

SISTEME ȘI SOLUȚII BAZATE PE POMPE TERMICE

Student:

Pavlov Dumitru

Conducător:

conf.dr. Pavel Gordelenco

Chișinău – 2021

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Ingineria Fabricației

Admis la susținere
Șef de dpt: conf.dr. hab. Sergiu Mazuru

” ___ ” _____ 2021

SISTEME ȘI SOLUȚII BAZATE PE POMPE TERMICE

Teză de master

Programul

Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini

Student: _____ (Pavlov Dumitru)

Conducător: _____ (Pavel Gordelenco)

Chișinău – 2021

REZUMAT

La teza de masterat cu tema „*Sisteme și soluții bazate pe pompe termice*”, prezentată de către **Pavlov Dumitru** pentru conferire titlului științific de maestru în științe tehnice la specialitatea Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini.

Structura tezei: introducere, 5 capitole, concluzii, bibliografia din 61 titluri; volumul este de 73 de pagini text și 21 de figuri.

Cuvinte cheie: pompe termice, sistem de încălzire, eficiență energetică.

Scopul tezei: analiza sistemelor și soluțiilor bazate pe pompe termice.

Teza de master se bazează pe următoarele cercetări: pompe termice ca sistem de inginerie; principiul de funcționare a pompelor termice; originea freonilor; presiuni înalte; potențialul de încălzire globală (GWP); caracteristica energiei termice a surselor cu temperatură scăzută; clasificarea pompilor termice; pompe termice ce au găsit aplicație practică; pompe termice prin comprimare; pompe termice cu sorbție; eficiența energetică a pompelor termice; decizii schematice, exemple de aplicare; încălzire și alimentare cu apă caldă a caselor private mici; limite de introducere a pompelor termice; exemple de implementare; sisteme inelare cu pompe termice; exemple de aplicare a pompelor termice în transport; transferul de la alimentarea cu căldură de la cazanele cu păcură și cărbune; sisteme de climatizare pentru vagoane; sistem de încălzire geotermal pentru transferuri a săgeților; utilizarea căldurii îndepărtate din echipamentele tehnologice; decizii schematice a pompelor termice și căldurii centralizate; utilizarea în blocuri locative împreună cu alimentarea centralizată din Kiev.

SUMMARY

In the master's thesis on "Systems and solutions based on heat pumps", presented by **Pavlov Dumitru** for conferring the scientific title of Master in Technical Sciences in the specialty of Product and Process Engineering in Machine Building.

Thesis structure: introduction, 5 chapters, conclusions, bibliography of 61 titles; the volume is 73 pages of text and 21 figures.

Keywords: heat pumps, heating system, energy efficiency.

The aim of the thesis: the analysis of systems and solutions based on heat pumps.

The master's thesis is based on the following research: heat pumps as an engineering system; principle of operation of heat pumps; the origin of freons, high pressures; global warming potential (GWP); the characteristic of the thermal energy of the low temperature sources; classification of heat pumps; heat pumps that have found practical application; compression heat pumps; sorption heat pumps; energy efficiency of heat pumps; schematic decisions, application examples; heating and hot water supply of small private houses; limits for introducing heat pumps; implementation examples; ring systems with heat pumps; examples of application of heat pumps in transport; transfer from heat supply to fuel oil and coal boilers; air conditioning systems for wagons; geothermal heating system for arrow transfers; use of heat removed from technological equipment; schematic decisions of heat pumps and central heating; use in residential blocks together with centralized power supply in Kiev.

