



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд:	маг. инж. Иван Антонов Петров
Тема на дисертационния труд:	Възможности за повишаване ефективността на горене на инжектирана завъртяна струя.
Научна област:	5. Технически науки
Професионално направление:	5.4. Енергетика
Докторска програма:	Теоретична топлотехника
Рецензент:	проф. д-р инж. Ангел Костадинов Терзиев

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

Разработваният в дисертационния труд проблем е актуален в научноприложно и инженерноприложно отношение, тъй като е насочен към повишаване ефективността на горивните процеси и ограничаване на генерираните вредни емисии – въпроси с трайна значимост за съвременната енергетика и топлотехника.

Изследването на инжектирани завъртяни струи има важно място при анализа и проектирането на вихрови горелки, като влиянието на режимните и конструктивните параметри върху смесообразуването, стабилността на горене и топлообмена все още не е напълно изяснено. В този смисъл темата на дисертационния труд притежава научна актуалност, особено по отношение на газодинамиката в ограничено пространство и при изследване на началния участък на факела.

Научноприложната значимост на труда се обуславя от изграждането на експериментална инсталация, провеждането на целенасочени експериментални изследвания и използването на регресионен анализ за обработка на получените резултати. Съчетаването на експериментални и числени изследвания, както и последваща валидацията на числените модели, представляват силна страна на работата, макар че обхватът на изследваните режими и параметри би могъл да бъде допълнително разширен.

Изследването на влиянието на топлинния поток през стените на смесителната камера върху образуването на въглеродни оксиди е в съответствие с актуалните екологични изисквания и придава допълнителна приложна стойност на резултатите.

Като цяло проблемът може да бъде оценен като високо актуален, както на съответното научно ниво за придобиване на о.н.с. „доктор“, така и на приложно-

инженерно ниво, като целта и поставените задачи са релевантни и добре насочени, въпреки възможностите за по-нататъшно задълбочаване на изследванията.

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

От представените материали се установява, че използваната и анализирана литература в дисертационния труд обхваща 175 библиографски източника, от които 8 са уеб-базирани. 61 от цитираните източници са на кирилица, което свидетелства за добро познаване и използване на регионалната и националната научна продукция. Следва да се отбележи, че над 30 % от използваните литературни източници са публикувани след 2020 г., което показва целенасочено запознаване на докторанта със съвременното състояние на научните изследвания, както и с актуалните експериментални и числени методи за анализ на завъртани струи с приложение в горивната техника.

Структурата на дисертационния труд е логически последователна и балансирана. Основните части на работата са добре балансирани, като първа и втора глава, в които се извършва литературният обзор и се дефинират целта и задачите на изследването, са с относително по-голям обем, което е обосновано с оглед поставяне на теоретичната и методологична рамка на дисертационния труд. Работата е структурирана в седем глави, включващи увод, анализ на съвременното състояние на изследваната проблематика, числени и експериментални изследвания, включително прилагане на регресионни анализи, както и формулиране на предложения за практическо приложение на получените резултати в реални горивни системи.

Извършеният критичен анализ показва, че докторантът е запознат в детайли със спецификите на използваните устройства за генериране на завъртани струи, като поведението на струята е анализирано по отношение на ъгъла на наклона на дюзите, дължината на смесителния тракт и топлинното натоварване. Докторантът демонстрира задълбочени познания по изследваната тематика и е формулирал ясно и коректно целта и задачите на дисертационния труд, които последователно са решени в хода на изложението.

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

Избраната методика на изследване в дисертационния труд е адекватна и в пълно съответствие с формулираната цел и поставените задачи, като се отличава с последователност, комплексност и логическа обвързаност между теоретичните постановки, експерименталните изследвания и численото моделиране.

Може да се заключи, че използваната методика, базирана на съчетаване на теоретичен анализ, експериментални изследвания, регресионен анализ и числено моделиране, е последователно приложена и напълно съответства на целта и задачите на дисертационния труд. Този комплексен подход осигурява надеждност на получените резултати и създава условия за тяхното практическо приложение.



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

Представената докторска дисертация е в обем от 153 страници и включва въведение, седем глави, заключение, в т.ч. изводи и приноси на дисертационния труд, както и списък на използваната литература.

