

Cristina EFREMOV

Vasile LEU

---

# **EFICIENȚA ENERGETICĂ**

*Culegere de probleme*

Lect. univ. **Cristina EFREMOV**

Lect. univ. dr. ing. **Vasile LEU**

# **EFICIENȚA ENERGETICĂ**

***Culegere de probleme***

Seria „*Exerciții și probleme*”



**Editura AGIR**

București, 2021

ASOCIAȚIA GENERALĂ A INGINERILOR DIN ROMÂNIA

Copyright © Editura AGIR și autorii, 2021  
Editură recunoscută de CNCIS

Toate drepturile asupra acestei ediții  
sunt rezervate Editurii AGIR și autorilor

**Editura AGIR**

Calea Victoriei, nr. 118, sector 1,  
010093 București;  
Tel.: 4021-316.89.92, 4021-316.89.93 (redacție)  
4021-319.49.45 (difuzare); Fax: 4021-316.89.92  
e-mail: editura@agir.ro; www.agir.ro; www.edituraagir.ro

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**  
**EFREMOV, CRISTINA**

**Eficiența energetică** / lect. univ. Cristina Efremov, lect. univ.  
dr. ing. Vasile Leu. - București : Editura A.G.I.R., 2021  
Conține bibliografie

ISBN 978-973-720-841-5

I. Leu, Vasile  
620.9

**Recenzenți:**

**Prof. dr. ing. Virgil Mușatescu** – profesor emerit Universitatea  
Politehnica București, consilier CNR-CME (Consiliul Mondial al  
Energiei – Comitetul Național Român).

**Prof. dr. ing. Ovidiu Țuțuianu** – Consilier CNR-CME, expert energie-  
mediu al ONUDI-Viena, membru al Ligii Scriitorilor din România.

**Ing. Victor Vernescu** – Consilier CNR-CME.

Îngrijire editorială: **Mihaela MARIUȚĂ**

Coperta: dr. ing. **Ion MARIN**

---

Bun de tipar: 10.05.2021

ISBN: 978-973-720-841-5

---



**Cristina Efremov** este lector universitar la *Universitatea Tehnică a Moldovei*, director științific al Societății pe Acțiuni *Gradient-Co*, membru a două comitete tehnice pentru normare tehnică și standardizare în construcții din *Ministerul Economiei și Infrastructurii* al Republicii Moldova: *Eficiența Energetică în clădiri*, respectiv *Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului*. Este elabo-

rator al documentelor normative la *Institutul de Cercetări Științifice în Construcții – INCERCOM Î.S.*

A absolvit: *Universitatea Tehnică a Moldovei – Facultatea de Tehnologie și Management în Industria Alimentară* (2007); *Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” – Științe ale Educației – Pedagogie* (2014); *Academia de Studii Economice din Moldova, Centrul de Instruire și Consultanță în afaceri MACIP – Contabilitate* (2017); *Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică – Master în inginerie și activități inginerești, Energie și Mediu* (2018); *Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică – Studii Superioare de Doctorat – Sisteme și tehnologii energetice* (2018 – până în prezent) cu obținerea *Bursei de Excelență a Guvernului Republicii Moldova pentru cel mai bun doctorand*, în anul 2020.

Activitatea științifică (cercetare și dezvoltare) s-a materializat în elaborarea a peste 15 articole științifice în domeniul energetic, a peste 26 documente normative din grupul *Fiabilitatea, siguranța și protecția clădirilor și a construcțiilor* și din grupul *Rețele și echipamente aferente construcțiilor*, precum și prin prezentări în cadrul conferințelor – atât naționale, cât și internaționale – și participări la proiecte instituționale, naționale și internaționale.



**Vasile Leu** este absolvent al *Universității Tehnice a Moldovei*, profilul *Construcții*, specializarea *Alimentări cu căldură și gaze, ventilație*. Pe parcursul carierei de peste 25 de ani, a activat în cadrul întreprinderilor de producere, transport, distribuție și furnizare a energiei termice din municipiul Chișinău, *Institutului de Fizică Aplicată, Ministerului Energeticii și Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică*.

În paralel cu activitatea profesională, a făcut studii în cadrul *Academiei de Administrare Publică* de pe lângă *Președinția Republicii Moldova*, obținând titlul de magistru în Administrare publică, precum și studii doctorale în cadrul *Institutului de Fizică Aplicată, Laboratorul dirijarea proceselor termice prin metode electrice*, cu susținerea tezei în cadrul *Institutului de Energetică*, obținând titlului de doctor în științe tehnice, specialitatea *Energetică generală, sisteme energetice* (2018). Activează, prin cumul, în calitate de lector universitar la *Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică și Facultatea de Urbanism și Arhitectură*. Este președintele *Comitetului tehnic Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului* și membru al *Comitetului tehnic privind atestarea tehnico-profesională a specialiștilor cu activități în construcții, instalații aferente*.

