

*Analiza structurala a elementelor statice a
masinii-unelte*

Student:

Nirca Ion

Conducător:

conf.dr. Gorgelenco Pavel

Chișinău – 2019

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini



Admis la susținere

Șef de dpt: conf.dr. Rodion Ciuperca

„23” decembrie 2019

Analiza elementelor de structură a mașinilor-unelte

Teză de master

Student: ___ (Nirca Ion)

Nirca

Conducător: ___ (Gordelenco Pavel)

P. Gordelenco

REZUMAT

NIRCA ION. *Analiza structurala a elementelor statice a masinii-unelte.* Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricatiei; 2019. Teză de master: pag. 52, desene – 24, surse bibliografice – 76.

Teza de master intitulată *Analiza structurala a elementelor statice a masinii-unelte* ca obiectiv principal avem analiza structurala a unei masini-unelte CNC complexe de strunjire frezare cu 5 axe. Astfel, vom utiliza un program CAE ca metoda de cercetare pentru a analiza constructia lineara statica, rezistenta si deformarea sistemului axului secundar, sistemul axului primar și a patului într-o mașina CNC de strunjire frezare cu 5 axe. Este de dorit să reducem cea mai mare greutate a mașinii CNC și să menținem rezistenta suficient de bună pentru a rezista sarcinilor externe în procesul de cercetare. Rezultatele liniare și concluzia asupra solicitărilor statice și deplasărilor sistemului axului secundar, ale sistemului axului primar și al patului mașinii sunt obținute cu ajutorul software-ului de calculator SOLIDWORKS, modulul de simulare. În urma analizei am obținut o reducere a greutății de 1 tonă ceea ce înseamnă că am obținut o reducere din sinicostul masinii-unelte CNC fără a pierde din parametrii lucrului la masini.

SUMMARY

NIRCA ION. *Static Structural Analysis of CNC Machine.* Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2019. Master thesis: page 52; drawings – 24, bibliographic sources – 76.

The design and analysis experiences of computer aided engineering (CAE) used in the heavy industry is a novelty at the beginning of the fourth industrial revolution. The main purpose of this research, entitled *Static Structural Analysis of CNC Machine*, is to provide the structural analysis of five-axis turning-milling complex CNC machine. So, we will use a CAE program as a research method for the analysis of the linear static construction of CNC machine. The static stresses and displacements of the secondary shaft system, primary shaft system and machinery bed of five-axis turning-milling complex CNC machine are obtained with the SOLIDWORKS simulation module. The analysis results show that it is desirable to reduce most weight of CNC machine and maintain good enough stress to resist external loads in the process of research. As a result of the analysis, provided with the help of SOLIDWORKS simulation module, all conditions were met in order to reduce the weight for machinery bed. So, it was reduced 1 ton weight, which means that we have obtained a reduced prime cost of the CNC machine, without loss of the working parameters.

Cuvinte cheie. softurilor CAD-CAM, instrument, produs, proiectare, Concurrent Engineering, dispozitiv, simulare numerica, mașinii CNC .

Keywords. CAD-CAM software, tool, method, design, Concurrent Engineering, device, numerical simulation, CNC machine.