Въведението коректно обосновава актуалността на разглежданата проблематика в контекста на глобалните енергийни и екологични предизвикателства и необходимостта от повишаване на ефективността на горивните системи. Представен е широк научен и приложен контекст, като акцентът върху ролята на газодинамиката и химичната кинетика при генерирането на вредните емисии е уместен. Изложението обаче е по-скоро обобщаващо и на места описателно, като би могло да бъде по-силно фокусирано върху конкретния научен проблем, свързан със завъртяните струи и то с фокус приложение в горивните устройства. В заключителната част ясно е очертан обхватът на дисертационния труд и използваният комплексен подход, което осигурява логичен преход към формулирането на целта и задачите на изследването.

В **първа и втора** глава е изградена необходимата теоретична, методологична и изследователска основа на дисертационния труд. Направен е обзор на екологичните и икономическите аспекти на газогорелъчните устройства, на процесите на горене и на основните конструктивни решения при инжекционните горелки, като изложението има предимно обзорец характер. Анализът на предишните разработки на изследователския колектив и на влиянието на конструктивните и режимните параметри върху ефективността на горене аргументира избора на изследваната конфигурация и параметри. Двете глави логически обосновават формулирането на изследователския проблем и необходимостта от по-задълбочени експериментални и числени изследвания, реализирани в следващите части на дисертационния труд.

В **глава трета** са представени системата уравнения в механиката на флуидите и използваните модели на турбулентност, необходими за затваряне на системата уравнение при описване на процесите при турбулентни завъртени струи. Изложението осигурява теоретичната основа за последващите числени изследвания, като изборът и обосновката на приложените турбулентни модели са съобразени със спецификата на разглежданите струйни течения и с целите на дисертационния труд. Посочени са ограниченията на представени модели на турбулентност, предвид спецификите на изследваните струи.

В **глава четвърта** е реализиран факторен експеримент и регресионен анализ за оценка влиянието на основни конструктивни и режимни параметри върху ефективността на горелка с инжектирана завъртяна струя, като приложената методика е коректна и съобразена с поставените цели. Изборът на пълен факторен експеримент от тип 2^4 с дублиране на опитите позволява едновременното изследване на основните ефекти и част от факторните взаимодействия, което представлява съществен принос с оглед ограничаване на експерименталния ресурс. Получените регресионни модели дават количествена оценка за относителната



значимост на параметрите, като е показано доминиращото влияние на ъгъла на наклон на газовите дюзи върху коефициента на полезно действие и геометрията на факела. В същото време, използването на двустепенен план ограничава анализа до локална област и не позволява по-задълбочено разглеждане на нелинейни ефекти, което представлява известно ограничение на подхода. Въпреки това, главата осигурява надеждна експериментална основа за избор на рационални параметри на горивното устройство и представлява важен междинен резултат, подпомагащ последващите експериментални и числени изследвания в дисертационния труд.

Глави 5 и 6 на дисертационния труд представят последователен подход към изследването на завъртени струи, комбиниращ добре структурирани експериментални изследвания и числено моделиране чрез CFD. В глава 5 се демонстрира прецизно измерване на аксиалната и тангенциалната компонента на скоростта с тръба на Прандтл и триканална сонда, като методиката включва внимателен контрол на ъглите на наклон на дюзите и различните диаметри, което осигурява надеждни данни за степента на въртене и структурата на течението. Глава 6 допълва този подход чрез числено моделиране в Ansys CFX, което позволява визуализация на токовите линии, предсказване на циркулационните зони и валидиране на резултатите спрямо експерименталните данни. Съпоставката между натурни и числени резултати показва добро съвпадение, въпреки известни разлики при големи ъгли на наклон, което подчертава влиянието на турбулентни пулсации и ограниченията на изотермичните условия. Впечатляващи са усилията за детайлно определяне на гранични условия, ориентация на сондите и обработка на данните, но липсата на включване на топлинни ефекти и динамични взаимодействия ограничава приложимостта на резултатите за реални горивни системи. Въпреки това, интеграцията на експеримент и CFD предоставя ценна основа за оптимизация на инжекционни и горивни устройства, демонстрирайки научната и практическа стойност на труда.

