

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Неманежин Є. О., Івко В. М., Торба Ю. І. Теоретичні та експериментальні методи визначення характеристик міцності лопаток турбін при термомеханічному навантаженні. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2021. № 4 спецвипуск 1(173). С. 93-101. DOI: 10.32620/aktt.2021.4sup1.13
2. Неманежин Є. О. Аналіз особливостей умов роботи сучасних лопаток газових турбін та огляд методів визначення параметрів їх високотемпературної міцності. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин*. 2024. № 1. С. 52-61. DOI: 10.20998/2078-9130.2024.1.312052
3. Lepeshkin A., Remchukov S., Yaroslavtsev N., Guanghua Z., Meng Z., Fetisov M., Ilinskaya O., Fedin M., Kuleshov A. Test technique for turbine cooled blades of gas turbine engines. *Journal of physics: conference series*. 2021. Vol. 1925. P. 1-7. DOI: 10.1088/1742-6596/1925/1/012086
4. Beghini M., Bertini L., Santus C., Monelli B. D., Scrinzi E., Pieroni N., Giovannetti I. High temperature fatigue testing of gas turbine blades. *Procedia structural integrity*. 2017. Vol. 7. P. 206-213. DOI: 10.1016/j.prostr.2017.11.079
5. Rongqiao W., Fulei J., Dianyin H. In-phase thermal-mechanical fatigue investigation on hollow single-crystal turbine blades. *Chinese journal of aeronautics*. 2013. Vol. 26. No. 6. P. 1409-1414. DOI: 10.1016/j.cja.2013.07.026
6. Han J.-C. Recent studies in turbine blade cooling. *International journal of rotating machinery*. 2004. Vol. 10. No. 6. P. 443-457. DOI: 10.1155/S1023621X04000442
7. Puspitasari P., Andoko A., Kurniawan P. Failure analysis of a gas turbine blade: a review. *IOP Conference series: materials science and engineering*. 2021. Vol. 1034. P. 1-9. DOI: 10.1088/1757-899X/1034/1/012156
8. Swain B., Mallick P., Patel S., Roshan R., Mohapatra S. S., Bhuyan S., et al. Failure analysis and materials development of gas turbine blades. *Materials today: proceedings*. 2020. Vol. 33. No. 8. P. 5143-5146. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.02.859

9. Ali R., Shehbaz T., Bemporad E. Investigation on failure in thermal barrier coatings on gas turbine first-stage rotor blade. *Journal of failure analysis and prevention*. 2018. Vol. 18. P. 1062-1072. DOI: 10.1007/s11668-018-0530-5
10. Asadikouhanjani S., Torfeh M., Ghorbanf R. Failure analysis of a heavy duty gas turbine blade. *Strength of materials*. 2014. Vol. 46. P. 608-612. DOI: 10.1007/s11223-014-9589-8
11. Liu D., Li H., Liu Y. Numerical simulation of creep damage and life prediction of superalloy turbine blade. *Mathematical problems in engineering*. 2015. Vol. 2015. P. 1-10. DOI: 10.1155/2015/732502
12. Couturier R., Escaravage C. High temperature alloys for the HTGR gas turbine: required properties and development needs. *International Atomic Energy Agency. Technical committee meeting on gas turbine power conversion systems for modular HTGRs*. 2001. P. 163-176.
13. Gell M., Duhl D. N., Gupta D. K., et al. Advanced superalloy airfoils. *Journal of metals*. 1987. Vol. 39. P. 11-15. DOI: 10.1007/BF03258033
14. Shi D., Yang X., Li Z. Accelerated LCF-creep experimental methodology for durability life evaluation of turbine blade. *Fatigue & fracture of engineering materials & structures*. 2018. Vol. 41. No. 5. P. 1196-1207. DOI: 10.1111/ffe.12763
15. Newnham R. E. Properties of materials: anisotropy, symmetry, structure. Oxford University Press. 2004. DOI: 10.1093/oso/9780198520757.001.0001
16. Cormier J., Gandin C.-A. Chapter 7 - Processing of directionally cast nickel-base superalloys: solidification and heat treatments. In (eds): Cailletaud G., Cormier J., Eggeler G., Maurel V., Nazé L. *Nickel base single crystals across length scales*. Elsevier. 2022. P. 193-222. DOI: 10.1016/B978-0-12-819357-0.00015-9
17. Kvapilova M., Dvorak J., Kral P., Hrbacek K., Sklenicka V. Creep behavior and life assessment of a cast nickel – base superalloy MAR-M247. *High temperature materials proceedings*. 2019. Vol. 38, P. 590-600. DOI: 10.1515/htmp-2019-0006.
18. Bor H.-Yu., Wei Ch.-N., Yeh A.-Ch., He W.-B., Wang H.-S., Kuo Ch.-M. High temperature tensile behavior of directionally solidified MAR-M247 superalloy.

*Materials science forum*. 2014. Vol. 783. P. 1153-1158. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.783-786.1153

19. Caruel F., Bourguignon S., Lallement B., Fargeas S., DeBussac A. SNECMA experience with cost effective DS airfoil technology applied using CM 186LC alloy. *Journal of engineering for gas turbines and power*. 1998. Vol. 120. P.97-104. DOI: 10.1115/1.2818093

20. Harris K., Erickson G. L., Schwer R. E. MAR-M247 derivations – CM 247 LC DS alloy CMSX single crystal alloys: properties & performance. *Superalloys*. 1984. P. 221-230. DOI: 10.7449/1984/Superalloys\_1984\_221\_230

21. Jeong H. W., Seo S. M., Choi B. G., Yoo Y. S., Ahn Y. K., Lee J. H. Effect of long-term thermal exposures on microstructures and mechanical properties of directionally solidified CM 247LC alloy. *Metals and materials international*. 2013. Vol. 19. P. 917-925. DOI: 10.1007/s12540-013-5003-5

22. Ross E. W., Ohara K. S. Rene142: a high strength oxidation resistant DS turbine airfoil alloy. *Superalloys*. 1992. P. 257-265. DOI: 10.7449/1992/SUPERALLOYS\_1992\_257\_265

23. Дурягіна З. А. Сплави з особливими властивостями: навчальний посібник. Під ред.: З. А. Дурягіна, О. Я. Лизун, В. Л. Пілюшенко. *Львів: Видавництво Львівської політехніки*. 2007. 236 С.

24. Фрідляндер І. Н., Сенаторова О. Г., Осінцев О. Є., та ін. Кольорові метали та сплави. Композиційні металеві матеріали. Т.11-3. Під ред. Фрідляндер, І. Н. *Енциклопедія*. 2001. 880 С.

25. Климов О. В. Сталі та сплави з особливими властивостями: навчальний посібник. Під ред.: О. В. Климов, Ю. І. Кононенко, В. Л. Грешта. *Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет*. 2014. 315 С.

26. Kim E.-H., Park H. Ye., Lee C.-L., Park J. B., Yang S. C., Jung Y.-G. Single crystal casting of gas turbine blades using superior ceramic core. *Journal of materials research and technology*. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 3348-3356. DOI: 10.1016/j.jmrt.2020.01.029

27. Nissley D. M., Meyer T.G., Walker K. P. Life prediction and constitutive models for engine hot section anisotropic materials program. *NASA technical reports server*. 1992. 316 P.