CUPRINS

| | Pagini |
|---|-----------|
| Cuprins..... | 1 |
| Rezumat(română)..... | 3 |
| Rezumat(Engleza)..... | 4 |
| Introducere..... | 5 |
| 1. Functii si cerinte a masinii-unelte..... | 7 |
| 1.1 Cerinte de utilizare tehnologice a masin elorunelte..... | 7 |
| 1.2 Principii..... | 10 |
| 1.2.1 Constructia masinii-unelte..... | 10 |
| 1.2.1.1 Structura mecanica | 11 |
| 1.2.1.2 Arborele si sistemul de actionare..... | 13 |
| 1.2.1.3 Sistemul de fixare a sculei..... | 13 |
| 1.2.1.4 Sistemul de control..... | 14 |
| 1.2.1.5 Metrologia si sistemul de control..... | 14 |
| 1.2.1.6 Evaluarea performatilor masinii-unelte..... | 15 |
| 1.2.1.7 Buclele si dinamica masinii-unelte..... | 15 |
| 1.2.2 Rezistenta,Masa,Amortizarea..... | 17 |
| 1.2.2.1 Rezistenta..... | 17 |
| 1.2.2.2 Masa..... | 18 |
| 1.2.2.3 Amortizarea..... | 19 |
| 1.3 Metodologia..... | 20 |
| 1.3.1 Procese de proiectare a preciziei masinii-unelte..... | 20 |
| 1.3.2 Modelarea si Simularea..... | 23 |
| 1.4 Implementarea..... | 24 |
| 1.4.1 Analiza statica..... | 26 |
| 1.4.2 Analiza dinamica..... | 26 |
| 1.4.3 Analiza modala..... | 26 |
| 1.4.4 Analiza armonica..... | 27 |
| 1.4.5 Analiza Tranzitorie..... | 27 |
| 1.4.6 Analiza Spectrului..... | 27 |
| 2 Procese generale de modelare si analiza folosind FEA | 28 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.1 | Notiuni despre elemente finite..... | 28 |
| 2.1.1 | Tipuri de elemente finite..... | 28 |
| 2.2 | Etapele de calcul a structurilor cu metoda elementelor finite..... | 30 |
| 2.2.1 | Preprocesor..... | 31 |
| 2.2.2 | Rezolvarea..... | 33 |
| 2.2.3 | Postprocesor..... | 33 |
| 2.3 | Software FEA..... | 33 |
| 3 | Analiza structural a unei masini CNC de strunjire frezare cu 5 axe..... | 34 |
| 3.1 | Metoda simularii..... | 35 |
| 3.1.1 | Modell mathematic si programul Software..... | 35 |
| 3.1.2 | Asamblarea pieselor 3D..... | 35 |
| 3.1.3 | Alegerea materialului pentru piesele 3D..... | 35 |
| 3.1.4 | Conditii pentru analiza patului masinii-unelte | 36 |
| 3.1.5 | Studiu de convergenta a ochiurilor de plasa..... | 37 |
| 3.2 | Rezultate si Analiza..... | 38 |
| 3.2.1 | Rezultate de convergenta | 38 |
| 3.2.2 | Rezultatele calcului static..... | 38 |
| 3.2.3 | Rezultatele statice datorate fortei de gravitatie a pieselor principale..... | 39 |
| 3.2.4 | Valorile maxime statice pentru cinci tipuri de fixare..... | 41 |
| 3.2.5 | Reducerea greutatii patului masinii-unelte..... | 42 |
| 3.3 | Concluzie..... | 51 |
| | Bibliografie..... | 52 |

Introducere

La sfârșitul secolului trecut, apariția computerelor puternice și-a pus amprenta asupra vieții cotidiene îmbunătățind domenii de activitate cum ar fi: economia, educația, sănătatea, transporturile dar și o influență covârșitoare a avut asupra tehnicii mondiale pe care pur și simplu a revoluționat-o.

Economia de piață, cu rigorile și exigențele ei, face necesară trecerea de la cantitate la calitate, accentul fiind pus pe domeniile de vârf ale tehnicii, pe tehnologia avansată. De asemenea, concurența determină necesitatea realizării de produse noi în timp foarte scurt, deci micșorarea timpului dintre proiectarea produsului și lansarea lui în fabricație. Aceste deziderate nu sunt posibile fără existența unor sisteme CIM bine puse la punct. Nu este suficientă implementarea doar modulului de modelare (fie că este vorba de 2D sau 3D) într-o societate comercială, cu toate avantajele pe care aceasta le implică. Sunt necesare și modulele referitoare la verificarea din punct de vedere al rezistenței, la fabricarea propriu zisă, la calitate, la planificarea și urmărirea producției etc., doar împreună putând conduce la rezultate apropiate de optim.