Este coautor la cinci brevete de invenție, inclusiv două în domeniul surselor regenerabile de energie, și colaborator la peste 70 de publicații științifice, inclusiv peste hotare (Franța, SUA, România, Rusia, Ucraina). A participat la peste 40 de conferințe și forumuri naționale și internaționale.

# Cuprins

<b>Lista abrevierilor .....</b>	<b>13</b>
<b>Simboluri, terminologie și unități de măsură .....</b>	<b>14</b>
<b>Introducere .....</b>	<b>17</b>
<b>1. PERFORMANȚA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR ȘI ÎNTOCMIREA CERTIFICATULUI ENERGETIC .....</b>	<b>19</b>
1.1. Instalarea perdelelor din folie PVC în spațiul interior al ramelor ferestrelor .....	19
1.2. Îmbunătățirea proprietăților de protecție termică a clădirii (acoperișului) .....	22
1.3. Calculul eficienței energetice a unei clădiri rezidențiale (detaliat) .....	27
1.4. Întocmirea Certificatului Energetic al blocului locativ din mun. Chișinău, strada D. Cantemir 1 conform Metodologiei de calcul al performanței energetice a clădirilor (exemplu) .....	43
1.5. Întocmirea Certificatului Energetic al grădiniței din mun. Chișinău, strada Mircea cel Bătrân conform Metodologiei de calcul al performanței energetice a clădirilor (exemplu) .....	46
<b>2. SPORIREA PERFORMANȚEI SISTEMELOR DE ÎNCĂLZIRE ȘI DE ALIMENTARE CU APĂ CALDĂ MENAJERĂ .....</b>	<b>49</b>
2.1. Exemplu de calcul al pierderilor de energie termică cu scurgeri și consum neînregistrat de apă caldă conform CP G.04.11:2017 .....	49
2.2. Calculul cantității specifice de energie termică necesară pentru a încălzi 1 m <sup>3</sup> de apă rece conform CP G.04.11:2017 .....	52
2.3. Calculul pierderilor de energie termică ale conductelor sistemului existent ACM conform CP G.04.11:2017 .....	55
2.4. Descrierea principalelor scheme la conectarea sistemelor de încălzire ale consumatorilor la rețelele termice în concordanță cu relieful deluros al municipiului Chișinău .....	62
2.5. Izolația termică (restabilirea izolației termice) a conductelor interne ale sistemelor de încălzire și alimentare cu apă caldă menajeră (ACM) în subsoluri și mansarde neîncălzite .....	64

2.6. Organizarea punctului termic individual.....	70
2.7. Utilizarea robinetelor senzor automate .....	75
2.8. Calculul eficienței economice a sistemului de alimentare cu apă caldă menajeră utilizând un colector solar plat .....	78
<b>3. SPORIREA PERFORMANȚEI SISTEMELOR DE VENTILARE-CLIMATIZARE.....</b>	<b>80</b>
3.1. Metodologia de calcul a dimensiunilor de gabarit ale recuperatorului.....	80
3.2. Calculul eficienței recuperării căldurii .....	82
3.3. Calculul sistemului de ventilație refulare – aspirare cu recuperarea și recircularea căldurii .....	84
3.4. Determinarea și evaluarea performanței energetice a sistemului de climatizare.....	87
<b>4. PERFORMANȚA PROCESELOR ȘI A INSTALAȚIILOR DE TRANSFER DE CĂLDURĂ LA ÎNTREPRINDERI .....</b>	<b>92</b>
4.1. Calculul cazanului recuperator de căldură reziduală .....	92
4.2. Calculul economiilor de combustibil gazos .....	94
4.3. Calculul răcitorului de condens.....	96
4.4. Calculul răcirii „adânci” a produselor de ardere într-o instalație de cazan cu tiraj natural .....	98
4.5. Calculul economiilor de combustibil prin reducerea temperaturii gazelor de ardere.....	101
4.6. Calculul pierderilor de energie la laminarea aburului .....	106
<b>5. EFICIENȚA FOLOSIRII ENERGIEI ELECTRICE ÎN INDUSTRIE .....</b>	<b>108</b>
5.1. Motoare electrice .....	108
5.2. Economie de energie electrică datorate utilizării motoarelor cu un randament mai mare .....	109
5.3. Instalarea unei unități de frecvență variabilă sau VFD .....	111
5.4. Înlocuirea lămpilor cu incandescență, a lămpilor fluorescente, a lămpilor cu mercur de înaltă presiune tip DRL cu cele mai eficiente.....	120
5.5. Reducerea pierderilor de energie electrică în timpul compensării puterii reactive .....	123

