



РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор: **маг. инж. Надежда Димитрова Василева**

Тема на дисертационен труд:

„Моделиране и изследване на хибридни топлинни системи”

Рецензент: **доц. д-р инж. Георги Делчев Томов**

Представеният ми за рецензия дисертационен труд е с обем от 171 страници, включващи текст, 79 броя фигури и 21 броя таблици.

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.

Дисертационният труд е на тема пряко свързана с използването на възобновяема енергия. Актуалността на разработения проблем е извън всякакво съмнение, тъй като е пряко свързана с опазването на околната среда и устойчивото развитие.

Основна цел на дисертационния труд е да се създаде и валидира симулационен модел на функционирането на хибридна топлинна система (ХТС), позволяващ реализирането на различни режими на работа и действащ при различни климатични условия. В съответствие с поставената цел са формулирани **следните задачи**:

- ◆ Създаване, с помощта на подходяща програмна среда, на математични модели на компонентите на ХТС, такива като например слънчеви колектори, термopомпи, буферни резервоари, топлообменници и др.;
- ◆ Създаване на математични модели на функционирането на хибридната топлинна система в различни режими на работа;
- ◆ Валидиране на създадените модели на ХТС с използването на данни от експериментални изследвания. За да бъде валидиран моделът на даден режим, трябва да се сравнят резултатите от симулациите с реални експериментални данни, събрани от инсталацията за същия

режим. Това е критичен етап, който доказва, че моделите адекватно отразяват реалната работа на системата.;

- ◆ Създаване и тестване на симулационен модел на функционирането на цялата ХТС, позволяващ реализирането на различните режими на работа и действащ при различни климатични

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

Литературният обзор обхваща 140 източника, 10 на български език и 130 на английски. Заглавията показват че докторантът се е запознал с широк кръг материали по проблеми свързани с темата, някои от които третират фундаментални научни въпроси, но повечето с научно-приложен характер, свързани с конкретика както за ХТС и техните компоненти, така и за методите и средствата за симулиране на процесите в тях.

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

Избраната методика напълно съответства на целите и задачите на дисертационния труд. Данните, необходими за осъществяване на симулационната схема и верифицирането на различните ѝ режими на работа, са получени от предходно изследване на хибридна инсталация базирана във втори корпус на ТУ-София, филиал Пловдив, която съдържа земно базирана термopомпа, слънчеви колектори и латентен топлинен акумулатор. За целите на провежданото изследване е избран програмен пакет TRNSYS, с няколко интегрирани модула и голям набор от библиотечни модели.

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

В съответствие с поставената цел и основните задачи в дисертационния труд е проектирана симулационна схема на ХТС, съставена от слънчеви колектори, единичен вертикален теплообменник, термopомпа вода-вода, конвектор, 150l буфер, 200l и 300l водни резервоари. Изследвано е поведението на системата при различни режими на работа и различни климатични условия, като са подбрани подходящи математични модели на компонентите от които е съставена ХТС. Направена е обща симулационна схема на системата в TRNSYS и са проиграни пет режима на работа. Направена е верификация на данните получени от предходно експериментално изследване за всички режими, представени чрез диаграми. Създаден е симулационен модел на сградата чрез TRNBuild. Направено е сравнение между температурните и енергийните профили на

системата за град Пловдив и град Хелзинки. Достоверността на направените изследванията и резултатите от тях са извън всякакво съмнение.

5. Научни и/или научноприложни приноси претендирани в дисертационния труд.

Научно-приложни приноси:

1. В средата на TRNSYS Simulation Studio са създадени симулационни модели на функционирането на ХТС за отопление и охлаждане на сгради при работата и в пет базови режима:
2. Направено е верифициране на функционирането на системата в процеса на работата и в петте режима. Верифицирането е извършено чрез сравнение на резултатите от симулацията с помощта на комерсиалния софтуер TRNSYS, с данните от експериментално измерените стойности на сравняваните параметри. Верификацията отчита много добро съвпадение на измерените и симулирани стойности.
3. Създаден е модел в TRNSYS, който позволява да се изследва работата на системата в петте режима на работа. Режимите са свързани в обща схема, за да се анализира влиянието на отделните параметри върху работата на цялата система. Този подход позволява да се приложат различни алгоритми за оптимизация, позволяващи отчитането на конкретните климатични особености на локацията, както и извършването на оптимален избор на критериите за преминаване от един режим в друг.

