

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Energetică și Inginerie Electrică
Departamentul Energetică**

Admis la susținere

Șefă departament:

HLUSOV Viorica, conf. univ., dr.

„_____” _____ 2025

**PROIECTAREA SISTEMULUI AUTONOM DE
ALIMENTARE CU ENERGIE A LINIEI DE USCARE
A SILICAȚILOR LA FABRICA DE STICLĂ**

Teză de master

Masterand: _____ **BRUS Mihai,**
gr. EM-23M

Conducător: _____ **TÎRȘU Mihai,**
conf. univ., dr.

Chișinău, 2025

ADNOTARE

Autor – BRUS Mihai. **Titlul** – *Proiectarea sistemului autonom de energie pentru linia de uscare a silicaților la uzina de producere a sticlei.*

Structura lucrării: lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii, bibliografie din 15 titluri și 11 link-uri utilizate, 57 pagini, 20 figuri, 7 tabele.

Cuvinte-cheie: Uscare a silicaților, energie regenerabilă, colectoare solare termice, eficiență energetică, recuperare a căldurii, industrie a sticlei, optimizare energetică, sustenabilitate.

Problematica studiului: Scopul principal al lucrării este de a proiecta un sistem tehnologic optimizat pentru uscare, care să integreze energie regenerabilă și soluții de recuperare a căldurii, contribuind la reducerea consumului de combustibili fosili și a impactului asupra mediului.

Obiectivele generale: Reducerea umidității inițiale a materiilor prime cu până la 3%, diminuarea consumului de gaz natural cu până la 30%, reducerea emisiilor de CO₂ și a costurilor operaționale.

Rezultate obținute: Lucrarea oferă un model integrat de optimizare energetică pentru uscarea materiei prime, adaptat specificului Fabricii de Sticlă. Lucrarea demonstrează viabilitatea integrării soluțiilor moderne de eficiență energetică în industrie și oferă un model replicabil pentru alte procese industriale similare.

ABSTRACT

Author – BRUS Mihai. **Title** – *Design of an Autonomous Energy System for the Silica Drying Line at the Glass Manufacturing Plant.*

Thesis structure: The paper comprises an introduction, four chapters, conclusions, 15 references and 11 links used, 57 pages, 20 figures, 7 tables.

Keywords: Silica drying, renewable energy, solar thermal collectors, energy efficiency, heat recovery, glass industry, energy optimization, sustainability.

Study issues: The primary purpose of the paper is to design an optimized technological system for silica drying that integrates renewable energy and advanced heat recovery solutions, contributing to reduced fossil fuel consumption and minimized environmental impact.

General objectives: Reduction of the initial moisture content of raw materials by up to 3%, reduction of natural gas consumption by up to 30%, and a decrease in CO₂ emissions and operational costs.

Result obtained: The paper presents an integrated energy optimization model for silica drying, tailored to the specific needs of the Glass Manufacturing Plant. The paper demonstrates the feasibility of integrating modern energy efficiency solutions into the glass industry and offers a replicable model for similar industrial processes.

CUPRINS

INTRODUCERE	9
1. IMPORTANȚA ȘI ACTUALITATEA SURSELOR REGENERABILE	10
1.1. Contextul general al industriei sticlei	10
1.2. Actualitatea și importanța temei abordate	11
1.3. Scopul și obiectivele cercetării	15
1.4. Caracteristica zonei geografice din punct de vedere al radiației solare.....	17
1.5. Colectoarele solare în Republica Moldova	18
1.6. Sursele regenerabile	21
2. PROCESUL TEHNOLOGIC DE PRODUCERE A STICLEI	23
2.1. Principiile fundamentale ale procesului de bază	23
2.2. Tipuri de uscătoare utilizate în industrie	25
2.3. Uscătoare convective.....	25
2.4. Uscătoare cu tambur rotativ și uscătoare cu bandă	26
2.5. Sisteme hibride de uscare	27
2.6. Recuperarea căldurii și optimizarea consumului energetic	28
2.7. Soluții de implementare a surselor regenerabile de energie pentru uscătoare industriale.....	29
3. PROCESUL DE USCARE A SILICATILOR.....	30
3.1. Importanța uscării silicatilor în industria sticlei	30
3.2. Materii prime și fluxuri tehnologice.....	30
3.3. Consumul de gaze naturale necesar secției de uscare	33
3.4. Pierderi energetice și ineficiențe în sistemul tradițional de uscare.....	34
3.5. Distribuirea consumului energetic de referință	35
3.6. Regimul de funcționare și capacitatea de procesare.....	35
4. PROIECTAREA SISTEMULUI PROPUȘ	37
4.1. Soluția propusă.....	37
4.2. Colectoare solare termice	37
4.3. Sistemul de pardoseală încălzită în depozit.....	38
4.4. Sistemul de recuperare a căldurii din gazele de ardere	40
4.5. Calculul sarcinii termice necesare	42
4.6. Dimensionarea colectoare solare termice conform sarcinii termice.....	45
4.7. Dimensionarea modului de stocare a energiei termice.....	46
4.8. Schița tehnologică a sistemului autonom de energie.....	47
4.9. Analiza economică a investițiilor propuse	49