28. Rouault-Rogez H., Dupeux M., Ignat M. High temperature tensile creep of CMSX-2 nickel base superalloy single crystals. *Acta metallurgica et materialia*. 1994. Vol. 42. No. 9. P. 3137-3148. DOI: 10.1016/0956-7151(94)90411-1

29. Ohno N., Takeuchi T. Anisotropy in multiaxial creep of nickel-based single-crystal superalloy CMSX-2: experiments and identification of active slip systems. *JSME International journal. series A: mechanics and material engineering*. 1994. Vol. 37. P. 129-137. DOI: 10.1299/JSMEA1993.37.2\_129

30. Erickson G. L. The development and application of CMSX-10. *Superalloys*. 1996. P. 35-44. DOI: 10.7449/1996/SUPERALLOYS\_1996\_35\_44

31. Cetel A. D., Duhl D. N. Second generation nickel-base single crystal superalloy. *Superalloys*. 1988. P. 235-244. DOI: 10.7449/1988/SUPERALLOYS\_1988\_235\_244

32. Third generation nickel base single crystal superalloy TMS-75 (TMD-103). *High temperature materials center. National institute for materials science*. 2006. P. 1-6.

33. Hino T., Kobayashi T., Koizumi Y., Harada H., Yamagata T. Development of a new single crystal superalloy for industrial gas turbines. *Superalloys*. 2000. P. 729-736. DOI: 10.7449/2000/Superalloys\_2000\_729\_736

34. Ro Yo., Zhou H., Koizumi Yu., Yokokawa T., Kobayashi T., Harada H., Okada, I. Thermal-mechanical fatigue property of Ni-base single crystal superalloys TMS-82+ and TMS-75. *Materials transactions*. 2004. Vol. 45. No. 2. P. 396-398.

35. Maldini M., Harada H., Koizumi Y., Kobayashi T., Lupinc, V. Tertiary creep behavior of a new single-crystal superalloy at 900°C. *Scripta materialia*. 2000. Vol. 43. No. 7. P. 637-644. DOI: 10.1016/S1359-6462(00)00473-5

36. Гнатенко О. В., Гайдук С. В., Наумік В. В. Розробка економлегованого жароміцного сплаву для відповідальних відливок. *Запоріжжя: ЗНТУ. Вісник двигунобудування*. 2012. №. 1. С. 206-210.

37. Yakovchuk K. Y., Rudoi Y. É., Onoprienko E. V. et al. Effect of protective coatings on mechanical properties of ZhS32-VI heat-resistant alloy. *Strength of materials*. 2010. Vol. 42. Issue 3. P. 352-361. DOI: 10.1007/s11223-010-9224-2
38. Ibrahim T. K., Mohammed M. K., Al-Door W. H. A., Al-Sammarraie A. T., Basrawi F. Study of the performance of the gas turbine power plants from the simple to complex cycle: a technical review. *Journal of advanced research in fluid mechanics and thermal sciences*. 2019. Vol. 57. P. 228-250.
39. Madhavan S., Jain R., Sujatha C., Sekhar A. S. Vibration based damage detection of rotor blades in a gas turbine engine. *Engineering failure analysis*. 2014. Vol. 46. P. 26-39. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2014.07.021
40. Придорожний Р. П., Шереметьєв А. В., Зінковський А. П. Вплив кристалографічної орієнтації на спектр власних частот та форм коливань монокристалічних робочих лопаток турбін. *Запоріжжя: ЗНТУ. Вісник двигунобудування*. 2006. № 2. С. 42-48.
41. Ledbetter H. M., Reed R. P. Elastic properties of metals and alloys. I. Iron, nickel, and iron-nickel alloys. *Journal of physical and chemical reference data*. 1973. Vol. 2. No. 3. P. 531-618. DOI: 10.1063/1.3253127
42. Luan X., Qin H., Liu F., Dai Z., Yiand Y., Li Q. The mechanical properties and elastic anisotropies of cubic Ni<sub>3</sub>Al from first principles calculations. *Crystals*. 2018. Vol. 8. No. 8. P. 307-317. DOI: 10.3390/cryst8080307
43. Fatmi M., Ghebouli M. A., Ghebouli B., Chihi T., Boucetta S., Heiba Z. K. Study of structural, elastic, electronic, optical and thermal properties of Ni<sub>3</sub>Al. *Romanian journal of physics*. 2011. Vol. 56, P. 935-951.
44. Verma J. K. D., Nag B. D. On the elastic moduli of a crystal and Voigt and Reuss relations. *Journal of the physical society of Japan*. 1965. Vol. 20. P. 635-636. DOI: 10.1143/JPSJ.20.635
45. Jinlai L., Lihua Y., Yizhou Z., Jinguo L., Xiaofeng S. Anisotropy of elasticity of a Ni-base single crystal superalloy. *Acta metallurgica sinica*. 2020. Vol. 56. P. 855-862. DOI: 10.11900/0412.1961.2019.00355

46. Wen M., Barnoush A., Yokogawa K. Calculation of all cubic single crystal elastic constants from single atomistic simulation: hydrogen effect and elastic constants of nickel. *Computer physics communications*. 2011. Vol. 182. No.8. P. 1621-1625. DOI: 10.1016/j.cpc.2011.04.009

47. Jamal M., Asadabadi S. J., Ahmad I., et al. Elastic constants of cubic crystals. *Computational materials science*. 2014. Vol. 95. P. 592-599. DOI: 10.1016/j.commatsci.2014.08.027

48. Wang Z., Stoica A. D., Ma D., Beese A. M. Diffraction and single-crystal elastic constants of Inconel 625 at room and elevated temperatures determined by neutron diffraction. *Materials science and engineering: A*. 2016. Vol. 674. P. 406-412. DOI: 10.1016/j.msea.2016.08.010

49. Aba-Perea P. E., Pirling T., Withers P.J., Kelleher J., Kabra S., Preuss M. Determination of the high temperature elastic properties and diffraction elastic constants of Ni-base superalloys. *Materials & design*. 2016. Vol. 89. P. 856-863. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.09.152

50. Li D., Guo Q., Guo S., Peng H., Wu Z. The microstructure evolution and nucleation mechanisms of dynamic recrystallization in hot-deformed Inconel 625 superalloy. *Materials & design*. 2011. Vol. 32. No. 2. P. 696–705. DOI: 10.1016/j.matdes.2010.07.040.

