

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“ по научната специалност „Термични и ядрени електрически централи“ в професионално направление 5.4 Енергетика, област на висше образование 5. Технически науки

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Дилян Йорданов Гавраилов**

Научни ръководители: **проф. д-р инж. Силвия Василева Бойчева**

Тема на дисертационния труд: **Изследване на възможности за подобряване на ефективността на електролизни и горивни клетки в системи за водородна енергия**

Изготвил становището: проф. д-р инж. Нина Янкова Пенкова, Химикотехнологичен и металургичен университет

1. Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем

В дисертационния труд са разработени математични модели за числено симулиране на мултифизичните процеси в електролизни и горивни клетки с цел анализиране и повишаване на тяхната ефективност. На тази база са предложени нови конфигурации на електролизатор и горивна клетка, които са сравнени със съществуващи технически решения. Това е позволило да се анализират техните предимства и недостатъци с оглед на практическото им приложение.

Подобряването на производителността, ефективността и надеждността на тези основни за водородната енергетика енергопреобразуващи системи са актуални задачи, чието решаване изисква знания в областта на термодинамиката, физикохимията, електрохимията, електротехниката и преносните процеси. Моделирането и численото симулиране на взаимно-свързаните електрохимични, хидродинамични, топло- и масопреносни процеси са съвременни инструменти за справяне с тези проблеми. Това доказва актуалността на целите, задачите в дисертационния труд на инж. Дилян Гавраилов и на средствата за постигането им.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема.

Представеният дисертационен труд обхваща 167 страници, включващи и списъци с публикации, забелязани цитати, участия в конференции и обучения. Цитирани са 210 литературни източника преобладаващо на английски език, по-голяма част от които са публикувани през последното десетилетие. От интерпретацията на цитираните литературни източници в текста на дисертацията е видно, че докторантът е добре запознат с проблемите в областта на получаването на водород чрез електролиза и на „изгарянето“ му в горивни клетки. В резултат са формулирани актуални цели и задачи и са избрани подходящи методи за постигането им.

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

Моделирането и компютърното симулиране на процесите в електролизатори и горивни клетки позволяват детайлно анализиране на триизмерните полета и градиенти на напреженията, плътността на електрическия ток, свързаните с тях ефекти на Джаул-Ленц, температурни полета и мощности, скоростните полета и налягането и енергийните загуби. Чрез този подход могат да бъдат анализирани различни съществуващи и проекто-

конфигурации на електролизьори и горивни клетки, което е демонстрирано в дисертационния труд. Моделите и концепциите за численото им решаване са валидирани чрез сравнение на изчислени и измерени параметри в реални модули. Проведена е верификация на числените решения чрез съпоставка на изчислените поляризационни криви на изследваните системи при различна гъстотата на мрежите от крайни елементи, апроксимиращи геометричните модели. Обяснени са по-големите разлики между моделните резултати и реалните данни, което е основание за бъдещи подобрения в моделите. Това създава доверие в изследователските резултати и в уместността на избраните методи и средства за постигане на поставените цели.

4. Научно-приложни приноси на дисертационния труд

Съгласна съм с формулираните в дисертационния труд приноси и считам че те са научно-приложни.

Съгласно Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ–София:

- математичните модели, позволяващи числени анализ и визуализация на характерни триизмерни полета и градиенти в електролизьорите и горивните клетки позволяват „доказване с нови средства на съществени страни в съществуващи научни проблеми“;

- предложените нови конфигурации на по-компактен електролизьор с порести електроди и на каналната структура за подаване на въздуха, и за отвеждането му заедно с получената вода при катода на горивните клетки биха могли да се охарактеризират като „създаване на нови конструкции“;

- концепцията за използване на разработените модели за определяне на подходящи конфигурации на електролизьори в съответствие с волт-амперните характеристики на фотоволтаични системи с цел ефективно производство на водород също могат да се охарактеризират като „доказване с нови средства на съществени страни в съществуващи научни проблеми“.

