

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор” в професионално направление 5.4. Енергетика, специалност “Енергопреобразуващи технологии и системи”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Борислав Любенов Ангелов – ТУ-София

Тема на дисертационния труд: „Изследване на влиянието на различни фактори върху горивния процес в енергийни парогенератори, изгарящи въглища”

Рецензент: проф. д-р инж. Димитър Ангелов Попов – ТУ-София

1. Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно значение.

Най-важният собствен енергиен ресурс на Република България са местните нискокачествени лигнитни въглища с високо съдържание на сяра. Те са сравнително евтини и в резултат се явяват горивната база на няколко мощни ТЕЦ. От друга страна тяхното изгаряне в енергийните парогенератори е свързано с отделянето на значително количество вредни емисии в околната среда включващи: серни оксиди и азотни оксиди, въглероден оксид, прах, тежки метали, парникови газове, хлориди и флуориди и др.

В дисертационния труд основният фокус на изследванията е редуцията на азотните оксиди. С това се цели удовлетворяването на все по-строгите изискванията на европейските институции за ограничаване на вредните емисии от големите горивни инсталации. За решаването на тази задача се проведени теоретични и експериментални изследвания на влиянието на различни фактори върху горивния процес в енергийни парогенератори при изгарянето на въглища. Извършени са проучване, изследване, анализ и внедряване на технологични решения водещи до подобряване на горивния процес и гарантиране на нискоемисионно азотно горене.

С оглед на горепосоченото, разработваните в дисертацията проблеми са актуални и имат важно научно-приложно значение, тъй като те в голяма степен касаят намаляването на емисиите на вредности при икономичното изгаряне на лигнитни въглища в ТЕЦ от комплекса „Марица-изток“.

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

Представеният дисертационен труд е в обем 206 стр. Съдържанието е разпределено в осем глави, заключителна част, приложения и библиография. Уводната част е включена в глава първа. В приложение 1 са описани публикациите по дисертацията (6 бр.). Библиографията включва 158 източника, от които 110 бр. на английски език и 3 бр. на руски език.

Изучените от докторанта литературни източници покриват достатъчно задълбочено проблематиката, предмет на дисертационния труд. Установено е, че за енергийните паригенератори в електроцентралите, работещи на въглища, конфигурацията на пещта, типа на горелката и типа въглища имат голямо въздействие върху горивния процес; следователно тези фактори влияят силно на генерираните емисии на NOx.

Отчетен е фактът че по-малкото количество организирано подаван въздух, обусловено от по-малката стойност на излишък на въздух, допринася за по-богата на гориво смес в обема на пещта, която се явява редукиционна среда за азотните оксиди. Ограничаването на количеството организирано подаван въздух обаче води след себе си до увеличаване на неизгорялото гориво. Изведени са насоки за решаване на този проблем, чрез подаване на надгоривен въздух на няколко нива по височината на пещната камера.

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

От изложеното в дисертационния труд става ясно, че кандидатът пълноценно оценява значимостта на различни фактори оказващи влияние върху горивния процес в мощните енергийни парогенератори изгарящи лигнитни въглища. В дисертацията са съставени математични модели на двете основни компоненти на мощен енергиен парогенератор, имащи отношение към ефективния и нискоемисионен горивен процес – прахоприготвящата система и пещната камера. За целта е използван съответстващ на сложността на задачите програмен продукт, в случая ANSYS.

Избраната методика на изследванията напълно съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд. Математичното описание включва турбулентни модели, модели на изгарянето на въглища в газова среда и моделиране на формирането на NOx, в пещната камера. Цифровите модели са валидирани.

В резултат на проведения с математичните модели анализ са предложени конструктивни изменения на прахоприготвящата система с цел подобряване на горивния процес и гарантиране на нискоемисионно азотно горене. Ефектите от извършената реконструкция са оценени с числени и натурни експерименти. Резултатите са положителни, факт който се подкрепя и от двете референции представени в Приложение 4

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

Докторантът е представил подробно и достатъчно точно описание на обекта на изследванията - мощен енергиен парогенератор от разположените такива в ТЕЦ от комплекса „Марица-изток“. Представени са сведения за конструктивните особености горивните уредби на парогенератори тип П-62 и анализ на тяхното развитие във времето.

Теоретични анализ, както бе посочено по-горе се основава на използването на популярен и доказал се в многобройни подобни изследвания софтуер, респ. програмния продукт ANSYS. Добре известни са неговите възможности за симулационно моделиране на ламинарни и турбулентни потоци, топлообмен, както и в съчетание с допълнителни

модели като например такива за многофазови потоци, горивни процеси и др. Формирането и мерките за редукция на азотните оксиди са изследвани последователно и задълбочено с анализи на процесите в прахоприготвящата система и пещната камера на парогенератора.