Приложни приноси:

1. Създаден е алгоритъм за използване на методиката за изчисляване на коефициента на покритие на ХТС с цел повишаване енергийната ефективност и продуктивност. Като показател за ефективност, коефициентът на покритие оценява в каква степен системата успява да използва наличните ресурси - като слънчевата енергия, топлообменния потенциал и други, за да подпомогне отоплителния процес. Това позволява на инженерите и дизайнерите да определят потенциалните енергийни изгоди и да оптимизират конфигурацията и оперативните параметри на системата за постигане на по-голяма ефективност.
2. Направен е анализ на ефективността на ХТС при различни климатични условия. Анализът е извършен чрез симулации, базирани на софтуера TRNSYS и подпрограмата TRNBuild. Сравнението между температурните характеристики на хибридните топлинни системи в Пловдив и Хелзинки показва, че моделът може да бъде използван при различни климатични условия.

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

Видно е водещото участие на докторанта във всички етапи на дисертационния труд. Няма индикации за плагиатство.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Посочени са 7 броя научни публикации в международни конференции и български издания. Едната е самостоятелна, шест са в съавторство, като докторантката е водещ автор в 2 от тях. Според мен като брой, тематика и съдържание напълно отговарят и надвишават изискванията за получаване на образователно-научна степен доктор.

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

Авторефератът отговаря на изискванията и е напълно представителен за дисертационния труд.

9. Мнения, препоръки и бележки.

Имам незначителни забележки по оформлението на дисертацията (примерно дублиране на номерация на таблица 4.7) и графичното представяне на схемните решения. Препоръчвам да се продължи работата по тематиката, като се разширят и задълбочат познанията по моделиране на процесите и системите, като се даде приоритет на оригинални решения, с възможност за публикации в престижни научни издания.

10. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника на ТУ-София за неговото приложение, което ми дава основание да го оценя **ПОЛОЖИТЕЛНО**.

Предлагам на уважаемото научно жури да присъди на маг. инж. Надежда Димитрова Василева образователна и научна степен ДОКТОР по професионално направление 5.4. Енергетика.

Дата: 01.08.2025 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:



REVIEW

of doctoral dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor"

Author: **M.SC. Eng. Nadezhda Dimitrova Vasileva**

Title of dissertation:

"Modeling and investigation of hybrid thermal system"

Reviewer: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Georgi Delchev Tomov**

The dissertation submitted for review consists of 172 pages, including text, 79 figures, and 21 tables.

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

The dissertation addresses a topic directly related to the use of renewable energy sources. The relevance of the problem is beyond doubt, as it is directly connected to environmental protection and sustainable development.

The main objective of the dissertation is to create and validate a simulation model of the operation of a hybrid thermal system (HTS) capable of functioning under various modes and climatic conditions. In line with this goal, the following tasks have been formulated:

- ◆ Development, using an appropriate software environment, of mathematical models for HTS components such as solar collectors, heat pumps, buffer tanks, heat exchangers, etc.;
- ◆ Development of mathematical models for the operation of the HTS under different working modes;
- ◆ Validation of the developed HTS models using data from experimental studies. To validate a given operational mode model, simulation results must be compared with real experimental data collected from the installation under the same mode. This is a critical step that proves the models adequately reflect the real-world performance of the system;
- ◆ Creation and testing of a simulation model for the operation of the entire HTS, enabling different operating modes under varying climatic conditions.

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

The literature review covers 140 sources, of which 10 are in Bulgarian and 130 in English. The titles indicate that the doctoral student has reviewed a broad range of materials on issues relevant to the topic—some addressing fundamental scientific questions, but most having an applied character, focusing on specific aspects of HTS, their components, and the methods and tools for simulating the processes within them.

