

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Attributes, Characteristics, and Applications of Titanium and Its Alloys. *The Minerals, Metals & Materials Society*. URL: <https://www.tms.org/pubs/journals/jom/1005/boyer-1005.html> (дата звернення: 23.03.2026).
2. Бойко І. А., Мельничук П. П. Використання титанових сплавів під час виготовлення складнопрофільних деталей авіаційних двигунів. *Технічна інженерія*. 2025. № 2(96). С. 13–21. DOI: 10.26642/ten-2025-2(96)-13-21.
3. Arnaud L., Gonzalo O., Seguy S. et al. Simulation of low rigidity part machining applied to thin-walled structures. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2011. Vol. 54. No. 5–8. P. 479–488. DOI: 10.1007/s00170-010-2976-9.
4. EU/European Commission. CORDIS – EU research results. URL: <https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020> (дата звернення: 02.03.2026).
5. Аналітичні дані. *A Digital Science Solution*. URL: https://app.dimensions.ai/analytics/publication/overview/timeline?search_mode=content&search_text=thin-walled%20part&search_type=kws&search_field=text_search&year_from=2005&year_to=2025 (дата звернення: 12.11.2025).
6. Del Sol I., Rivero A., López De Lacalle L. N. et al. Thin-Wall Machining of Light Alloys: A Review of Models and Industrial Approaches. *Materials*. 2019. Vol. 12. No. 12. P. 2012. DOI: 10.3390/ma12122012.
7. Доброворський С. С., Басова Є. В., Кононенко С. М. Удосконалення технології фрезерування деталей з нерівномірною жорсткістю. *Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології*. 2016. № 72. С. 105–111. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/23543>.
8. Доброворський С. С., Кононенко С. М., Басова Є. В. Технологічне забезпечення високошвидкісного фрезерування деталей з нерівномірною малою жорсткістю. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія:

Технології в машинобудуванні. 2018. № 6 (1282). С. 38–42. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/37173>.

9. Agarwal A., Desai K. A. Effect of Workpiece Curvature on Axial Surface Error Profile in Flat End-Milling of Thin-walled Components. *Procedia Manufacturing*. 2020. Vol. 48. P. 498–507. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.05.074.

10. Huang W.-W., Zhang Y., Zhang X.-Q. et al. Wall thickness error prediction and compensation in end milling of thin-plate parts. *Precision Engineering*. 2020. Vol. 66. P. 550–563. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2020.09.003.

11. Aijun T., Zhanqiang L. Deformations of thin-walled plate due to static end milling force. *Journal of Materials Processing Technology*. 2008. Vol. 206. No. 1–3. P. 345–351. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.12.089.

12. Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Kononenko, S., Dobrovolska, L., Mounif, A. S. Y.: A Special Feature of Turbine Blade Deformation During Machining. In: Ivanov V. et al. (eds.) DSMIE 2022, LNME, pp. 220–231. Springer, Cham, 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-06025-0_22.

13. Maslo S., Menezes B., Kienast P. et al. Improving dynamic process stability in milling of thin-walled workpieces by optimization of spindle speed based on a linear parameter-varying model. *Procedia CIRP*. 2020. Vol. 93. P. 850–855. DOI: 10.1016/j.procir.2020.03.092.

14. Kono D., Umezu T. On-machine measurement method for dynamic stiffness of thin-walled workpieces. *Precision Engineering*. 2019. Vol. 60. P. 299–305. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2019.08.015.

15. Dang X.-B., Wan M., Yang Y. et al. Efficient prediction of varying dynamic characteristics in thin-wall milling using freedom and mode reduction methods. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2019. Vol. 150. P. 202–216. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2018.10.009.

16. Umezu T., Kono D., Matsubara A. Evaluation of on-machine measuring method for dynamic stiffness of thin-walled workpieces. *Procedia CIRP*. 2018. Vol. 77. P. 34–37. DOI: 10.1016/j.procir.2018.08.204.

17. Shi J., Gao J., Song Q. et al. Dynamic Deformation of Thin-walled Plate with Variable Thickness under Moving Milling Force. *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 58. P. 311–316. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.329.

18. Feng J., Wan M., Gao T.-Q. et al. Mechanism of process damping in milling of thin-walled workpiece. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2018. Vol. 134. P. 1–19. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2018.06.001.

19. Заміховський Л. М., Іванюк Н. І., Криштопа В. С. Дослідження впливу зміни профіля лопатей газоперекачувальних агрегатів на характер коливних процесів, що генеруються ними. *Проблеми машинобудування*. 2013. Том 16. № 4. С. 23–30. URL: <https://journals.uran.ua/jme/article/view/43794>.

20. Zeng S., Wan X., Li W. et al. A novel approach to fixture design on suppressing machining vibration of flexible workpiece. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2012. Vol. 58. P. 29–43. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2012.02.008.

21. Rubio A., Calleja L., Orive J. et al. Flexible Machining System for an Efficient Skin Machining. 2016. P. 2016-01–2129. DOI: 10.4271/2016-01-2129.

22. Bao Y., Wang B., He Z. et al. Recent progress in flexible supporting technology for aerospace thin-walled parts: A review. *Chinese Journal of Aeronautics*. 2022. Vol. 35. No. 3. P. 10–26. DOI: 10.1016/j.cja.2021.01.026.

23. Universal Holding Fixture. *Canadian Metalworking*. URL: <https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/product/metalworking/universal-holding-fixture> (дата звернення: 15.01.2025).

24. Liu C., Hong J., Wang S. Multi-Point Positioning Method for Flexible Tooling System in Aircraft Manufacturing. . *Volume 3: Design, Materials and Manufacturing, Parts A, B, and C*. 2012. С. 113–117. DOI: 10.1115/IMECE2012-86820.

25. Wan M., Dang X.-B., Zhang W.-H. et al. Chatter suppression in the milling process of the weakly-rigid workpiece through a moving fixture. *Journal of Materials Processing Technology*. 2022. Vol. 299. P. 117293. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2021.117293.

26. Innoclamp. *The fitting Clamping System*. URL: <https://www.innoclamp.de/en-gb/blisker> (дата звернення: 05.02.2025).
27. Rigidax Fixturing Wax. *International Waxes (Rigidax®)*. URL: <https://www.internationalwaxesrigidax.com/index.html> (дата звернення: 11.06.2025).
28. Внуков Ю. М., Гермашев А. І., Мозговий А. В. Застосування технологічних середовищ при фрезеруванні тонкостінних деталей. *Запоріжжя : ЗНТУ*, 2016. С. 186.
29. ICTM Aachen – International Center for Turbomachinery Manufacturing. *Support Structures*. URL: https://www.ictm-aachen.com/en/press/20180711_support-structures-prevent-vibrations-in-post-processing-operations-for-thin-walled-parts.html (дата звернення: 03.09.2025).
30. Boegelein T., Louvis E., Dawson K. et al. Characterisation of a complex thin walled structure fabricated by selective laser melting using a ferritic oxide dispersion strengthened steel. *Materials Characterization*. 2016. Vol. 112. P. 30–40. DOI: 10.1016/j.matchar.2015.11.021.
31. Boegelein T., Dryepondt S. N., Pandey A. et al. Mechanical response and deformation mechanisms of ferritic oxide dispersion strengthened steel structures produced by selective laser melting. *Acta Materialia*. 2015. Vol. 87. P. 201–215. DOI: 10.1016/j.actamat.2014.12.047.
32. Glaessgen E., Stargel D. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. *Adaptive Structures Conference*. 2012. DOI: 10.2514/6.2012-1818.
33. Zhu Z., Xi X., Xu X. et al. Digital Twin-driven machining process for thin-walled part manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*. 2021. Vol. 59. P. 453–466. DOI: 10.1016/j.jmsy.2021.03.015.
34. Hilton K., Fitzpatrick S., Violatos I. et al. A statistics based Digital Twin for the combined consideration of heat treatment and machining for predicting distortion. *Procedia CIRP*. 2021. Vol. 101. P. 93–97. DOI: 10.1016/j.procir.2021.04.003.

35. Söderberg R., Wärmefjord K., Carlson J. S. et al. Toward a Digital Twin for real-time geometry assurance in individualized production. *CIRP Annals*. 2017. Vol. 66. No. 1. P. 137–140. DOI: 10.1016/j.cirp.2017.04.038.
36. Grote K.-H., Antonsson E. K. Springer Handbook of Mechanical Engineering. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-30738-9.
37. Altintas Y. Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design. *Cambridge university press*. 2012. 2nd ed., p. 43.
38. Wang Z., Li X., Liu J. et al. Research on the Influence of Impeller Oblique Cutting Angles on the Performance of Double-Suction Pumps. *Energies*. 2025. Vol. 18. No. 15. P. 3907. DOI: 10.3390/en18153907.
39. Wimmer S., Hunyadi P., Zaeh M. F. A numerical approach for the prediction of static surface errors in the peripheral milling of thin-walled structures. *Production Engineering*. 2019. Vol. 13. No. 3–4. P. 479–488. DOI: 10.1007/s11740-019-00901-7.
40. Li Z.-L., Tuysuz O., Zhu L.-M. et al. Surface form error prediction in five-axis flank milling of thin-walled parts. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2018. Vol. 128. P. 21–32. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2018.01.005.
41. Wang Z., Li H., Zhang Y. et al. A novel model reduction technique for time-varying dynamic milling process of thin-walled components. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2023. Vol. 127. No. 11–12. P. 5199–5217. DOI: 10.1007/s00170-023-11770-x.
42. Bolar G., Joshi S. N. Numerical Modeling and Experimental Validation of Machining of Low-Rigidity Thin-Wall Parts. . *Precision Product-Process Design and Optimization*. 2018. C. 99–122. DOI: 10.1007/978-981-10-8767-7_4.
43. Du Z., Zhang D., Hou H. et al. Peripheral milling force induced error compensation using analytical force model and APDL deformation calculation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. Vol. 88. No. 9–12. P. 3405–3417. DOI: 10.1007/s00170-016-9052-z.

44. Ge G., Du Z., Yang J. Rapid prediction and compensation method of cutting force-induced error for thin-walled workpiece. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020. Vol. 106. No. 11–12. P. 5453–5462. DOI: 10.1007/s00170-020-05050-1.

45. Добротворський С. С., Басова Є. В., Кононенко С. М., Трубін Д. В., Пітель Я. Розробка програмного забезпечення для розрахунку параметрів обробки деталей з малою жорсткістю методом високошвидкісного фрезерування у рамках Free Digital Space for I. 4.0 (FGS2I4.0). *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доповідей 28-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2020. Харків, 28-30 жовт. 2020 : у 5 ч. Харків : Планета-Прінт. Ч. 1. С. 114. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/69421>.

46. Pavlenko I., Kononenko S., Czernek K. et al. An Increase in the Energy Efficiency of Axial Turbines by Ensuring Vibration Reliability of Blade Milling. *Energies*. 2023. Vol. 16. No. 3. P. 1511. DOI: 10.3390/en16031511.

47. Kononenko S., Dobrotvorskiy S., Basova Y. et al. Simulation of Thin-Walled Parts End Milling with Fluid Jet Support. . *Advances in Design, Simulation and Manufacturing III*. 2020. P. 380–389. DOI: 10.1007/978-3-030-50794-7_37.

48. Masmali M., Mathew P. An Analytical Approach for Machining Thin-walled Workpieces. *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 58. P. 187–192. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.186.

49. Sun Y., Jiang S. Predictive modeling of chatter stability considering force-induced deformation effect in milling thin-walled parts. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2018. Vol. 135. P. 38–52. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2018.08.003.

50. Li Z., Yan Q., Tang K. Multi-pass adaptive tool path generation for flank milling of thin-walled workpieces based on the deflection constraints. *Journal of Manufacturing Processes*. 2021. Vol. 68. P. 690–705. DOI: 10.1016/j.jmapro.2021.05.075.

51. Huang N., Bi Q., Wang Y. et al. 5-Axis adaptive flank milling of flexible thin-walled parts based on the on-machine measurement. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2014. Vol. 84. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2014.04.004.
52. Zhao X., Zheng L., Shi M. et al. Unified model towards service-oriented continuous-discrete hybrid adaptive milling system for thin-walled parts driven by in-process data. *IFAC-PapersOnLine*. 2022. Vol. 55. No. 10. P. 2156–2161. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.10.027.
53. Zhao X., Zheng L., Wang Y. et al. Services-oriented intelligent milling for thin-walled parts based on time-varying information model of machining system. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2022. Vol. 219. P. 107125. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2022.107125.
54. Tangestani R., Chakraborty A., Sabiston T. et al. Multi-scale model to simulate stress directionality in laser powder bed fusion: Application to thin-wall part failure. *Materials & Design*. 2023. Vol. 232. P. 112147. DOI: 10.1016/j.matdes.2023.112147.
55. Sulitka M., Falta J., Stejskal M. et al. Integrated force interaction simulation model for milling strategy optimization of thin-walled Blisk blade machining. *Procedia CIRP*. 2021. Vol. 102. P. 174–179. DOI: 10.1016/j.procir.2021.09.030.
56. Polishetty A., Goldberg M., Littlefair G. et al. A Preliminary Assessment of Machinability of Titanium Alloy Ti 6AL 4V During thin Wall Machining Using Trochoidal Milling. *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 97. P. 357–364. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.259.
57. Wan X.-J., Hua L., Wang X.-F. et al. An error control approach to tool path adjustment conforming to the deformation of thin-walled workpiece. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2011. Vol. 51. No. 3. P. 221–229. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2010.11.007.

58. Ratchev S., Govender E., Nikov S. et al. Force and deflection modelling in milling of low-rigidity complex parts. *Journal of Materials Processing Technology*. 2003. Vol. 143–144. P. 796–801. DOI: 10.1016/S0924-0136(03)00382-0.

59. Wang M.-H., Sun Y. Error prediction and compensation based on interference-free tool paths in blade milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2014. Vol. 71. No. 5–8. P. 1309–1318. DOI: 10.1007/s00170-013-5535-3.

60. Ramanaiah B. V., Manikanta B., Ravi Sankar M. et al. Experimental Study of Deflection and Surface Roughness in Thin Wall Machining of Aluminum Alloy. *Materials Today: Proceedings*. 2018. Vol. 5. No. 2. P. 3745–3754. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.11.627.

61. Scippa A., Grossi N., Campatelli G. FEM based Cutting Velocity Selection for Thin Walled Part Machining. *Procedia CIRP*. 2014. Vol. 14. P. 287–292. DOI: 10.1016/j.procir.2014.03.023.

62. Munoa J., Sanz-Calle M., Dombovari Z. et al. Tuneable clamping table for chatter avoidance in thin-walled part milling. *CIRP Annals*. 2020. Vol. 69. No. 1. P. 313–316. DOI: 10.1016/j.cirp.2020.04.081.

63. Navarro P. F., Chiu P.-H., Higgins A. et al. Shear band patterning and post-critical behavior in AISI 4340 steel with different microstructure. *International Journal of Impact Engineering*. 2018. Vol. 112. P. 144–154. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2017.10.011.

64. Wang J., Ibaraki S., Matsubara A. A cutting sequence optimization algorithm to reduce the workpiece deformation in thin-wall machining. *Precision Engineering*. 2017. Vol. 50. P. 506–514. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2017.07.006.

65. Diez E., Perez H., Marquez J. et al. Feasibility study of in-process compensation of deformations in flexible milling. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2015. Vol. 94. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2015.03.008.

66. Dobrotvorskiy S., Basova Y., Kononenko S. et al. Numerical Deflections Analysis of Variable Low Stiffness of Thin-Walled Parts During Milling. . *Advances*

in Design, Simulation and Manufacturing II. 2020. P. 43–53. DOI: 10.1007/978-3-030-22365-6_5.

67. Kononenko S., Dobrotvorskiy S., Basova Y. et al. Deflections and frequency analysis in the milling of thin-walled parts with variable low stiffness. *Acta Polytechnica*. 2019. 59(3). P. 283–291. DOI: 10.14311/AP.2019.59.0283.

68. Liang R., Liu W., Fu Y. et al. Physics-informed deep learning for structural dynamics under moving load. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2024. Vol. 284. P. 109766. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2024.109766.

69. Tyflopoulos E., Steinert M. A Comparative Study of the Application of Different Commercial Software for Topology Optimization. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12. No. 2. P. 611. DOI: 10.3390/app12020611.

70. ANSYS vs ABAQUS Structural Analysis. *Ideametrics Global Engineering*. URL: <https://ideametricsglobalengineering.com/ansys-vs-abaqus-structural-analysis-capabilities-and-industry-use-cases> (дата звернення: 11.08.2025).

71. Liu Y. ANSYS and LS-DYNA used for structural analysis. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*. 2008. Vol. 1. No. 1. P. 31. DOI: 10.1504/IJCAET.2008.021254.

72. Johnson G. R., Cook W. H. A constitutive model and data for metals subjected to large strains. High rates and high temperatures. *Roy. Inst. of Engrs in the Netherlands*. 1983. P. 541–547.

73. Johnson G. R., Cook W. H. Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures, and pressures. *Engng Fract. Mech.* 1985. No. 21. P. 31–48.

74. Daoud M., Jomaa W., Chatelain J. F. et al. A machining-based methodology to identify material constitutive law for finite element simulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 77. No. 9–12. P. 2019–2033. DOI: 10.1007/s00170-014-6583-z.

75. Rodríguez-Millán M., Díaz-Álvarez J., Bernier R. et al. Thermo-Viscoplastic Behavior of Ni-Based Superalloy Haynes 282 and Its Application to

Machining Simulation. *Metals*. 2017. Vol. 7. No. 12. P. 561. DOI: 10.3390/met7120561.

76. Akram S., Jaffery S. H. I., Khan M. et al. Numerical and experimental investigation of Johnson–Cook material models for aluminum (Al 6061-T6) alloy using orthogonal machining approach. *Advances in Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 10. No. 9. P. 168781401879779. DOI: 10.1177/1687814018797794.

77. Navarro P. F., Chiu P.-H., Higgins A. et al. Shear band patterning and post-critical behavior in AISI 4340 steel with different microstructure. *International Journal of Impact Engineering*. 2018. Vol. 112. P. 144–154. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2017.10.011.

78. Agmell M., Ahadi A., Ståhl J.-E. A fully coupled thermomechanical two-dimensional simulation model for orthogonal cutting: formulation and simulation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 2011. Vol. 225. No. 10. P. 1735–1745. DOI: 10.1177/0954405411407137.

79. Akram S., Jaffery S. H. I., Khan M. та ін. A Numerical Investigation of Effects of Cutting Velocity and Feed Rate on Residual Stresses in Aluminum Alloy Al-6061. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*. 2015. Вип. 3. № 1. С. 26–30. DOI: 10.7763/IJMMM.2015.V3.160.

80. Wang Z., Zhao Y., Ma G. et al. A numerical study on the high-velocity impact behavior of pressure pipes. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*. 2016. Vol. 17. No. 6. P. 443–453. DOI: 10.1631/jzus.A1500112.

81. Криворучко Д.В., Залога В. А. Моделювання процесів різання методом кінцевих елементів: методологічні основи. *Сумський державний університет*, 2012. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/36676>.

82. Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Ivanova, M., Kotliar, A., Dobrovolska, L.: Forecasting of the productivity of parts machining by high-speed milling with the method of half-overlap. *Diagnostyka*. 19, 37–42 (2018).

83. Dobrotvorskiy S., Basova Y., Ivanova M. та ін. Forecasting of the productivity of parts machining by high-speed milling with the method of half-overlap. *Diagnostyka*. 2018. Вип. 19. № 3. С. 37–42. DOI: 10.29354/diag/93136.

84. Kononenko S., Dobrotvorskiy S., Basova Y. et al. Impact of Overlapping Method on Cutting Forces and Surface Formation in End Milling of Thin-Walled Parts. *Smart Innovations in Energy and Mechanical Systems*. 2025. Vol. 1480. P. 67–78. DOI: 10.1007/978-3-031-95191-6_7.

85. Sadílek M., Čep R., Budak I. та ін. Aspects of Using Tool Axis Inclination Angle. *Strojníški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*. 2011. Вип. 57. № 09. С. 681–688. DOI: 10.5545/sv-jme.2010.205.

86. Daniyan I., Mpofu K., Ramatsetse B. et al. An abaqus-based 3D computer aided design, modelling and simulation of the end-milling operation of stainless steel 301. *Procedia CIRP*. 2022. Vol. 112. P. 298–303. DOI: 10.1016/j.procir.2022.09.001.

87. Daniyan I. A., Tlhabadira I., Daramola O. O. et al. Design and Optimization of Machining Parameters for Effective AISI P20 Removal Rate during Milling Operation. *Procedia CIRP*. 2019. Vol. 84. P. 861–867. DOI: 10.1016/j.procir.2019.04.301.

88. Li B., Zhang S., Zhang Q. et al. Modelling of phase transformations induced by thermo-mechanical loads considering stress-strain effects in hard milling of AISI H13 steel. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2018. Vol. 149. P. 241–253. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2018.10.010.

89. Chen W., Huo D., Hale J. et al. Kinematics and tool-workpiece separation analysis of vibration assisted milling. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2018. Vol. 136. P. 169–178. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2017.12.037.

90. Dehmani H., Salvatore F., Hamdi H. Numerical Study of Residual Stress Induced by Multi-steps Orthogonal Cutting. *Procedia CIRP*. 2013. Vol. 8. P. 299–304. DOI: 10.1016/j.procir.2013.06.106.

91. Ding H., Shen N., Shin Y. C. Thermal and mechanical modeling analysis of laser-assisted micro-milling of difficult-to-machine alloys. *Journal of Materials*

Processing Technology. 2012. Vol. 212. No. 3. P. 601–613. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2011.07.016.

92. Tajalli S. A., Movahhedy M. R., Akbari J. Simulation of orthogonal micro-cutting of FCC materials based on rate-dependent crystal plasticity finite element model. *Computational Materials Science*. 2014. Vol. 86. P. 79–87. DOI: 10.1016/j.commatsci.2014.01.016.

93. Zhang R., Wu C., Zhang Y. A novel technique to predict harmonic response of Particle-damping structure based on ANSYS® secondary development technology. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2018. Vol. 144. P. 877–886. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2017.10.035.

94. Tang Q., Li C., She H. et al. Nonlinear response analysis of bolted joined cylindrical-cylindrical shell with general boundary condition. *Journal of Sound and Vibration*. 2019. Vol. 443. P. 788–803. DOI: 10.1016/j.jsv.2018.12.003.

95. Fei J., Lin B., Yan S. et al. Chatter prediction for milling of flexible pocket-structure. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. Vol. 89. No. 9–12. P. 2721–2730. DOI: 10.1007/s00170-016-9760-4.

96. Wang H., Huang L., Yao C. et al. Integrated analysis method of thin-walled turbine blade precise machining. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. 2015. Vol. 16. No. 5. P. 1011–1019. DOI: 10.1007/s12541-015-0131-0.

97. Wu Q., Li D.-P., Ren L. et al. Detecting milling deformation in 7075 aluminum alloy thin-walled plates using finite difference method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2016. Vol. 85. No. 5–8. P. 1291–1302. DOI: 10.1007/s00170-015-8012-3.

98. Ma J., Liu Z., Jia Z. et al. Stability recognition for high-speed milling of TC4 thin-walled parts with curved surface. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. Vol. 91. No. 5–8. P. 2819–2829. DOI: 10.1007/s00170-016-9905-5.

99. Liu S., Ban X., Wang B. et al. A Symmetric Particle-Based Simulation Scheme towards Large Scale Diffuse Fluids. *Symmetry*. 2018. Vol. 10. No. 4. P. 86. DOI: 10.3390/sym10040086.

100. Bansal R.K. A Textbook of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines. *Published by Laxmi Publications Pvt. Ltd.* 2010. P. 818–819.

101. Elastic Foundation Stiffness. *Official global learning and ecosystem platform*. URL: <https://innovationspace.ansys.com/knowledge/forums/topic/why-is-the-unit-of-the-elastic-foundation-stiffness-n-m3> (дата звернення: 12.02.2026).

102. The University of Tennessee. *Department of Physics and Astronomy. Damped and driven oscillations*. URL: http://labman.phys.utk.edu/phys221core/modules/m11/damped_and_driven_oscillations.html (дата звернення: 18.06.2025).

103. Bolar G., Das A., Joshi S. N. Measurement and analysis of cutting force and product surface quality during end-milling of thin-wall components. *Measurement*. 2018. Vol. 121. P. 190–204. DOI: 10.1016/j.measurement.2018.02.015.

104. Kononenko, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Kharchenko, O., Trubin, D.: Adaptive Fluid Jet Support Technique for Variable Stiffness Thin-Walled Parts End Milling. In: Ivanov, V. et al. (eds.) *DSMIE 2024 Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII, LNME*, pp. 223–239. Springer, Cham, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-61797-3_19.

105. Scippa A., Grossi N., Campatelli G. FEM based Cutting Velocity Selection for Thin Walled Part Machining. *Procedia CIRP*. 2014. Vol. 14. P. 287–292. DOI: 10.1016/j.procir.2014.03.023.

106. Ma J., Li Y., Zhang D. et al. Dynamic response prediction model of thin-wall workpiece-fixture system with magnetorheological damping in milling. *Journal of Manufacturing Processes*. 2022. Vol. 74. P. 500–510. DOI: 10.1016/j.jmapro.2021.12.050.

107. Hou J., Zhao Z., Fu Y. et al. Machining stability enhancement in multi-axis milling of titanium hollow blade by introducing multiple damping and rigid

supporters. *Journal of Manufacturing Processes*. 2021. Vol. 64. P. 198–208. DOI: 10.1016/j.jmapro.2021.01.016.

108. Кононенко С. М., Добротворський С. С., Басова Є. В. та ін. Розроблення програмного рішення для вибору параметрів фрезерування тонкостінних елементів турбомашин. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*. 2022. № 1(52). С. 65–72. DOI: 10.31471/1993-9965-2022-1(52)-65-72.

109. Liu S., Lu Y., Li J. et al. Multi-scale evolution mechanism and knowledge construction of a digital twin mimic model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2021. Vol. 71. P. 102123. DOI: 10.1016/j.rcim.2021.102123.

110. Dobrotvorskiy S., Kononenko S., Basova Y. et al. Development of Optimum Thin-Walled Parts Milling Parameters Calculation Technique. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV*. 2021. P. 343–352. DOI: 10.1007/978-3-030-77719-7_34.

111. Zhao W., Li R., Liu X. et al. Construction Method of Digital Twin System for Thin-Walled Workpiece Machining Error Control Based on Analysis of Machine Tool Dynamic Characteristics. *Machines*. 2023. Vol. 11. No. 6. P. 600. DOI: 10.3390/machines11060600.

112. Zhao Z., Wang S., Wang Z. et al. Surface roughness stabilization method based on digital twin-driven machining parameters self-adaption adjustment: a case study in five-axis machining. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 2022. Vol. 33. No. 4. P. 943–952. DOI: 10.1007/s10845-020-01698-4.

113. Cornelius A., Karandikar J., Gomez M. et al. A Bayesian Framework for Milling Stability Prediction and Reverse Parameter Identification. *Procedia Manufacturing*. 2021. Vol. 53. P. 760–772. DOI: 10.1016/j.promfg.2021.06.073.

114. Dittrich M.-A., Uhlich F. Self-optimizing compensation of surface deviations in 5-axis ball-end milling based on an enhanced description of cutting conditions. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2020. Vol. 31. P. 224–232. DOI: 10.1016/j.cirpj.2020.05.013.

115. Cho M.-H., Kim D.-W., Lee C.-G. et al. CBIMS: Case-based impeller machining strategy support system. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2009. Vol. 25. No. 6. P. 980–988. DOI: 10.1016/j.rcim.2009.04.017.

116. Li W., Wang L., Yu G. Force-induced deformation prediction and flexible error compensation strategy in flank milling of thin-walled parts. *Journal of Materials Processing Technology*. 2021. Vol. 297. P. 117258. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2021.117258.

117. Altintas Y., Tuysuz O., Habibi M. et al. Virtual compensation of deflection errors in ball end milling of flexible blades. *CIRP Annals*. 2018. Vol. 67. No. 1. P. 365–368. DOI: 10.1016/j.cirp.2018.03.001.

118. Scippa A., Sallese L., Grossi N. et al. Improved dynamic compensation for accurate cutting force measurements in milling applications. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2015. Vol. 54–55. P. 314–324. DOI: 10.1016/j.ymsp.2014.08.019.

119. Waşık M., Kolka A. Machining Accuracy Improvement by Compensation of Machine and Workpiece Deformation. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. P. 2187–2194. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.365.

120. Oberg E., Jones F., Horton H., Ryffel H. *Machinery's Handbook*. New York : Industrial Press, 2012. Vol. 29. P. 1081–1091.