Глава 7 представя количествен анализ на горивния процес чрез числено моделиране с Ansys CFX, като са оценени температурните разпределения и масовите концентрации на CO и CO₂ при различни стойности на коефициента на топлопредаване α и ъгли на наклон на дюзите (30°, 45°, 60°) с диаметър $d = 0,8$ mm. Резултатите показват, че високотемпературното ядро във факела се формира предимно в зоната 150–300 mm по дължина на смесителната камера и че увеличаването на α намалява температурата в тази зона. Концентрацията на CO₂ се увеличава при ъгъл $\beta = 45^\circ$, което съвпада с оптимална степен на въртене на струята, а промяната на топлоотвеждането през стените влияе чувствително върху температурата и емисиите. Осреднените стойности от експериментални измервания потвърждават тенденциите от числените симулации, като средноквадратичните отклонения остават в допустими граници. Тези количествени резултати позволяват да се направят препоръки за оптимизация на геометрията и охлаждането на горивната камера с цел пълнота на горене и минимизиране на вредни емисии.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Определям приносите в докторската работа като научно-приложни и инженерно-приложни. Те могат да се обобщят както следва:

Научно-приложни приноси:

- Разработен е комплексен подход за изследване на завъртяно струйно течение в ограничено цилиндрично пространство чрез комбиниране на експериментални изследвания и числени симулации (CFD), базирани на предварителен регресионен анализ. Този подход позволява едновременно количествено и качествено оценяване на динамиката на завъртяните течения, което е научно значимо и приложимо за оптимизация на горивните камери.
- Проведена е верификация и валидация на числените модели чрез натурни експериментални данни, което доказва надеждността на използваните програмни продукти за конкретния случай на завъртяно струйно течение.
- Изследвано е влиянието на преноса на топлина през ограждащите повърхности върху ефективността на горивния процес и топло- и масообмена, като са получени нови количествени данни за формиране на високотемпературното ядро във факела.
- Анализирано е въздействието на завъртяното течение върху образуването на въглеродни оксиди (CO и CO_2), което допринася за научното разбиране на зависимостите между турбулентност, степен на въртене и емисии.

Инженерно-приложни приноси:

- Определени са оптимални параметри на дюзите, включително ъгъл на наклон и диаметър, с цел повишаване на масо- и топлообмена в смесителната вихрова камера. Тези резултати предоставят конкретни инженерни решения за проектиране и оптимизация на горивни устройства.
- Разработен е симулационен алгоритъм за управление на горивния процес, който може да бъде приложен при проектиране или реконструкция на горивни системи, осигурявайки баланс между пълнота на горене и минимизиране на вредни емисии.

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

Познавам маг. инж. Иван Петров от обучението му в магистърска програма „Топлотехника“ в ТУ – София. Той се отличаваше с усърдие и активно участие при изпълнението на екипни задачи. Кандидатът притежава необходимия потенциал за успешно разработване на докторската дисертация под компетентното ръководство на своя научен ръководител. Доказано е, че са изпълнени и образователната, и научната компонента за разработване на докторантурата. Усъвършенстването му в областта на завъртените струи и численото моделиране ще бъде ценно за бъдещата му преподавателска и изследователска дейност.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Дисертантът представя списък от шест публикации. Една от тях е самостоятелна и е публикувана в международното списание *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, което се класифицира в квартил Q3 с индекс SJR 0,387.



Останалите пет публикации са представени на престижни научни форуми в страната. Според моето мнение, тези трудове са достигнали до научната общност както у нас, така и в чужбина.

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

Резултатите от дисертационния труд на маг. инж. Иван Петров имат ясно изразен научно-приложен и инженерно-приложен характер. Те предоставят валидирани числени и експериментални данни за завъртени струйни течения, температурни полета и емисии, които могат да се използват при проектиране и оптимизация на горивни и смесителни камери, както и за редуциране на вредните емисии. Получените методики и модели имат потенциал за приложение както в индустриалната практика, така и в академичното обучение, като осигуряват основа за по-нататъшни изследвания и иновации в областта на динамиката на флуидите и горивните процеси.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му

Представеният автореферат е изготвен в съответствие с изискванията на действащата закона и нормативна уредба. Съдържанието му съответства на дисертационния труд и точно отразява основните резултати от проведените изследвания. Резюмето е с обем 33 страници, вкл. графичен материал.