Разучаването на модул Fuel Cell & Electrolyzer на софтуерен пакет COMSOL Multiphysics 6.2 и адаптирането му за моделиране и компютърно симулиране на процесите в конкретни горивни клетки и електролизьори е тежка задача, която има устойчив образователен ефект.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Изследвания по дисертационния труд са публикувани в 5 публикации в чуждестранни издания с импакт-ранг, две от които са и с импакт-фактор. Те са цитирани над 14 пъти. Изследователски резултати с представени на 6 международни и национални конференции. Публикациите са достатъчни за получаване на образователната и научна степен доктор съгласно Закона за развитие на академичния състав на Република България, правилника за прилагането му и Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ–София.

6. Мнения, препоръки и забележки.

Дисертационния труд съдържа голям обем актуални и полезни за инженерната практика и научната общност изследвания. Литературният обзор и описанието на

изследователската работа са представени стегнато, при спазване на логическа последователност.

При прегледа на труда са забелязани някои пропуски, технически грешки и неточности в термини, които са обсъдени с докторанта и неговият ръководител. Липсват гранични условия за моделиране на топлообмена, на електрохимичните процеси и на свързани с тях физикохимични свойства в описанието на моделите. При описанието на резултатите от моделите на фигура IX.6 и в текста след това се правят обърквания при споменаването на масовия дебит (mass flow rate) и плътност на масовия поток (mass flux).

Липсват обяснения за по-високите концентрации на кислорода на фиг. IX.5 от концентрациите му във въздуха и за по-високите от 1 стойности на водната активност на фигура IX.7 и IX.8, чиято дефиниция в дисертационния труд съответства на дефиницията на относителната влажност на въздуха.

Споменатите пропуски не омаловажават стойността на постигнатите изследователски резултати и тежестта на дисертационния труд. Препоръчвам на инж. Гавраилов да продължи да работи по тематиката, да усъвършенства и надгражда създадените модели и да има възможности както да ги прилага в практиката, така и да предава придобитите знания.

7. Заключение.

Считам, че дисертационният труд, разработен от маг. инж. Дилян Йорданов Гавраилов под ръководството на неговия ръководител, обхваща полезни изследвания с приноси в областта на водородната енергетика и има устойчив образователен ефект. Въз основа на това предлагам на уважаемите членове на научното жури да гласуват за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“ на маг. инж. Дилян Йорданов Гавраилов по научната специалност „Термични и ядрени централи“ в професионално направление 5.4 Енергетика, област на висше образование 5. Технически науки.

12.05.2026 г.

Изготвил:

/Проф. д-р инж. Н. Пенкова/

OPINION

on a dissertation thesis for obtaining the educational and scientific degree “Doctor” in the scientific specialty “Thermal and Nuclear Power Plants” in professional field 5.4 Energetics, higher education area 5. Technical Sciences

Author of the thesis: M. eng. Dilyan Yordanov Gavrailov

Scientific supervisors: Prof. PhD. eng. Silvia Vasileva Boycheva

Title: **Exploring opportunities to improve the efficiency of electrolysis and fuel cells in hydrogen energy systems**

Member of the scientific jury: Prof. PhD. eng. Nina Yankova Penkova, University of Chemical Technology and Metallurgy

1. Relevance of the problem addressed in the dissertation thesis

The dissertation thesis develops mathematical models for numerical simulation of the multiphysical processes in electrolysis and fuel cells for the purpose of analyzing and improving their efficiency. On this basis, new configurations of an electrolyzer and a fuel cell are proposed and compared with existing technical solutions. This has made it possible to analyze their advantages and disadvantages with regard to their practical application. Improving the performance, efficiency, and reliability of these key hydrogen energy conversion systems are current and important tasks whose solution requires knowledge in the fields of thermodynamics, physicochemistry, electrochemistry, electrical engineering, and transport phenomena. Modeling and numerical simulation of the coupled electrochemical, hydrodynamic, heat- and mass-transfer processes are modern tools for addressing these problems. This proves the relevance of the objectives and tasks in the dissertation work of Eng. Dilyan Gavrailov, as well as the methods used to achieve them.

2. Degree of familiarity with the state of the problem

The presented dissertation thesis comprises 167 pages, including lists of publications, observed citations, participation in conferences, and training activities. A total of 210 literature sources are cited, predominantly in English, most of which have been published during the last decade. From the interpretation of the cited literature sources in the dissertation text, it is evident that the doctoral candidate is well acquainted with the problems in the field of hydrogen production through electrolysis and its “combustion” in fuel cells. As a result, relevant objectives and tasks have been formulated, and appropriate methods have been selected for achieving them.

