

ТЕХНИЧЕСКО УЧИЛИЩЕ  
ФУНДАЦИЯ "ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ"  
№: 179  
дата: 23.02.21

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.4 „Енергетика“ по докторска програма „Енергопреобразуващи технологии и системи“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Никола Емилов Байкалов

Научен Ръководител: доц. д-р инж. Борислав Игнатов

Тема на дисертационния труд: „Анализ на пусковите режими на котли изгарящи лигнитни въглища, с цел повишаване на тяхната експлоатационна и екологична сигурност“

Рецензент: проф. д-р инж. Тотю Тотев, ТрУ – Стара Загора

**1. Актуалност на разработвания дисертационен труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в материала.**

В представения труд задълбочено се разглеждат проблеми при експлоатацията на енергийните котли оползотворяващи българските лигнитни въглища от басейна „Марица Изток“ и по конкретно тези на територията на ТЕЦ „Марица Изток 2“. Имайки предвид, че тази централа е структуроопределяща за българската електроенергийна система, а от там и за българската индустриална, битова и социална инфраструктура, прави това разглеждане значимо и важно.

Наред с дългосрочните задължения към страната ни за сигурното задоволяване потребностите на обществото с нужната електрическа енергия, енергетиците от тази централа, трябва да изпълняват и непрекъснато нарастващите екологични изисквания на това производство.

В представената дисертационна работа се разглежда един малък (като отрязък от време) период от експлоатацията на енергийните блокове, а именно преходните пускови режими на енергийните котли. На фона на средногодишната натовареност на блоковете от около 7000 часа, период от около 10-12 часа, за един пуск на един котел не изглежда дълъг период от време, но този период е изпълнен със значими и сложни нестационарни процес, които оказват съществено влияние върху всички материали, водят до екстремни натоварвания на голяма част от системите, а и предизвикват не малки замърсявания на околната среда.

Всички тези аспекти са обект на изследване в представената дисертационна работа от инж. Байкалов, което го прави актуален за нашето време.

Изпълняваната проектна схема за пускане на енергийните котли с мазут, към настоящия момент се заменя с такава, използваща природен газ. Повърхностно погледнато, това

изглежда не много сложно и някак си тривиално, но в действителност поставя много технологични, надеждности, екологични и не на последно място финансови въпроси. Именно тази цел си е поставил колегата Байкалов, която според мен много добре е дефинирал в т.2. на Глава Първа: **Да бъде оценено поведението на енергийните парогенератори, изгарящи нискокачествени лигнитни въглища, при промяна на разпалващото гориво (от мазут на природен газ), с помощта на ефективности, експлоатационно-надеждности и екологични критерии.**

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

Дисертабилната теза е разработена в материал от 155 страници, включващи Въведение, Пет глави, Заключение и Използвана литература от 156 заглавия, от които 96 са на латиница.

Колегата Байкалов е показал много добро познаване на различните системи в енергийните парогенератори, които изследва, което е задължителна предпоставка за успешното анализиране на проблемите при подмяната на горивото в процеса на въвеждането в нормална експлоатация на котлите. На основата на статистически данни, отчитайки спецификата на двата вида котли в централата – ПК-38-4 и П-62, са определени броя на различните пускови, разходът на течено гориво за тях, основните експлоатационни проблеми, които възникват във въздухоподгревателите им.

В Трета глава, на основата на стехиометрично-аналитични изчисления са пресметнати количествата емитирани емисии от  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и прахови такива за времето на пуска. В тази част бих искал да посоча известни неточности във формули 3.4, 3.8 и 3.13.

Глава Четвърта е разработена много стойностно. Определянето на точката на оросяване на водните пари в различните етапи на пусковите режими е много съществен научно-приложен принос към работата. С отчитането и на степента на температурна неравномерност на димните газове се придава и допълнителна практическа стойност.

Приложната стойност, на настоящия дисертационен труд, се засилва и от факта, че в Глава пета са предложени нови или по-точно казано, коригирани действия към сега съществуващите пускови алгоритми на енергийните котли.