ДОДАТОК А
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати:

Статті у наукових виданнях включених до міжнародних баз даних Scopus та/або Web of Science:

1. Kononenko, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Trubin, D., Talar, R.: Impact of Overlapping Method on Cutting Forces and Surface Formation in End Milling of Thin-Walled Parts. In: Pavlenko, D., et al. (eds) Smart Innovations in Energy and Mechanical Systems. SIEMS 2025. LNME, vol 1480, pp. 67–78. Springer, Cham, 2025. (Scopus, Швейцарія, Q4).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-95191-6_7

2. Kononenko, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Kharchenko, O., Trubin, D.: Adaptive Fluid Jet Support Technique for Variable Stiffness Thin-Walled Parts End Milling. In: Ivanov, V. et al. (eds.) DSMIE 2024 Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII, LNME, pp. 223–239. Springer, Cham, 2024. (Scopus, Швейцарія, Q4).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-61797-3_19

3. Pavlenko, I., Kononenko, S., Czernek, K., Witczak, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Ivanov, V., Krupińska, A., Matuszak, M., Włodarczak, S., Ochowiak, M.: An Increase in the Energy Efficiency of Axial Turbines by Ensuring Vibration Reliability of Blade. Energies 2023, 16(3), 1511. (Scopus, Швейцарія, Q2).

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16031511>

4. Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Kononenko, S., Dobrovolska, L., Mounif, A. S. Y.: A Special Feature of Turbine Blade Deformation During Machining. In: Ivanov V. et al. (eds.) DSMIE 2022, LNME, pp. 220–231. Springer, Cham, 2022. (Scopus, Швейцарія, Q4).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_22

5. Dobrotvorskiy, S., Kononenko, S., Basova, Y., Dobrovolska, L., Ivanova, M.: Development of Optimum Thin-Walled Parts Milling Parameters Calculation

Technique. In: Ivanov V. et al. (eds.) DSMIE 2021, LNME, pp. 343–352. Springer, Cham, 2021. (Scopus, Швейцарія, Q4).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_34

6. Kononenko, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Dobrovolska, L., Yepifanov, V.: Simulation of Thin-walled Parts End Milling with Fluid Jet Support. In: V. Ivanov et al. (eds.) DSMIE 2020, LNME, pp. 380–389. Springer, Cham, 2020. (Scopus, Швейцарія, Q4).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-50794-7_37

7. Kononenko, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Gasanov, M., Dobrovolska, L.: Deflections and Frequency Analysis in the Milling of Thin-walled Parts with Variable Low Stiffness. Acta Polytechnica 2019, 59(3), pp. 283–291. (Scopus, Чехія, Q2).

DOI: <https://doi.org/10.14311/AP.2019.59.0283>

8. Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Kononenko, S., Dobrovolska, L., Ivanova, M.: Numerical Deflections Analysis of Variable Low Stiffness of Thin-Walled Parts During Milling. In: Ivanov V. et al. (eds.) DSMIE 2019, LNME, pp. 43–53. Springer, Cham (2020). (Scopus, Швейцарія, Q4).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_5

Статті у періодичних наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:

9. Кононенко, С. М., Добротворський, С. С., Басова, Є. В., Добровольська, Л. Г. Розроблення програмного рішення для вибору параметрів фрезерування тонкостінних елементів турбомашин. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2022. 1(52). С. 65–72. (Б).

DOI: [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1\(52\)-65-72](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1(52)-65-72)

(Наказ МОН №1643 від 28.12.2019, Б)

10. Кожушко А. П., Мітцель М. О., Карпов В. О., Кононенко С. М. Малишев С. Є. Аналіз та перспектива розвитку конструкцій трансмісійних установок ланцюгових землерийних засобів інженерно-будівельної техніки.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. 2025. № 1. С. 119–128. (Б).

DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2025.1.14>

(Наказ МОН №1290 від 30.11.2021, Б)

11. Добротворський С. С., Добровольська Л. Г., Кононенко С. М. Аналіз відхилень при кінцевому фрезеруванні деталей з нерівномірною малою жорсткістю. *Різання та інструмент в технологічних системах*. 2018. Вип. 89. С. 59–63. (фахове видання).

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/40379>

(перереєстрація – Наказ МОН №409 від 17.03.2020, Б)

12. Добротворський С. С., Кононенко С. М., Басова Є. В. Технологічне забезпечення високошвидкісного фрезерування деталей з нерівномірною малою жорсткістю. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні*. 2018. № 6 (1282). С. 38–42. (фахове видання).

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/37173>

(перереєстрація – Наказ МОН №320 від 07.04.2022, Б)

13. Добротворський С. С., Басова Є. В., Кононенко С. М. Удосконалення технології фрезерування деталей з нерівномірною жорсткістю. *Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології*. 2016. № 72. С. 105–111. (фахове видання).

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/23543>

(перереєстрація – Наказ МОН № 1301 від 15.10.2019, Б)

Праці, апробаційного характеру, що додатково відображають наукові результати:

14. Добротворський С. С., Кононенко С. М., Рафал Талар. Розробка технології адаптивної гідроструминної підтримки торцевого фрезерування тонкостінних деталей змінної жорсткості для їх поверхневого структурування. *Нові технології в машинобудуванні* : матеріали доповідей Всеукр. конф.,

Харків, 4–7 верес. 2024. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2024. С. 44.

