

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Facultatea „Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi“**

**Departamentul Inginerie Mecanică**

**Admis la susținere**

**Șef departament:**

**Natalia ȚISLINSKAIA, conf. univ., dr**

**“ ” \_\_\_\_\_ 2019**

# **Studiul privind utilizarea sistemelor energo-eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor**

**Teză de master**

**Masterand: \_\_\_\_\_ Rotari Denis, gr. IM-181**

**Conducător: \_\_\_\_\_ Cartofeanu Vasile, dr., conf. univ.**

**Chișinău, 2019**

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Stadiul actual privind utilizarea sistemelor energo-eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor .....</b>	<b>9</b>
1.1. Importanța și actualitatea utilizării sistemelor energo eficiente pentru ventilare și climatizare .....	9
1.2. Importanța aerului proaspăt și ventilarea .....	10
1.3. Condiționarea încăperilor .....	13
1.4. Consumul de energie în sisteme pentru ventilarea și climatizarea încăperilor .....	15
1.5. Stadiul actual al implementării sistemelor energo eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor .....	17
1.6. Standarde privind ventilarea și climatizarea încăperilor .....	23
<b>2. TEHNOLOGII ENERGOEFICIENTE PENTRU VENTILAREA ȘI CLIMATIZAREA ÎNCĂPERILOR .....</b>	<b>30</b>
2.1. Ventilație controlată la cerere .....	30
2.2. Sisteme de ventilație adaptive .....	33
2.3. Ventilația de deplasare .....	35
2.4. Sistem de ventilație personală și aer condiționat local .....	37
2.5. Schimbătoare de căldură pentru recuperare de entalpie / energie pentru ventilație .....	38
2.6. Pompele de căldură cu grad zero .....	39
2.7. Schimbătoare de căldură cu microcanale .....	41
2.8. Motoarele cu magnet permanent comutat electronic .....	42
2.9. Îmbunătățirea etanșării a conductelor .....	43
<b>3. SISTEME ENERGOEFICIENTE PENTRU VENTILAREA ȘI CLIMATIZAREA ÎNCĂPERILOR, TIPURI, SCHEME CONCEPTUALE, OBIECTE DE IMPLEMENTARE ȘI ANALIZĂ .....</b>	<b>45</b>
3.1. Aparare de climatizare de tip Mini Split energoeficiente .....	45
3.2. Sistem integrat de răcire prin evaporare hibrid pentru îmbunătățirea eficienței energetice a HVAC .....	47
3.3. Sistem energo eficient de ventilare a unei clădiri .. .....	49
3.4. Sistem de ventilație de alimentare și evacuare cu recircularea aerului .....	52
3.5. Sistem de condiționare a aerului cu control individual .....	55
3.6. Sistem geotermal pentru preîncălzirea aerului (pământ-aer) .....	56
<b>4. EFICIENȚA ECONOMICĂ A SISTEMELOR PENTRU VENTILAREA ȘI</b>	

<b>CLIMATIZAREA ÎNCĂPERILOR</b> .....	58
4.1. Costul tehnologiei de sistemele dedicate de aer exterior .....	58
4.2. Costul ventilației de deplasare .....	58
4.3. Eficiența tehnologiei cu motoare cu magneți permanenți cu comutare electronică .....	59
4.4. Tehnologia utilizării pompelor de căldură pentru climă rece .....	60
4.5. Costul tehnologiei utilizării schimbătoarelor de căldură cu micro canale .....	61
4.6. Microambiente (condiționare ambientală) .....	61
<b>Concluzii</b>	63
<b>Bibliografie</b>	65

## ADNOTARE

la teza de master cu titlul „*Studiul privind utilizarea sistemelor energo-eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor*”

înaintată de competitorul **Rotari Denis**

pentru conferirea titlului de master la programul *Inginerie Mecanică*

**Structura tezei:** introducere, 4 capitole, concluzii, bibliografie cu 55 de referințe, 70 pagini de text de bază, 28 figuri.

**Cuvinte-cheie:** ventilarea și climatizarea încăperilor, sisteme energoeficiente, pompe de căldură, schimbătoare de căldură.

**Scopul lucrării:** Identificarea sistemelor durabile de ventilație și climatizare care pot fi utilizate în încăperi.

Această lucrare este împărțită în șase părți: (i) Introducere (ii) Stadiul actual privind utilizarea sistemelor energo eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor (iii) Tehnologii energo eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor (iv) Sisteme energo eficiente pentru ventilarea și climatizarea încăperilor, tipuri, scheme conceptuale, obiecte de implementare și analiză (v) Eficiența economică a sistemelor pentru ventilarea și climatizarea încăperilor și (vi) Concluzie.

Un mod dovedit de obținere a eficienței energetice în sistemele de ventilare și climatizare este de a proiecta sisteme care utilizează configurații noi ale componentelor existente ale sistemului. Studii recente demonstrează că o combinație de tehnologii de climatizare existente pot oferi soluții eficiente pentru conservarea energiei și confortul termic.