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

Както бе казано по-горе, целта е много ясно поставена и по своята същност тя е дисертабилна. Средствата, които използва инж. Байкалов са свързани с аналитични зависимости, натурни изпитания и цифрово симулационно моделиране. Използването именно на съвременни изследователски похвати, като симулационното моделиране, е дало възможност за идентифицирането на проблемите свързани с ниските температури в пешната камера при изгарянето на природна газ. Това е довело до коригиращи действия с намаляването на организирано подавания въздух и от там към нормализирането на пусковия режим на газ.

Симуляционното моделиране на потока от димни газове е разкрило и други проблеми по сега съществуващата конструкцията на въздухоподгревателя:

- наличието на неравномерност още в газохода преди вертикалните кубове на подгревателя, а в следствие тази неравномерност се пренася на следващите участъци от ИВП;
- в близост до стената на ИВП от страната към входа (Фиг.5.19.), скоростите са под 1 m/s и се запазват такива до около 1 – 1,5 m навътре в газохода. Практиката показва, че именно в този участък се отлагат най-напред пепел и прах;
- при преминаването на димни газове през ИВП с по-ниска скорост и по-висока концентрация на влага и пепел, то вероятността от кондензация, полепване и отлагане на пепелта при подходящи условия (ниска температура на въздуха на входа) е по-голяма.

Впечатлението ми, от средствата които използва колегата Байкалов, е че той задълбочено познава технологичните особености на системите, умело извлича полезна информация от получените резултати и успява да я обобщи в полезни крайни оценки.

#### **4. Научни и/или научноприложни приноси на проекта за дисертационния труд.**

В заключителната част на дисертацията, докторантът е посочил и своите претенции за известни приноси, които биха могли да бъдат отнесени към категориите: Научно-приложни приноси (4 броя) и Инженерно-приложни такива (4 броя).

Аз приемам така дефинираните претенции, за адекватни, като бих отбелязал, че по-значимите от научно-приложните са:

1. Аналитично е определена точката на оросяване на димните газове при изгаряне на мазут марка 20, природен газ, както и при едновременното изгаряне на природен газ и лигнитни въглища (в различно съотношение);
2. Въведен е критерий за безопасна работа на въздухоподгревателя, а именно: минимална температура на въздуха на входа му, при изгаряне на различни горива (мазут марка 20, природен газ, едновременно изгаряне на природен газ и лигнитни въглища в различни съотношения);
3. Създаден е цифров симулационен модел на работата на повърхностен въздухоподгревател на мощен правотоков енергиен котел. С получените резултати са локализирани най-застрашените повърхности за възникване на нискотемпературна сярна корозия. Резултатите от модела са валидирани с натурни изпитания.

А от приложните приноси, отдавам най-голямо значение на:

1. Създаден е изцяло нов алгоритъм за въвеждане в експлоатация на котел тип ПК 38-4 при използването на природен газ, като разпалващо гориво, при който се намалява до минимум вероятността от нискотемпературна сярна

корозия, при който се следи с каква температура се подава въздуха за подгриване в изнесенния въздухоподгревател в зависимост от изгаряното гориво и от етапа на който е процесът.

#### **5. Преценка на публикационната дейност.**

Резултатите от досегашните изследвания са представени в 11 бр. научни публикации, които са основно в съавторство. Преимуществено публикациите са представени на ежегодното провеждащия се „Енергийния Форум“, както и на конференцията на ЕМФ на ТУ-София в Созопол. 3 от публикациите са след времето на неговото зачисляване като свободен докторант в катедра „Енергетика“ на ФТТ. Едната е самостоятелна.

Инж. Байкалов е разпознаваем специалист за българската професионална гилдия, работеща в сферата на енергетиката.

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

От представеният материал, както и от познанството ми с маг. инж. Никола Байкалов, мога да споделя, че той е в състояние ясно да формулира определен технологичен проблем, да подбере методите и средствата за изследването му и въз основа на получените резултати да предложи мерки за решението му.

Като обобщение мога да изразя моята положителни оценки за представения дисертационен труд, а отделни критични забележки съм посочил в отделните части на рецензията.

Представеният Автореферат отразява най-съществените моменти от дисертацията, което го прави представителен за този труд.

#### **7. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка за дисертационния труд.**

Считам, че представения труд е с актуална тематика и е реализиран на достатъчно високо ниво. Имайки предвид, че и отговаря на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРРАСРБ и „Правилника за развитие на академичния състав в Тракийския Университет“, му давам обща положителна оценка. Предлагам на уважаемите членове на научното жури да гласуват, на маг. инж. Никола Байкалов да бъде присъдена образователната и научна степен „ДОКТОР“ по докторска програма „Енергопреобразуващи технологии и системи“, в Професионално направление 5.4. Енергетика, Област на висшето образование и инженерни науки.