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

The chosen methodology fully corresponds to the aims and objectives of the dissertation. The data necessary for the simulation scheme and for the verification of its various operational modes were obtained from a prior study of a hybrid installation located in Building 2 of the Technical University of Sofia – Plovdiv Branch, which includes a ground-source heat pump, solar collectors, and a latent heat accumulator. For the purposes of the study, the TRNSYS software package was selected, incorporating several integrated modules and a large set of library models.

4. Brief analytical description of nature and assessment of the reliability of the materials underpinning the dissertation's contributions.

In accordance with the defined objectives and tasks, a simulation scheme of an HTS was developed, comprising solar collectors, a single vertical heat exchanger, a water-to-water heat pump, a convector, a 150-liter buffer tank, and 200- and 300-liter water storage tanks. The system's behavior under various modes of operation and climatic conditions was studied using suitable mathematical models of its components. A complete simulation scheme was built in TRNSYS, and five operating modes were tested. Validation of data from previous experimental studies was conducted for all modes and presented through diagrams. A simulation model of the building was developed using TRNBuild. A comparison of the thermal and energy profiles of the system for the cities of Plovdiv and Helsinki was performed. The reliability of the conducted studies and their results is beyond any doubt.

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

Scientific and applied contributions:

1. Simulation models for the operation of an HTS for heating and cooling of buildings under five basic operating modes were developed using the TRNSYS Simulation Studio environment.

2. Verification of the system's performance in all five modes was carried out by comparing simulation results, obtained using the commercial TRNSYS software, with experimentally measured data for the relevant parameters. The verification demonstrated a strong correlation between simulated and measured values.
3. A TRNSYS-based model was created, enabling analysis of system behavior across all five operating modes, interconnected in a single scheme. This facilitates the analysis of the influence of individual parameters on the overall system performance and allows for the application of various optimization algorithms that consider location-specific climatic characteristics and enable optimal criteria selection for mode switching.

Applied contributions:

1. An algorithm was developed for applying a methodology to calculate the coverage factor of the HTS in order to increase its energy efficiency and productivity. The coverage factor evaluates how effectively the system utilizes available resources—such as solar energy and thermal exchange potential—to support the heating process. This enables engineers and designers to assess potential energy benefits and optimize system configuration and operational parameters for greater efficiency.
2. An analysis of HTS performance under different climatic conditions was carried out using simulations based on TRNSYS and the TRNBuild module. The comparison between the temperature profiles of hybrid thermal systems in Plovdiv and Helsinki demonstrates that the model can be used in diverse climatic contexts.

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

The doctoral student's leading role in all stages of the dissertation is evident. No indications of plagiarism were found.

7. Evaluation of the publications on the dissertation:

Seven scientific publications are cited—one single-authored and six co-authored, with the doctoral student listed as lead author in two of them. In terms of quantity, subject matter, and content, these publications fully meet—and even exceed—the requirements for the award of the educational and scientific degree “Doctor.”

8. Evaluation of the abstract's compliance with the requirements and its adequacy in reflecting the dissertation's key contributions.

The abstract complies with the formal requirements and adequately represents the dissertation's main content and contributions.

9. Remarks, recommendations, and comments.

I have minor comments regarding the formatting of the dissertation (e.g., duplicate numbering of Table 4.7) and the graphical presentation of schematic solutions. I recommend that the author continue working on the topic, further deepening knowledge in the modeling of processes and systems, with a focus on developing original solutions suitable for publication in high-impact scientific journals.

10. Conclusion

I find that the submitted dissertation meets the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations of the Technical University of Sofia for its implementation. Therefore, I evaluate it **POSITIVELY**.

I recommend that the esteemed academic jury award **M.Eng. Nadezhda Dimitrova Vasileva** the educational and scientific degree **DOCTOR** in professional field **5.4. Energy**.

Date: 01.08.2025

Reviewer: