

## РЕЦЕНЗИЯ

Относно защита на дисертационен труд „Оценяване на смесени уредби с алтернативни източници на енергия“  
за придобиване на научна степен „Доктор на науките“  
Професионално направление: 4.2. Химически науки  
по специалност „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“

Автор на дисертационния труд: проф. д-р инж. Александър Георгиев Георгиев  
Институт по инженерна химия при БАН

Рецензент: проф. д-р инж. Илия Кръстев Илиев  
Русенски университет „Ангел Кънчев“

### 1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси и научна дейност на дисертанта

Проф. д-р инж. Александър Георгиев Георгиев е роден на 22.03.1958 г. в гр. Добрич. Завършва висше образование през 1981 г. в ТУ-София, специалност „Топло - и ядрена енергетика“ с магистърска степен, след което е редовен докторант към катедра „Топлинна и хладилна техника“ в ТУ-София (1984-1987 г.). През 1988 г., придобива образователната и научна степен „доктор“ по научна специалност 02.06.07 „Енергопреобразуващи технологии и системи“. В периода април 1987 г. - декември 1988 е научен сътрудник II ст. в Института по месопрмишленост в София. Постъпва в ТУ-София, филиал Пловдив през декември 1988 г., където е ст. асистент в периода (12.1988.-03.1990г) и гл. асистент в периода (04.1990.-05.2000 г.) в катедра „Механика“, а в 2000 г. му е присвоено научното звание „Доцент“ по научна специалност 02.06.07 „Енергопреобразуващи технологии и системи“. В периода 11.2011г. – 02.2013 г. е ръководител катедра «Зелена енергетика» в Европейски политехнически университет, гр. Перник. На 12.12.2012г., след конкурс в същия университет му е присвоена академичната длъжност „Професор“ по професионално направление 5.4. Енергетика с научна специалност „Енергопреобразуващи технологии и системи“. През Октомври 2021 г. в Института по Инженерна Химия на БАН му е присвоена академичната длъжност „Професор“ по професионално направление 4.2. Химически науки, специалност „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“. Владее немски, английски, испански и руски език. Научноизследователската и научно-приложната дейност на проф. д-р инж. А. Георгиев, отразена в публикациите, проектите и други дейности е насочена приоритетно към проблемите на изследване на възобновяемите енергийни източници (слънчева, вятърна и геотермална енергия) както и системи за преобразуването на енергията. Основните направления на научни изследвания са: изследване на геотермални топлинни системи; измерване параметрите на слънчевата радиация; изследване на топлинни енергийни акумулатори на основата на материали с промяна на фазовото състояние; изследване на съвместната работа на термопомпени инсталации със слънчеви колектори; изследване на вятърни инсталации; изследване на топлинни енергийни инсталации.

### 2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

Актуалността и значимостта на темата на дисертационния труд се определя от съвременната световна стратегическа цел за използване на естествените енергийни източници и ресурси и изразената в „Енергийната пътна карта за периода до 2050 г.“ важна стратегия на Европейския съюз за постигане най-малко на 27,5% дял на енергията от ВЕИ в общото потребление на енергия до 2030 г., като същевременно се постига и поддържа висока степен на безопасност, сигурност и надеждност при строителството и експлоатацията на тези обекти.

Значимостта на разработения дисертационен труд се определя от поставените цели, а именно да

бъдат изследвани и оценявани както на различни видове смесени уредби базирани на алтернативни енергийни източници, така и на основните им компоненти. Разработеният дисертационен труд обхваща пълната гама от слънчеви инсталации, като се започне от вакуумни слънчеви колектори и се стигне до най-съвременни фотоволтаични инсталации. В обхвата на работата са дори термopомпи и микро-когенератори и фотоволтаични модули и двигател на Стърлинг.

Целият този микс от различни смесени системи с алтернативни енергийни източници позиционира разработени дисертационен труд безспорно като актуален и значим.

### **3. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите**

Дисертационният труд е представен в 8 глави и съдържа 345 страници, от които 23 страници с литературни източници и публикации на автора. 201 фигури и 29 таблици.

Дисертационният труд е написан в съответствие с критериите за оформяне на подобни трудове.

Литературният обзор е направен в първата глава на дисертационния труд и съдържа анализ на 229 литературни източника. От представените източници само 6 (2,6%) са на кирилица, а останалите 223 (97,4%) са на латиница.

