



Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat **Inginerie Electrică**

# **CONVERSIA TERMICĂ A ENERGIEI SOLARE: STUDII EXPERIMENTALE**

Teză de master

Masterand: Octavian Mangos

Conducător: prof. univ., dr. Ion SOBOR

Chișinău – 2018

**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică**  
**Departamentul Inginerie Electrică**

**Admis la susținere**  
Șef departament dr. conf. Ilie NUCA

„12” \_\_\_\_\_ 2018

# **CONVERSIA TERMICĂ A ENERGIEI SOLARE: STUDII EXPERIMENTALE**

**Teză de master**

**Masterand:** O. Mangos (**Mangos Octavian**)

**Conducător:** I. Sobor (**Sobor Ion**)

**Chișinău – 2018**

## REZUMAT

Teza conține: 91 pagini, 78 ilustrații, 20 tabele, 27 surse bibliografice.

**Cuvinte cheie:** surse regenerabile de energie, energie solară termică, radiație solară, randament, colector solar, instalația ET 202, curba de încălzire, diferența de temperatură.

**Obiectul de studiu:** Echipamentul didactic ET 202 „Principiile Conversiei Termice a Energiei Solare” destinat în scopuri didactice pentru studierea proprietăților colectoarelor solare cu diferite tipuri de suprafețe absorbante, la diferite condiții experimentale în cadrul disciplinelor:

- Surse Regenerabile de Energie, licență;
- Ingineria Energiilor Regenerabile, masterat.

**Scopul general al tezei:** Studiarea procesului de conversie a energiei solare în energie termică, pentru determinarea experimentală a caracteristicilor colectoarelor plane cu diferite suprafețe absorbante în diferite condiții experimentale, în baza cărora s-a elaborat instrucțiunea metodică pentru efectuarea lucrărilor de laborator de către studenții facultății de Energetică și Inginerie Electrică.

Pentru atingerea scopului propus au fost realizate un șir de activități: studierea instalației ET 202; efectuarea experimentelor necesare; determinarea caracteristicilor colectorului; elaborarea instrucțiunii metodice pentru efectuarea lucrărilor de laborator.

În lucrarea dată au fost efectuate încercări experimentale în condiții de laborator, privind determinarea caracteristicilor colectoarelor cu suprafață absorbantă selectivă și suprafață absorbantă neagră. S-au determinat experimental dependențele randamentului colectorului de debitul circuitului solar și unghiul de înclinare al colectorului. În baza datelor măsurate, prin calcul matematic s-au determinat curbele de eficiență teoretice, comparându-le cu rezultatele experimentale.

## ABSTRACT

This project contain: 91 pages, 78 illustrations, 20 tables, 27 bibliographical sources.

**Keywords:** renewable energy sources, solar thermal energy, solar radiation, efficiency, solar collector, the ET 202 installation, heating curve, temperature difference.

**The object of study:** Didactical Equipment ET 202 "Thermal Solar Energy Conversion Principles" intended for educational purposes for studying the properties of solar collectors with different types of absorbent surfaces at different experimental conditions in the disciplines:

- Renewable Energy Sources, license;
- Renewable Energy Engineering, Master.

**Purpose:** Studying the process of converting solar energy into thermal energy for the experimental determination of the characteristics of flat-plate collectors with different absorber plates under different experimental conditions, on the basis of which the methodical instruction for the laboratory work was developed for the students of the Power & Electrical Engineering Faculty.

In order to achieve the proposed goal a number of activities were conducted: the study of ET 202; performing the necessary experiments; determining the characteristics of the collector; elaboration of the methodical instruction for performing the laboratory work.

In this thesis experiments were carried out under laboratory conditions and artificial solar radiation. The characteristics of the selective absorbent surface collectors and the black absorbent surface were determined. The collector efficiency dependence as function of the solar circuit flow and collector angle were determined experimentally. On the basis of measured data, the theoretical efficiency curves and comparing them with the experimental results are done.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	7
<b>1. CONVERSIA TERMICĂ – CEA MAI RĂSPÂNDITĂ METODĂ DE UTILIZARE A ENERGIE SOLARE</b> .....	8
1.1. Importanța energiei solare.....	8
1.2. Spectrul radiației solare.....	10
1.3. Radiația solară disponibilă pe teritoriul Republicii Moldova.....	15
1.4. Balanța energetică al unui colector solar termic.....	25
1.5. Scopul tezei.....	31
<b>2. DESCRIEREA ECHIPAMENTELOR PENTRU STUDII EXPERIMENTALE ÎN CODIȚII DE LABORATOR</b> .....	32
2.1. Echipamente G.U.N.T. pentru studiul conversiei termice a energiei solare.....	32
2.1.1. Schema funcțională a unității principale.....	34
2.1.2. Componentele unității principale.....	35
2.1.2.1. Unitatea de iluminat.....	36
2.1.2.2. Colectorul plan.....	36
2.1.2.3. Pompa de circulație.....	37
2.1.2.4. Reglarea unghiului de înclinație a colectorului.....	37
2.1.2.5. Reglarea distanței dintre sursa de radiație și planul colectorului.....	38
2.1.2.6. Rezervorul de acumulare.....	39
2.1.2.7. Echipamente de măsurare.....	41
2.1.2.8. Panoul de comandă.....	43
<b>3. STUDII EXPERIMENTALE ALE CONVERSIEI TERMICE A RADIAȚIEI SOLARE</b> .....	44
3.1. Caracteristica colectorului la variația debitului.....	44
3.2. Caracteristica colectorului pentru diferite unghiuri de înclinație în raport cu direcția radiației solare.....	49
3.3. Determinarea curbei de încălzire a apei.....	52
3.4. Caracteristicile colectoarelor cu diferite suprafețe absorbante.....	57
<b>CONCLUZII</b> .....	64
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	65
<b>ANEXA 1</b> .....	67

## BIBLIOGRAFIE

1. KIENZT, V., Énergie solaire (exploitation).  
<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-solaire-exploitation>
2. JOLY, J., Énergie solaire les bases théoriques pour la comprendre,  
<https://www.encyclopedie-energie.org/energie-solaire-les-bases-theoriques-pour-la-comprendre/>
3. Principles of solar thermal energy,  
<https://gunt.de/en/products/2e-energy/solar-energy/solar-thermal-energy/principles-of-solar-thermal-energy/061.20200/et202/glct-1:pa-148:ca-670:pr-182>
4. Sisteme de conversie a energiilor regenerabile, I. Bostan, V. Dulgheru, I. Sobor, V. Bostan, A. Sochirean, Univ. Tehn. a Moldovei. - Ch.: „Tehnica-Info”, 2007, - 592 p. ISBN978-995-63-076-4.
5. SOFRONI, V., BOIAN I., MANGUL I., Particularitățile climaterice ale Republicii Moldova. Chișinău, 2003  
[http://cim.mediu.gov.md/starea/Cap\\_1.1.1.doc](http://cim.mediu.gov.md/starea/Cap_1.1.1.doc)
6. Anuarul Statistic al Republicii Moldova. Biroul național de statistică. Chișinău, 2017,  
[http://www.statistica.md/public/files/publicatii\\_electronice/Anuar\\_Statistic/2017/1\\_AS.pdf](http://www.statistica.md/public/files/publicatii_electronice/Anuar_Statistic/2017/1_AS.pdf)
7. World Radiation Data Centre,  
[http://wrdc.mgo.rssi.ru/wrdccgi/protect.exe?GAW\\_DATA/2018/kishinev\\_2018\\_glo\\_h.htm](http://wrdc.mgo.rssi.ru/wrdccgi/protect.exe?GAW_DATA/2018/kishinev_2018_glo_h.htm)
8. Atmospheric Research Group, <http://arg.phys.asm.md/index.html>
9. Global solar atlas. Date GIS Moldova, <https://globalsolaratlas.info/downloads/moldova>
10. Energie regenerabilă: Studiu de fezabilitate / Petru Todos, Ion Sobor, Dumitru Ungureanu,...;red. Șt. Valentin Arion. – Ch.: Min. Ecologiei, Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului; PNUD Moldova, 2002, - 158 p. ISBN 9975-9581-3-3
11. T. Ambros ș.a. Surse regenerabile de energie. – Manual, Chișinău: „TEHNICA – INFO”, 1999 – 434p. ISBN: 9975-910-79-3
12. Surse regenerabile de energie: Curs de prelegeri / Ion Sobor, Diana Caraghiaur, Șota Nosadze,... Min. Educației și Tineretului. Univ. Teh. A Moldovei. – Ch. : UTM, 2006. – 360 p. ISBN 978-9975-45-020-1
13. GUȚU, C., Caracteristicile radiației solare pe teritoriul Republicii Moldova,  
[http://journal.ie.asm.md/assets/files/m71\\_2\\_47.doc](http://journal.ie.asm.md/assets/files/m71_2_47.doc)
14. MARUNTELU, S., Manual profesional pentru proiectarea sistemelor colective care utilizează energie termică solară. 2008  
[https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/east-grs\\_training\\_manual\\_romania.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/east-grs_training_manual_romania.pdf)
15. Balan, M., Randamentul colectorilor solari termici, 2007, ISBN: 978-973-662-350-9