Резултатите от числените експерименти със съставените математични модели съвпадат с голяма степен на точност с резултатите от експериментални измервания. Горепосоченото показва че приносите в дисертационния труд се изведени в резултат на адекватни и достоверни материали и подходи.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Въз основа проведените изследвания са предложени и реализирани конструктивни и технологични изменения на мощен енергиен парогенератор с цел подобряване на горивния процес и гарантиране на нискоемисионно азотно горене, включващи усъвършенстване на елементи на прахоприготвящата система и промяна работния режим на парогенератора, репс. намаляване на количеството организирано подаван въздух и разпределението на въздуха по височина на пещната камера. Резултатите от горепосочените изменения са оценени положително от независима лаборатория чрез провеждане на серия от изпитания в промишления условия.

С оглед на горепосоченото следва да се потвърдят достатъчно обосновано изложените в дисертацията претенции за научни-приложни и инженерно-приложни приноси, а именно:

- Създаването на симулационни модели за изследване работата на основни системи на мощни енергийни парогенератори изгарящи нискокачествени лигнитни въглища включващи прахоприготвящи системи, горивни уредби и пещни камери
- Разработването на цифров симулационен модел за изследване формирането на азотни оксиди при изгаряне на български лигнитни въглища от басейна "Марица Изток" в пещната камера на парогенератори тип П-62 в ТЕЦ „Марица Изток 2”.
- Направените научно обосновани предложения за редуциране на формиращите се азотни оксиди в пещната камера на парогенератор тип П-62;
- Реализираната е реконструкция на парогенератори тип П-62 покриваща изискването за подобряване на горивния процес и покриване на най-новите екологични изисквания за изхвърляните в атмосферата азотни оксиди;

Така описаните приносите имат важно значение за изучването и развитието на енергопреобразуващи технологии и системи в ТЕЦ.

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

От изложеното в дисертационния труд, познаването ми на изследователския колектив и лично на докторанта през годините на изработването на труда, считам, че една значителна и бих казал определяща част от изследванията са негово лични дело, проведени и направлявани от неговия научен ръководител, проф. Тотев. Свидетелство за горното твърдение са и двете самостоятелни публикации на докторанта.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Резултатите от изследванията са представени в шест публикации, две от които са самостоятелни, а в четири докторантът е пръв автор. По моя преценка, направените публикации отразяват пълноценно проведените изследвания и основните резултати, получени в дисертационната работа и създават достатъчна видимост на изследванията. Допълнително, докторантът е приложил списък с двадесет и една публикации по тематика сходна с тази по темата на дисертационния труд.

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

Както бе посочено по-горе, резултатите от проведените изследвания са намерили конкретно и реално практическо приложение. В този смисъл представената дисертационна работа е в значителна степен уникална, тъй като касае прилагането на резултати от теоретични изследвания върху конструкцията и режимите на работа на мащабни инженерни съоръжения.

В дисертационния труд са представени резултати от изпълнението на няколко научно-изследователски договори. Авторът е бил активен участник в тези договори. Всички задачи са завършили с висока оценка от страна на възложителя, тъй като са намерили успешно приложение при експлоатацията на съоръженията, а представения теоретичен материал е добра основа за по-нататъшно задълбочаване на прилагания подход при осъществяването на подобни изследвания.

Докторантът се занимава активно и с преподавателска работа, респ. получените от него знания и научноизследователски опит ще бъдат от полза и на студентите обучаващи се по дисциплините „Горивни технологии в топлоенергетиката“ и „Енергийни парогенератори“ в ТУ-София.

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 е в обем от 32 стр. текст, структуриран в 8 глави. Посочени са общо 158 литературни източници, от които: 47 на кирилица и 111 на латиница.

Авторефератът отразява съдържателно съществени моменти от дисертационния труд, спазени са изискванията в съответствие с образеца за изготвяне на авторефератите по дисертационните трудове, посочен в сайта "Развитие на АС - Работни документи".

10. Мнения, препоръки и бележки.

Представения материал има качествата на завършен научен труд, постигнатите от автора резултати са важни и съдържат значим принос водещ до реално намаляването на емисиите на вредности при ефективното оползотворяване на лигнитните въглища от комплекса „Марица-изток“ в мощни енергийни парогенератори.

Познавам лично докторанта от съвместната ни работа в катедра „Топлоенергетика и ядрена енергетика“. Личното ми впечатление е изцяло положително. В отношенията с колегите си е коректен и добронамерен, а със студентите внимателен и отзивчив.