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	53
BIBLIOGRAFIE	56
ANEXA 1. Caracteristici panou solar termic	58
ANEXA 2. Caracteristici conducte	59
ANEXA 3. Rezultate sumare totale	61

INTRODUCERE

Industria sticlei joacă un rol important în sectoarele economice globale, fiind esențială pentru producția de ambalaje, materiale de construcție și alte produse industriale. Sticla este un material cu proprietăți unice, precum transparența, rezistența chimică și reciclabilitatea, ceea ce o face indispensabilă în diverse aplicații. În același timp, această industrie este cunoscută pentru consumul său ridicat de energie, în special în procesele de topire, răcire și uscare a materiilor prime. În acest context, reducerea consumului energetic devine o prioritate pentru creșterea eficienței și sustenabilității fabricilor de sticlă.

Fabrica de sticlă din Chișinău, este amplasată pe adresa str. Transnistria 20, a fost construită în anii 1960-1970 și astăzi reprezintă unul dintre liderii indiscutabili de pe piața internă a Moldovei, care asigură necesitățile altor fabrici locale, producătoare de vinuri și coniacuri, de diferite băuturi alcoolice, diferite băuturi răcoritoare ale multor întreprinderi pentru prelucrarea și conservarea fructelor și legumelor etc.

Procesul de producție a sticlei poate fi împărțit în patru macro-faze, cum ar fi (1) pregătirea la topire, (2) topirea și rafinarea, (3) condiționarea și formarea și (4) finisarea.

Dintre acestea, etapa de pregătire a materiilor prime, în special uscarea silicatilor, este critică din punct de vedere energetic. Acest proces asigură eliminarea umidității excesive din materia primă, prevenind problemele ce pot apărea în timpul topirii și contribuind la uniformitatea produsului final. Cu toate acestea, utilizarea sistemelor tradiționale de uscare implică un consum ridicat de energie și pierderi semnificative de căldură, ceea ce afectează negativ costurile operaționale și impactul asupra mediului.

În condițiile actuale, caracterizate de creșterea costurilor energiei și de reglementările stricte privind emisiile de carbon, este esențială implementarea unor soluții inovative care să reducă consumul de energie al fabricilor de sticlă. Proiectarea unui sistem autonom de energie pentru linia de uscare a silicatilor reprezintă o oportunitate de a îmbunătăți sustenabilitatea fabricii, utilizând surse regenerabile și tehnologii moderne pentru recuperarea căldurii.

Această lucrare își propune să răspundă acestor provocări, având drept obiectiv principal dezvoltarea unui sistem autonom de energie care să reducă dependența de sursele tradiționale, să îmbunătățească eficiența procesului de uscare și să contribuie la reducerea amprentei de carbon a fabricii. Cercetarea se concentrează pe analiza consumului energetic al liniei de uscare, integrarea energiei solare și cogenerării, precum și optimizarea procesului prin tehnologii avansate de recuperare a căldurii.