51. Epishin A., Fedelich B., Finn M., Künecke G., Rehmer B., Nolze G., Leistner C., Petrushin N., Svetlov I. Investigation of elastic properties of the single-crystal nickel-base superalloy CMSX-4 in the temperature interval between room temperature and 1300°C. *Crystals*. 2021. Vol. 11. No. 2. P. 152-169. DOI: 10.3390/cryst11020152

52. Reed R. C. The superalloys: fundamentals and applications. *Cambridge university press*. 2006. DOI: 10.1017/CBO9780511541285

53. Epishin A. I., Lisovenko D. S. Extreme values of the Poisson's ratio of cubic crystals. *Technical physics*. 2016. Vol. 61. P. 1516-1524. DOI: 10.1134/S1063784216100121

54. Krivko A. I., Epishin A. I., Svetlov I. L., Samoilov A. I. Elastic properties of single crystals of nickel alloys. *Strength of materials*. 1988. Vol. 20. Issue 2. P. 214-223. DOI: 10.1007/BF01522927

55. Yu R., Zhu J., Ye H. Q. Calculations of single-crystal elastic constants made simple. *Computer physics communications*. 2010. Vol. 181, No. 3. P. 671-675. DOI: 10.1016/j.cpc.2009.11.017

56. Hill R. The mathematical theory of plasticity. *Materials research and engineering*. Oxford University press. 1985. 250 P.  
DOI: 10.1093/oso/9780198503675.003.0012

57. Hill R. A theory of the yielding and plastic flow of anisotropic metals. *Proceedings of royal society of London. Series A*. 1948. Vol. 193. P. 281-297. DOI: 10.1098/rspa.1948.0045

58. Von Mises R. Mechanics of plastic shape change of crystals. *ZAMM - Journal of applied mathematics and mechanics*. 1928. Vol. 8. No. 3. P. 161-185. DOI: 10.1002/zamm.19280080302 (in German).

59. Altenbach H., Altenbach J., Naumenko K. Plane surface structures. *Springer Vieweg*. 2016. DOI: 10.1007/978-3-662-47230-9 (in German)

60. Burlakov A. V., Morachkovskii O. K. Deformation and initial anisotropy in creep. *Strength of materials*. 1973. Vol.5. P. 724-727. DOI: 10.1007/BF00763008

61. Breslavskii D. V., Metelev V. A., Morachkovskii O. K. Anisotropic creep and damage in structural elements under cyclic loading. *Strength of materials*. 2015. Vol. 47. P. 235-241. DOI: 10.1007/s11223-015-9653-z

62. Altenbach H., Morachkovsky O., Naumenko K., Sychov A. Geometrically nonlinear bending of thin-walled shells and plates under creep-damage conditions. *Archive of applied mechanics*. 1997. Vol. 67. P. 339-352. DOI: 10.1007/s004190050122

63. Naumenko K., Altenbach H. Phenomenological model for anisotropic creep in a multipass weld metal. *Archive of applied mechanics*. 2005. Vol. 74. P. 808-819. DOI: 10.1007/s00419-005-0409-2

64. Naumenko K., Altenbach H. Modeling high temperature materials behavior for structural analysis. Part I: Continuum mechanics foundations and constitutive models. *Advanced structured materials*. 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-31629-1

65. Naumenko K., Altenbach H. Modeling of creep for structural analysis. *Springer. Berlin*. 2007. 233 P. DOI: 10.1007/978-3-540-70839-1

66. Altenbach H., Lvov G., Lvov I., Morachkovsky O. The use of the homogenization method in the analysis of anisotropic creep in metal-matrix composites. In: Altenbach H., Beitel Schmidt M., Kästner M., Naumenko K., Wallmersperger T. (eds). *Material modeling and structural mechanics. Advanced structured materials. Springer. Cham*. 2022 Vol. 161. DOI: 10.1007/978-3-030-97675-0\_1

67. Altenbach H. Classical and non-classical creep models. In: Altenbach H., Skrzypek J. (eds.). *Creep and damage in materials and structures. International center for mechanical sciences. Springer. New York*. 1999. Vol. 399. P. 45-95. DOI: 10.1007/978-3-7091-2506-9\_2

68. Altenbach H., Breslavsky D., Morachkovsky O., Naumenko K. Cyclic creep damage in thin-walled structures. *The journal of strain analysis for engineering design*. 2000. Vol. 35. No. 1. P. 1-11. DOI: 10.1177/030932470003500101

69. Altenbach H., Huang C., Naumenko K. Modelling of creep damage under the reversed stress states considering damage activation and deactivation. *Technische mechanik*. 2001. Vol. 21. No. 4. P. 273-282.

70. Altenbach H., Huang C., Naumenko K. Creep damage predictions in thinwalled structures by use of isotropic and anisotropic damage models. *The journal of strain analysis for engineering design*. 2002. Vol. 37. No. 3. P. 265-275. DOI: 10.1243/0309324021515023

71. Altenbach H., Kolarow G., Morachkovsky O., Naumenko K. On the accuracy of creep-damage predictions in thin-walled structures using the finite element method. *Computational mechanics*. 2000. Vol. 25. P. 87-98. DOI: 10.1007/s004660050018



72. Jafaripour M., Taheri-Behrooz F. Creep behavior modeling of polymeric composites using Schapery model based on micro-macromechanical approaches. *European journal of mechanics - A/Solids*. 2020. Vol. 81. P. 1-9. DOI: 10.1016/j.euromechsol.2020.103963

73. Yang H. Gavras S., Dieringa H. Creep characteristics of metal matrix composites. In book: *Reference module in materials science and materials engineering*. 2021. Vol. 1. P. 375-388. DOI: 10.1016/B978-0-12-803581-8.11822-3

74. Bernhardt O., Mucke R. A lifetime prediction procedure for anisotropic materials. *Communications in numerical methods in engineering*. 2000. Vol. 16. P. 519-527. DOI: 10.1002/1099-0887(200008)16:8<519::AID-CNM354>3.0.CO;2-0

75. Bertram A., Olschewski J. Section 5.2 – A phenomenological anisotropic creep model for cubic single crystals. In: Lemaitre J. (ed.) *Handbook of materials behaviour models*. Academic press. San Diego. 2001. DOI: 10.1016/B978-012443341-0/50033-8

76. Betten J. Creep mechanics. *Springer Berlin. Heidelberg*. 2002. DOI: 10.1007/978-3-662-04971-6

77. L'vov G. I., Lysenko S. V., Gorash E. N. Creep and creep-rupture strength of gas turbine components in view of nonuniform temperature distribution. *Strength of materials*. 2008. Vol. 40. P. 525–530. DOI: 10.1007/s11223-008-9066-3

78. Movaghghar A, Lvov G. I. A method of estimating wind turbine blade fatigue life and damage using continuum damage mechanics. *International journal of damage mechanics*. 2012. Vol. 21(6). P. 810-821. DOI: 10.1177/1056789511419693

79. Smetankina N., Misiura S., Misiura I., Sychova T., Sychov A. Simulation of thermal stresses in multiplayer plates of non-canonical shape. In: Ivanov V., Pavlenko I., Edl M., Machado J., Xu J. (eds). *Advances in design, simulation and manufacturing VII. DSMIE 2024. Lecture notes in mechanical engineering*. Springer. Cham. 2024. P. 215-226. DOI: 10.1007/978-3-031-63720-9\_19

80. Hontarovsky P. P., Smetankina N. V., Ugrimov S. V. et al. Simulation of the crack resistance of ion-exchange strengthened silicate glass subject to bending strain.