10. Мнения, препоръки, бележки.

Дисертационният труд на маг. инж. Иван Петров е изпълнен на високо научно и инженерно ниво. Използваните експериментални и числени методи са подходящо съчетани, а резултатите са ясно представени чрез графики, таблици и визуализации, което осигурява тяхната достоверност и приложимост. Авторът демонстрира задълбочено познаване на динамиката на завъртените струи, топлопредаването и влиянието им върху горивните процеси и емисиите.

Препоръчително е за бъдещи изследвания да се разгледа:

- Влиянието на различни видове горива и смеси върху динамиката на завъртените струи и образуването на емисии;
- Разширяване на числените модели с отчитане на нестационарни и пулсационни ефекти в горивната камера;
- Провеждане на допълнителни верификационни експерименти при различни геометрии и гранични условия за повишаване на универсалността на предложените методики.

Забележки относно оформлението и представянето на резултатите:

- Литературните източници са групирани по азбучен ред на авторите, а не последователно в текста, което затруднява проследяването им;
- Липсват дименсиите на променливите в списъка на използваните променливи, въпреки че в текста се споменават;



- Някои фигури нямат посочени имена и легенди;
- В глава 2 се прави анализ на видовете горелки, но би било полезно да се представи обобщение в табличен вид;
- Срещат се терминологични неточности, напр. „топлопроводост“ вместо „коэффициент на теплопроводност“; посочен е „коэффициент на инжекция“, което най-вероятно е правописна грешка;
- Фигури от 4.4 до 4.11 са бегло коментирани и резултатите от тях не са подробно анализирани;
- В глава 6 не е посочено дали е достигната независимост на численото решение от гъстотата на изчислителната мрежа; не е обяснено как е реализирано омрежаването на модела с оглед специфичните зони на разпространение на завъртяната струя.

Въпреки горепосочените забележки, настоящият труд предоставя солидна основа за научна и инженерна практика, както и за последваща академична и изследователска дейност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд на маг. инж. Иван Петров представлява значим научно-приложен принос чрез комбиниране на експериментални и числени методи за изследване на завъртени струйни течения, топлопреносни процеси и емисии. Въпреки някои забележки по оформление и терминология, трудът е добре структуриран и осигурява основа за бъдеща научна и изследователска дейност. Той отговаря на Закона за развитие на академичния състав, правилника за приложение и ПУДТУС, което ме води до положителна оценка и предложение за присъждане на **ОНС “Доктор”** на **маг. инж. Иван Антонов Петров** в област **5. Технически науки**, професионално направление **5.4. Енергетика**, Докторска програма: **Теоретична Топлотехника**.

16.12.2025
София

Рецензент:
/проф. д-р инж. Ангел Терзиев/



REVIEW

on a dissertation for the acquisition of an educational and scientific degree of "doctor"

Author of the dissertation:	M.Eng. Ivan Antonov Petrov
Topic of the dissertation:	Possibilities for increasing the combustion efficiency of an injected swirling jet.
Scientific field:	5. Engineering sciences
Professional filed:	5.4. Energetics
Doctoral program:	Theoretical heating technology
Reviewer:	Prof. Angel Kostadinov Terziev, Ph. D

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

The problem developed in the dissertation is relevant in applied science and engineering, as it is aimed at increasing the efficiency of combustion processes and limiting the generated harmful emissions - issues of lasting importance for modern energy and heat engineering.

The study of injected swirling jets has an important place in the analysis and design of vortex burners, as the influence of regime and design parameters on mixture formation, combustion stability and heat transfer has not yet been fully clarified. In this sense, the topic of the dissertation is of scientific relevance, especially with regard to gas dynamics in a confined space and in the study of the initial section of the torch.

The applied science significance of the work is determined by the construction of an experimental installation, the conduct of targeted experimental studies and the use of regression analysis to process the results obtained. The combination of experimental and numerical studies, as well as the subsequent validation of the numerical models, represent a strong point of the work, although the scope of the studied regimes and parameters could be further expanded.

The study of the influence of the heat flow through the walls of the mixing chamber on the formation of carbon oxides is in accordance with current environmental requirements and gives additional applied value to the results.

