



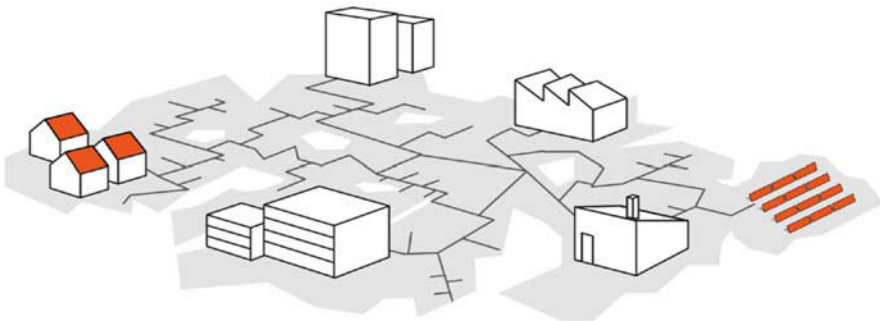
Digitally signed by
Technical Scientific
Library, TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity of
this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

COGENERAREA DE MICĂ ȘI MEDIE PUTERE

**Justificarea structurii și parametrilor surselor
de energie în cadrul unui sistem de termoficare urbană**

Indrumar metodic



**Chișinău
2022**

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
FACULTATEA ENERGETICĂ ȘI INGINERIE ELECTRICĂ
DEPARTAMENTUL ENERGETICĂ**

COGENERAREA DE MICĂ ȘI MEDIE PUTERE

**Justificarea structurii și parametrilor surselor
de energie în cadrul unui sistem de termoficare urbană**

Îndrumar metodic

**Chișinău
Editura „Tehnica-UTM”
2022**

CZU 697(075)
C 65

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Energetică și Inginerie Electrică, proces-verbal nr. 6 din 30.06.2022.

În lucrare sunt prezentate aspectele metodologice ale calculelor tehnico-economice privind justificarea structurii și parametrilor surselor de energie din cadrul sistemelor de termoficare urbană.

Îndrumarul metodic este destinat studenților Programului de studii superioare de master ciclul II, *Energie și mediu*, pentru efectuarea lucrării individuale la disciplina *Cogenerarea de mică și medie putere*, precum și publicului larg interesat de subiectul dat.

Autori: prof. univ., dr. hab. V. Arion

conf. univ., dr. V. Hlусov

lect. univ., dr. V. Leu

lect. univ. C. Borosan

Redactor responsabil: prof. univ., dr. Ion Stratan

Recenzent: lect. univ., dr. Dumitru Braga

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Cogenerarea de mică și medie putere: Justificarea structurii și parametrilor surselor de energie în cadrul unui sistem de termoficare urbană: Îndrumar metodic / V. Arion, V. Hlусov, V. Leu, C. Borosan; redactor responsabil: Ion Stratan; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Departamentul Energetică.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2022. – 138 p.: fig., tab.

Aut. indicați pe vs. f. de tit. – Bibliogr.: p. 113-114. – 50 ex.