*International journal of applied mechanics*. 2022. Vol. 58. P. 715-724. DOI: 10.1007/s10778-023-01195-0

81. Chaboche J. L. Continuum damage mechanics: part I - general concepts. *Journal of applied mechanics*. 1988. Vol. 55. No. 1. P. 59-64. DOI: 10.1115/1.3173661

82. Chaboche J. L. Continuum damage mechanics: part II - damage growth, crack initiation and crack growth. *Journal of applied mechanics*. 1988. Vol. 55. No. 1. P. 65-72. DOI: 10.1115/1.3173662

83. Ganczarski A., Skrzypek J. Application of the modified Murakami's anisotropic creep-damage model to 3D rotationally-symmetric problem. *Technische mechanik – European journal of engineering mechanics*. 2001. Vol. 21. No. 4. P. 251-260.

84. Ganczarski A., Skrzypek J. Anisotropic thermo-creep-damage in 3D thick plate vs. Reissner's approach. In: Kienzler R., Altenbach H., Ott I. (eds.). *Theories of plates and shells. Lecture notes in applied and computational mechanics*. Springer. Berlin. Heidelberg. 2004. Vol. 16. P. 39-44. DOI: 10.1007/978-3-540-39905-6\_5

85. Hayhurst D. R. Creep rupture under multiaxial states of stress. *Journal mechanics and physics of solids*. 1972. Vol. 20. No. 6. P. 381-390. DOI: 10.1016/0022-5096(72)90015-4

86. Hayhurst D. R. The use of continuum damage mechanics in creep analysis for design. *The journal of strain analysis for engineering design*. 1994. Vol. 29. No. 3. P. 233-241. DOI: 10.1243/03093247V293233

87. Hayhurst D. R., Leckie F. A. High temperature creep continuum damage in metals. In: Boehler, J.P. (ed.) *Yielding, damage and failure of anisotropic solids*. Mechanical engineering publish. London. 1990. P. 445-464.

88. Hyde T. H., Xia L., Becker A. A. Prediction of creep failure in aeroengine materials under multi-axial stress states. *International journal of mechanical sciences*. 1996. Vol. 38. No. 4. P. 385-401. DOI: 10.1016/0020-7403(95)00063-1

89. Kassner M. E. Fundamentals of creep in metals and alloys. *Elsevier*. 2015. DOI: 10.1016/C2012-0-06071-1

90. Breslavsky D., Morachkovsky O., Tatarinova O. Creep and damage in shells of revolution under cyclic loading and heating. *International journal of non-linear mechanics*. 2014. Vol. 66. P. 87-95. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2014.02.005

91. Qi W., Bertram A. Anisotropic creep damage modelling of single crystal superalloys. *Technische mechanik – European journal of engineering mechanics*. 1997. Vol. 17. No. 4. P. 313-322.

92. Qi W., Bertram A. Anisotropic continuum damage modeling for single crystals at high temperatures. *International journal of plasticity*. 1999. Vol. 15. No. 11. P. 1197-1215. DOI: 10.1016/S0749-6419(99)00035-2

93. Kolagar A. M., Tabrizi N., Cheraghzadeh M., Shahriari M. S. Failure analysis of gas turbine first stage blade made of nickel-based superalloy. *Case studies in engine failure analysis*. 2017. Vol. 8. P. 61-68. DOI: 10.1016/j.csefa.2017.04.002

94. Gao H. F., Fei C. W., Bai G. C., Ding L. Reliability-based low-cycle fatigue damage analysis for turbine blade with thermo-structural interaction. *Aerospace science and technology*. 2016. Vol. 49. P. 289-300. DOI: 10.1016/j.ast.2015.12.017

95. Naga V., Bhushana R., Niranjana Kumar I. N., Bala P. K., Madhulata N., Gurajapurapu N. Failure mechanisms in turbine blades of a gas turbine engine – an overview. *International journal of engineering research and development*. 2014. Vol. 10. No. 8. P. 48-57.

96. Grishchenko A. I., Semenov A. S., Getsov L. B. Modeling inelastic deformation of single crystal superalloys with account of  $\gamma/\gamma'$  phases evolution. *Materials physics and mechanics*. 2015. Vol. 24. No. 4. P. 325-330.

97. Semenov A. S., Getsov L. B. Thermal fatigue fracture criteria of single crystal heat-resistant alloys and methods for identification of their parameters. *Strength of materials*. 2014. Vol. 46. P. 38-48. DOI: 10.1007/s11223-014-9513-2

98. Cailletaud G. A micromechanical approach to inelastic behavior of metals. *International journal of plasticity*. 1992. Vol. 8. No. 1. P. 55-73. DOI: 10.1016/0749-6419(92)90038-E

99. Nouailhas D., Freed A. D. A viscoplastic theory for anisotropic materials. *Journal of engineering materials and technology – transactions of the ASME*. 1992. Vol. 114. P. 97-104. DOI: 10.1115/1.2904149
100. Besson J., Cailletaud G., Chaboche J.-L., Forest, S. Non-linear mechanics of materials. *Springer. Verlag. Dordrecht*. 2010. No. 1. 433 P. DOI: 10.1007/978-90-481-3356-7
101. Zhang G., Zhao Y., Xue F., et al. Creep-fatigue interaction damage model and its application in modified 9Cr-1Mo steel. *Nuclear engineering and design*. 2011. Vol. 241. No. 12. P. 4856–4861. DOI: 10.1016/j.nucengdes.2011.08.076
102. Zhang C.-Y., Wei J.-S., Wang Z., Yuan Z.-S., Fei C.-W., Lu C. Creep-based reliability evaluation of turbine blade-tip clearance with novel neural network regression. *Materials*. 2019. Vol. 12. P. 3552-3573. DOI: 10.3390/ma12213552
103. Carter T. J. Common failures in gas turbine blades. *Engineering failure analysis*. 2005. Vol. 12. No. 2. P. 237-247. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2004.07.004
104. Mackerle J. Creep and creep fracture/damage finite element modelling of engineering materials and structures: an addendum. *International journal of pressure vessels and piping*. 2004. Vol. 81. No. 5. P. 381-392. DOI: 10.1016/j.ijpvp.2004.03.007
105. Salam I., Tauqir A., Khan A. Q. Creep-fatigue failure of an aero engine turbine blades. *Engineering failure analysis*. 2002. Vol. 9. No. 3. P. 335-347. DOI: 10.1016/S1350-6307(01)00011-5
106. Ramaglia A. D., Villari P. Creep and fatigue of single crystal and directionally solidified nickel-base blades via a unified approach based on Hill48 potential function: part 2 – low cycle fatigue. *Proceedings of the ASME turbo expo 2013: turbine technical conference and exposition*. 2013. Vol. 7A. DOI: 10.1115/GT2013-94676
107. Ramaglia A. D., Villari P. Creep and fatigue of single crystal and directionally solidified nickel-base blades via a unified approach based on Hill48 Potential Function: part 1 – plasticity and creep. *Proceedings of the ASME turbo expo*