CUPRINS

INTRODUCERE	5
1. POMPE TERMICE CA SISTEM DE INGINERIE	8
1.1. Principiul de funcționare a pompilor termice.....	8
1.2. Originea freonilor.....	12
1.2.1. Presiuni înalte.....	15
1.2.2. Potențialul de încălzire globală (GWP).....	16
1.3. Caracteristica energiei termice a surselor cu temperatură scăzută.....	18
1.4. Clasificarea pompilor termice.....	20
2. POMPE TERMICE CE AU GĂSIT APLICAȚIE PRACTICĂ	26
2.1. Pompe termice prin comprimare.....	26
2.2. Pompe termice cu sorbție.....	27
3. EFICIENȚA ENERGETICĂ A POMPELOR TERMICE	31
4. DECIZII SCHEMATICE, EXZEMPLE DE APLICARE	40
4.1. Încălzire și alimentare cu apă caldă a caselor private mici.....	40
4.2. Limite de introducere a pompelor termice.....	42
4.3. Exemple de implementare.....	44
4.4. Sisteme inelare cu pompe termice.....	46
4.5. Exemple de aplicare a pompelor termice în transport.....	53
4.5.1. Transferul de la alimentarea cu căldură de la cazanele cu păcură și cărbune	53
4.5.2. Sisteme de climatizare pentru vagoane	55
4.5.3. Sistem de încălzire geotermal pentru transferuri a săgeților.....	57
4.5.4. Utilizarea căldurii îndepărtate din echipamentele tehnologice.....	59
5. DECIZII SCHEMATICE A POMPELOR TERMICE ȘI CĂLDURII CENTRALIZATE	61
5.1. Utilizarea în blocuri locative împreună cu alimentarea centralizată din Kiev.....	61
6. CONCLUZII	70
BIBLIOGRAFIE	72

Introducere

Ultimul timp regulat crește PIB-ul mondial, aceasta se datorează faptului epuizării resurselor naturale și a ecosistemelor, adică a tot ceea ce constituie așa-numitul capital natural. O creștere destul de bruscă a problemelor ecologice arată relația omului și a naturii, vedem bine că este necesar de a schimba această relație dintre om și natură spre un viitor mai bun.

Odată cu creșterea poluării mondiale au apărut inițiative globale de protejare a mediului înconjurător – ONU solicită o trecere la o „economie verde”, OCDE proclamă cale deschisă spre un viitor și o creștere „verde”, au pornit vorbe despre „chimie verde”, „industrie verde” și așa mai departe. Ideea de bază a acestor concepții verzi este de a păstra și a majora capitalul natural.

Începând procesul de trecere la cele mai inovative tehnologii disponibile a pus baza a două politici - industrială și ecologică. Adică este nevoie de dezvoltare a industriei care să participe și la o reducere a daunilor mediului, dar soluțiile dezvoltate să contribuie la promovarea acestei industrii. Procesul de unire a două politici pune la bază reechiparea tehnologică a industriilor și o mișcare spre cale „verde” a economiei, plus creșterea capitalului natural.

Acest lucru necesită tehnologii noi sau vechi bine uitate. Deci avem nevoie de tehnologii care o să asigure satisfacerea nevoilor umane, să aibă o minimă epuizare a resurselor naturale și să nu transforme mediul într-o groapă de gunoi.

Această teză este dedicată uneia dintre aceste tehnologii.

În mod oficial o pompă termică nu generează energie termică. Precum o pompă de apă ce pompează de la nivelul sursei până la consumător consumând energie, pompă termică pompează căldura de la nivelul cu temperatură scăzută la nivelul de temperatură a consumatorului. Transferând energia termică din mediu cu temperatură mai scăzută spre sursa consumatorului cu temperaturi mai mari pompa termică consumă energie, dar totuși în volume simptomatice mai mici decât se transferă în mediul încălzit. De aici și apare o iluzie că pompa termică produce energie mai multă decât consumă.

De exemplu, având energia termică cu temperatura de 20 °C o pompă termică cheltuind 1 kW energie electrică, transferă la sistemul de încălzire până la 4 kW de energie termică cu o temperatură de 80-90 °C.

La fel pompa termică pentru a transfera energia termică poate folosi nu numai energie electrică, dar și mecanică (de exemplu energia turbine lor eoliene, motoare lor cu ardere internă), termică ori chimică.

În mare parte pompele termice ne permite folosirea temperaturilor scăzute care pot fi în sol, aer, apă, ape uzate menajere, evacuări industriale și în multe altele. Cel mai important factor este energia primară care poate fi schimbătoare.

În toată ziua noi vedem o pompă termică dar n-o vedem din acest punct de vedere. Pompa termică este în fiecare casă, este un frigider obișnuit. Energia termică se acumulează din interiorul camerei frigorifice de la alimente, aer și se transferă spre condensator, panoul ce se află de obicei în spatele frigiderului, el la rândul său încălzește spațiul în care se află.