Modulul CAE (Computer Aided Engineering) a apărut ca și modul în componența sistemelor CIM (Computer Integrated Manufacturing) după apariția modulului CAD (Computer Aided Design), de fapt a apărut odată cu apariția metodei elementelor finite. Metoda sa folosit inițial la calculul mecanic al structurilor de avioane dar ulterior s-a extins mult la toate problemele continuumului de material. În aceste probleme se urmărește determinarea într-un domeniu considerat a valorilor uneia sau mai multor funcții necunoscute cum sunt: deplasările, vitezele, temperaturile, tensiunile, deformațiile specifice etc., în funcție de natura problemei tratate. În cadrul acestei lucrări ne vom referi doar la acele probleme destinate comportării structurale, adică la analize care urmăresc comportarea din punct de vedere al rezistenței. La aceste analize, se urmărește determinarea anumitor mărimi (deplasări nodale, tensiuni, deformații) în condițiile aplicării diferitelor tipuri de încărcări. Încărcările ce se pot aplica sunt forțe, presiuni sau momente. Fenomenele fizice de acest fel sunt descrise de ecuații diferențiale prin a căror integrare, în condiții la limită date, se obține soluția exactă. În acest fel se poate calcula valoarea funcției sau a funcțiilor necunoscute în orice punct al domeniului studiat. Aceasta este calea analitică obișnuită de rezolvare, aplicabilă însă numai în cazul problemelor simple. Problemele care apar în activitatea inginerescă practică, nu sunt însă probleme simple ci de cele mai multe ori complexe atât în ceea ce privește construcția fizică, geometria piesei cât și în ceea ce privește condițiile

de încărcare, condițiile la limită. În această situație rezolvarea ecuațiilor diferențiale nu mai este posibilă. Există în acest moment două variante de rezolvare:

- crearea unui model simplificat al modelului real și rezolvarea pe acest model a ecuațiilor diferențiale, obținându-se soluția exactă pe un model simplificat;
- obținerea unei soluții aproximative a problemei reale.

Soluțiile aproximative obținute prin metode numerice reflectă de cele mai multe ori mai bine realitatea decât soluțiile exacte pe modele simplificate.

Aplicațiile metodei elementului finit pot fi grupate, în funcție de tipul încărcărilor aplicate după cum urmează:

- probleme de echilibru sau de regim staționar, la care funcția sau funcțiile necunoscute nu depind de timp. Aici se încadrează studiul comportării elastice a corpurilor în regim static.
- probleme de valori proprii în care funcțiile necunoscute sunt de asemenea independente de timp și în care se determină anumite valori critice ale acestora în condițiile respectării configurației de echilibru. Aici se încadrează analizele modale, respectiv calculul frecvențelor naturale ale corpurilor.

Bibliografie

- [1] Schellekens, P. and Rosielle, N. Design for precision: current status and trends, *Annals of the CIRP*, 1998, 47(2): 557–584.
- [2] Lee, S. W., Mayor, R. and J. Ni, Dynamic analysis of a mesoscale machine tool. *Transactions of the ASME: Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2006, 128: 194–203.
- [3] Bais, R. S., Gupta, A. K., Nakra, B. C. and Kundra, T. K. Studies în dynamic design of drilling machine using updated finite element models. *Mechanism and Machine Theory*, 2004, 39(12): 1307–1320.
- [4] Rao, S. B. Metal cutting machine tool design – a review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 1997, 119: 713–716.
- [5] Bryan, J. B. Design and construction of an ultraprecision 84 inch diamond turning machine. *Precision Engineering*, 1971, 1(1): 55–61.
- [6] Stephenson, D. J., Veselovac, D., Manley, S. and Corbett, J. Ultra-precision grinding of hard steels, *Precision Engineering*, 2000, 15: 336–345.
- [7] Luo, X., Cheng, K., Webb, D. and Wardle, F. Design of ultraprecision machine tools with applications to manufacture of miniature and micro components, *Journal of Materials Processing Technology*, 2005. 167(2–3): 515–528.
- [8] Ai, X., Wilmer, M. and Lawrentz, D. Development of friction drive transmission. *Journal of Tribology*, 2005, 127(4): 857–864.
- [9] Deiab, I. M. and Elbestawi, M. A. Effect of workpiece/fixture dynamics on the machining process output. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 1994, 218(11): 1541–1553.
- [10] Ikawa, N., Donaldson, R. R., Kormanduri, R., König, W., Aachen, T. H., Mckeown, P. A., Moriwaki, T. and Stowers, I. F. Ultraprecision metal cutting—the past, the present and the future. *Annals of the CIRP*, 1991, 40(2): 587–594.
- [11] Benaroya, H. *Mechanical Vibration – Analysis, Uncertainties, and Control*. Marcel Dekker, New York: 2004.
- [12] Locum, A. H. *Precision Machine Design*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, NJ: 1992.
- [13] *ANSYS Basic Analysis Procedure Guide*, 2002, (ANSYS, Houston).
- [14] *Programul Inginerie Inovationala și Transfer tehnologic. Stagii de practică. Indicație metodică*. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2018. 2.25 Coli de tipar.