В обем от 100 страници авторът прави обзор на съществуващите смесени системи, които съдържат елементи като например материали с промяна на фазовото състояние (МПФС), термopомпа, слънчеви колектори, воден сезонен акумулатор и подземен топлинен енергиен акумулатор, които могат да се комбинират с електрически уреди (например фотоволтаични/ топлинни, PV/T колектори) и втора термopомпа, с цел подобряване енергийната ефективност на системата. Авторът прави критичен анализ на смесени системи и главата завършва с ясно формулирани изводи за отделните компоненти, както и за различните видове смесени уредби с алтернативни енергийни източници. От анализа се вижда, че авторът много добре познава проблемите в сферата на изследвания, които той развива в дисертационния си труд.

Втората глава на дисертацията е посветена на целите и задачи на дисертационния труд. Според мен, на базата на многогодишни изследвания и експерименти в продължение на 30 години, авторът правилно е формулирал основната цел, а именно „Изследване и оценяване както на различни видове смесени уредби базирани на алтернативни енергийни източници, така и на основните им компоненти“. За постигане на основната цел, авторът е формулирал 9 основни задачи на дисертационната работа, като е изхождал от направения литературен обзор.

За решаването на поставените задачи авторът е използвал богат инструментариум от методи и подходи, които включват: решаване на задачи чрез диференциални уравнения, статистически модели чрез метода на планиране на експеримента, програмни продукти (блок АКИМ) на базата на диференциални уравнения, множество създадени експериментални стендове за верифициране на създадените математически модели. Така например за оценка на топлинните характеристики е използван метода на линейния източник, а за оценка на експеримента в Чили е използван метода на „Параметър с две променливи“, както и метода „Измерване на геотермални свойства“. В част от изследванията си авторът е използвал симулационни методи с програмни продукти (TRNSYS). При численото моделиране на акумулатор с материали с промяна на фазовото състояние е приложен метода на крайните елементи базиран на мултифизиката на Comsol, а при численото моделиране на латентен топлинен акумулатор чрез техниката на енталпийната поръзност, използвана в ANSYS Fluent. Моята оценка относно използваните методики е, че авторът е избрал правилен подход за постигане на поставените цели и задачи.

Глава 3 е посветена на компонентите на смесени уредби с алтернативни енергийни източници, като авторът подробно представя резултати от изследванията си относно: вакуумен слънчев колектор с плосък абсорбер и топлинна тръба, топлинни акумулатори. В същата глава е изследван теоретически вакуумен слънчев колектор с топлинна тръба и плосък абсорбер. Създадената от автора методика позволява пресмятането на изходящата температура, КПД на колектора и полезния топлинен поток на колектора при зададени стойности на входящите параметри.

Авторът описва проведеното експериментално изследване на вакуумен колектор с топлинна тръба. Интересен момент е, че не се използва активен експеримент, но въпреки това експерименталните

резултати са използвани за създаването на статистически модели, които описват КПД на колектора и плътността на полезния топлинен поток. На базата на тези резултати, авторът на дисертацията създава 4 статистически модела, описващи вакуумен слънчев колектор с топлинна тръба и плосък абсорбер, изследван експериментално.

В същата глава авторът се спира на създадения програмен блок АКИМ, който служи за пресмятане на температурата на флуида в отделните слоеве на смесителен воден акумулатор със стратификация. В основата на блока е залегнал модел от обикновени диференциални уравнения, а в резултат от действието на програмата се получават температурите на флуида в различните слоеве на акумулатора в произволен момент от времето, както и температурите на входа на акумулатора. Използването на програмния блок АКИМ, базиран на верифицирания математически модел, позволява да се симулират процесите в течностни смесителни акумулатори с различна големина когато отсъстват експериментални данни.

В същата глава авторът описва подробно изградената в Чили стационарна инсталация и мобилна инсталация в България за определяне на топлинните характеристики на сезонни топлинни енергийни акумулатори. Приставен е богат експериментален резултат и са направени съответни изводи. Проф. Александър Георгиев и неговият екип от ТУ - София, филиал Пловдив проектираха и разработиха латентен топлинен акумулатор, чиито конструктивните характеристики са показани подробно в дисертационния труд.