CUPRINS

Lista notațiilor utilizate în lucrare.....	6
Scopul lucrării. Cerințe generale.....	8
INTRODUCERE.....	9
Partea I. OPTIMIZAREA STRUCTURII SURSELOR DE ENERGIE ÎN SACET	
1. EVALUAREA NECESARULUI ANUAL DE CĂLDURĂ A CARTIERULUI REZIDENȚIAL ALIMENTAT PRIN SACET.....	12
1.1. Scurtă descriere a consumatorilor și a zonei climatice.....	12
1.1.1. Caracteristicile de consum și climatice ale cartierului rezidențial... ..	12
1.1.2. Schema de principiu a unui sistem de termoficare.....	15
1.2. Estimarea sarcinii termice și a consumului anual de căldură pentru încălzire.....	17
1.2.1. Metodologia de calcul al sarcinii termice.....	17
1.2.2. Calculele numerice.....	19
1.2.3. Curba clasată a sarcinii termice (CC-ST) pentru încălzire.....	21
1.3. Determinarea sarcinii termice și a consumului anual de căldură afereent preparării apei calde de consum.....	24
1.3.1. Metodologia de calcul și calculele numerice.....	24
1.3.2. Curba clasată a sarcinii termice pentru prepararea ACC.....	29
1.4. Stabilirea curbei anuale clasate a sarcinii termice a SACET.....	34
1.4.1. Sumarul calculului sarcinilor termice și a consumului anual de căldură... ..	34
1.4.2. Construirea curbei clasate a sarcinii termice a SACET.....	35
1.4.3. Partajarea CC-ST în zone acoperite de diverse surse.....	37
2. VARIANTELE DE ACOPERIRE A CURBEI DE SARCINĂ A SACET.....	39
2.1. Sursele de energie ce pot fi integrate în SACET.....	39
2.1.1. Instalațiile de cazane.....	39
2.1.2. Instalațiile de cogenerare bazate pe utilizarea MAI.....	41
2.1.3. Instalațiile de cogenerare bazate pe utilizarea ITG.....	44
2.2. Descrierea variantelor de acoperire a curbei de sarcină.....	48
2.2.1. Varianta I: acoperirea CC-ST doar prin utilizarea CAF-lor.....	48
2.2.2. Varianta II: utilizarea cogenerării bazate pe MAI și a CAF-lor.....	50
2.2.3. Varianta III: utilizarea cogenerării bazate pe ITG și a CAF-lor.....	51

3.	CALCULELE TEHNICO-ECONOMICE COMPARATIVE ȘI ALEGEREA VARIANTEI OPTIME	52
3.1.	Criteriul de alegere a variantei optime de acoperire a sarcinii termice a SACET	52
3.2.	Metodologia de calcul	53
3.3.	Calculul tehnico-economic comparativ	58
3.3.1.	Informații generale.....	58
3.3.2.	Utilizarea CAF-lor la acoperirea sarcinii termice (Varianta I).....	58
3.3.3.	Utilizarea cogenerării Cg-MAI și a CAF-lor (Varianta II).....	63
3.3.4.	Utilizarea cogenerării Cg-ITG și a CAF-lor (Varianta III).....	68
3.3.5.	Analiza rezultatelor și identificarea soluției optime.....	70

Partea II. EVALUAREA ANALITICĂ A COTEI OPTIME A SURSELOR DE ENERGIE ÎN SACET

4.	COTA OPTIMĂ A COGENERĂRII ÎN SACET: calcul analitic	75
4.1.	Formularea problemei și modelarea matematică a ei.....	75
4.2.	Sinteza datelor utilizate în calculul numeric.....	81
4.3.	Calculul cotei optime a cogenerării în SACET.....	82
5.	FRAȚIA SOLARĂ OPTIMĂ PENTRU UN SACET	86
5.1.	Formularea problemei și modelarea ei matematică	86
5.1.1.	Formularea problemei.....	86
5.1.2.	Fracția optimă solară termică în acoperirea sarcinii maxime anuale....	87
5.1.3.	Fracția optimă solară în acoperirea consumului anual de căldură.....	88
5.2.	Calculul numeric al fracției solare	88
5.2.1.	Sinteza datelor utilizate în calculul numeric.....	88
5.2.2.	Calculul fracției optime solare (putere).....	92
5.2.3.	Calculul fracției optime solare (energie).....	95

Partea III. UTILIZAREA SISTEMELOR SOLARE HIBRIDE ÎN SACET

6. UTILIZAREA COLECTOARELOR SOLARE TERMICE ȘI CAZANELOR DE APĂ FIERBINTE CU STOCAREA CĂLDURII.....	97
6.1. Formularea problemei și variantele studiate.....	97
6.2. Cheltuielile anuale de calcul minime – criteriul de optimalitate.....	100
6.3. Datele inițiale cu privire la caracteristicile surselor de energie și acumulatele de căldură.....	101
6.4. Rezultatele obținute.....	106
Bibliografie.....	113

ANEXE

Anexa 1. Căldura de ardere. Coeficienții transformărilor energetice.....	116
Anexa 2. Condițiile climatice pentru proiectarea sistemelor de încălzire.....	120
Anexa 3. Coeficienții de transfer în timp a valorilor economico-financiare... 124	
Anexa 4. Determinarea volumului producției de energie pentru fiecare sursă implicată în acoperirea zonei de vârf a curbei de sarcină.....	128
Anexa 5. Planificarea activității pentru elaborarea lucrării individuale.....	135

INTRODUCERE

Cogenerarea energiei este o tehnologie de producere combinată și simultană a energiei electrice și energiei termice atractivă din punct de vedere al eficienței utilizării resurselor energetice și reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră.