BIBLIOGRAFIE

1. ARION, V., HLUSOV, V., GHERMAN, C., *Economia surselor de energie: Note de curs la disciplina "Economia energeticii"*. Chișinău: Universitatea Tehnică a Moldovei, 2016.
2. ARION, V., HLUSOV, V., GHERMAN, C., ȘVEȚ, O., *Culegere de probleme la disciplina Economia Energeticii, Partea I-Aspecte generale ale calculelor tehnico-economice și economico-financiare*. Chișinău: Editura "Tehnica-UTM", 2013.
3. ARION, V., HLUSOV, V., GHERMAN, C., ȘVEȚ, O., *Ghid privind evaluarea economică a proiectelor din domeniile eficienței energetice și energiilor regenerabile*. Chișinău: Agenția pentru Eficiență Energetică, Tipografia „Sirius”, 2014.
4. ARION, V., HLUSOV, V., GHERMAN, C., *Modelarea economică a obiectivelor și sistemelor energetice pe termen lung: modelele statice-echivalente și aplicabilitatea acestora*. EMERG, 2016
5. MUJUMDAR, Arun S, *Handbook of Industrial Drying*. Third Edition, CRC, 2006.
6. MARINESCU, Corneliu, *Rețele hibride cu surse regenerabile de energie. Evoluții moderne*. Brașov: Editura Universității "Transilvania", 2011.
7. HUSU, Adela Gabriela, *Surse regenerabile de energie*. Târgoviște: Bibliotheca, 2017. 173 p.
8. ГУЛЮЯН, Юрий Абрамович, *Производство и исследование стекла и силикатных материалов : Вып. 8*. Ярославль: Верхне-Волжское книжное издательство, 1985.
9. BOSTAN, Ion. Utilizarea surselor regenerabile de energie - eoliană, hidraulică și solară în condițiile Republicii Moldova. In: *Cercetarea și inovarea în parteneriat cu mediul de afaceri. - 2014. - P. 15-22*.
10. PICIU, Gabriela-Cornelia. Asigurarea sustenabilității energiei din surse regenerabile în România. In: *Conferința Internațională Științifico-Practică "Creșterea economică în condițiile globalizării : modele de dezvoltare durabilă"*. - 2017. - Vol. 1. - P. 228-232.
11. PLOTNIC, Olesea. Energia din surse regenerabile. o importanță majoră pentru consumatorul European. In: *Economica*. - 2020. - nr.2(112). - P. 112-126.
12. LUCHIȚA, Inga, OLARI, Anastasia. Analiza dezvoltării sectorului energetic din surse regenerabile. In: *Pro business together : tendințe, provocări, soluții*. - 2022. - P. 52-55.
13. *Science Direct* Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/power-tower>
14. *Solar paces*: Heat trap demonstrated in quartz at over 1,000°C for solar receivers. Disponibil: <https://www.solarpaces.org/heat-trap-demonstrated-in-quartz-at-over-1000c-for-solar-receivers/>
15. *Solar heat europe*: Solar heat industrial processes. Disponibil: <https://solarheateurope.eu/about-solar-heat/solar-heat-industrial-processes/>

16. *Schwank. Heating. Cooling. Systems*: What is the best industrial heating system. Disponibil: <https://schwank.co.uk/blog/what-is-the-best-industrial-heating-system/>
17. *Regatherm*: Industrie. Disponibil: <https://regatherm.de/leistungen/industriefussbodenheizung/>
18. *Greenonetec*: Large scale projects. Disponibil: <https://www.greenonetec.com/en/units/large-scale-projects/>
19. *h2x Engineering*: MVHR Explained: What It Is, How It Works & Is It Worth The Investment?. Disponibil: <https://www.h2xengineering.com/blogs/mvhr-explained-what-it-is-how-it-works-worth-investment/>
20. Schimbătoare de căldură cu suprafețe extinse. Disponibil: <https://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2016/04/C15-SCH4.pdf>
21. *Meteo: Serviciul Hidrometeorologic de Stat*. Evaluarea resurselor solare. Disponibil: https://www.meteo.md/images/uploads/clima/researches/Evaluarea_resurselor_solare.pdf
22. *Jurnal drona*: Panouri solare Disponibil: <http://jurnal.drona.ro/2015/01/23/panouri-solare/>
23. *Meteo: Serviciul Hidrometeorologic de Stat*. 23 MARTIE – ZIUA MONDIALĂ A METEOROLOGIEI. Disponibil: http://old.meteo.md/mold/zmm_23032019.htm
24. Raport de audit energetic. *Linia de uscare a nisipului și savurii*. Chișinău, str. Transnistria 20, 2024.
25. Normativ în construcții NCM M.01.02:2016 *Performanța energetică a clădirilor Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor*.
26. LEGE RM Nr. 10 din 26.02.2016 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile. Publicat : 25.03.2016 în Monitorul Oficial Nr. 69-77.