Prin urmare, prin identificarea mai multor tipuri de sisteme VAC din această lucrare, vom putea identifica cel mai adecvat și eficient tip pe care îl putem folosi în încăperi. Acest lucru va permite o reducere mare a consumului de energie, a emisiilor nocive și va oferi un mediu mai confortabil din punct de vedere termic pentru oameni.

## ANNOTATION

to the master's thesis entitled "*Study on the use of energy-efficient systems for ventilation and air conditioning of rooms*"

submitted by competitor *Rotari Denis*

for conferring the master's degree at the program Mechanical Engineering

**Thesis structure:** introduction, 4 chapters, conclusions, bibliography with 55 references, 70 pages of basic text, 28 figures.

**Keywords:** ventilation and air conditioning of rooms, energy efficient systems, heat pumps, heat exchangers.

**Purpose of the thesis:** Identify sustainable ventilation and air conditioning systems that can be used in rooms.

This paper is divided into six parts: (i) Introduction (ii) Current state of use of energy efficient systems for ventilation and air conditioning of rooms (iii) Energy efficient technologies for ventilation and air conditioning of rooms (iv) Energy efficient systems for ventilation and air conditioning of rooms, types, conceptual schemes, objects of implementation and analysis (v) Economic efficiency of systems for ventilation and air conditioning of rooms and (vi) Conclusion.

A proven way to achieve energy efficiency in ventilation and air conditioning systems is to design systems that use new configurations of existing system components. Recent studies show that a combination of existing air conditioning technologies can provide efficient solutions for energy conservation and thermal comfort.

Therefore, by identifying several types of VAC systems in this paper, we will be able to identify the most appropriate and efficient type that we can use in rooms. This will allow a great reduction in energy consumption, harmful emissions and will provide a more thermally comfortable environment for people.

## Bibliografie

1. [https://www.pickhvac.com/most-efficient-heating-system/#Geothermal\\_Heat\\_Pumps](https://www.pickhvac.com/most-efficient-heating-system/#Geothermal_Heat_Pumps)
2. <https://ecoandsustainable.com/2014/11/02/efficient-hvac-systems/>
3. <https://allbest.ru/>
4. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
5. <https://www.energystar.gov/>
6. Vera GUȚUL G, Vera GUȚUL I, Radu LEU, Victor Vizitiu, Soluții energoeficiente de sisteme de ventilare. Conf\_UTM\_2015\_II\_pg112-115
7. <https://artilux.com.au/blog/fresh-air-important-home/>
8. Darling, David. "*Earth cooling tube*". *daviddarling.info*. Retrieved 1 March 2018.
9. [https://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_conditioning](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_conditioning)
10. <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/power-demands-of-heating-ventilating-and-air-conditioning-components-in-eu-buildingspower-demands-of-heating-ventilating-and-air-conditioning-components-in-eu-buildings>
11. <https://www.amstechnologies-webshop.com/m10-080sb0-oem-coil-copper-tube-fin-heat-exchanger-6404300>
12. <https://www.hydro.com/en/industries/hvacr/micro-channel-heat-exchangers/>
13. <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/standards-for-ventilation-and-indoor-air-quality-in-relation-to-the-epbd>
14. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>
15. Enteria N, Mizutani K. The role of the thermally activated desiccant cooling technologies in the issue of energy and environment. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15:2095–122.
16. Qi R, Lu L, Yang H. Investigation on airconditioning load profile and energy consumption of desiccant cooling system for commercial buildings in Hong Kong. *Energy Build* 2012.
17. ANSI/ASHRAE Standard 55–2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating Ventilating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA, USA; 2004.
18. [https://en.wikipedia.org/wiki/ASHRAE\\_55](https://en.wikipedia.org/wiki/ASHRAE_55)
19. Ma Z, Wang S, Xu X, Xiao F. A supervisory control strategy for building cooling water systems for practical and real time applications. *Energy Convers Manage* 2008;49:2324–36.
20. Vakiloroyaya V, Ha QP, Samali B. Energyefficient HVAC systems: simulation empirical modelling and gradient optimization. *Automat Constr* 2013;31:176–85.

