Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002772

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 23-06-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Азаров Андрій Сергійович
2. Andrii S. Azarov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7119-715X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 133

Назва наукової спеціальності: Галузеве машинобудування

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Галузеве машинобудування

Дата захисту: 27-07-2026

Спеціальність за освітою: Галузеве машинобудування

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 00000000

Місцезнаходження: ------, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14628

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 55.39.39

Тема дисертації:

1. Підвищення енергетичної ефективності відцентрового компресора на основі еволюційних алгоритмів оптимізації проточної частини

2. Improving the Energy Efficiency of a Centrifugal Compressor Based on Evolutionary Optimization Algorithms for the Flow Path.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі підвищення енергетичної ефективності відцентрових компресорів шляхом удосконалення геометрії їх проточної частини з використанням сучасних методів комп'ютерного моделювання та оптимізації. Актуальність дослідження зумовлена значною енергоємністю компресорного обладнання та необхідністю підвищення ефективності його роботи у промислових і енергетичних установках. Об'єкт дослідження – газодинамічні процеси, що відбуваються у відцентрових компресорах. Предмет дослідження – вплив геометричних параметрів робочого колеса й дифузора на енергетичні характеристики компресора, закономірності формування полів швидкості та тиску, а також методи їх оптимізації на основі еволюційних алгоритмів і чисельного моделювання. Метою

роботи є підвищення енергетичної ефективності відцентрового компресора шляхом удосконалення геометрії його проточної частини з використанням методів чисельного моделювання течії газу, сурогатного моделювання та еволюційних алгоритмів багатокритеріальної оптимізації. У першому розділі виконано аналіз сучасних методів дослідження відцентрових компресорів. Показано, що традиційні підходи, засновані на спрощених одновимірних і двовимірних моделях, не дозволяють повною мірою відтворити складну тривимірну структуру течії. Обґрунтовано доцільність використання чисельного моделювання (CFD) на основі рівнянь Нав'є-Стокса та комбінованих підходів, які поєднують CFD□аналіз із методами оптимізації. У другому розділі розроблено математичну модель тривимірної течії у відцентровому компресорі на основі осереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса (RANS) із застосуванням сучасних моделей турбулентності. Чисельні розрахунки реалізовано в середовищі ANSYS CFX із використанням секторного підходу, що дозволило суттєво зменшити обчислювальні витрати. Отримано інтегральні характеристики компресора при різних режимах роботи, виявлено критичні області формування відривів потоку та визначено напрями підвищення ефективності. Третій розділ присвячено верифікації та валідації створеної чисельної моделі. Проведено порівняння результатів моделювання з експериментальними даними, яке показало, що похибка розрахунків не перевищує 5 %. Виконано дослідження впливу параметрів розрахунку, зокрема щільності обчислювальної сітки, умов збіжності та граничних умов, на точність результатів. Показано, що розроблена модель може бути використана як надійний інструмент для дослідження та оптимізації проточної частини компресора. У четвертому розділі реалізовано параметричне проєктування модернізованого робочого колеса та лопатевого дифузора із застосуванням програмних комплексів ANSYS BladeGen і Vista CCD. Досліджено вплив геометричних параметрів, зокрема кута нахилу лопатей, на характеристики компресора. Побудовано регресійні залежності, що описують зміну ступеня стискання, масової витрати та коефіцієнта корисної дії. У результаті проєктування досягнуто підвищення політропного ККД на 6 % та більш ніж триразове розширення зони високоефективної роботи. У п'ятому розділі розроблено методику параметричної та багатокритеріальної оптимізації проточної частини компресора. На основі планування експерименту побудовано сурогатні моделі типу Kriging, що дозволило значно скоротити кількість ресурсомістких CFD□розрахунків. Оптимізацію виконано з використанням еволюційного алгоритму NSGA□II, що забезпечило формування Парето□фронту компромісних рішень. Отримана оптимізована геометрія дозволила знизити втрати повного тиску в дифузорі з 23,6 % до 5,4 % та суттєво зменшити ентропійні втрати. Наукова новизна роботи полягає у встановленні кількісних закономірностей впливу ключових конструктивних параметрів проточної частини на структуру тривимірної течії, рівень енергетичних втрат і ефективність компресора, а також у розвитку методів багатокритеріальної оптимізації на основі інтеграції CFD□моделювання, сурогатних моделей та еволюційних алгоритмів. Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні ефективної методики оптимізації проточної частини компресора, що дозволяє зменшити обчислювальні витрати, підвищити енергоефективність обладнання, знизити втрати та розширити робочий діапазон. Результати роботи можуть бути використані при проєктуванні сучасних компресорів і турбомашин, а також впроваджені у виробництво та навчальний процес.