2013: turbine technical conference and exposition. 2013. Vol. 7A. DOI: 10.1115/GT2013-94675

108. Koster A., Alam A. M., Rémy L. A physical-base model for life prediction of single crystal turbine blades under creep-fatigue loading and thermal transient conditions. *European structural integrity society*. 2002. Vol. 29. P. 203-212. DOI: 10.1016/S1566-1369(02)80077-2

109. Remy L., et al. Effects of microstructure in high temperature fatigue: lifetime to crack initiation of a single crystal superalloy in high temperature low cycle fatigue. *International journal of fatigue*. 2013. Vol. 57. P. 39-47. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2012.10.013

110. Yu Q. M., Yue Z. F., Wen Z. X. Creep damage evolution in a modeling specimen of nickel-based single crystal superalloys air-cooled blades. *Materials science and engineering: A*. 2008. Vol. 477. No. 1-2. P. 319-327. DOI: 10.1016/j.msea.2007.05.080

111. Patoor E., Lagoudas D. C., Entchev P. B., Brinson L. C., Gao Xi. Shape memory alloys. Part I: general properties and modeling of single crystals. *Mechanics of materials*. 2006. Vol. 38. No. 5-6. P. 391-429. DOI: 10.1016/j.mechmat.2005.05.027

112. Jiang L., Yang Y., Wu M., Cai M. Study on the creep behavior of a Ni<sub>3</sub>Al-based single crystal alloy at 850°C/450MPa. *Hindawi. International journal of photoenergy*. 2020. Vol. 2020. P. 1-7. DOI: 10.1155/2020/8818136

113. Jiang L., Dou X., Wu M. Effect of stress on creep behavior of single crystal alloy IC6SX at 980°C. *Hindawi. International journal of photoenergy*. 2020. Vol. 2020. P. 1-5. DOI: 10.1155/2020/8844874

114. Zhang S., Ma G., Wang H., Guo W., Zhao H., Shang Y., Pei Y., Li S., Gong S. Thickness debit effect in creep performance of a Ni<sub>3</sub>Al-based single-crystal superalloy with [001] orientation. *Crystals*. 2023. Vol. 13. P. 200-211. DOI: 10.3390/cryst13020200

115. Xia W., Zhao X., Yue L., Zhang Z. Microstructural evolution and creep mechanisms in Ni-based single crystal superalloys: a review. *Journal of alloys and compounds*. 2020. Vol. 819. P. 2-32 DOI: 10.1016/j.jallcom.2019.152954

116. Dye D., Ma A., Reed R. C. Numerical modelling of creep deformation in a CMSX-4 single crystal superalloy turbine blade. *Superalloys*. 2008. P. 911-919. DOI: 10.7449/2008/Superalloys\_2008\_911\_919
117. Wee S., Kim K., Park K., Seok C. Study on creep damage of Ni-based superalloy caused by variable load conditions at elevated temperatures. *Materials*. 2021. Vol. 14. No. 22. P. 6971-6984. DOI: 10.3390/ma14226971
118. Xiong W., Ai X., Wang J., Wang Q., Zhao Y., Zhu H., Cheng H., Zhang S. Study of the creep behavior of nickel-based single crystal superalloy micro specimens with dimensional effects. *Crystals*. 2022. Vol. 12. P. 592-609. DOI: 10.3390/cryst12050592
119. Khlystov A. I., Vlasov A. V., Shirokov V. A., Vlasova E. M. High-alumina slurry waste metallurgy aluminium alloys - complex modifier of heat-resistant and refractory composites. *IOP conference series: materials science and engineering*. 2019. Vol. 666. No. 1. P. 1-8. DOI: 10.1088/1757-899X/666/1/012020
120. Getsov L. B., Semenov A. S., Besschetnov V. A., et al. Long-term strength determination for cooled blades made of monocrystalline superalloys. *Thermal engineering*. 2017. Vol. 64. P. 280-287. DOI: 10.1134/S0040601517040048
121. Tan Z. H., Wang X. G., Du Y. L., et al. Microstructural stability and creep performance of a novel low-cost single crystal superalloy. *Metals and materials international*. 2022. Vol. 28. P. 1599-1610. DOI: 10.1007/s12540-021-01040-4
122. Wang X., Yang Z., Gao Q., et al. Effect of long-term thermal exposure on microstructure and creep properties of DD5 single crystal superalloy. *China foundry*. 2021. Vol. 18. P. 185-191. DOI: 10.1007/s41230-021-9010-8
123. Henderson M. B., Ward T. J., Harrison G. F., Hughes M. Creep and thermomechanical fatigue modelling of single crystal superalloy turbine blades. *Proceedings of the ASME turbo expo 2001: power for land, sea and air*. 2001. Vol. 4. P. 1-5. DOI: 10.1115/2001-GT-0596
124. Getsov L., Semenov A., Staroselsky A. A failure criterion for single-crystal superalloys during thermocyclic loading. *Materials and technology*. 2008. Vol. 42. No. 1. P. 3-12.

125. Shang Z., Wei X., Song D., Zou J., Liang S., Liu G., Nie L., Gong X. Microstructure and mechanical properties of a new nickel based single crystal superalloy. *Journal of materials research and technology*. 2020. Vol. 9. No. 5. P. 11641-11649. DOI: 10.1016/j.jmrt.2020.08.032
126. Haq A. U., Yang X. G., Shi D. Q. Isothermal fatigue and creep-fatigue interaction behavior of nickel-base directionally solidified superalloy. *Strength of materials*. 2018. Vol. 50. P. 98-106. DOI: 10.1007/s11223-018-9947-z
127. Vo D.-T., Mai T.-D., Kim B., Jung J.-S., Ryu J. Numerical investigation of crack initiation in high-pressure gas turbine blade subjected to thermal-fluid-mechanical low-cycle fatigue. *International journal of heat and mass transfer*. 2023. Vol. 202. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123748
128. Vasilyev B., Selivanov A. Numerical method of single-crystal turbine blade static strength estimation taking into account plasticity and creep effects. *Materials physics and mechanics*. 2019. Vol. 42. No. 3. P. 311-322. DOI: 10.18720/MPM.4232019\_6
129. Xu J., Yuan H. Investigation of damage mechanisms in thermomechanical fatigue of nickel-based single-crystal alloys. *Engineering fracture mechanics*. 2024. Vol. 297. DOI: 10.1016/j.engfracmech.2024.109871
130. Huo J., Sun D., Wu H., Wang W., Xue L. Multi-axis low-cycle creep/fatigue life prediction of high-pressure turbine blades based on a new critical plane damage parameter. *Engineering failure analysis*. 2019. Vol. 106. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2019.104159
131. Bychkov N. G., Lukash V. P., Nozhnitsky Y. A., Perchin A. V., Rekin A. D. Investigations of thermomechanical fatigue for optimization of design and production process solutions for gas-turbine engine parts. *International journal of fatigue*. 2008. Vol. 30. No. 2. P. 305-312. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2007.01.046
132. Ibrahim T. K., Rahman M., Mohammed M., Basrawi F. Statistical analysis and optimum performance of the gas turbine power plant. *International journal of automotive and mechanical engineering*. 2016. Vol. 13. No. 1. P. 3215-3225. DOI: 10.15282/ijame.13.1.2016.8.0268%20%20

133. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Методика оцінки залежності власних частот коливань лопаток газових турбін від анізотропії монокристалу. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2023. №4 спецвипуск 2(190). С. 50-58. DOI: 10.32620/aktt.2023.4sup2.06

134. Hemberger D., Filsinger D., Bauer H.-J. Investigations on maximum amplitude amplification factor of real mistuned bladed structures. *Proceedings of the ASME turbo expo 2012: turbine technical conference and exposition*. 2012. Vol. 7. P. 1041-1052. DOI: 10.1115/GT2012-68084

135. Sanliturk K. Y., Ewins D. J., Stanbridge A. B. Underplatform dampers for turbine blades: theoretical modeling, analysis, and comparison with experimental data. *Journal of engineering for gas turbines and power*. 2001. Vol. 123. No. 4. P. 919-929. DOI: 10.1115/1.1385830

136. Ewins D. J. Control of vibration and resonance in aero engines and rotating machinery - an overview. *International journal of pressure vessels and piping*. 2010. Vol. 87. No. 9. P. 504-510. DOI: 10.1016/j.ijpvp.2010.07.001

137. Duong L., Murphy K. D., Kazerounian K. Guided tuning of turbine blades: a practical method to avoid operating at resonance. *Journal of vibration and acoustics*. 2013. Vol. 135. No. 5. P. 1-5. DOI: 10.1115/1.4024761

138. Зіньковський А. П., Меркулов В. М., Деркач О. Л., Токар І. Г., Савченко К. В. Дослідження напруженого стану міжпазових виступів диска робочого колеса компресора з урахуванням впливу відцентрових сил та розладу частот коливань лопаток. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2021. №4 спец випуск 1. С. 47-54. DOI: 10.32620/aktt.2021.4sup1.07

139. Lurie A. I., Belyaev A. Theory of elasticity. *Springer Berlin*. 2010. 1050 P. DOI: 10.1007/978-3-540-26455-2

140. Lovett D. R. Crystal tensors: introduction. In: Bassani F., Liedl G. L., Wyder P. (eds.) *Encyclopedia of condensed matter physics*. Elsevier. 2005. P. 329-336. DOI: 10.1016/B0-12-369401-9/00565-9



141. Lempriere B. M. Appendix 2 - The generalized Hooke's law. In: Lempriere B. M. (eds.) *Ultrasound and elastic waves. Academic press*. 2003. P. 131-138. DOI: 10.1016/B978-012443345-8/50034-2

142. Poplavko Y. M. Chapter 2 - Mechanical properties of solids. In: Poplavko Y. M. (eds.) *Electronic materials. Principles and applied science. Elsevier*. 2019. P. 71-93. DOI: 10.1016/B978-0-12-815780-0.00002-5

143. Landau L. D., Lifshitz E. M. Theory of elasticity. *Pergamon press. Oxford. UK*. 1970. Vol. 7 (Course of theoretical physics). 165 P.

144. Yang S. W. Elastic constants of monocrystalline nickel-base superalloy. *Metallurgical transactions A*. 1985. Vol. 16 No. 4. P. 661-665. DOI: 10.1007/BF02814240

145. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Скінчено-елементне моделювання коливань лопатки турбіни. *XVI Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції. Харків: НТУ «ХПІ». 2022. С. 121-122.*

146. Берлізова Т. А. Скінченно-елементний аналіз термопружного стану охолоджуваної монокристалічної лопатки газотурбінного двигуна. *Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Харків. 2018. 142 С.*

147. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Оцінка залежності власних частот коливань лопаток турбін ГТД від анізотропії пружних властивостей монокристалу. *XXVIII Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей. Харків: НАКУ «ХАІ». 2023. С. 34.*

148. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. Numerical simulation of the natural frequencies dependence of turbine blade vibrations on single-crystal anisotropy. *Book of abstracts of the 5<sup>th</sup> Grabchenko's international conference on advanced manufacturing processes. Odessa. Sumy: IATDI. 2023. P. 74.*

149. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. Numerical simulation of the natural frequencies dependence of turbine blade vibrations on single-crystal anisotropy. In: Tonkonogyi V., Ivanov V., Trojanowska J., Oborskyi G., Pavlenko I. (eds). *Advanced*

*manufacturing processes V. InterPartner 2023. Lecture notes in mechanical engineering. Springer. Cham. 2024. P. 485-497. DOI: 10.1007/978-3-031-42778-7\_45*

150. Li L., Zeng Y., Li J., Zhao Y., Yuan T., Yue Z. Effect of crystal orientation on elastic stresses and vibration characteristics of nickel-based single crystal turbine blade. *Materials today communications*. 2023. Vol. 35. P. 106-135. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2023.106135

151. Sinwoo J., Hong H. Y. Nonlinear structural analysis of a flexible multibody system using the classical Rayleigh-Ritz method. *International journal of non-linear mechanics*. 2019. Vol. 110. P. 69-80. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2019.01.011

152. Jianping Z., Haiming Z., Jiahong C., Tingxian L., Jiangpeng P., Dabing Z., Shuohui Y. Topology optimization of periodic mechanical structures with orthotropic materials based on the element-free Galerkin method. *Engineering analysis with boundary elements*. 2022. Vol. 143. P. 383-396. DOI: 10.1016/j.enganabound.2022.06.014

153. Xu R., Li Y., Yu H. Creep behavior and deformation mechanism of a third-generation single crystal Ni-based superalloy at 980 °C. *Metals*. 2023. Vol. 13. No. 9. P. 1-14. DOI: 10.3390/met13091541

154. Knowles D. M., MacLachlan D. W. Anisotropic creep of single crystal superalloys. In: Murakami, S., Ohno, N. (eds). *IUTAM symposium on creep in structures. Solid mechanics and its applications. Springer. Dordrecht. 2001. Vol. 86. P. 31-40. DOI: 10.1007/978-94-015-9628-2\_4*

155. Meric L., Poubanne P., Cailletaud G. Single crystal modeling for structural calculations: part I – model presentation. *Transactions of the ASME. Journal of engineering materials and technology*. 1991. Vol. 113. No.1. P. 162-170. DOI: 10.1115/1.2903374

156. Vladimirov I. N., Reese S., Eggeler G. Constitutive modelling of the anisotropic creep behaviour of nickel-base single crystal superalloys. *International journal of mechanical sciences*. 2009. Vol. 51. No. 4. P. 305-313. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2009.02.004

157. Fedelich B. A microstructural model for the monotonic and the cyclic behaviour of single crystals of superalloys at high temperatures. *International journal of plasticity*. 2002. Vol. 18. No. 1. P. 1-49. DOI: 10.1016/S0749-6419(00)00045-0

158. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Методика визначення характеристик сталюї повзучості монокристалічного сплаву. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2022. №4 спецвипуск 2(182). С. 42-49. DOI: 10.32620/aktt.2022.4sup2.07

159. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Неізотермічна модель повзучості з урахуванням пошкоджуваності. *XV Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції*. Харків: НТУ «ХПИ». 2021. С. 429-430.