În ultimele decenii, promovarea utilizării cogenerării și a sistemelor de termoficare reprezintă o prioritate politică la nivel internațional, european și național. În prezent, majoritatea statelor lumii s-a angajat să vină cu soluții de valorificare a potențialului cogenerării și trigenerării, precum și extinderii utilizării sistemelor de termoficare ca pilon central al viitoarelor sisteme energetice curate și inteligente.

Cogenerarea, în comparație cu producerea separată a energiei, oferă beneficii în termeni de economie de combustibili, de mediu și eficiență. Randamentul global al producerii de energie în centralele de cogenerare este cuprins între 85-92 % în comparație cu randamentul de apr. 35 % al centralelor termoelectrice. Economia de combustibil, de regulă, constituie 10-20 % și chiar mai mult, iar emisiile poluante (NO_x, SO_x, pulberi) și de CO₂ sunt considerabil mai mici decât în cazul producerii separate a energiei. Alimentarea centralizată cu căldură și-a demonstrat avantajele sale față de alimentarea individuală [4].

În contextul tranziției energetice către emisii net zero până în 2050 rolul SACET va crește considerabil; va crește, în primul rând, aria de întrebuințare a SACET ca soluție pentru serviciul de încălzire în legătură cu tendința existentă de creștere a urbanizării. În zonele urbane cu o densitate înaltă a populației opțiunile de *încălzire* sunt considerabil limitate față de cele din zonele mai puțin populate și în aceste condiții pe prim-plan se află sistemele de termoficare.

În Republica Moldova, către sfârșitul anilor 1990, existau 42 sisteme centralizate de alimentare cu energie termică a zonelor urbane (SACET sau sisteme de termoficare). După restructurarea întreprinderilor din

domeniul energetic, ca urmare a lipsei investițiilor și unui management defectuos, sistemele de termoficare în timp de două decenii au falimentat și doar două dintre ele au fost salvate - SACET Chișinău și SACET Bălți.

Este timpul să se revină la sistemele de termoficare urbană, la sisteme noi, moderne, de generația a patra, bazate pe utilizarea surselor regenerabile de energie, deșeurilor de căldură și combustibililor sintetici.

Este cunoscut că aplicarea cogenerării presupune existența unei zone/nod de consum a energiei termice, pentru care se caută soluția de acoperire cu căldură. Sursele tradiționale de producere a energiei termice sunt, în principal, instalațiile de cazane, însă în ultimul timp tot mai frecvent se pune problema utilizării și altor tipuri de surse de căldură bazate fie pe combustibili fosili sau regenerabili, precum sunt instalațiile de cogenerare, pompele de căldură, sursele solare, pilele de combustie, boilerele electrice etc.

În contextul celor menționate, prezintă interes căutarea soluțiilor optime de utilizare combinată a două sau mai multor surse de producere a energiei termice pentru alimentarea cu căldură a unei zone date de consum.

Problema justificării structurii surselor de energie pentru un SACET include mai mulți pași și constă în a determina:

- a) structura surselor de căldură, cea mai atractivă din punct de vedere economic, ce ar putea fi integrate în SACET;
- b) puterea instalată totală pe tip de surse;
- c) regimul de funcționare a surselor.