11. Заключение

Считам, че представената ми за рецензия дисертационна работа отговаря на изискванията и критериите за получаване на ОНС „доктор“. Оценката ми за проведените изследвания и постигнатите резултати е изцяло положителна.

С оглед на горепосоченото, предлагам научното жури по процедурата да присъди ОНС „доктор“ на маг. инж. Борислав Любенов Ангелов в професионално направление 5.4. Енергетика, специалност Енергопреобразуващи технологии и системи.

Дата: 28.04. 2021

РЕЦЕНЗЕНТ:

/проф. д-р инж. Димитър Попов/

REVIEW

on a Dissertation for obtaining an educational and scientific degree
"Doctor" in professional field: 5.4 Energy, Specialty "Energy conversion
technologies and systems"

Author of the dissertation: M.Sc. Borislav Lyubenov Angelov - Technical University, Sofia

Topic for the dissertation: „Investigation of the influence of various factors on the combustion process in power steam generators burning coal”

Reviewer: Prof. Dr. Eng. Dimityr Popov – TU-Sofia

1. Relevance of the development in the dissertation problem in scientific and scientific-applied meaning.

The most important own energy resource of the Republic of Bulgaria is the local low-quality lignite coal with high sulfur content. They are relatively cheap and as a result of this they are the fuel base of several powerful thermal power plants. On the other hand, their combustion in energy steam generators is associated with the release of significant amounts of harmful emissions into the environment including: sulfur oxides and nitrogen oxides, carbon monoxide, dust, heavy metals, greenhouse gases, chlorides and fluorides and others.

In the dissertation the main focus of the research is the reduction of nitrogen oxides. This is aimed at meeting the increasingly stringent requirements of the European institutions to limit harmful emissions from large combustion plants. To solve this problem, theoretical and experimental studies of the influence of various factors on the combustion process in energy steam generators during coal combustion were conducted. Research, research, analysis and implementation of technological solutions leading to the improvement of the combustion process and ensuring low-emission nitrogen combustion have been carried out.

In view of the above, the problems developed in the dissertation are relevant and have important scientific and applied significance, as they largely concern the reduction of harmful emissions from the economical combustion of lignite coal in TPPs of the Maritza East complex.

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

The presented dissertation is in the volume of 206 pages. The content is divided into eight chapters, concluding part, appendices and bibliography. The introductory part is included in Chapter One. Appendix 1 describes the publications on the dissertation (6 copies). The bibliography includes 158 sources, of which 110 in English and 3 pcs. in Russian.

The literary sources studied by the doctoral student cover in sufficient depth the issues, subject of the dissertation. It has been found that for energy steam generators in coal-fired power plants, the configuration of the furnace, the type of burner and the type of coal have a

great impact on the combustion process; therefore, these factors strongly influence the generated NO_x emissions.

The fact that the smaller amount of organized supply air, due to the smaller value of excess air, contributes to a richer fuel mixture in the volume of the furnace, which is a reducing medium for nitrogen oxides. However, limiting the amount of organized air supply leads to an increase in unburned fuel. Guidelines have been provided to solve this problem by supplying combustion air at several levels along the height of the furnace chamber.

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

From the stated in the dissertation it is clear that the candidate fully assesses the importance of various factors influencing the combustion process in powerful energy steam generators burning lignite. The dissertation contains mathematical models of the two main components of a powerful energy steam generator, related to the efficient and low-emission combustion process - the pulverized coal feeding & handling system and the furnace chamber. For this purpose, a software product corresponding to the complexity of the tasks was used, in this case ANSYS.

The chosen research methodology fully corresponds to the set goal and objectives of the dissertation. The mathematical description includes turbulent models, models of coal combustion in a gaseous medium and modeling of NO_x formation in the furnace chamber. Digital models are validated.

As a result of the analysis performed with the mathematical models, constructive changes of the pulverized coal feeding & handling system have been proposed in order to improve the combustion process and guarantee low-emission nitrogen combustion. The effects of the reconstruction were evaluated by numerical and field experiments. The results are positive, a fact supported by both references presented in Annex 4

4. Brief analytical description of the nature and assessment of the reliability of the material on which the contributions of the dissertation are built.

The doctoral student has presented a detailed and sufficiently accurate description of the object of research - a powerful energy steam generator from those located in the TPP of the complex "Maritsa East". Information on the design features of the combustion systems of steam generators type P-62 and analysis of their development over time are presented.