Overall, the problem can be assessed as highly relevant, both at the relevant scientific level for obtaining a PhD, and at the applied engineering level, as the goal and the tasks set are relevant and well-targeted, despite the possibilities for further deepening the research.

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

From the presented materials, it is established that the literature used and analyzed in the dissertation work covers 175 bibliographical sources, of which 8 are web-based. 61 of the

cited sources are in Cyrillic, which indicates good knowledge and use of regional and national scientific production. It should be noted that over 30% of the literary sources used were published after 2020, which indicates a targeted familiarization of the doctoral student with the current state of scientific research, as well as with the current experimental and numerical methods for the analysis of swirling jets with application in fuel technology.

The structure of the dissertation work is logically consistent and balanced. The main parts of the work are well balanced, with the first and second chapters, in which the literature review is carried out and the goal and objectives of the study are defined, being of relatively larger volume, which is justified in view of setting the theoretical and methodological framework of the dissertation work. The work is structured in seven chapters, including an introduction, an analysis of the current state of the research problem, numerical and experimental studies, including the application of regression analyses, as well as the formulation of proposals for the practical application of the obtained results in real fuel systems.

The critical analysis performed shows that the doctoral student is familiar in detail with the specifics of the devices used for generating rotated jets, as the behavior of the jet is analyzed in terms of the angle of inclination of the nozzles, the length of the mixing tract and the thermal load. The doctoral student demonstrates in-depth knowledge of the research topic and has clearly and correctly formulated the goal and tasks of the dissertation work, which are consistently solved in the course of the presentation.

3. Compliance of the chosen research methodology with the set goal and objectives of the dissertation work

The selected research methodology in the dissertation is adequate and in full accordance with the formulated goal and the tasks set, and is distinguished by consistency, complexity and logical connection between theoretical statements, experimental studies and numerical modeling.

It can be concluded that the methodology used, based on a combination of theoretical analysis, experimental studies, regression analysis and numerical modeling, is consistently applied and fully corresponds to the goal and tasks of the dissertation. This complex approach ensures the reliability of the results obtained and creates conditions for their practical application.

4. A brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are built

The presented doctoral dissertation is 153 pages long and includes an introduction, seven chapters, a conclusion, including outputs and contributions of the dissertation work, as well as a list of used literature.

The introduction correctly justifies the relevance of the issue under consideration in the context of global energy and environmental challenges and the need to increase the efficiency of fuel systems. A broad scientific and applied context is presented, with the emphasis on the role of gas dynamics and chemical kinetics in the generation of harmful emissions being appropriate. However, the presentation is rather generalizing and in places descriptive, and could be more strongly focused on the specific scientific problem

related to the rotating jets, with a focus on application in fuel devices. In the final part, the scope of the dissertation work and the complex approach used are clearly outlined, which provides a logical transition to the formulation of the goal and objectives of the study.

The **first** and **second** chapters provide the necessary theoretical, methodological and research basis for the dissertation. An overview of the environmental and economic aspects of gas combustion devices, combustion processes and the main design solutions for injection burners is provided, with the presentation being primarily of an overview nature. The analysis of the previous developments of the research team and the influence of design and operating parameters on combustion efficiency justifies the choice of the studied configuration and parameters. The two chapters logically justify the formulation of the research problem and the need for more in-depth experimental and numerical studies, implemented in the following parts of the dissertation.

In the **third** chapter, the system of equations in fluid mechanics and the turbulence models used are presented, necessary for closing the equation system when describing the processes in turbulent swirling jets. The presentation provides the theoretical basis for subsequent numerical studies, as the selection and justification of the applied turbulent models are consistent with the specifics of the considered jet flows and with the goals of the dissertation. The limitations of the presented turbulence models are indicated, given the specifics of the studied jets.

In chapter **four**, a factorial experiment and regression analysis are implemented to assess the influence of basic design and regime parameters on the efficiency of a burner with an injected rotating jet, as the applied methodology is correct and consistent with the set goals. The choice of a full factorial experiment of type 24 with duplication of trials allows for the simultaneous study of the main effects and part of the factor interactions, which is a significant contribution in terms of limiting the experimental resource. The obtained regression models provide a quantitative assessment of the relative importance of the parameters, showing the dominant influence of the angle of inclination of the gas nozzles on the efficiency and the geometry of the torch. At the same time, the use of a two-stage design limits the analysis to a local area and does not allow for a more in-depth consideration of nonlinear effects, which is a certain limitation of the approach. However, the chapter provides a reliable experimental basis for the selection of rational parameters of the combustion device and is an important intermediate result supporting subsequent experimental and numerical studies in the dissertation work.