<b>6. EFICIENȚA ENERGETICĂ A SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU AER COMPRIMAT.....</b>	<b>126</b>
6.1. Determinarea debitului volumic și masic furnizat de compresor, puterea teoretică consumată și puterea motorului electric de antrenare.....	126
6.2. Determinarea puterii indicate consumate de compresor, exponentul politropic mediu al procesului de comprimare și puterea teoretică izotermică .....	129
6.3. Determinarea puterii necesară antrenării compresorului și suprafața de schimb a aparatului.....	132
6.4. Determinarea pierderii de presiune pe conducta de transport a aerului .....	136
6.5. Determinarea puterii teoretice consumată de compresor, a fluxului orar de căldură extras în răcitor la presiune constantă și cantității de combustibil consumată de motor într-o oră .....	137
6.6. Determinarea exponentului politropic al procesului de comprimare, a lucrului mecanic tehnic schimbat cu mediul exterior și a căldurii schimbate cu mediul exterior.....	139
6.7. Determinarea exponentului politropic al procesului de comprimare, a lucrului mecanic tehnic schimbat cu mediul exterior și a căldurii schimbate cu mediul exterior în timpul procesului.....	141
<b>7. METODE DE SPORIRE A EFICIENȚEI ENERGETICE ÎN SISTEME DE ALIMENTARE CU ENERGIE: EFICIENȚA INSTALAȚIILOR DE FORȚĂ CU TURBINE CU ABUR.....</b>	<b>143</b>
7.1. Determinarea frecvenței răcirii condensatorului .....	143
7.2. Determinarea sarcinii termice specifice din condensator.....	143
7.3. Determinarea debitului apei de răcire în condensator .....	144
7.4. Determinarea suprafeței de răcire a condensatorului .....	145
7.5. Determinarea sarcinii specifice a aburului în condensator.....	145
7.6. Determinarea lungimii totale a condensatorului cu 2 căi.....	146
<b>8. COGENERAREA CU INSTALAȚII DE FORȚĂ CU TURBINE CU ABUR.....</b>	<b>147</b>
8.1. Determinarea puterii turbinei, a randamentului teoretic și al celui real al acesteia.....	147
8.2. Determinarea pierderii procentuale de putere a instalației față de caracteristicile proiectate .....	149



8.3. Determinarea puterii teoretice a turbinei și a randamentului teoretic al instalației; cantității orare de căldură transmise agentului termic .....	151
8.4. Figurarea procesului din turbină în diagrama h-s și calcularea puterii turbinei.....	152
8.5. Calculul schemei termice a turbinei K-200-12.8 JIM3 .....	154
<b>9. COGENERAREA CU INSTALAȚII DE TURBINE CU GAZE ...160</b>	
9.1. Determinarea efectului (influenței) temperaturilor $T_a$ și $T_c$ asupra eficienței (randamentului) unei simple turbine cu gaze ....	160
9.2. Calculul schemei termice a unei simple instalații de turbine cu gaze .....	163
9.3. Determinarea principalelor caracteristici ale unei instalații de turbine cu gaze cu o creștere a eficienței (randamentului) turbinei și a compresorului.....	170
9.4. Determinarea presiunii maxime atinse în timpul ciclului și al debitului orar de agent ce străbate ciclul a ITG.....	172
9.5. Analiza instalației de turbină cu gaze ce funcționează după un ciclu cu recuperarea căldurii asupra consumului de combustibil (pentru ca puterea să rămână neschimbată).....	174
<b>10. REȚELE TERMICE .....</b>	<b>177</b>
10.1. Calculul conductei de abur .....	177
10.2. Calculul pierderilor de combustibil la scurgerea aburului în mediul ambiant.....	180
10.3. Calculul temperaturii apei din rețea în conductele de alimentare și retur ale rețelelor termice .....	181
10.4. Calculul temperaturii apei din rețea în conductele de alimentare și retur ale rețelelor termice cu reglare calitativă și cantitativă ....	182
10.5. Calculul tensiunii de tracțiune a conductei de la suprapresiunea internă.....	184
10.6. Calculul forței axiale care acționează pe un suport fix .....	185
10.7. Determinarea grosimii izolației termice $\delta_{tz}$ .....	186
<b>11. BILANȚURI MATERIALE ȘI ENERGETICE ALE SISTEMELOR TERMOTECNOLOGICE .....</b>	<b>187</b>
11.1. Calculul încălzitorului.....	187
11.2. Determinarea puterii motorului și a randamentului său.....	191
11.3. Diagrama Sankey a bilanțului termic .....	192
<b>Bibliografie .....</b>	<b>195</b>

## Prefață

Culegerea de probleme este o parte integrantă a complexului educațional și metodologic pentru soluționarea problemelor practice ale implementării politicii de stat în domeniul conservării energiei și al eficienței energetice.