21. Jiang Y, Xie X. Theoretical and testing performance of an innovative indirect evaporative chiller. *Sol Energy* 2010;84:2041–55.
22. Hajidavalloo E, Eghtedari H. Performance improvement of air-cooled refrigeration system by using evaporatively cooled air condenser. *Int J Refrig* 2010;33:982–8.
23. Youbi-Idrissi M, Macchi-Tejeda H, Fournaison L, Guilpart J. Numerical model of sprayed air cooled condenser coupled to refrigeration system. *Energy Convers Manage* 2007;48:1943–51.
24. Omer AM. Ground-source heat pumps systems and applications. *Renew Sustain Energy Rev* 2008;12:344–71.
25. Zhao J, Li C. Experimental study on indoor air temperature distribution of gravity air-conditioning for cooling. *Energy Proc* 2012;17:961–7.
26. Rahman MM, Rasul MG, Khan MMK. Feasibility of thermal energy storage system in an institutional building in subtropical climates in Australia. *Appl Therm Eng* 2011;31:2943–50.
27. Al-Abidi AA, Mat SB, Sopian K, Sulaiman MY, Lim CH, Th A. Review of thermal energy storage for air conditioning systems. *Renew Sustain Energy Rev* 2012; 16:5802–19.
28. Bhagwat, Ajay & Teli, S. & Gunaki, Pradeep & Majali, Vijay. (2015). Review Paper on Energy Efficiency Technologies for Heating , Ventilation and Air Conditioning (HVAC). *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 6.
29. Roulet CA, Heidt FD, Foradini F, Pibiri MC. Real heat recovery with air handling units. *Energy Build* 2001;33:495–502.
30. Manz H, Huber H. Experimental and numerical study of a duct/heat exchanger unit for building ventilation. *Energy Build* 2000;32:189–96.
31. Zhang LZ. Progress on heat and moisture recovery with membranes: From fundamentals to engineering applications. *Energy Convers Manage* 2012;63:173–95.
32. Nasif M, Al-Waked R, Morrison G, Behnia M. Membrane heat exchanger in HVAC energy recovery systems, systems energy analysis. *Energy Build* 2010;42:1833–40.
33. Fernandez-Seara J, Diz R, Uhia FJ, Dopazo A, Ferro JM. Experimental analysis of an air-to-air heat recovery unit for balanced ventilation systems in residential buildings. *Energy Convers Manage* 2011;52:635–40.
34. Muzaffar Ali - Optimization of Heating, Ventilation, and Air-Conditioning (HVAC) System Configurations 08-UET/PhD-ME-45, University of Engineering & Technology Taxila, Pakistan, 2013, 229 p.
35. Energy Information Administration (EIA), "International Energy Outlook 2011," Washington, 2012.

36. MW Ellis and EH Mathews, "Needs and trends in building and HVAC system design tools," *Building and Environment*, vol. 37, no. 5, pp. 461-470, 2002.
37. L. Perez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 3, pp. 394-398, 2008.
38. <http://estandard.md/>
39. Franklin Linder, Demand-Controlled Ventilation and Energy Efficiency. White Paper Version 1.0, 04/12/2013
40. N.Srinivasan, M.Soundarrajan, K.Venkatesh, P.Ramesh, K.Pasupathi - Energy Efficient Air Conditioning System Design And Equipment Selection For Building. *IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, Volume 2, Issue 6, Dec-Jan, 2015. ISSN: 2320 – 8791, p 180 – 187.
41. V. Vakiloroyaya, M. Khatibi, Q. P. Ha and B. Samali. New Integrated Hybrid Evaporative Cooling System for HVAC Energy Efficiency Improvement. *SI International* 2011. P 772 – 778.
42. Rajnish Kaur CALAY, Wen Chung WANG. A STUDY OF AN ENERGY EFFICIENT BUILDING VENTILATION SYSTEM. *Roomvent* 2011.
43. <https://www.daikin.com.au/our-product-range/split-system-air-conditioning/us7>
44. А. С. Ильин - Магистерская диссертация: Повышение энергетической эффективности систем вентиляции и кондиционирования объектов ЖКХ, Красноярск 2017.
45. Moncef Krarti, PhD, PE1 - Energy efficient systems and strategies for heating, ventilating, and air conditioning (hvac) of buildings. *Journal of Green Building*, Volume 3, Nr. 1, p 44-55.
46. Bisoniya TS, Kumar A, Baredar P. Experimental and analytical studies of earth-air heat exchanger (EAHE) systems in India: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013;19:238-46.
47. Brake J. Old technology for new buildings, a study on earth-to-air heat exchangers. Eindhoven: University of Technology Eindhoven; 2008.
48. Milun S, Kilić T, Bego O. Measurement of Soil Thermal Properties by Spherical Probe. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 2005;54(3).
49. Austin WA, Yavuztruk C, Spitler JD. Development of an in-situ system and analysis procedure for measuring ground thermal properties. Denver; 2000.
50. Acuña J, Palm B. Distributed Thermal Response Test on a U-pipe Borehole Heat Exchanger. *Applied Energy* 2013;109:312-20.



51. Xaman ., Hernandez-Perez I, Arce J, Alvarez G, Ramirez-Davila L, Noh-Pat F. Numerical study of earth-to-air heat exchanger: the effect of thermal insulation. *Energy and buildings* 2014;85:356-61.
52. Zhao MZ. Simulation of earth-to-air heat exchanger systems. Montreal: Concordia University;2004.
53. Vlad GE, Ionescu C, Necula H, Badea A. Thermoeconomic Design of an Earth to Air Heat Exchanger Used to Preheat Ventilation Air in Low Energy Buildings. Conference proceedings Recent researches in energy, environment, entrepreneurship, innovation. Bucharest; 2011.
54. Kalogirou S. Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science* 2004;30(3):231-95.
55. Kurt W. Roth, Detlef Westphalen, John Dieckmann, Sefhir D. Hamilton, William Goetzler. Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems Volume III: Energy Savings Potential. July, 2002.