160. Altenbach H. Altenbach J., Naumenko K. Ebene Flachentragwerke. *Springer. Berlin*. 2016. 545 P. DOI: 10.1007/978-3-662-47230-9 (in German).

161. Ting T.C.T. Anisotropic elasticity. Theory and applications. *Oxford University Press*. 2020. DOI: 10.1093/oso/9780195074475.001.0001

162. Bohlke T. Crystallographic texture evolution and elastic anisotropy. Simulation, modelling and applications. *PhD-thesis. Shaker Verlag. Netherlands*. 2000.

163. Mahnken R. Anisotropic creep modeling based on elastic projection operators with applications to CMSX-4 superalloy. *Computer methods in applied mechanics and engineering*. 2002. Vol. 191. P. 1611-1637. DOI: 10.1016/S0045-7825(01)00348-6

164. Getsov L. B., Semenov A. S., Rybnikov A. I., Tikhomirova E. A. Failure criteria for single crystal alloys of gas turbine blades under static and thermocyclic loading. *Запоріжжя: ЗНТУ. Вісник двигунобудування*. 2012. №. 2. С. 255-263.

165. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Моделювання повзучості монокристалічного сплаву та визначення його середніх характеристик. *XXVII Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей*. Харків: НАКУ «ХАІ». 2022. С. 14.

166. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. Numerical simulation of the steady creep of single-crystal alloys. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds). *ICTM 2022. Lecture notes in networks and systems. Springer. Cham. 2023. Vol. 657. P. 421-429. DOI: 10.1007/978-3-031-36201-9\_36*

167. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Чисельне моделювання повзучості лопатки турбіни з монокристалічного сплаву. *Вісник ХПІ: Серія Динаміка та міцність машин. 2023. № 2. С. 88-94. DOI: 10.20998/2078-9130.2023.2.276861*

168. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Моделювання стаціонарної повзучості монокристалічної лопатки турбіни авіаційного газотурбінного двигуна. *XVII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції. Харків: НТУ «ХПІ». 2023. С. 104-105.*

169. Busso E. P., Meissonnier F. T., O'Dowd N. P. Gradient-dependent deformation of two-phase single crystals. *Journal of mechanics and physics of solids. 2000. Vol. 48. No. 11. P. 2333-2361. DOI: 10.1016/S0022-5096(00)00006-5*

170. Singh H. P., Rawat A., Manral A. R., Kumar, P. Computational analysis of a gas turbine blade with different materials. *Materials today: proceedings. 2020. Vol. 44. No. 2. P. 1-7. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.06.486*

171. Choi S. H., Krempl E. Viscoplasticity theory based on overstress applied to the modeling of cubic single crystals. *European journal of mechanics A-solids. 1989. Vol. 8. P. 219-233.*

172. Habgood K., Arel I. Revisiting Kramer's rule for solving dense linear systems. *SpringSim 2010. Proceedings of the 2010 spring simulation multiconference. 2010. No. 82. P. 1-8. DOI: 10.1145/1878537.1878623*

173. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. A research on the influence of anisotropic characteristics of single-crystal gas turbine blades on their durability. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Krytskyi D. (eds). *ICTM 2023. Lecture notes in networks and systems. Springer. Cham. 2024. Vol. 1008. P. 397-408. DOI: 10.1007/978-3-031-61415-6\_34*

174. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Оцінка впливу анізотропних властивостей монокристалічних лопаток турбін авіаційних газотурбінних двигунів на їх довготривалу міцність. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. №4 спецвипуск 2. С. 39-51. DOI: 10.32620/aktt.2024.4sup2.06

175. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Дослідження довготривалої міцності монокристалічних лопаток турбін АГТД з урахуванням їх анізотропних характеристик. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024*. Харків: НТУ «ХПИ». 2024. С. 485.

176. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Розробка методу визначення впливу анізотропних характеристик монокристалічних турбінних лопаток газотурбінних двигунів на їх довготривалу міцність. *XXIX Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей*. Харків: НАКУ «ХАІ». 2024. С. 44-45.

177. Неманежин Є. О. Чисельно-експериментальне дослідження високотемпературної багатоциклової втомної міцності монокристалічних лопаток газових турбін. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. №5. С. 14-26. DOI: 10.32620/aktt.2024.5.02

178. Arakere N. K., Swanson G. Effect of crystal orientation on fatigue failure of single crystal nickel base turbine blade superalloys. *Journal of engineering for gas turbines and power*. 2002. Vol. 124. No. 1. P. 161-176. DOI: 10.1115/1.1413767

179. Fan Y. S., Huang W. Q., Yang X. G., Shi D. Q., Li Sh. L. Mechanical properties deterioration and its relationship with microstructural variation using small coupons sampled from serviced turbine blades. *Materials science and engineering: A*. 2019. Vol. 757. P. 134-145. DOI: 10.1016/j.msea.2019.04.100

180. Huang W. Q., Yang X. G., Li S. L. Evaluation of service e-induced microstructural damage for directionally solidified turbine blade of aircraft engine. *Rare metals*. 2018. Vol. 38. No. 2. P. 1-8. DOI: 10.1007/s12598-018-1016-z

181. Fedelich B., Epishin A., Link T., Klingelhöffer H., Künecke G., Dolabella Portella P. Rafting during high temperature deformation in a single crystal superalloy:

experiments and modeling. *Superalloys*. 2012. P. 491-500. DOI: 10.1002/9781118516430.ch54

182. Ott M., Mughrabi H. Dependence of the high-temperature low-cycle fatigue behavior of the monocrystalline nickel-based superalloys CMSX-4 and CMSX-6 on the  $\gamma/\gamma'$ -morphology. *Materials science and engineering: A*. 1999. Vol. 272. No. 1. P. 24-30. DOI: 10.1016/S0921-5093(99)00453-0

183. Tinga T., Brekelmans W. A. M., Geers M. G. D. Directional coarsening in nickel-based superalloys and its effect on the mechanical properties. *Computational materials science*. 2010. Vol. 47. No. 2. P. 471-481. DOI: 10.1016/j.commatsci.2009.09.013

184. Yin Q., Wang J. D., Wen Z. X., Shi Q. Y., Lian Y. D., Yue Z. F. Creep-fatigue behavior of nickel-based single crystal superalloy with different orientations: experimental characterization and multi-scale simulation. *Materials science and engineering: A*. 2023. Vol. 886. DOI: 10.1016/j.msea.2023.145667

185. Kirka M., Brindley K., Neu R., Antolovich S., Shinde S., Gravett P. Influence of coarsened and rafted microstructures on the thermomechanical fatigue of a Ni-based superalloy. *International journal of fatigue*. 2015. Vol. 81. P. 191-201. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2015.08.001

186. Kirka M., Brindley K., Neu R., Antolovich S., Shinde S., Gravett P. Parameters influencing thermomechanical fatigue of a directionally-solidified Ni-base superalloy. *International journal of fatigue*. 2015. Vol. 81. P. 48-60. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2015.07.011

187. Holländer D., Kulawinski D., Weidner A., Thiele M., Biermann H., Gampea U. Small-scale specimen testing for fatigue life assessment of service-exposed industrial gas turbine blades. *International journal of fatigue*. 2016. Vol. 92. No. 1. P. 262-271. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2016.07.014

188. Tong J., Ding X., Wang M., Yagi K., Zheng Y., Feng Q. Assessment of service induced degradation of microstructure and properties in turbine blades made of GH4037 alloy. *Journal of alloys and compounds*. 2016. Vol. 657. P. 777-786. DOI: 10.1016/j.jallcom.2015.10.071

189. Неманежин Є. О., Івко В. М., Торба Ю. І. Сучасні методи випробування лопаток турбін в умовах термомеханічного навантаження. *XXVI Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей*. Харків: НАКУ «ХАІ». 2021. С. 29.