Faima pompe lor termice se datorează în o mare parte a faptului că energia termică se obține la fața locului unde este instalat echipamentul. Cu un nivel ecologic ridicat, fără foc, mirosuri, zgomot, având un grad mare de siguranță la explozie și incendiu, fiindcă nu sunt procese de ardere a combustibililor și emisii de dioxid de carbon. La fel pompa termică nu au nevoie de a așeza conducte de gaz și sisteme de eliminare a fumului, în consecință nu e nevoie de cheltuieli în plus pentru acestea.

Comparând pompa termică cu sistemul central de alimentare cu căldură, vedem că tehnologia nu are nevoie de rețele extinse de încălzire până la consumatori, alimentarea cu căldură este direct pe loc, sau vizavi de consumatori.

Dar totuși să nu uităm că pompa termică folosește energie electrică pentru efectuarea lucrului, această energie este produsă de:

1. Combustibilii fosili
 - Cărbunele
 - Petrolul și gazele naturale
2. Energiile alternative
 - Energia solară
 - Energia hidroelectrică
 - Energia mareelor
 - Energia geotermală
 - Energia eoliană
3. Energia nucleară.

Un european mediu consumă 27 de megawați/oră (MWh) pe an, incluzând toate sursele casnice, industriale și de transport. Această cifră variază foarte mult de la o țară la alta, la fel ca și emisiile de CO2 corespunzătoare, care sunt foarte dependente de pătrunderea energiei regenerabile și a energiei nucleare într-o țară. Transporturile, sunt cele mai dependente de energie cu cea mai rapidă creștere din 1990, este și în prezent cel mai mare consumator de energie [1].