В гл. 4 авторът е анализирал смесени уредби с алтернативни енергийни източници като е акцентирал върху следните случаи: слънчеви колектори с воден акумулатор, хладилна инсталация с вградени слънчеви колектори и топлоакумулатор, вертикален топлинен енергиен акумулатор със слънчеви колектори, фотоволтаично-топлинни инсталации, земно базирана термopомпена система със слънчеви колектори, земно базирана термopомпена уредба, използваща материали с промяна на фазовото състояние, смесена микро-когенерационна система с фотоволтаични панели и Стърлинг двигател за локално отопление. В гл. 4 авторът е представил няколко схеми на смесени уредби, по които са реализирани експериментите, описани са подробно методиките за изследване, както инструментариума с който са направени изчисленията.

В гл. 5 авторът е представил общите изводи от дисертационния труд.

В гл. 6 са показани основните приноси на автора в дисертационния труд като 5 от тях са представени като научни, 7 като научно-приложни и 5 като приложни приноси.

В гл. 7 са представени 229 литературни източника, анализирани в дисертацията.

В гл. 8 авторът е представил списък от 36 публикации, отнасящи се към темата на дисертацията.

#### **4. Основни научни и научно-приложни приноси.**

Приемам справката на дисертанта за основните приноси в представените трудове, които са с научен, научно-приложен и приложен характер. Обаче моята оценка относно приносите се отличава от оценката на проф. А. Георгиев. По-долу съм подредил приносите в съответствие с моята оценка и признаване.

##### **4.1. Научни приноси**

1. Създаден е математически модел за вакуумен слънчев колектор с топлинна тръба. Впоследствие е създадена компютърната програма, с която са проведени симулации при различни режими.
2. Създаден е математичен модел на смесителен воден акумулатор с разслояване на работния флуид. С подобрения математически модел е създадена компютърна програма, способстваща верифицирането му на базата на проведените експерименти.
3. Създаден е математичен модел на индустриален воден акумулатор с две отделни серпентини, който е изследван експериментално. Верифицирането на модела се извършва с помощта на създадената компютърна програма.

##### **4.2. Научно-приложни приноси**

1. Смесена уредба, съдържаща вакуумни слънчеви колектори с топлинна тръба и воден

топлоакумулатор с четворна серпентина, е изследвана експериментално. Създаденият общ математически модел, описващ съвместната работа на двата елемента, е програмиран и верифициран на базата на проведени опити.

2. Изградената инсталация за извършване на Определяне на топлинни характеристики (ОТХ) в Чили е преустроена за провеждане на натурални експерименти на зареждане със слънчева енергия на подземните акумулатори и на разреждане. Проведени бяха дългосрочни експерименти при двата споменати режима. Направено бе сравнение между пресметнатите стойности с комерсиалния продукт TRNSYS и измерените стойности при процеса на зареждане и разреждане, като резултатите показаха добро съвпадение.

3. Проектирана и изработена е слънчева топлинна уредба, комбинирана с фотоволтаични панели. Разработен и доказан е нов набор от виртуални инструменти, осигуряващи он-лайн или оф-лайн изчисления на грешката при извършване на експерименти. Направените опити охарактеризираха енергийната ефективност на евтината конструкция от PV/T панел и спомогнаха за проверка на правилната работа на разработените виртуални инструменти.

4. Земно базираната термopомпена (ЗБТП) уредба бе подробно експериментално изследвана при следните пет режима на работа на системата: зареждане на водни акумулатори (ЗВА), зареждане на вертикални теплообменници (ЗВТО), директно слънчево отопление (ДСО), отопление чрез ЗБТП (ОЗБТП) и отопление чрез слънчево базирана термopомпа (ОСБТП). Направен бе подробен енергиен анализ при споменатите режими, като бяха отчетени всички енергийни източници и пресметнати съответните загуби и системните коефициенти на енергийна ефективност за всеки режим.

5. При изграждането на ВТО на ЗБТП уредба бяха монтирани през 10 m температурни сензори по дълбочина за следене изменението на температурното поле. Получени бяха диаграми, потвърждаващи нагриването (при зареждане – режим ЗВТО) и изстиването (при отопление - ОЗБТП) на почвения слой в течение на времето. Проведено бе и измерване на температурното поле след приключване на двата режима при така наречената естествена релаксация.

6. Създаден бе модел, изграден в симулационната среда на „TRNSYS studio“, който позволява да се изследват различни режими на работа на ЗБТП система и да се анализира влиянието на системните параметри върху характеристиките на работата. Обърнато бе внимание на следните елементи от системата: слънчев колектор, воден акумулатор, термopомпа, вентилация и къща. С така създадения модел бе направено симулиране на къща, отоплявана от тази инсталация.