- [15] Programul Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Stagii de practică. Indicație metodică. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2018. 2.75 Coli de tipar.
- [16] Tehnologia construcțiilor de mașini. Indicații metodice privind lucrări de laborator. Parte 2. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2019. 5 Coli de tipar.
- [17] Toca Alexei, Mazuru Sergiu, Stoicev Petru, Ajder Vasile, Usanlî Demian, Podborschi Valeriu. Cadrul calificărilor în domeniul de formare profesională 521- inginerie și tehnmologii industriale. Partea I, În Cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii Moderne Calitate Restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007, ISBN 978-9975-45-035-5.
- [18] Toca Alexei, Mazuru Sergiu, Stoicev Petru, Ajder Vasile, Usanlî Demian, Podborschi Valeriu. Cadrul calificărilor în domeniul de formare profesională 521- inginerie și tehnmologii industriale. Partea II, În Cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii Moderne Calitate Restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007, ISBN 978-9975-45-035-5.
- [19] Toca Alexei, Mazuru Sergiu. Reglarea mașinii de frezat vertical pentru prelucrarea aplanării. Îndrumar metodic pentru lucrări de laborator nr. 6 // Departamentul editorial-poligrafic al U.T.M. Chisinau, 2006.
- [20] Toca Alexei, Mazuru Sergiu. Programul cursului, sarcinile și indicațiile metodice pentru efectuarea lucrării de control la “Metode și procedee de prelucrare mecanică” // Departamentul editorial-poligrafic al U.T.M. Chisinau, 2005.
- [21] Pereu Eugen, Mazuru Sergiu. Proiectarea dispozitivelor și verificatoarelor. Programul cursului, sarcinile și indicațiile metodice pentru elaborarea lucrării de verificare. // Departamentul editorial-poligrafic al U.T.M. Chisinau, 2006.
- [22] Rușica I., Mazuru S., Pereu I. Ingineria sistemelor de producere. Lucrări practice// Departamentul editorial-poligrafic al U.T.M. Chisinau, 2004.
- [23] Toca Alexei, Mazuru Sergiu. Stagii de practică, Programa și Indicațiile metodice// Departamentul editorial-poligrafic al U.T.M. Chisinau, 2005.
- [24] Vaculenco M. Mazuru S. Analiza mecanismului formării componentelor erorii cinematice ale roților dințate. Partea II. În Cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii Moderne Calitate Restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007, ISBN 978-9975-45-035-5.
- [25] Mazuru S. Analiza mecanismului formării componentelor erorii cinematice ale roților dințate. Partea I. În Cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii Moderne Calitate Restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007, ISBN 978-9975-45-035-5.