Дата: 23.02.2024 г.

Изготвил рецензията:

/проф. д-р инж. Т. Тотев/

НАЦИОНАЛЕН УНИВЕРСИТЕТ "СВ.КИРИЛ И МЕТОДИЙ" ПЛОВДИВ	
№	179
Дата	23.02.24

## REVIEW

on a dissertation for the degree of PhD in the scientific area 5. Technical sciences, professional area 5.4 "Power Engineering", doctoral programme "Energy conversion technologies and systems"

Dissertation author: Dipl. Eng. Nikola Emilov Baykalov

Scientific Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Eng. Borislav Ignatov

Dissertation topic: '**Analysis of start-up modes of lignite-fired boilers in order to increase their operational and environmental safety**'

Member of the scientific jury: **Prof. Dr. Eng. Totyo Ivanov Totev**

### **1. Relevance of the developed problem in scientific and scientifically applied aspects. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation.**

In the presented work the problems in the operation of the power boilers firing Bulgarian lignite from the "Maritsa East" basin and more specifically those on the territory of TPP "Maritsa east 2" are thoroughly examined. Taking into account that this plant is structurally relevant for the Bulgarian electricity system, and therefore for the Bulgarian industrial, domestic and social infrastructure, makes this work significant and important.

Alongside the long-term obligations to securely provide the electricity needs of society, the plant's personnel must also meet the ever-increasing environmental demands associated with this generation.

The dissertation presented here addresses a small (in terms of time span) period of the power unit operation, namely the transient start-up modes of the power boilers. Against the average annual workload of the units of about 7000 hours, a period of about 10-12 hours, for a single start-up of a boiler does not seem like a long period of time, but this period is fraught with significant and complex non-stationary process that have a significant impact on all materials. lead to extreme loads on a large part of the systems, and cause no small environmental pollution.

All these aspects are the subject of interest in the presented thesis by Eng. Baykalov, which makes it relevant for our time.

The design scheme for the start-up of the oil-fired power boilers is currently being replaced by one using natural gas. On the surface this does seem somewhat trivial and not very complicated, but in reality it raises many technological, reliability, environmental and last but not least financial issues. This is precisely the objective that Eng. Baikalov has set himself, which I think he has defined very well in Chapter One, Section 2: To evaluate the behaviour of power steam generators firing low-quality lignite when changing the start-up fuel (from fuel oil to natural gas) using efficiency, operational, reliability and environmental criteria.

## **2. Degree of knowledge regarding the topic and creative interpretation of the literary material.**

The thesis is developed in 155 pages including an Introduction, Five Chapters, a Conclusion and References of 156 titles of which 96 are in Latin.

The author has shown a very good knowledge of the different systems in the power steam generators he investigated, which is a prerequisite for the successful analysis of the fuel replacement problems in the process of bringing boilers into normal operation. On the basis of statistical data, taking into account the specifics of the two types of boilers in operation - PK-38-4 and P-62, the number of different start-up, the consumption of liquid fuel, the main operational problems that occur in their air heaters are determined.

In Chapter Three, on the basis of stoichiometric-analytical calculations, the quantities of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and particulate emissions emitted during the start-up period are calculated. In this section I would like to point out some inaccuracies in formulae 3.4, 3.8 and 3.13.

Chapter Four has been developed very substantially. The determination of the dew point of water vapour at different stages of the start-up regimes is a very significant scientific and applied contribution to the work. The consideration of the degree of flue gas temperature non-uniformity also adds further practical value.

The applied value of this dissertation is enhanced by the fact that Chapter 5 proposes new or, to be more precise, corrective actions to the existing start-up algorithms of power boilers.

## **3. Concordance between the chosen research methodology and objectives and tasks of the dissertation with the achieved contributions.**

As stated previously, the goal is very clearly stated and it is inherently dissertable. The means used by Eng. Baykalov are related to analytical dependencies, on-site tests and numerical simulation modelling. It is the use of modern research techniques, such as simulation modelling that has enabled the identification of the problems associated with the low temperatures in the combustion chamber during operation with natural gas. This has led to corrective actions, i.e. the reduction of the organized air supply leading the normalization of the gas start-up regime.

