

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Langston L. S. Secondary Flows in Axial Turbines / L. S. Langston // A Review. Heat Transfer in Gas Turbine Systems. – 2001. – vol. 934. – pp. 11- 26.
2. Сивердинг. Современные достижения в исследовании основных особенностей вторичных течений в каналах турбинных решеток / Сивердинг // Энергетические машины и установки. Труды американского общества инженеров механиков. – 1985. – № 2. – С. 1-13.
3. Лэнгстон. Поперечные течения в канале турбинной решетки / Лэнгстон // Энергетические машины и установки. Труды американского общества инженеров механиков. – 1980. – № 4. – 111 с.
4. Sieverding C. H. The Use of Coloured Smoke to Visualize Secondary Flows in a Turbine Blade Cascade / C. H. Sieverding, P. Van Den Bosche // Journal of Fluid Mechanics. – 1983. – 134 p.
5. Goldstein R. J. Turbulent Transport on the Endwall in the Region Between Adjacent Turbine Blades / R. J. Goldstein, R. A. Spores // Journal of Heat Transfer. Transactions of the ASME. – 1988. – 110 p.
6. Becz S. An experimental investigation of contouring leading edge for secondary flow loss reduction / S. Becz, M.S. Majewski, L.S. Langstone // Proc. ASME Turbo Expo. 2004. – Paper GT-53964. – pp. 1-9.
7. Mahmood G.I. Experimental investigation of secondary flow structure in a blade passage with and without leading edge fillet / G.I. Mahmood , S. Acharya // Trans. ASME. J. Fluids Engng. – 2007. – V. 129. – pp. 253-262.
8. Мамаев Б.И. Влияние специальной галтели между концевой полкой и пером лопатки у входной кромки на характеристики соплового аппарата турбины / Б.И. Мамаев, Р. Саха , Й. Фрид // Теплоэнергетика: паротурбинные, газотурбинные, парогазовые установки и их вспомогательное оборудование. – 2013. – № 3. – С. 63-68.

9. Zess G. A. Computational design and experimental evaluation of using a leading edge fillet on a gas turbine vane / G.A. Zess , K.A. Thole // J. Turbomachinery. – 2002. – V. 124. – pp. 167-175.

10. Мамаев Б.И. Характеристики турбинной решетки с модифицированной входной частью профиля / Б.И. Мамаев , В.Л. Мурашко // Авиационная техника: Проектирование и доводка авиационных и ракетных двигателей. – 2011. – №4. – С. 33-37.

11. Sieverding C. H. The Use of Coloured Smoke to Visualize Secondary Flows in a Turbine Blade Cascade / C. H. Sieverding, P. Van Den Bosche // Journal of Fluid Mechanics. – 1983. – 134 p.

12. Sauer H. Reduction of Secondary Flow Losses in Turbine Cascade by Leading Edge Modification at the Endwall / H. Sauer, R. Muller, K. Vogeler // Journal of Turbomachinery. Transactions of the ASME. – 1986. – vol. 123. – pp. 207-213.

13. Зарянкин А.Е. Экспериментальное исследование сопловых решеток с различной формой входных кромок / А.Е. Зарянкин, А.Н. Парамонов, Е.Р. Фишер, С.Ю. Россихин // Сборник научных трудов ИПМаш НАН Украины / – Харьков. – 2000.

14. Asghar A. Influence of a Novel 3D Leading Edge Geometry on the Aerodynamic Performance of Low Pressure Turbine Blade Cascade Vanes / A. Asghar, W.D.E. Allan, M. LaViolette, R. Woodason // Proc. ASME Turbo Expo. 2014. – Paper GT-25899.

15. Brown A.S. From Whales to Fans / A.S. Brown // ASME Mechanical Engineering. – 2011. – Vol. 133. – No. 5. – pp. 24-29.

16. Miklosovic D.S. Leading Edge Tubercles Delay Stall on Humpback Whale (Megaptera Novaeangliae) Flippers / D.S. Miklosovic , M.M. Murray , L.E. Howle and F.E. Fish // Physics of Fluids. – 2004. – Vol. 16. – pp. 39–42.

17. Miklosovic D.S. Experimental Evaluation of Sinusoidal Leading Edges / D.S. Miklosovic , M.M. Murray , L.E. Howle // Journal of Aircraft. – 2007. – Vol. 44. – No. 4 – pp. 1404-1407.

18. Weber P.W. Computational Evaluation of the Performance of Lifting Surfaces with Leading-Edge Protuberance / P.W. Weber , L.E. Howle, M.M. Murray and D.S Miklosovic // *Journal of Aircraft*. – 2011. – Vol. 48. – No. 2. – pp. 591-600.

19. Fish F.E. Passive and Active Flow Control by Swimming Fishes and Mammals / F. E. Fish and G. V. Lauder // *Annual Review of Fluid Mechanics*. – 2006. – Vol. 38. – pp. 193-224.

20. Zhou C. The Effects of Trailing Edge Thickness on the Losses of Ultra-High Lift LP Turbine Blades / C. Zhou , H. Hodson and C. Himmel // *Proc. ASME Turbo Expo.*– 2013. – Paper GT-94029.

21. Arabnia M. On the use of blades stagger and stacking in turbine stage optimization / M. Arabnia , W. Ghaly // *Proc. ASME Turbo Expo.* – 2010. – Paper GT-23399.

22. Vad J. Aerodynamics effects of blade sweep and skew in low-speed axial flow rotors at the design flow rate: an overview / J. Vad // *Journal of Power and Energy*. – 2008. – Vol. 222.– №1.– pp. 69-85.

23. Lampart P. Increasing flow efficiency of hp and lp steam turbine stages from numerical optimization of 3d blading / P. Lampart, S. Yershov and A. Rusanov // *Engineering Optimization*. – 2005.– № 37. – pp. 145–166.

24. Ершов С. В. Аэродинамическая оптимизация лопаточных аппаратов турбин: подходы, методы, результаты / С. В. Ершов , В.А. Яковлев // *Пробл. машиностроения*. – 2012. – Т.15. – № 2.– С. 3-13.

25. Chen N. Numerical Computations of Circumferentially Skewed Stator Bladings of SKODA by a 3-D Navier-Stokes Solver / N. Chen, Y. Xu, W. Hnang. – IET Chinese Academy of Science, 1997.

26. Vomela J. Vývoj lopatek pro turbínové stupně s vysokou účinností II / J. Vomela, P. Milčák // *Výzkumná zpráva ZČU Plzeň*. – KKE-14-05. – 2005 (in Czech).

27. Rubecchini F. A redesign strategy to improve the efficiency of a 17-stage steam turbine / F. Rubecchini, A. Schneider , A. Arnone , S. Cecchi , F. Malavasi // *Proc. ASME Turbo Expo.* – 2009.– Paper GT-60083.

28. Бойко А.В. Применение вычислительной аэродинамики к оптимизации лопаток турбомашин: монографія / А. В. Бойко, Ю. Н. Говорущенко, М.В. Бурлака – Харьков: НТУ “ХПІ”, 2012. – 192с. – На русск. яз. ISBN 978-617-05-0010-6

29. Русанов А.В. Аеродинамічне вдосконалення ступені цилиндру високого тиску парової турбіни потужністю 300 МВт за допомогою просторового профілювання лопаток / А. В. Русанов, Є. В. Левченко, В. Л. Швецов и др. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010.– №7.– С. 9-12.

30. Yamada K. Suppression of secondary flows in an axial flow turbine rotor with a novel blade design concept / K. Yamada, M. Furukawa , T. Shibata, S. Nakakido, N. Oka // Proc. ASME Turbo Expo. – 2014. – Paper GT-25630.

31. Венедиктов.В.Д. Экспериментальное исследование сопловых решеток с криволинейными лопатками / В.Д. Венедиктов, С.А. Руденко, А.Н. Колесов // Теплоэнергетика. – 2005. – №11. – С. 30-34.