Astăzi, sporirea eficienței energetice reprezintă o prioritate fundamentală a politicii energetice naționale datorită contribuției majore pe care o are la realizarea siguranței alimentării, dezvoltării sustenabile și competitivității la economisirea resurselor energetice primare, precum și la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

În acest context sunt propuse sarcini teoretice și practice în domeniul conservării energiei prin creșterea eficienței energetice în instalațiile de inginerie electrică și termică la întreprinderile industriale și în sectorul rezidențial.

Problemele rezolvate, cât și cele propuse, au în general un caracter tehnic și urmăresc să contribuie la pregătirea științifică de cercetare a studenților și le oferă exemple concrete de calcul ajustate condițiilor Republicii Moldova.

Lucrarea este astfel elaborată încât să contribuie la pregătirea unitară, de nivel ridicat a studenților, masteranzilor la disciplina „Eficiența Energetică” și să fie utilă specialiștilor, care au preocupări în cercetarea, proiectarea sau exploatarea mașinilor, instalațiilor și utilajelor termice industriale.

Culegerea de probleme este destinată și studenților, masteranzilor, precum și reprezentanților organizațiilor și instituțiilor din sectorul public responsabile de conservarea energiei și eficiența energetică.

## Bibliografie

- [1] *Legea nr. 128 din 11.07.2014 privind performanța energetică a clădirilor* (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2014, nr. 297-309, art. 609).
- [2] Hotărârea Guvernului nr. 896 din 21.07.2016 pentru aprobarea Regulamentului privind procedura de certificare a performanței energetice a clădirilor și a unităților de clădiri (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2016, nr. 232-244, art. 975).
- [3] Băran Nicolae, „*Termotehnica și Mașini Termice*”, Editura Matrix Rom, București, 1996, 181 pag.
- [4] Directiva (UE) 2018/844 a Parlamentului European și a Consiliului din 30 mai 2018 de modificare a Directivei 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor și a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică.
- [5] Directiva (UE) 2018/2002 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de modificare a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică.
- [6] Directiva (UE) 2018/2002 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de modificare a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 328/210. 21.12.2018. 21 p.
- [7] Directiva (UE) 2018/844 al Parlamentului European și al Consiliului din 30 mai 2018 de modificare a Directivei 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor și a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 156/75. 19.6.2018. 17 p.
- [8] Directiva (UE) 2018/2001 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 328/82. 21.12.2018. 128 p.
- [9] NCM M.01.01-2016 „*Eficiența energetică a clădirilor rezidențiale. Performanța energetică a clădirilor. Cerințe minime de performanță energetică a clădirilor*”, Ministerul Economiei și Infrastructurii.

- [10] NCM M.01.02-2016 *„Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor”*, Ministerul Economiei și Infrastructurii.
- [11] NCM M.01.04-2016 *„Eficiența energetică a clădirilor rezidențiale. Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al nivelurilor optime, din punctul de vedere al costurilor, ale cerințelor minime de performanță energetică a clădirilor și a elementelor acestora”*. Ministerul Economiei și Infrastructurii.
- [12] NCM E.04.01-2017, *„Protecția termică a clădirilor”*, Ministerul Economiei și Infrastructurii.
- [13] CP G.04.11:2013 *„Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului. Metodologia de calcul a pierderilor de căldură, a consumului neînregistrat de apă caldă, a pierderilor de apă caldă în sistemele comunale de alimentare cu apă caldă menajeră. Partea 1. Calculul pierderilor și al volumului neînregistrat de apă caldă în sistemele comunale de alimentare cu apă caldă menajeră”*, Ministerul Economiei și Infrastructurii.
- [14] CP G.04.11:2017 *„Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului. Metodologia de calcul a pierderilor de căldură, a consumului neînregistrat de apă caldă, a pierderilor de apă caldă în sistemele comunale de alimentare cu apă caldă menajeră. Partea 2. Calculul pierderilor de căldură în sistemele comunale de alimentare cu apă caldă menajeră”*, Ministerul Economiei și Infrastructurii.
- [15] CP E.04.05:2017 *„Proiectarea protecției termice a clădirilor”*, Ministerul Economiei și Infrastructurii.
- [16] СНиП 2.01.01-82 *„Строительная климатология и геофизика”*.