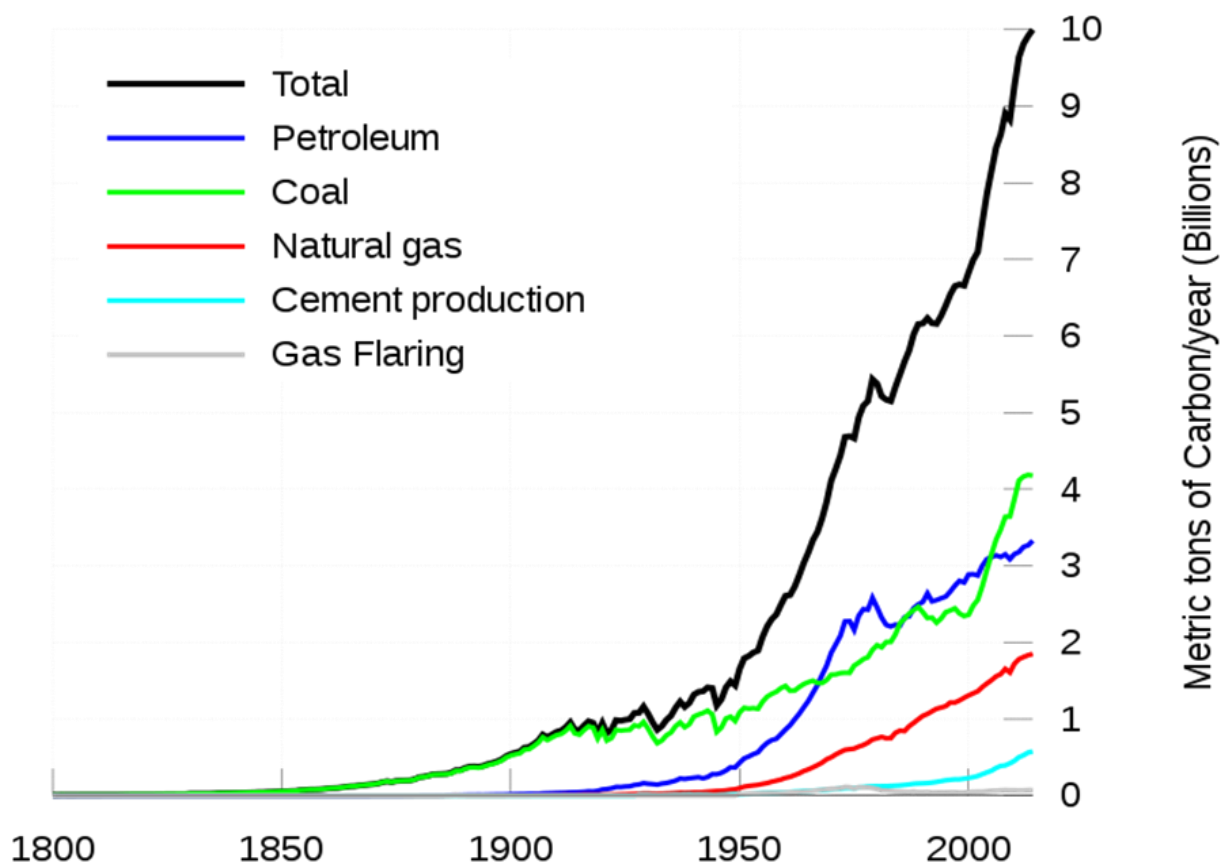


Fig 1. Emisiile anuale de dioxid de carbon, defalcate pe diferiți combustibili, în perioada 1800-2004 [2]

BIBLIOGRAFIE

1. <https://www.eea.europa.eu/ro/themes/energy/intro>
2. https://ro.wikipedia.org/wiki/Sursă_de_energie
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Карно,_Сади
4. Тепловые насосы, цикл Карно
<https://msd.com.ua/teplovye-nasosy/cikl-karno/>
5. Технологии и системы использования низкотемпературных и возобновляемых источников теплоты https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=321
6. Бабакин Б.С. ХЛАДАГЕНТЫ: ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ,
http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_1_2005_Freon.htm
7. Anatolie Tarîță, A la Cojocaru, Valentin Pisarenco.
„Ghidu de referință cu privire la agenții frigorifice alternative”, Chișinău, 2016;
8. Трубаев П.А., Гришко Б.М., Тепловые насосы: учеб. пособие // Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 143 с.
9. Тепловые насосы в системе теплоснабжения
https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3670
10. Анализ эффективности различных типов тепловых насосов
А. В. Попов, <http://www.energsovet.ru/stat422.html>
11. Перспективы применения тепловых насосов в России
http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=215
12. Особенности внедрения геотермальных технологий для малоэтажного строительства в России на примере Ярославской области
https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2060
13. Применение кольцевых теплонасосных систем
https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3254
14. Повышение энергетической эффективности объектов ОАО «РЖД»
https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6552
15. Жариков В. А. Климатические системы пассажирских вагонов. М: ТРАНСИНФО, 2006. 135 с. http://pomogala.ru/books_2/klimaticheskie_sistemy.html

16. Королев В.В., Система геотермического обогрева стрелочных переводов // Журнал «Современный научный вестник», http://www.rusnauka.com/4_SND_2013/Tecnic/4_123757.doc.html
17. K. Rokosz, T. Hryniewicz, Ł. Dudek, .K Pietrzak, S. Raaen, W. Malorny and Rodion Ciuperca, SEM, EDS and XPS studies of AC & DC PEO coatings obtained on titanium substrate // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 564 (2019) 012043 IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/564/1/012043.
18. Alexei Toca. About the mutual influence of design and technological dimensional structures at creation of the optimum technological processes to machining. Proceedings of the 14th International Conference “Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2010”, Slanic Moldova, Romania, 2010, ISSN 2066 – 3919, pp. 623 – 626
19. Iurie Ciofu, Tatiana Nițulenco, Ioan-Lucian Bolunduț, Alexei Toca. Studiul și Ingineria Materialelor (materiale metalice). Chișinău U.T.M., 2012. -467 p.
20. Iurie Ciofu, Tatiana Nițulenco, Ioan-Lucian Bolunduț, Alexei Toca. Simbolizarea materialelor metalice în sistemele de standarde GOST (Rusia), STAS (România) și EN (Uniunea Europeană) Editura TEHNICA UTM, Chișinău, 2013
21. Iurie Ciofu, Tatiana Nițulenco, Ioan-Lucian Bolunduț, Alexei Toca. Studiul și Ingineria Materialelor (materiale nemetalice). Sticla. Chisinau, Editura UTM, 2014, 256 pag.
22. K. Rokosz, T. Hryniewicz, Ł. Dudek, .K Pietrzak, S. Raaen, W. Malorny and Rodion Ciuperca, SEM, EDS and XPS studies of AC & DC PEO coatings obtained on titanium substrate // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 564 (2019) 012043 IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/564/1/012043.
26. Alexei Toca. About the mutual influence of design and technological dimensional structures at creation of the optimum technological processes to machining. Proceedings of the 14th International Conference “Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2010”, Slanic Moldova, Romania, 2010, ISSN 2066 – 3919, pp. 623 – 626
27. Iurie Ciofu, Tatiana Nițulenco, Ioan-Lucian Bolunduț, Alexei Toca. Studiul și Ingineria Materialelor (materiale metalice). Chișinău U.T.M., 2012. -467 p.
28. Iurie Ciofu, Tatiana Nițulenco, Ioan-Lucian Bolunduț, Alexei Toca. Simbolizarea materialelor metalice în sistemele de standarde GOST (Rusia), STAS (România) și EN (Uniunea Europeană) Editura TEHNICA UTM, Chișinău, 2013