Theoretical analysis, as mentioned above, is based on the use of popular and proven in numerous similar studies software, resp. ANSYS software product. Its possibilities for simulation modeling of laminar and turbulent flows, heat exchange, as well as in combination with additional models such as those for multiphase flows, combustion processes, etc. are well known. The formation and measures for the reduction of nitrogen oxides have been studied consistently and thoroughly with analyzes of the processes in the powder preparation system and the furnace chamber of the steam generator.

The results of numerical experiments with the compiled mathematical models coincide with a high degree of accuracy with the results of experimental measurements. The above

shows that the contributions to the dissertation are derived as a result of adequate and reliable materials and approaches.

5. Scientific and / or applied scientific contributions to the dissertation

Based on the conducted research, structural and technological changes of a powerful energy steam generator have been proposed and realized in order to improve the combustion process and guarantee low-emission nitrogen combustion, including improvement of elements of the pulverized coal feeding & handling system and change of the steam generator, reducing the amount of organized air supply and the distribution of air in the height of the furnace chamber. The results of the above changes have been positively evaluated by an independent laboratory by conducting a series of tests in industrial conditions.

In view of the above, the claims for scientific-applied and engineering-applied contributions set out in the dissertation should be confirmed with sufficient justification, namely:

- The creation of simulation models for studying the operation of basic systems of powerful energy steam generators burning low-quality lignite, including the pulverized coal feeding & handling system, combustion systems and furnace chambers
- The development of a digital simulation model for studying the formation of nitrogen oxides during the combustion of Bulgarian lignite coal from the Maritza East basin in the furnace chamber of steam generators type P-62 in TPP Maritza East 2.
- The scientifically substantiated proposals for reduction of the formed nitrogen oxides in the furnace chamber of a steam generator type P-62;
- Reconstruction of steam generators type P-62 covering the requirement for improvement of the combustion process and covering the latest environmental requirements for nitrogen oxides emitted into the atmosphere has been implemented;

The contributions described in this way are important for the study and development of energy conversion technologies and systems in thermal power plants.

6. Assessment of the degree of personal participation of the dissertation in the contributions.

From what is stated in the dissertation, my knowledge of the research team and personally of the doctoral student during the years of work, I believe that a significant and I would say a decisive part of the research are his personal work, conducted and directed by his supervisor, Prof. Totev . Evidence of the above statement is two independent publications of the doctoral student.

7. Evaluation of the publications on the dissertation

The results of the research are presented in six publications, two of which are independent, and in four the doctoral student is the first author. In my opinion, the publications fully reflect the research conducted and the main results obtained in the dissertation and create sufficient visibility of the research. Additionally, the doctoral student has attached a list of twenty-one publications on topics similar to those on the topic of the dissertation.

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

As mentioned above, the results of the research have found concrete and real practical application. In this sense, the presented dissertation is largely unique, as it concerns the application of results of theoretical research on the construction and modes of operation of large-scale engineering facilities.

The dissertation presents the results of the implementation of several research contracts. The author has been an active participant in these contracts. All tasks were highly appreciated by the contracting authority, as they have found successful application in the operation of the facilities, and the presented theoretical material is a good basis for further deepening of the applied approach in conducting such research.

The doctoral student is also actively involved in teaching, respectively. The knowledge and research experience gained by him will be useful for students studying in the disciplines "Fuel technologies in heat energy" and "Energy steam generators" at TU-Sofia.

9. Assessment of the conformity of the abstract with the requirements for its preparation.

The presented abstract is in a volume of 32 pages of text, structured in 8 chapters. A total of 158 literary sources are indicated, of which: 47 in Cyrillic and 111 in Latin.

The abstract reflects the content of significant points of the dissertation; the requirements are met in accordance with the template for the preparation of abstracts of dissertations, listed on the site "Development of the AC - Working Papers".

10. Opinions, recommendations and notes.

The presented material has the qualities of completed scientific work; the results achieved by the author are important and contain a significant contribution leading to the real reduction of emissions from the effective utilization of lignite coal from the complex "Maritsa East" in powerful energy steam generators.

I know personally the doctoral student from our joint work in the Department of Thermal Power and Nuclear Energy. My personal impression is entirely positive. He is correct and well-meaning in his relations with his colleagues, and attentive and responsive with his students.

11. Conclusion

I believe that the dissertation submitted to me for review meets the requirements and criteria for obtaining the ESD "Doctor". My assessment of the research and the results achieved is entirely positive.

In view of the above, I propose that the scientific jury in the procedure to award ESD "Doctor" to M.Sc. Borislav Lyubenov Angelov in professional direction 5.4. Energy, Specialty Energy Conversion Technologies and Systems.

Date: 28.04. 2021

Reviewer

/Prof. Dimityr Popov Ph.D. /