32. Zhang C. Numerical study on three-dimensional optimization of a low-speed axial compressor rotor / C. Zhang, J. Zhiqiang, Z. Wang, C. Yin, W. Yan // Proc. ASME Turbo Expo. – 2014. – Paper GT-26431.

33. Su J. X. The application of bowed blade to compressor / J. X. Su, G.T. Feng, J. Wen et al // Journal of Engineering Thermophysics. – 1990. – Vol. 11.– No. 4. –pp. 404-407.

34. Nager G. Experimentally Verified Numerical Oprimisation of a 3D-Parametrised turbine vane with non-axisymmetric end walls / G.Marc Nager, Ralf-D Baier // Proceedings of ASME Turbo Expo. – 2003. – GT2003-38624.

35. Мамаев Б.И. К выбору кривизны контура спинки в околосзвуковой решетке турбины / Б.И. Мамаев // Авиационная техника. – 2011. – №2. – С.29-32. – ISSN 0579-2975.

36. Мамаев Б.И. Влияние точности изготовления выходной части профиля на потери в рабочей решетке турбины / Б.И. Мамаев, Р.А. Киржнев,

Т.И. Шуверова // Проектирование и доводка авиационных газотурбинных двигателей. – Куйбышев: Изд-во КуАИ, 1983. – с. 89-96.

37. Šimurda D. Aerodynamic data for two variants of root turbine blade sections for a 54" turbine rotor blade / D. Šimurda, M. Luxa, P. Šafařík, J. Synáč, B. Rudas // Proc. ASME Turbo Expo. – 2014. – Paper GT-25323.

38. Moore M. J. Aerothermodynamics of Low Pressure Steam Turbines and Condensers / M. J. Moore, C. H. Sieverding // Hemisphere Publishing Corporation. – 1987.

39. Zheng R. Blade geometry optimization for axial flow compressor / R. Zheng, J. Xiang, J. SUN // Proc. ASME Turbo Expo. – 2010. – Paper GT-22229.

40. Braibant V. Shape optimal design using B-splines / V. Braibant, C. Fleury // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 1994. – vol.44. – pp. 247-267.

41. Русанов Р.А. Разработка проточных частей теплофикационных турбин мощностью 2,5 и 5 МВт / Р.А. Русанов, П. Лампарт, А.В. Русанов, Н.В. Пащенко // Проблемы машиностроения. – Харків: ІПМаш ім. А.М. Підгорного. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 16-26.

42. Русанов А. В. Метод аналитического профилирования лопаточных венцов проточных частей осевых турбин / А. В. Русанов, Н. В. Пащенко, А. И. Косьянова // Восточ.-Европ. журн. передовых технологий. – 2009. – № 2/7(38). – С. 32–37.

43. Oksuz Ozhan Turbine Blade Shape Aerodynamic Design Using Artificial Intelligence / Ozhan Oksuz, Ibrahim Sinan Akmandor // Proceedings of ASME Turbo Expo. – 2005. – GT2005-68094.

44. Yuan X. Fluid Dynamic efficiency Optimization of steam turbine stages considering leakage influences and inter-stage reciprocal interferences / X. Yuan, Q. Pu, X. Zhu et al. // International Journal of Gas Turbin. – 2012. – №1.

45. Piegl L. The NURBS Book / L. Piegl, W. Tiller. – Springer. – New York. – 1997. – P. 641.

46. Бойко А. В. Аэродинамический расчет и оптимальное проектирование проточной части турбомашин / А. В. Бойко, Ю. Н. Говорущенко и др. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2002. – 356с. – ISBN 966-593-228-4.

47. Бойко А.В. Аэродинамика проточной части паровых и газовых турбин: расчеты, исследования, оптимизация, проектирование: Монография / А. В. Бойко, А.В. Гаркуша. – Харьков: ХДПУ. – 1999. – 360с. – ISBN966-593-058-3

48. Бойко А. В. Оптимальное проектирование проточной части осевых турбин / А. В. Бойко. – Харьков: Вища школа. – Изд-во при Харьк. ун-те. – 1982. – 152 с.