3. Correspondence between the selected research methodology, the stated objectives and tasks of the dissertation thesis, and the achieved contributions

The modeling and computer simulation of the processes in electrolyzers and fuel cells allow detailed analysis of the three-dimensional fields and gradients of voltages, electric current density, the associated Joule–Lenz effects, temperature fields and power, velocity fields and

pressure, and energy losses. Through this approach, various existing and design configurations of electrolyzers and fuel cells can be analyzed, which has been demonstrated in the dissertation thesis. The models and concepts for their numerical solution have been validated through comparison between calculated and measured parameters in real modules. Verification of the numerical solutions has been carried out through comparison of the calculated polarization curves of the studied systems at different densities of the finite-element meshes approximating the geometric models. The larger discrepancies between the model results and the real data have been explained, which provides grounds for future improvements of the models. This creates confidence in the research results and in the appropriateness of the selected methods and tools for achieving the stated objectives.

4. Scientific and applied contributions of the dissertation thesis

I agree with the contributions formulated in the dissertation thesis and consider them to be scientific and applied in nature.

According to the Regulations for the Conditions and Procedure for Acquiring Scientific Degrees at TU-Sofia:

- the mathematical models enabling numerical analysis and visualization of characteristic three-dimensional fields and gradients in electrolyzers and fuel cells allow “proof by new means of essential aspects of existing scientific problems”;
- the proposed new configurations of a more compact electrolyzer with porous electrodes and of the channel structure for supplying air and removing it together with the produced water at the cathode of fuel cells could be characterized as “creation of new designs”;
- the concept of using the developed models to determine suitable electrolyzer configurations in accordance with the volt-ampere characteristics of photovoltaic systems for the purpose of efficient hydrogen production may also be characterized as “proof by new means of essential aspects of existing scientific problems”.

Studying the Fuel Cell & Electrolyzer module of the COMSOL Multiphysics 6.2 software package and adapting it for modeling and computer simulation of the processes in fuel cells and electrolyzers is a demanding task that has a sustainable educational effect.

5. Assessment of the publications related to the dissertation thesis

Research related to the dissertation thesis has been published in 5 publications in foreign journals with impact rank, two of which also have an impact factor. They have been cited more than 14 times. Research results have been presented at 6 international and national conferences.

The publications are sufficient for obtaining the educational and scientific degree “Doctor” in accordance with the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, its implementing regulations, and the Regulations for the Conditions and Procedure for Acquiring Scientific Degrees at TU-Sofia.

6. Opinions, recommendations, and remarks

The dissertation thesis contains a large volume of up-to-date and useful research for engineering practice and the scientific community. The literature review and the description of the research work are presented concisely and in a logical sequence.

During the review of the thesis, some omissions, technical errors, and inaccuracies in terminology were identified and discussed with the doctoral candidate and his supervisor. Boundary conditions for modeling heat transfer are missing from the description of the models. In the description of the model results in Figure IX.6 and below in the text, confusion is made between mass flow rate and mass flux, as well as in the dimension of the latter.

There are no explanations for the higher oxygen concentrations in Fig. IX.5 compared to those in air, nor for the values of water activity higher than 1 in Figures IX.7 and IX.8, whose definition in the dissertation thesis corresponds to the definition of relative air humidity.

The mentioned omissions do not diminish the value of the achieved research results and the significance of the dissertation thesis. I recommend that Eng. Gavrailov continue working on the topic, improve and further develop the created models, and have opportunities both to apply them in practice and to pass on the acquired knowledge.

7. Conclusion

I believe that the dissertation thesis developed by eng. Dilyan Yordanov Gavrailov under the supervision of his scientific advisor encompasses useful research with contributions in the field of hydrogen energy and has a lasting educational effect. On this basis, I propose that the esteemed members of the scientific jury vote in favor of awarding the educational and scientific degree “Doctor” to eng. Dilyan Yordanov Gavrailov in the scientific specialty “Thermal and Nuclear Power Plants” in professional field 5.4 Energetics, higher education area 5. Technical Sciences.

12.05.2026

Jury Member:

/Prof. Dr. Eng. N. Penkova/