190. Sun D., Ma G., Wan Z., Gao J. Study on creep-fatigue interaction mechanism and life prediction of aero-engine turbine blade. *Engineering failure analysis*. 2023. Vol. 154. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2023.107715

191. Zhang M., Liu Y., Wang W., Wang P., Li J. The fatigue of impellers and blades. *Engineering failure analysis*. 2016. Vol. 62. P. 208-231. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2016.02.001

ДОДАТОК А. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ  
ДИСЕРТАЦІЇ

*Публікації у наукових фахових виданнях України категорії «Б»:*

1. Неманежин Є. О., Івко В. М., Торба Ю. І. Теоретичні та експериментальні методи визначення характеристик міцності лопаток турбін при термомеханічному навантаженні. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2021. № 4 спецвипуск 1(173). С. 93-101. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2021.4sup1.13>
2. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Методика визначення характеристик сталого повзучості монокристалічного сплаву. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2022. №4 спецвипуск 2(182). С. 42-49. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2022.4sup2.07>
3. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Методика оцінки залежності власних частот коливань лопаток газових турбін від анізотропії монокристалу. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2023. №4 спецвипуск 2(190). С. 50-58. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2023.4sup2.06>
4. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Чисельне моделювання повзучості лопатки турбіни з монокристалічного сплаву. *Вісник XIII: Серія Динаміка та міцність машин*. 2023. № 2. С. 88-94. URL: <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2023.2.276861>
5. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Оцінка впливу анізотропних властивостей монокристалічних лопаток турбін авіаційних газотурбінних двигунів на їх довготривалу міцність. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. №4 спецвипуск 2. С. 39-51. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2024.4sup2.06>
6. Неманежин Є. О. Чисельно-експериментальне дослідження високотемпературної багаточислової втомної міцності монокристалічних лопаток газових турбін. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. №5. С. 14-26. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2024.5.02> (Б)



7. Неманежин Є. О. Аналіз особливостей умов роботи сучасних лопаток газових турбін та огляд методів визначення параметрів їх високотемпературної міцності. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин.* 2024. № 1. С. 52-61. URL: <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2024.1.312052> (Б)

*Публікації у періодичних виданнях, що індексуються у наукометричній базі даних «Scopus»:*

8. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. Numerical simulation of the steady creep of single-crystal alloys. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds). ICTM 2022. *Lecture notes in networks and systems (Electronic ISSN 2367-3389).* Springer. Cham. 2023. Vol. 657. P. 421-429. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_36)

9. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. Numerical simulation of the natural frequencies dependence of turbine blade vibrations on single-crystal anisotropy. In: Tonkonogyi V., Ivanov V., Trojanowska J., Oborskyi G., Pavlenko I. (eds). Advanced manufacturing processes V. InterPartner 2023. *Lecture notes in mechanical engineering (Electronic ISSN 2195-4364).* Springer. Cham. 2024. P. 485-497. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_45)

10. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. A research on the influence of anisotropic characteristics of single-crystal gas turbine blades on their durability. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Krytskyi D. (eds). ICTM 2023. *Lecture notes in networks and systems (Electronic ISSN 2367-3389).* Springer. Cham. 2024. Vol. 1008. P. 397-408. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6_34)

*Матеріали конференцій, що засвідчують апробацію результатів дисертації:*

11. Неманежин Є. О., Івко В. М., Торба Ю. І. Сучасні методи випробування лопаток турбін в умовах термомеханічного навантаження. *XXVI Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей.* Харків: НАКУ «ХАІ». 2021. С. 29.

URL: <https://drive.google.com/file/d/1x2BiHwZI2lr53FayUHUKbpjwxIBPaNem/view?usp=sharing>

12. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Неізотермічна модель повзучості з урахуванням пошкоджуваності. *XV Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції. Харків: НТУ «ХПИ». 2021. С. 429-430. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/63354>*

13. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Моделювання повзучості монокристалічного сплаву та визначення його середніх характеристик. *XXVII Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей. Харків: НАКУ «ХАІ». 2022. С. 14. URL: [https://drive.google.com/file/d/1qOFcz3tV4GVKULi\\_hd0fr5-ua1NGJN\\_c/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1qOFcz3tV4GVKULi_hd0fr5-ua1NGJN_c/view?usp=sharing)*

14. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Скінчено-елементне моделювання коливань лопатки турбіни. *XVI Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції. Харків: НТУ «ХПИ». 2022. С. 121-122. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/62321>*

15. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Оцінка залежності власних частот коливань лопаток турбін ГТД від анізотропії пружних властивостей монокристалу. *XXVIII Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей. Харків: НАКУ «ХАІ». 2023. С. 34. URL: <https://drive.google.com/file/d/1cySZBMym0OpUKJwVfDIdQMOSjgGYu9cW/view?usp=sharing>*

16. Nemanezhyn Y., Lvov G., Torba Y. Numerical simulation of the natural frequencies dependence of turbine blade vibrations on single-crystal anisotropy. *Book of abstracts of the 5<sup>th</sup> Grabchenko's international conference on advanced manufacturing processes. Odessa. Sumy: IATDI. 2023. P. 74. URL: <https://drive.google.com/file/d/1seqo2TERhEgcnKrBniudxwfaRXA0SlvY/view?usp=sharing>*

17. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Моделювання стаціонарної повзучості монокристалічної лопатки турбіни авіаційного газотурбінного двигуна. *XVII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції.* Харків: НТУ «ХПИ». 2023. С. 104-105. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73045>

18. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Дослідження довготривалої міцності монокристалічних лопаток турбін АГТД з урахуванням їх анізотропних характеристик. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024.* Харків: НТУ «ХПИ». 2024. С. 485. URL: <https://science.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2024/05/Zbirnik-tez-MicroCAD-2024.pdf>

19. Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Розробка методу визначення впливу анізотропних характеристик монокристалічних турбінних лопаток газотурбінних двигунів на їх довготривалу міцність. *XXIX Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей.* Харків: НАКУ «ХАІ». 2024. С. 44-45. URL: <https://drive.google.com/file/d/1OP02sSq4DqYbQ8W1TIFLMwHJOH880jU/view?usp=sharing>