. In the dissertation, the emphasis is placed on computational research and, in particular, on mathematical modeling, an approach that is in line with modern research practice. Computational studies take into account the complex system of processes, equations and interrelationships in a low-grade coal boiler.

For this purpose, five main processes and all the key interactions between them are taken into account, namely:

- Fluid transfer: fluid movement, component mass and energy transfer in the turbulent mixing environment;
- Particle transport: particle (in this case coal) or discrete phase motion in a fluid;
- Homogeneous chemical reactions: combustion of gaseous species;
- Heterogeneous chemical reactions: combustion of particles;
- Radiative heat transfer: radiative heat transfer in a "particle-laden" participating medium.

Further, in system modeling, an appropriate technique is used to solve a system of equations describing the object of study. Systems of partial differential equations are solved numerically. For this purpose, the differential equations are discretized to obtain a set of nonlinear algebraic equations that can be solved with known numerical techniques. The described methodology essentially represents a solution to the tasks set in the dissertation using Computational Fluid Mechanics (CFD). The reviewer believes that the chosen research methodology fully corresponds to the set goal and tasks of the dissertation work.

#### ***4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.***

The reliability of the material on which the contributions of the dissertation are based is based on the following two essential factors:

- Use of appropriate software for mathematical modeling purposes;
- Validation of the results of mathematical modeling with appropriate and targeted experimental studies;

Commercial software products such as ANSYS CFX, Thermoflex and GATECYCLE were used in the development of the dissertation work. They are created and verified by reputable software companies, and in this sense, the mathematical models of equipment and systems created with their help are sufficiently reliable from the point of view of the reliability of the results. Creation of mathematical models of systems and equipment, contains to a large extent various author's activities, most often in the form of specific application of elements of commercial software products. In this sense, the functioning of the mathematical models must undergo a thorough validation, i.e. of direct comparison of the results obtained with them for the values of the most important process and/or system parameters with their analogues obtained with experimental research. This procedure is particularly imperative when examining complex existing facilities such as the present case.

For the validation of the constructed model of the separator, data from field tests of the PPS of boilers type PK-38-4, conducted on the territory of TPP "Maritsa Iztok 2" by the production and technology department of the central plant, were used. On the basis of appropriately selected initial conditions, calculations were performed with CFD software and results were obtained

from a digital model of a separator. To evaluate the reliability of the separator model, the results obtained from it were compared with the results of field tests. The compared model shows an adequate representation of the physical reality by the computer simulation. In a similar way, a model of a centrifugal dust concentrator, detailed three-dimensional models of a combustion system and many others were created and validated.

All of the above convincingly demonstrates the reliability of the materials on which the contributions of the dissertation are based.

#### ***5. Scientific and/or applied scientific contributions of the dissertation work.***

The contributions could be briefly summarized in two directions:

- Further development of thermal energy science for the use of low-quality fuels, taking into account and satisfying the increasingly strict and restrictive environmental norms for the emission of a wide range of harmful substances;
- The successful solution of many specific scientific-applied and technological problems accompanying the work for the largest thermal power plants in the country;

Without entering into a detailed enumeration, I want to state that I fully accept and highly appreciate the scientific, scientific-applied and applied contributions and achievements in the scientific works of Prof. T. Totev, as they are indicated in the text of the dissertation.

#### ***6. Evaluation of the degree of personal participation of the dissertation student in the contributions.***

The dissertation is based on the publications of Prof. Dr. Eng. Totyo Totev after the competition for professor /2015-2024/. By this time he was already an established scholar and head of his own school of collaborators and followers. Knowing well their joint work, I can state that Prof. Totev personally formulates research tasks, indicates ways to solve them and monitors at all stages the finding of quality and responsible solutions. In this sense, the personal participation of the dissertation student in the contributions does not raise any doubts for me.

#### ***7. Evaluation of publications on the dissertation work***

Further, the evaluation of the publications on the dissertation work is done in accordance with the requirements of Appendix 8.6. Minimum national and additional requirements for the scientific and teaching activities of candidates for acquiring scientific degrees and for occupying academic positions at the FACULTY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY at Thrace University.

The requirement under Group A, Indicator 1 Dissertation work for the award of ONS "Doctor" has been met. The requirement under Group B, Indicator 2 for a submitted dissertation for the award of the scientific degree "Doctor of Science" has been fulfilled.

In fulfillment of the requirement under Group D, Indicator 5 – 11 and in particular indicator 7. Scientific publications in publications that are referenced and indexed in world-renowned databases with scientific information, a total of 10 publications are presented. The accrued points are calculated according to the formula  $40/n$ , where  $n$  is the number of authors of the relevant publication and their total number is 143 items. A reference to the SCOPUS database confirms the submission of the candidate according to this indicator, including one more publication - 11 instead of 10 pcs.