Chapters **5** and **6** of the dissertation work present a consistent approach to the study of swirling jets, combining well-structured experimental studies and numerical modeling using CFD. Chapter 5 demonstrates precise measurement of the axial and tangential velocity components with a Prandtl tube and a three-channel probe, the methodology including careful control of the nozzle inclination angles and different diameters, which provides reliable data on the degree of rotation and the flow structure. Chapter 6 complements this approach by numerical modeling in Ansys CFX, which allows visualization of the streamlines, prediction of the circulation zones and validation of the results against experimental data. The comparison between the full-scale and numerical results shows a good agreement, despite some differences at large inclination angles,

which emphasizes the influence of turbulent pulsations and the limitations of isothermal conditions. The efforts to define the boundary conditions, probe orientation and data processing in detail are impressive, but the lack of inclusion of thermal effects and dynamic interactions limits the applicability of the results to real fuel systems. However, the integration of experiment and CFD provides a valuable basis for optimization of injection and combustion devices, demonstrating the scientific and practical value of the work.

Chapter 7 presents a quantitative analysis of the combustion process by numerical modeling with Ansys CFX, estimating the temperature distributions and mass concentrations of CO and CO₂ at different values of the heat transfer coefficient α and nozzle inclination angles (30°, 45°, 60°) with a diameter $d = 0.8$ mm. The results show that the high-temperature core in the flare is formed mainly in the zone 150–300 mm along the length of the mixing chamber and that increasing α decreases the temperature in this zone. The CO₂ concentration increases at an angle $\beta = 45^\circ$, which coincides with the optimal degree of jet rotation, and the change in heat removal through the walls significantly affects the temperature and emissions. The averaged values from experimental measurements confirm the trends from the numerical simulations, with the root-mean-square deviations remaining within acceptable limits. These quantitative results allow recommendations to be made for optimization of the geometry and cooling of the combustion chamber in order to achieve complete combustion and minimize harmful emissions.

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

I define the contributions in the doctoral thesis as scientific-applied and engineering-applied. They can be summarized as follows:

Scientific-applied contributions:

- A complex approach has been developed to study a swirling jet flow in a confined cylindrical space by combining experimental studies and numerical simulations (CFD) based on a preliminary regression analysis. This approach allows for simultaneous quantitative and qualitative assessment of the dynamics of swirling flows, which is scientifically significant and applicable for optimization of combustion chambers.
- Verification and validation of the numerical models have been carried out using full-scale experimental data, which proves the reliability of the used software products for the specific case of a swirling jet flow.
- The influence of heat transfer through the enclosing surfaces on the efficiency of the combustion process and heat and mass transfer has been studied, and new quantitative data on the formation of the high-temperature core in the flare have been obtained.
- The impact of the swirling flow on the formation of carbon oxides (CO and CO₂) has been analyzed, which contributes to the scientific understanding of the relationships between turbulence, degree of rotation and emissions.

Engineering and applied contributions

- Optimal nozzle parameters, including inclination angle and diameter, have been determined to increase mass and heat transfer in the mixing vortex chamber. These results provide specific engineering solutions for the design and optimization of combustion devices.
- A simulation algorithm for controlling the combustion process has been developed, which can be applied in the design or reconstruction of combustion systems, ensuring a balance between complete combustion and minimizing harmful emissions.

6. Assessment of the degree of the dissertation candidate's personal participation in the contributions

I know M.Eng. Ivan Petrov from his studies in the Master's program "Heat Engineering" at TU - Sofia. He was distinguished by his diligence and active participation in the implementation of team tasks. The candidate has the necessary potential for successful development of the doctoral dissertation under the competent guidance of his scientific supervisor. It has been proven that both the educational and scientific components for the development of the doctoral program have been fulfilled. His improvement in the field of swirling jets and numerical modeling will be valuable for his future teaching and research activities.