7. Представено е числено моделиране, оценяващо нов вид конструкция за приложението на МПФС в подземни хоризонтални теплообменници (ЗТО), интегрирани към земно базираните термopомпи (ЗБТП). МПФС е смесен директно с почвата около ЗТО – това е нов подход, не изследван досега за хоризонтални теплообменници. Резултатите показват, че обединяването на МПФС със ЗТО посреща ефективно топлинните товари на ЗБТП и намалява рязкото колебание при отопление или охлаждане на земния теплообменник. Проведените симулации са за случаи със и без МПФС, решени за симулационен период от две години.

8. Латентен акумулатор използващ материали с промяна на фазовото състояние (МПФС) е проектиран и изграден в ТУ София, филиал Пловдив, който е оборудван със специализирана автономна измервателна система, разработена от научния екип в Пловдив. Изследвани за няколко вида парафин, чиито топлотехнически свойства бяха детайлно изследвани. Проведено бе математическо моделиране и симулиране на процесите в акумулатора по два различни начина - чрез метод на крайните елементи, базиран на мултифизиката на Comsol, и чрез техниката на енталпийната поръзност, използвана в ANSYS Fluent.

9. Изградени са три различни инсталации (една стационарна в Чили, една мобилна с електронагревател в България и една с термopомпа в Испания) за провеждане на новия ефективен тест ОТХ. Построени са Вертикални теплообменници (ВТО) във Валпарайсо, Чили и Пловдив, България, където са проведени ОТХ за определяне на топлинните свойства на почвата. Получените резултати са обработени с различни математически методи. Направени са симулации с комерсиалния софтуер TRNSYS, сравнявайки изчислените стойности с опитните данни. Предвидено е създаване на кадастър в България, който да бъде използван в бъдещи геотермални проекти.

#### 4.3. Приложни приноси

1. Предложено е повишаване ефективността на слънчева инсталация, която да работи и през зимата, чрез внедряване на термopомпен агрегат. Създадена е методика за пресмятане на параметрите на уредбата, с която впоследствие са извършени примерни изчисления.
2. Съществуващ фотоволтаичен (PV) панел е преобразуван във фотоволтаично-топлинен (PV/T) панел. Извършени са сравнителни експерименти на смесената инсталация (състояща се от двата различни панела), доказващи предимството на комбинирания PV/T елемент, произвеждащ при охлаждане както повече електроенергия, така и допълнително топлинна енергия.
3. Създадена е концентрираща фотоволтаично-топлинна (CPV/T) уредба, която е свързана с изпарителя на термopомпа (ТП) - PV модулите се охлаждат чрез хладилния агент, минаващ през изпарителя на ТП. Инсталацията е проектирана за отопление на сгради. Проведено е теоретично и експериментално изследване, показващо ефективното производство на електричество и топлина с описаната уредба.
4. Създадена е нова конструкция на смесена земно базирана термopомпена (ЗБТП) уредба, съставена от два вертикални топлообменника, три плоски водни слънчеви колектора (ПВСК), реверсивна термopомпа (ТП) и вентилаторен конвектор. Разработена е методика за определяне на топлотехническите характеристики при следните пет режима на работа: ЗВА, ЗВТО, ДСО, ОЗБТП и ОСБТП.
5. Изследвана е теоретично и експериментално едновременната работа на двигател на Стърлинг и фотоволтаични (PV) панели за производство на електричество от централна отоплителна система на твърдо гориво, целяща както да отоплява сградите, така и да задоволява консумацията на електроенергия на бойлера или да снабдява жилището с електричество. Отоплителният капацитет на многофамилна къща в Мугла/Турция беше осигурен с микро-когенерационна система, като експериментът беше проведен в рамките на три месеца.

#### 5. Описание и оценка на представените материали

Авторът на дисертационния труд проф. д-р инж. Георгиев е представил всички необходими документи, съгласно Правилника за условията и реда на придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и Правилник за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в Република България.

Покриването на минималните национални изисквания към кандидатите за НС „ДОКТОР НА НАУКИТЕ“ по групи показатели е както следва:

**Показател А:** Получена диплома за ОНС „Доктор“ №17880/08.06.1988, (50 точки)

**Показатели Г:** Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus), извън хабилитационния труд (мин. 100 точки)

Представени са 15 труда, както следва: (Г1, Г2, Г3, Г4, Г5, Г6, Г7, Г8, Г9, Г10, Г11, Г12, Г13, Г14, Г15) (266 точки);

**Показатели Д:** Цитирания или рецензии в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация или в монографии и колективни томове (*Web of Science* и *Scopus*) (мин 100 точки);

Представени са 129 цитирания на 11 труда (Д11, Д12, Д14, Д15, Д19, Д20, Д26, Д27, Д28, Д33, Д34) (258 точки). В доказателствената част са посочени библиографски данни за цитиращата публикация, препратка към съответната база данни и откъси от цитиращата публикация със съответното реферирание.