In fulfillment of the requirement under Group D, indicator 8 scientific publications in non-refereed journals with scientific review or in edited collective volumes, a total of 18 scientific works are presented. The accrued points were calculated according to the formula  $20/n$  and their total number is 141 points. Thus, the total number of points according to indicator D amounts to 285 points with the required 100 points.

The candidate presented a list of 13 citations under indicator "D12" - Citations or reviews in scientific publications, referenced and indexed in world-renowned databases with scientific information. A query in the SCOPUS database confirms the applicant's submission on this indicator. The total number of points accrued is 130.

The candidate has submitted a list of 24 citations under indicator "D13" Citations in monographs and peer-reviewed collective volumes. The total number of points accrued is 87 points. Similarly, 22 points were calculated under indicator "D14", which makes the total number of points under indicator "D" 239 points, with the required 100 points.

The candidate has also presented two activities under "E" indicators, in particular group "E.26", resp. a recognized application for a utility model, patent or author's certificate, although these are not required for the award of the scientific degree "Doctor of Science". My general impression is that the requirement to meet the minimum national requirements in terms of publication performance is sufficiently convincingly met and does not raise doubts.

According to Art. 54. (3) of the Regulations, the dissertation work must not be based on the scientific works with which the academic position "associate professor" was acquired. According to a reference extracted from the NACID website, the candidate acquired the academic position of associate professor in 2003 and the academic position of professor as of 22.04. 2015. All scientific works subject to this procedure are dated after this date. Obviously, this requirement of the Regulations is also fulfilled.

#### ***8. Use of the results of the dissertation work in scientific and social practice.***

In the presented dissertation, theoretical solutions to really large and important scientific and scientific-applied problems accompanying the modern production of electricity have found a place, namely:

- The minimization of harmful substances released when using low-quality lignite coal, resp. sulfur emissions (SO<sub>2</sub>); nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>); carbon monoxide (CO); dust in flue gases as well as mercury in flue gases.
- Reduction of carbon emissions through the application of innovative solutions concerning the thermodynamic cycle and the combined combustion of lignite coal and natural gas;
- Transition to the use of fuels with little or no carbon footprint with maximum use of the existing facilities in the thermal power plant;

The above problems are solved with a combination of computational and experimental studies. Computational studies were conducted with modern methods and means, resp. applying the principles of numerical modeling of fluid flows, heat transfer and combustion processes. The validation experimental studies were conducted in industrial conditions and scales.

All this in many cases ends with deployments. For example, on the basis of the proposed changes to the desulfurization installations - an additional nozzle level and the installation of a wall ring, a comprehensive work project was developed, which was successfully implemented at the desulfurization installations of block #7 and block #8 in the TPP "Maritsa Iztok 2". After their implementation, the desulphurization rate of the plants increased from 94% to 97.2%.

For a large part of the implementations, there are documents issued by the central management certifying the usefulness of the work done by the research team led by Prof. Totev. I believe that the wide and real use of the results of the dissertation work in scientific and social practice is sufficiently convincing and worthy of admiration.

***9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work.***

The presented abstract is essentially a reduced version of the dissertation. The main points and contributions of the dissertation are adequately reflected.

***10. Opinions, recommendations and notes.***

The dissertation work deservedly has the ambition to present in full the problems and achievements in thermal energy technology and practice in mastering the technology for using Bulgarian lignite coal. Obviously, this is a document that will remain as a useful legacy for future generations of Bulgarian energy workers. In this sense, I consider that a more concise presentation of the content could have been made - 300 pages is quite a lot.

Also, the topic would become fully comprehensive if a brief description of the coal gasification technology and the possibilities of its application in our country were also given.

There are also some terminological deviations with which it is difficult for me to agree. For example, it is stated that the operation of gas turbine units is described by the Joule

thermodynamic cycle. Gas turbine theory and practice are actually based on the thermodynamic Brayton cycle.

### **11. Conclusion**

My careful familiarization with the dissertation work and the assessments and opinions shared above give me reason to conclude that before us is presented a complete scientific work with summaries and solutions that represent a significant and original contribution to thermal energy science and practice.

The requirements arising from the Law on the Development of the Academic Body in Bulgaria and the rules for its implementation at Thrace University in the "Doctor of Sciences" section have been duly fulfilled.

In view of this, I strongly recommend to the respected scientific jury of the procedure to award the scientific degree "Doctor of Sciences" to Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev in professional direction: 5.4. Energy, in the scientific specialty: "Energy converting technologies and systems".

20.06. 2024

Reviewer:

/prof. Dr. Eng. Dimityr Popov/