29. Iurie Ciofu, Tatiana Nițulenco, Ioan-Lucian Bolunduț, Alexei Toca. Studiul și Ingineria Materialelor (materiale nemetalice). Sticla. Chisinau, Editura UTM, 2014, 256 pag.
30. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
31. Bostan I., Mazuru Sergiu Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
32. Sergiu Mazuru, Metode și procedee de fabricare aditivă: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2021. – 144 p.
33. Adrian BUT, Sergiu MAZURU, Serghei Scaticailov Fabricația asistată de calculator: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2021. – 179 p.
34. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
35. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
36. Vlase A Mazuru Sergiu, and Scaticailov S 2014 Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)
37. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
38. Bostan I., Mazuru Sergiu Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
39. Bostan I Dulgheru V Glușco C and Mazuru Sergiu 2011 Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices)
40. Mazuru S 2010 Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a)
41. Bostan I, Mazuru S and Botnari V 2011 Cinetic process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România)
42. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.

43. Sergiu Mazuru. Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. Thesis for: Doctor of Technical Sciences.2019, UTM. DOI:10.13140/RG.2.2.19477.76005
44. Iașchevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista "Intellectus" nr. 3/2014.
45. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.
46. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for:Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
47. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for:Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
48. Slătineanu L., Coteață M., Pop N., Mazuru S., Coelho A., Beșliu I. Impact phenomena at the abrasive jet machining. Nonconventional technologies Review , nr. 1, 2009, p.96-99.
49. Mazuru S. and Casian M., *Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system*, Advanced Materials Research, Vol. 1036 (2014) pp 286-291.;
50. Casian M. and Mazuru S., *A study concerning the workpiece profile after grinding process of precessional gear wheels*, Advanced Materials Research, Vol. 1036 (2014) pp 292-297.;
51. Chereches T, Lixandru P., Mazuru S., Cosovschi P.and Dragnea D. Numerical Simulation of Plastic Deformation Process of the Glass Mold Parts. Applied Mechanics and Materials Vol. 657 (2014) pp 126-132.;
52. Stanislav DUER, Radoslav DUER, Sergiu MAZURU. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a technical object" . Nonconventional Tehnologies revive volume XX no.2/2016 (2016). Timisoara Romania pp . 23-29, ISSN: 2359-8646;
53. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Processes generating non-standard profiles variable convex- concav of precessional gear. Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
54. Slatineanu L., Toca A., Mazuru S., Dodun O., & Coteata M. Theoretical Model of the Surface Roughness at the End Milling with Circular Tips Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium, , Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2008, pp.1273-1274.

55. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. First part. Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009.
56. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. Second part. Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009.
57. Mazuru S. System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements. First part. The 14th International Confercence Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2010, 20-22 May, 2010 Slănic Moldova Romania.
58. Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation tehnology hardening chemical – heat. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX). Fasc. 2a 2010
59. Slătineanu, L., Gonçalves-Coelho, A., Coteață, M., Uliuliuc, D., Grigoraș (Beșliu), I., Mazuru, S. Teaching students the basics of designing experimental research equipment. ICAD 2011. Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design. Editor: Mary Kathryn Thompson, KAIST, Daejeon, Republic of Korea, pag. 195-203.
60. Mazuru S., Scaticailov S. , Mazuru A. Some aspects of the nitriding process of parts in machine construction. Conference: 11th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies. Bucuresti, Romania IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012011.
61. Mazuru S., Scaticailov S. The role of the friction process in abrasive grain micro cutting technology. Conference: 11th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies. Bucuresti, Romania IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012010.