49. Mengistu T. Aerodynamic shape optimization of turbine blades using a design-parameter-based shape representation/ T. Mengistu, W. Ghaly, T. Mansour // Proc. ASME Turbo Expo. – 2007. – Paper GT-28041.

50. Mansour T. Implicit geometric representations of gas turbine blades for optimal shape design / T. Mansour // Master's thesis Concordia University. – 2005. – Mechanical and Industrial Engineering.

51. Субботович В.П. Оптимальное проектирование рабочих лопаток на основе обратной задачи / Субботович В.П. // Авиационно-космическая техника и технология. – Х., 2013. – №1(98). – С. 90-93.

52. Гречаниченко Ю.В. Вторичные течения в решетках турбомашин / Ю.В. Гречаниченко, В.А. Нестеренко. – Х.: Вища школа. – 1983. – 120 с.

53.. Юдин А.Ю. Прямая, гибридная и обратная задачи для оптимального проектирования элементов проточной части турбомашин: дисс. ... канд. техн. наук / А.Ю. Юдин. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – 135 с.

54. Дейч М.Е. Экспериментальное исследование сопловой решетки с уменьшенными концевыми потерями/ М.Е. Дейч, Ш.В. Деллер, Б.А. Коршунов // Теплоэнергетика. – 1994. – №10. – С. 39-42

55. Коршунов А. Влияние относительной высоты лопаток на потери в турбинных сопловых решетках/ А. Коршунов, А.А. Тищенко, А.П. Щербаков, Ш.В. Деллер // Теплоэнергетика. – 2005. – №6. – С. 19-22.

56. Harvey N.W. Non-Axisymmetric Turbine End Wall Design: Part I Three-Dimensional Design System / N.W. Harvey, M.G. Rose, S. Shahpar, M.D. Taylor, J. Hartland, D.G. Gregory-Smith // ASME Paper 99. – 2000. – GT-337. – Journal of Turbomachinery. Vol. 122. – pp. 278-285

57. Ingram G.L. The Effect of End-Wall Profiling on Secondary Flow and Loss Development in a Turbine Cascade / G.L. Ingram, D.G. Gregory-Smith, M.G. Rose, N.W. Harvey, G. Brennan // ASME Paper 02. – 2002– GT-30339.

58. Ingram G.L. Investigation of novel secondary flow feature in a turbine cascade with end wall profiling / G.L. Ingram, D.G. Gregory-Smith // Proc. ASME Turbo Expo. – 2004. – Paper GT-53589.

59. Kawai T. Secondary Flow Control and Loss Reduction in a Turbine Cascade using Endwall Fences / T. Kawai, S. Shinoki, T. Adachi // JSME Int. Journal. Series II. – 1989. – vol. 32. – № 3.

60. Moon Y. J. Counter-rotating streamwise vortex formation in the turbine cascade with endwall fence / Y. J. Moon, S. R. Koh // Computers & Fluids. – 2001. – vol. 30. – issue 4. – pp. 473-490.

61. Govardhan M. Secondary loss reduction by streamwise fences in reaction turbine cascade / M. Govardhan // Procc. Of the 7<sup>th</sup> Jordanian International Mechanical Engineering Conference . – 2010.– Article ID 352819. – 16 pages.

62. Li D. Numerical investigation of the non axisymmetric end wall application to the white cascade / D. Li, Y. Chen, Song, K. Cui // Proc. ASME Turbo Expo. – 2015. – Paper GT-42261.

63. Трубилов М.А. Паровые и газовые турбины: учебник для вузов / М.А. Трубилов, Г.В. Арсеньев, В.В. Фролов и др. – М. : Энергоатомиздат, 1985г. – 352с.