7. Assessment of dissertation publications.

The dissertation presents a list of six publications. One of them is independent and was published in the international journal *Polityka Energetyczna* – Energy Policy Journal, which is classified in the Q3 quartile with an SJR index of 0.387. The remaining five publications were presented at prestigious scientific forums in the country. In my opinion, these works have reached the scientific community both in our country and abroad.

8. Using the results of the dissertation in scientific and social practice

The results of the dissertation work of M. Eng. Ivan Petrov have a clearly expressed scientific-applied and engineering-applied nature. They provide validated numerical and experimental data on swirling jet flows, temperature fields and emissions, which can be used in the design and optimization of combustion and mixing chambers, as well as for the reduction of harmful emissions. The resulting methodologies and models have the potential for application both in industrial practice and in academic education, providing a basis for further research and innovations in the field of fluid dynamics and combustion processes.

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

The presented abstract has been prepared in accordance with the requirements of the current law and regulations. Its content corresponds to the dissertation work and accurately reflects the main results of the research conducted. The abstract is 33 pages long, including graphic material.

10. Opinions, recommendations, notes.

The dissertation work of M.Eng. Ivan Petrov is performed at a high scientific and engineering level. The experimental and numerical methods used are appropriately combined, and the results are clearly presented through graphs, tables and visualizations, which ensures their reliability and applicability. The author demonstrates in-depth knowledge of the dynamics of swirling jets, heat transfer and their influence on combustion processes and emissions.

It is recommended for future research to consider:

- The influence of different types of fuels and mixtures on the dynamics of the swirling jets and the formation of emissions;
- Expansion of the numerical models by taking into account non-stationary and pulsation effects in the combustion chamber;
- Conducting additional verification experiments at different geometries and boundary conditions to increase the universality of the proposed methodologies.

Notes, comments and suggestions on the layout and presentation of results

- The literature sources are grouped alphabetically by authors, and not sequentially in the text, which makes it difficult to follow them;
- The dimensions of the variables are missing in the list of variables used, although they are mentioned in the text;
- Some figures do not have names and legends;
- In chapter 2, an analysis of the types of burners is made, but it would be useful to present a summary in tabular form;
- Terminological inaccuracies are encountered, e.g. "thermal conductivity" instead of "thermal conductivity coefficient"; "injection coefficient" is indicated, which is most likely a spelling error;
- Figures 4.4 to 4.11 are briefly commented on and their results are not analyzed in detail;
- In chapter 6, it is not stated whether the independence of the numerical solution from the density of the computational grid has been achieved; It is not explained how the meshing of the model was implemented with regard to the specific zones of propagation of the swirling jet.

Despite the above remarks, the present work provides a solid foundation for scientific and engineering practice, as well as for subsequent academic and research work.

CONCLUSION

Дисертационният труд на маг. инж. Иван Петров представлява значим научно-приложен принос чрез комбиниране на експериментални и числени методи за изследване на завъртени струйни течения, топлопреносни процеси и емисии. Въпреки някои забележки по оформление и терминология, трудът е добре структуриран и осигурява основа за бъдеща научна и изследователска дейност. Той отговаря на Закона за развитие на академичния състав, правилника за приложение



и ПУДТУС, което ме води до положителна оценка и предложение за присъждане на ОНС “Доктор” на маг. инж. **Иван Антонов Петров** в област **5. Технически науки**, професионално направление **5.4. Енергетика**, Докторска програма: **Теоретична Топлотехника**.

The dissertation work of **M.Eng. Ivan Petrov** represents a significant scientific and applied contribution by combining experimental and numerical methods for the study of swirling jet flows, heat transfer processes and emissions. Despite some remarks on layout and terminology, the work is well structured and provides a basis for future scientific and research activity. It complies with the Act on the Development of Academic Staff, the Regulations for Application and the TU – Sofia normative acts, which leads me to a positive assessment and a proposal for Obtaining the “**Doctor**” degree to **M.Eng. Ivan Antonov Petrov** in area **5. Technical Sciences**, professional field **5.4. Energy**, Doctoral Program: **Theoretical Heat Engineering**.

16.12.2025

Sofia

D/

Reviewer:

/Prof. Angel Terziev, Ph.