- [http://www.termo.utcluj.ro/regenerabile/2\\_3.pdf](http://www.termo.utcluj.ro/regenerabile/2_3.pdf)
16. Badea, A., Bazele transferului de căldură și masă, București, Editura Academiei, 2005, 300pag.
- [http://dpue.energ.pub.ro/files/carte/bazele\\_tcm.pdf](http://dpue.energ.pub.ro/files/carte/bazele_tcm.pdf)
17. CHELMENCIUC, C., COCIMARI, C., DZERO, D. Analiza pierderilor de căldură prin pereții cuptorului de coacere a pâinii.
- [https://www.researchgate.net/publication/314231390\\_ANALIZA\\_PIERDERILOR\\_DE\\_CALDURA\\_PRIN\\_PERETII\\_CUPTORULUI\\_DE\\_COACERE\\_A\\_PAINII](https://www.researchgate.net/publication/314231390_ANALIZA_PIERDERILOR_DE_CALDURA_PRIN_PERETII_CUPTORULUI_DE_COACERE_A_PAINII)
18. GAVRILĂ, L., Fenomene de transfer Vol II–Transfer de căldură și masă, Ed.- Alma Mater, Bacău, 2000
- <http://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2011/03/fenomene-de-transfer-2.pdf>
19. GASPARG, F., CHERECHEȘ, I., BĂLDEAN, D., Determinarea temperaturii maxime în stare de repaus a unui captator termo-solar plan.
- <http://www.agir.ro/buletine/2830.pdf>
20. HARRISON, S., LIN, Q., MESQUITA, L., Limiting stagnation temperatures in flat-plate solar collectors.
- [http://aspephx.com/limiting\\_stagnation.pdf](http://aspephx.com/limiting_stagnation.pdf)
21. HARRISON, S., LIN, Q., MESQUITA, L., Integral stagnation temperature control for solar collectors. Conference SESCO, Ontario, Canada, 2004.
- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.618.9962&rep=rep1&type=pdf>
22. STRUCKMANN, F., Analysis of a Flat-plate Solar Collector, Project Report 2008 MVK 160 Heat and Mass Transport Lund, Sweden, 2008.
23. [http://www.lth.se/fileadmin/ht/Kurser/MVK160/Project\\_08/Fabio.pdf](http://www.lth.se/fileadmin/ht/Kurser/MVK160/Project_08/Fabio.pdf)
24. TIRON, M., Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici pătrate, Editura Tehnică, București, 1972.
25. Metode și tehnici de previziune,
- <https://www.slideshare.net/OanaElena3/metode-si-tehnici-de-previziune>
26. Caracteristicile colectorului VIESSMANN Vistol 100, 200,
- [https://www.viessmann.com/web/france/fr\\_tdis.nsf/4563588e6a92515ac1256b1200303f6e/77cb7c169fc3917dc1256f46002b0b32/\\$FILE/5816135-6F\\_5-2004.pdf](https://www.viessmann.com/web/france/fr_tdis.nsf/4563588e6a92515ac1256b1200303f6e/77cb7c169fc3917dc1256f46002b0b32/$FILE/5816135-6F_5-2004.pdf)
27. Caracteristicile colectorului ANWO K420EM și K420MS
- <http://www.especificar.cl/fichas/sistemas-solares-termico>