URL: https://khai.edu/files/uploads/konferencii/34_materiali_konferencii_novi_tehnologii_u_masinobuduvanni_2024.pdf

15. Добротворський С. С., Кононенко С. М., Басова Є. В. Добровольська Л. Г. Інтенсифікація процесів виготовлення тонкостінних елементів турбомашин шляхом застосування цифрових сервісів та технологій. *Прогресивні технології у машинобудуванні PTME-2022* : зб. наук. пр. X Міжнар. наук.-техн. конф., Івано-Франківськ-Яремче, 1–5 лют. 2022. С. 80–82.

URL: https://www.masfak.ni.ac.rs/images/Konferencije_PedjaZivkovic/Zb_PT_ME2022.pdf#page=80

16. Chelabi M. A., Basova Y., Dobrotvorskiy S., Kononenko S. Contribution to the design of turbine rotor of mixed flow turbine used in a turbocharger. *Сучасні технології у промисловому виробництві* : матеріали IX Всеукр. наук.-техн. конф. Суми, 19–22 квіт. 2022. Суми : Сумський державний університет, 2022. С. 33. URL: <https://conf.teset.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/04/stpv-2022.pdf>

17. Добротворський С. С., Басова Є. В., Кононенко С. М., Трубін Д. В., Пітель Я. Розробка програмного забезпечення для розрахунку параметрів обробки деталей з малою жорсткістю методом високошвидкісного фрезерування у рамках FREE DIGITAL SPACE FOR I. 4.0 (FGS2I4.0). *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доповідей 28-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2020. Харків, 28-30 жовт. 2020 : у 5 ч. Харків : Планета-Прінт. Ч. 1. С. 114.

URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/69421>

18. Басова Є. В., Добротворський С. С., Трубін Д. В., Кононенко С. М. Програмне та технологічне забезпечення для отримання технологічних параметрів процесу високошвидкісного фрезерування деталей змінної жорсткості з використанням методу скінчених елементів та web технологій. *Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів* : сб. тр. VII-ої МНТК, Луцьк, 28–30 трав. 2022. ЛНТУ, 2022. С. 164–165.

URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2023-02/2022_TK-2022_Збірник%20тез.pdf

19. Кононенко С. М., Басова Є. В., Добротворський С. С., Горячев А. В. Технологічні показники високошвидкісного фрезерування деталей малої жорсткості в залежності від обраної стратегії. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доповідей ХХІХ міжнародної наук.-практ. конф. MicroCAD–2021, Харків. 18-20 трав. 2021 : у 5 ч. Харків : Планета-Прінт. Ч. 1. С. 100.

URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/68026>

20. Кононенко С. М., Басова Є. В. Розробка методики розрахунку оптимальних параметрів багатолезвийного оброблення тонкостінних деталей. *Молодь: наука та інновації* : матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, Дніпро, 25–27 лист. 2020. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Т. 3. С. 5.

URL: <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2020/Том3.pdf>

21. Кононенко С. М., Добротворський С. С., Басова Є. В., Добровольська Л. Г., Едл М. Дослідження відхилень елементів деталей малої жорсткості та технологічні засоби їх зниження у процесі кінцевого фрезерування. *Прогресивні технології в машинобудуванні* : збірник наукових праць ІХ-ої МНТК, Львів-Плай, 3–7 лют. 2020. Львів : Львівська політехніка, 2020. С. 102.

URL: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/3/2/news/4951/zbirnyktez.pdf>

22. Басова Є. В., Добротворський С. С., Кононенко С. М., Едл М., Рехор Я. Наукові основи виготовлення деталей машинобудування зі змінною жорсткістю методом високошвидкісного фрезерування з гідродинамічним обтіканням. *Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів* : сб. тр. VI-ої МНТК, Луцьк, 2–4 черв. 2020. Луцьк : Луцький національний технічний університет, 2020. С. 135–136.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/50433>

23. Пониделко А. А., Басова Є. В., Кононенко С. М., Добротворський С. С. Технологічні проблеми виготовлення лопаток з урахуванням їхньої змінної жорсткості. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доповідей XXVII Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2019, Харків, 15–17 трав. 2019 : у 4 ч. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. Ч. 1. С. 142.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/44200>

24. Добротворський С. С., Басова Є. В., Кононенко С. М. До питання вдосконалення технології фрезерування деталей із перемінною жорсткістю. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта* : тези доп. 25-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2017, Харків, 17–19 трав. 2017 : у 4 ч. Харків : НТУ «ХПІ», 2017. Ч. 1. С. 107.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/38749>

25. Добротворський С. С., Басова Є. В., Кононенко С. М. До питання удосконалення технології фрезерування деталей з нерівномірною жорсткістю. *Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво* : матеріали 16-ї міжнар. молодіж. наук.-техн. конф., Суми, 26–29 жовт. 2016. Суми : Сум. держ. ун-т., 2016. С. 15–17.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/50430>