Simulation modelling of the flue gas flow has revealed other problems with the current air heater design:

- the presence of non-uniformity already in the flue gas upstream of the vertical tubes, and subsequently this non-uniformity is carried over to the downstream sections of the air heater;
- near air heater's inlet side wall (Fig. 5.19), velocities are below 1 m/s and remain so until about 1 - 1.5 m along the gas duct. Practice shows that it is in this section that ash and dust are deposited first;
- when flue gases pass through the air heater at lower velocities and higher moisture and ash concentrations, the likelihood of condensation, adhesion and ash deposition is greater under suitable conditions (low inlet air temperature).

My impression from the tools used by Eng. Baykalov is that he has a thorough knowledge of the technological features of the systems, skillfully extracts useful information from the obtained results and manages to summarize it into useful final evaluations.

#### **4. Scientific and/or applied contributions of the thesis.**

In the final part of the dissertation, the PhD student has also indicated his claims for certain contributions that could be attributed to the categories of Scientific-Applied contributions (4) and Engineering-Applied contributions (4).

I accept the defined claims as adequate, noting that the more significant of the scientific and applied claims are:

1. The dew point of the flue gas is analytically determined for the combustion of fuel oil brand 20, natural gas, and for the simultaneous combustion of natural gas and lignite (in different proportions);

2. A criterion for safe operation of the air heater is introduced, namely: minimum air temperature at its inlet, when firing different fuels (fuel oil mark 20, natural gas, simultaneous combustion of natural gas and lignite in different proportions);

3. A numerical simulation model of the operation of a surface air heater of a once-through power boiler was created. With the obtained results the most endangered surfaces for the occurrence of low-temperature sulfur corrosion are identified. The model results are validated with on-site tests.

And for the applied contributions, I give the most importance to:

1. A completely new algorithm for commissioning of boiler type PK 38-4 using natural gas as an start-up fuel has been created, which minimizes the probability of low-temperature sulphur corrosion, which monitors the temperature of the preheated air in the air heater depending on the fuel type and the stage of the process.

#### **5. Assessment of publication activity.**

The results of the research are presented in 11 scientific publications, which are mainly co-authored. Mostly the publications were presented at the annual "Energy Forum" and at the conference of the FPEPM at TU-Sofia in Sozopol. Three of the publications were published after the time of his enrolment as a free PhD student in the Power Engineering Department at FTT faculty. One paper is sole authored.

Eng. Baykalov is a recognizable specialist for the Bulgarian professional guild working in the field of power engineering.

#### **6. Opinions, recommendations and comments.**

From the material presented, and from my acquaintance with Dipl. Eng. Nikola Baykalov, I can state that he is able to clearly formulate a certain technological problem, to select the methods and means for its investigation and, based on the results obtained, to propose measures for its solution.

As a summary, I can express my positive evaluations of the presented thesis, and I have indicated individual critical remarks in the separate parts of the review.

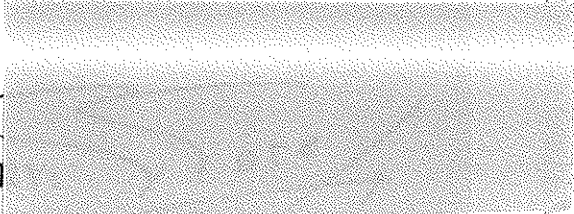
The presented Abstract reflects the most significant points of the dissertation, which makes it representative of this work.

**7. Conclusion with a clear positive or negative evaluation of the dissertation.**

I believe that the presented work is relevant and has been implemented at a sufficiently high level. Taking into account that it meets the requirements of the Law on Academic Staff Development at the Trakia University – Stara Zagora, I give it an overall positive evaluation. I propose to the esteemed members of the scientific jury to vote Dipl. Eng. Nikola Baykalov to be awarded the educational and scientific degree "PhD" in the doctoral programme "Energy Conversion Technologies and Systems", in the Professional area 5.4. Power Engineering, Scientific area 5. Technical Sciences.

Date: 23.02.2024

MEMBER OF THE JURY

  
/Prof. Dr. Eng. Totyo Totev/