При съпоставяне на представените материали с минималните изисквания (Табл. 1) за заемане на НС „Доктор на Науките“ по професионални направления съгласно ППЗРАСРБ и ПУРЗАД на БАН следва, че са изпълнени и съществено преизпълнени минималните изисквания за заемане на НС „Доктор на Науките“.

Таблица 1. Група показатели Минимален брой точки Брой точки на кандидата

Група показатели	Минимален брой точки	Брой точки на кандидата
А	50	50
Б	100	100
В	-	-
Г	100	266
Д	100	258
Е	-	-
<b>Общо</b>	<b>350</b>	<b>674</b>

Кандидатът е представил доказателствен материал, че покрива и допълнителните критерии на Института по инженерна химия към БАН, което е илюстрирано добре в Таблица 2.

Таблица 2. Допълнителни критерии на „Института по инженерна химия“ (ИИХ)

Показатели	Т.а (статии)	Т.б (цитирания)
<b>Покрити изисквания от кандидата</b>	<b>36 (15+11)</b>	<b>244</b>
Минимални изисквания за „Доктор на Науките“	25 (15)	50

#### 6. Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранната литература.

*Данни за цитиранията на научните трудове на кандидата и представителност на изданията*

Съгласно приложената авторска справка от представените трудове по дисертацията са цитирани в публикации, реферирани във WoS (общо **129 цитата**); Значителен брой от научните публикации имат впечатляващ брой цитирания в престижни международни издания, като например:

Публикация (4) е цитирана **14 пъти**; (5) - **102 пъти**; (7) - **23 пъти**; (8) - **16 пъти**; (12) - **45 пъти**; (20) - **13 пъти**.

Авторът на дисертационния труд проф. Георгиев притежава **h индекс 12** (с общ брой цитирания в Scopus **644**, само за 2021 - **79 цитирания**) (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005013460>), което показва много високо отражение на неговите научни публикации най-вече в чуждестранната литература.

#### 7. Критични бележки и препоръки към дисертационния труд.

Дисертационният труд по обем, актуалност и представяне на резултатите в световната научна литература изцяло покрива критериите за подобен труд. Прави впечатление, че основните научни резултати са публикувани в най-реномирани световни издания и трудно биха могли да бъдат намерени сериозни пропуски поради факта, че тези публикации минават през няколко нива на рецензиране и то от световно известни специалисти в областта. Все пак моите забележки се отнасят до конструкцията на съдържанието на дисертационния труд. Авторът е обособил целите и задачите на дисертационния труд в отделна глава (гл.2). Според мен мястото им е в глава 1, т.к. е логично целите и задачите да се представят като следствие от направения критичен литературен обзор. По аналогичен начин последните глави (6, 7 и 8) могат да се представят като приложения към дисертационния труд, а не като отделни глави.

#### 8. Лични впечатления на рецензента за дисертанта

Познавам лично автора на дисертационния труд проф. д-р инж. А. Георгиев от участието ми в организирани от него научни конференции AESMT (2018-2021). Имам поглед върху цялостната му научна дейност в качеството си на рецензент по конкурса за заемане на академична длъжност „Професор“. Той владее отлично немски, английски, испански и руски езици, което му дава възможност да следи научния обмен, да работи по важни международни проекти, да участва в международни научни мероприятия и да създава съвременна експериментална научно-

изследователска база. Притежава висока компетентност, поради което поддържа солидни международни контакти. Умее да работи в екип и да предава опита си. Високо отговорен е в своята професионална дейност както като университетски преподавател, така и като изследовател.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените материали отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, на Правилника за приложението му и вътрешния Правилник за условията и реда за заемане на научни степени в ИИХ-БАН. Въз основа на запознаването с представената дисертация, научните трудове, тяхната значимост, съдържащите се в тях приноси, намирам за основателно да предложа **проф. д-р инж. Александър Георгиев Георгиев**, да му бъде присвоена научната степен „Доктор на Науките“ в професионалното направление 4.2. Химически науки по специалността „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“.

Дата: 15.02.2022

Рецензи

в)