64. Шубенко А.Л. Совершенствование термогазодинамических характеристик проточных частей мощных паровых турбин/ А.Л. Шубенко, В.Л. Швецов, В.Н. Голощапов, В.Г.Солодов, С.В. Алехина / Под общ. ред. чл.-корр. НАН Украины А.Л. Шубенко. – Х.: Цифрова друкарня №1, 2013. – 172с. ISBN 978-617-7017-32-4

65. Дейч М.Е. Исследование и расчет ступеней осевых турбин./ М.Е. Дейч, Б.М. Трояновский. – М., Машиностроение, 1964. – 628с.
66. Зальф Г.А. Тепловой расчет паровых турбин /Г.А. Зальф, В.В. Звягинцев. – М. – Л., Машгиз., 1961. – 291с.
67. Топунов А.М. Управление потоком в тепловых турбинах / А.М. Топунов, Б.А. Тихомиров. – Л.: Машиностроение, 1979. – 151 с.
68. Polifroni D. 3D Blade Representation using Compatible NURBS / D. Polifroni, W. Ghaly // CRIAQ-MOSAIC project. – *Progress Report III*. – Concordia University. – 2005.
69. Аронов Б.М. Профилирование лопаток авиационных двигателей газовых турбин / Б.М. Аронов, М.И. Жуковский, В.А. Журавлев. – М., Машиностроение, 1975. – 192с
70. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование / Н.Н. Голованов . – М.: Издательство Физико-математической литературы. – 2002. – 472с. – ISBN 5-94052-048-0.
71. Шикин Е.В. Кривые и поверхности на экране компьютера. Руководство по сплайнам для пользователей / Е.В. Шикин , Л.И. Плис. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ,1996. – 240с.
72. Гукасова Е.А. Аэродинамическое совершенствование лопаточных аппаратов паровых и газовых турбин / Е.А. Гукасова, М.И. Жуковский, Л.М. Зысина-Моложен и др.- М.—Л., Госэнергоиздат, 1961. – 167 с.
73. Мельтюхов В.А. Оценка качества новых турбинных решеток профилей для режимов диффузорного и конфузорного течений: дис. канд. техн. наук / В.А. Мельтюхов. – Харьков. – 1986. – 205 с.
74. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер , Е.В. Маркова , Ю.В. Грановский – М.: Наука, 1976. – 279 с.
75. Горбань А. Нейронные сети на персональном компьютере / А. Горбань, Д. Россиев. – Новосибирск: Наука, 1996.– 276 с.



76. Бойко А.В. Многокритериальная многопараметрическая оптимизация проточных частей осевых турбин с учетом режимов эксплуатации: монография / А.В. Бойко, А.П. Усатый, А.С. Руденко. – Харьков : Изд-во «Підручник НТУ "ХПИ"», 2014. – 220с. – На рус. яз.

77. Соболев И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М.: Наука, 1981. – 110 с.

78. Xu C. A turbomachinery blade design and optimization procedure / C. Xu, R. S. Amano // Proceedings of ASME Turbo Expo. – 2002. – GT2002-30541.

79. Ebrahimi P. Thermodynamic modeling and optimization of cogeneration heat and power system using evolutionary algorithm (Genetic Algorithm) / P. Ebrahimi, H. Karrabi [at alias] // Proceedings of ASME Turbo Expo. – 2010. – GT2010-23026.

80. Faure H. Good permutations for extreme discrepancy / H. Faure // Journal of Number Theory. – 1992. – Volume 42. – Issue 1. – pp. 47-56.

81. Бойко А.В. Пространственная оптимизация профиля лопатки прямой турбинной решетки / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, М.В. Бурлака, В.С. Баранник // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. трудов. – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2012. – № 8. – С. 6-10.

82. Бойко А.В. К вопросу об оптимизации формы плоских турбинных профилей / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, М.В. Бурлака, В.С. Баранник // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. трудов. – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2011. – № 5. – С. 51-54.

83. Абд Ель-Азис Хуссейн М. Влияние относительной высоты и формы профиля на потери в турбинной решетке : : дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.12; защищена 10.06.1994 / М. Абд Ель-Азис Хуссейн. – М: МЭИ, 1994. – 186 с.

84. А.с. 885571 СССР, МКИ В25J15/00. Направляющая лопатка турбомашин / Ю.В. Гречаниченко, В.А. Нестеренко, А.Н. Федотов, Ю.А. Марченко (СССР). – № 4445553/24-06; заявл. 11.05.88; опубл. 15.03.90, Бюл. № 10. – 2 с.: ил.