BIBLIOGRAFIE

1. Directive 2012/27/EU of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.
2. Directive 2010/31 of 17 May 2010 on the energy performance of buildings and its amendments.
3. Legea nr. 92 din 29.05.2014 cu privire la energia termică și promovarea cogenerării. Publicat: 11-07-2014 în Monitorul Oficial nr. 178-184 art. 415, Chișinău.
4. Athanasovici V. (coordonator) ș.a. *Tratat de inginerie termică. Alimentări cu căldură. Cogenerare*. București: Editura AGIR, 2010. - 1799 p. ISBN 978-973-720-314-4.
5. NCM M.01.01:2016 *Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor*. 2016. - 75 p.
6. Dinu R.C. *Distribuția energiei termice*. Suport de curs. Craiova: UCV, 2010. - 76 p.
7. Minciuc E., Dumitrescu I.-S. *Alimentarea cu căldură a unui oraș. Îndrumar de proiect*. București: Editura Politehnica Press, 2016. - 67 p. ISBN 978-606-515-674-6.
8. Kawasaki Gas Turbine Generator Sets. Green Gas Turbines, 2019, 10 pag., <https://global.kawasaki.com/en/energy/brochures.html>
global.kawasaki.com/en/energy/equipment/gas_turbines/index.html
9. Arion V., Hlusuov V., Gherman C. *Bazele calculelor tehnico-economice și economico-financiare*. Note de curs la disciplina Economia energeticii. Chișinău: Tehnica-UTM, 2016. - 168 p.

-
10. Arion V., Hlусov V., Gherman C. *Economia surselor de energie*. Note de curs la disciplina Economia energeticii. Chișinău: Tehnica-UTM, 2016. - 152 p.
 11. Arion V., Hlусov V., Gherman C., Șveț O. *Ghid privind evaluarea economică a proiectelor din domeniile eficienței energetice și energiilor regenerabile*. Chișinău: Sirius, 2014. - 2014 p.
 12. Arion V., Hlусov V., Negură C., Borosan C. *O abordare analitică a dimensionării economice a unităților de cogenerare care țin cont de evoluția parametrilor variabili în timp*. FOREN-2020, România.
 13. Solar district heating guidelines. Collection of fact sheets. WP3-D3.1 & D3.2, 2012. - 152 p.
https://www.solarthermalworld.org/sites/default/files/story/2015-04-03/sdh-wp3-d31-d32_august2012_0.pdf
 14. Energy Technology Data Catalogue, Danish Energy Agency, 2016.
<https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/technology-data>
 15. Solar district heating guidelines. Fact sheet 2.3, 2011.
www.solar-district-heating.eu.
 16. Arion V., Negura C., Borosan C. *The Load Duration Curve Surface Sharing Between the Possible Energy Sources*. International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), 2019, DOI: 10.1109/SIELMEN47310.2019.

Site utile

1. Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică, <https://anre.md/>
2. Agenția Servicii Publice – <https://asp.gov.md/>
3. Biroul Național de Statistică – <https://statistica.gov.md/>
4. Fondul Național de Date Geospațiale – <http://geoportal.md/>
5. Ministerul Economiei și Infrastructurii – <https://mei.gov.md/>
6. Registrul de Stat al Actelor Juridice – <http://lex.justice.md> (legis.md)
7. Termoelectrica SA – <http://termoelectrica.md/>
8. UCIPE – <http://mepiu.md/>
9. World Bank Documents & Reports Site - <http://documents.worldbank.org>

Cuprinsul lucrării

Sarcina lucrării

INTRODUCERE

1. EVALUAREA NECESARULUI ANUAL DE CĂLDURĂ A CARTIERULUI REZIDENȚIAL ALIMENTAT PRIN SACET

- 1.1. Descrierea consumatorilor și a zonei climatice
- 1.2. Estimarea sarcinii termice și a consumului anual de căldură pentru încălzire
- 1.3. Determinarea sarcinii termice și a consumului anual de căldură aferent preparării apei calde de consum
- 1.4. Stabilirea curbei anuale clasate a sarcinii termice a SACET

2. VARIANTELE DE ACOPERIRE A CURBEI DE SARCINĂ A SACET

- 2.1. Descrierea surselor potențiale de energie termică integrate în SACET

- 2.2. Descrierea variantelor de acoperire a curbei de sarcină

3. CALCULELE TEHNICO-ECONOMICE COMPARATIVE ȘI ALEGEREA VARIANTEI OPTIME

- 3.1. Criteriul de alegere a variantei optime de acoperire a sarcinii termice a SACET
- 3.2. Metodologia de calcul
- 3.3. Calculul tehnico-economic comparativ
- 3.4. Analiza rezultatelor și prezentarea soluției optime de cogenerare

Concluzii

Bibliografie

Anexa 1. Caracteristicile surselor de căldură, integrate în SACET

Anexa 2. Condițiile climatice pentru zona alimentată cu energie termică