26. Pereu Eugen, Mazuru Sergiu. Punching of conic gear wheels în several stamps. Buletinul institutului politehnic Iași, Tomul LII, Fascicula Vb, Secția Construcția de Secția Construcția de Mașini, Iași.
27. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
28. 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
29. Sergiu Mazuru, Metode și procedee de fabricare aditivă: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, – 144 p.
30. Adrian BUT, Sergiu MAZURU, Serghei Scaticailov Fabricația asistată de calculator: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM,. – 179 p. Iațhevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista "Intellectus" nr. 3/2014.
31. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.
32. 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.
33. 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)
34. 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)
35. 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.
36. 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
39. Bostan I., Mazuru S. Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
40. Sergiu Mazuru, Metode și procedee de fabricare aditivă: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2018. – 144 p.

41. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
44. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
45. Vlase A Mazuru Sergiu, and Scaticailov S 2014 Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)
46. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
47. 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.
48. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
49. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
50. Vlase A. Mazuru S., and Scaticailov S. Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM). 2014.
51. Mazuru S. and Scaticailov S. Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM). 2018.
52. 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
53. Bostan I. Dulgheru V. Glușco C. and Mazuru S. Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices). 2011.
54. 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)
55. Bostan I, Mazuru S and Botnari V CINETIC process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România. 2011
56. 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.

57. 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
58. Iațhevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista "Intellectus" nr. 3/2014.
59. Slătineanu, L., Dodun, O.,Sergiu Mazuru, Some geometrical considerations concerning the applying of the facing test for the machinability studying. Proceedings. The 5th International Conference on advanced manufacturing technologies. ICAMaT 2007. 12th-14th July 2007. Sibiu. AGIR Publishing House. Academy of Technical Science of Romania. ISSN 1843-3162, paginile 21-24
60. Mazuru S. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
61. 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.
62. Mazuru S. 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) 2010.
63. Bostan I, Mazuru S and Botnari V. Cinetic process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România. 2011.
64. Cherecheș T., Lixandru P., Dragnea D., Mazuru S., „Numerical Simulation of the Operation of Plasma Gun in Mission to Mars Planet”, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, ISSN 2067-3604, Vol. VII, No.2 / 2015, pp. 27-31.
65. Cherecheș T., Lixandru P., Mazuru S., Cosovschi P., Dragnea D., „Numerical Simulation of Plastic Deformation Processes from Cast Iron Parts”, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 12, ISSUE 2/2014, pp. 29-36.
66. Chereches T, Lixandru P, Mazuru S, Cosovschi P, Dragnea D, „Numerical Simulation of Plastic Deformation Process of the Glass Mold Parts”, Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publications, Switzerland, ISSN: 1662-7482, Vol. 657, 2014, pp. 126-131
67. Mardari A., Mazuru S. *Procedeu de presare umedă a pulberilor metalice*. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 452, 2016.04.20, 2017.03.31.

68. Mardari A., Mazuru S.. *Formă de presarea pulberilor metalice*. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 676, 2013.09.30, 2014.04.30.
69. Botnari V., Mazuru S. Perie circulară cu pereți din metal. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 494. 2012.03.31 . B24D31/10.
70. Bostan I., Mazuru S., Vaculenco M. Dispozitiv de măsurare a forțelor dezvoltate de un mecanism. Brevet nr.2920 MD. I.Cl.: G01 L3/16. Publ. 2004.02.20, BOPI nr.11/2005.
71. Bostan I., Mazuru S. Dispozitiv de moletare a profilelor dințate pe semifabricate inelare. Brevet nr.2704 MD. I.Cl.: B21 H5/00, 1/06. Publ. 2004.11.30, BOPI nr.11/2004.
72. Bostan I., Mazuru S., Vaculenco M. Procedeu de prelucrare prin electroeroziune a suprafețelor roților dințate ale transmisiei presecionale. Brevet nr.2609 MD. I.Cl.: B23 H1/00. Publ. 2004.02.29, BOPI nr.2/2004.
73. Cercetarea preciziei de poziționare a turelei cu scule a mașinii-unelte cu CNC. Indicație metodică. I. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2016.
74. Programul Inginerie Inovattionala și Transfer tehnologic. Indicație metodică. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2018.
75. Programul Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Indicație metodică. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2018. .
76. Tehnologia construcțiilor de mașini. Indicații metodice. Parte 2. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2019.