2. The dissertation is devoted to improving the energy efficiency of a high-pressure centrifugal compressor. Research object are gas-dynamic processes occurring in centrifugal compressors. Research subject is the influence of geometric parameters of the impeller and diffuser on compressor energy performance, the regularities of velocity and pressure field formation, as well as methods for their optimization based on evolutionary algorithms and numerical simulation. The aim of the work is to improve the energy efficiency of a high-pressure centrifugal compressor by enhancing the geometry of its flow path using methods of numerical gas-flow simulation, surrogate modeling, and evolutionary multi-objective optimization algorithms. The first chapter presents an analysis of modern methods for studying centrifugal compressors. It is shown that traditional approaches based on simplified one- and two-dimensional models do not adequately describe the complex three-dimensional flow structure. The feasibility of using computational fluid dynamics (CFD) methods based on the Navier-Stokes equations and combined approaches integrating CFD analysis with optimization techniques is substantiated. In the second chapter, a mathematical model of three-dimensional flow in a centrifugal compressor based on Reynolds-averaged

Navier-Stokes (RANS) equations using modern turbulence models is developed. Numerical simulations are implemented in the ANSYS CFX environment using a sector approach, which significantly reduces computational costs. Integral compressor characteristics are obtained under different operating conditions, critical flow separation zones are identified, and directions for improving the flow path geometry are determined. The third chapter is devoted to verification and validation of the developed numerical model. A comparison of simulation results with experimental data showed that the calculation error does not exceed 5%, confirming the reliability of the model. The influence of computational parameters, including mesh density, convergence conditions, and boundary conditions, on the accuracy of results is analyzed. The developed model is shown to be a reliable tool for further investigation and optimization. In the fourth chapter, parametric design of a modernized impeller and vaned diffuser is carried out using ANSYS BladeGen and Vista CCD software. The influence of geometric parameters, particularly blade angle, on compressor performance is investigated. Regression relationships describing the dependence of pressure ratio, mass flow rate, and efficiency on geometric parameters are obtained. The designed impeller demonstrates an increase in polytropic efficiency by 6% and more than a threefold expansion of the high-efficiency operating range. The fifth chapter presents a methodology for parametric and multi-objective optimization of the compressor flow path. Surrogate models of the Kriging type are constructed based on a design of experiments, significantly reducing the number of computationally expensive CFD simulations. Optimization is performed using the NSGA-II evolutionary algorithm, resulting in a Pareto front of compromise solutions. The optimized geometry provides a reduction in total pressure losses in the diffuser from 23.6% to 5.4% and a significant decrease in entropy losses. The scientific novelty lies in establishing quantitative relationships between key geometric parameters of the flow path and the three-dimensional flow structure, energy losses, and compressor efficiency, as well as in the development of multi-objective optimization approaches integrating CFD modeling, surrogate models, and evolutionary algorithms. The practical significance of the results consists in developing an effective methodology for optimizing the flow path of centrifugal compressors, enabling reduction of computational costs, improvement of energy efficiency, reduction of losses, and expansion of the operating range. The obtained results can be applied in the design of modern compressors and turbomachinery and implemented in industrial and educational practice.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0126U000808

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Роговий, А. С., Азаров, А. С., Толстий, П. В. Числове моделювання картин течії газу та характеристики відцентрового компресора. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2022. № (2), С. 18-23. https://doi.org/10.20998/2411-3441.2022.2.03 (Б)
- 2. Роговий, А. С., Костюк, М. О., Азаров, А. С. Удосконалювання енергетичних параметрів нафтових струминних насосів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2022. № (1), С. 25-32. https://doi.org/10.20998/2411-3441.2022.1.04 (Б)
- 3. Роговий, А., Азаров, А., Овчаров, Є., Шудрик, О., Толстий, П. Картини течії газу у високонапірному відцентровому компресорі. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР, 2023. №(1), С. 82-91. https://doi.org/10.20998/2079-0775.2023.1.09 (Б)
- 4. Роговий, А. С., Азаров, А. С., Демчук, Р. М. Удосокналення характеристик робочого колеса високонапірного відцентрового компресора проектуванням за допомогою САПР. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2023, № (1), С. 25-30.

https://doi.org/10.20998/2411-3441.2023.1.04. (Б)

- 5. Роговий, А. С., Азаров, А. С., Шудрик, О. Л., Панамарьова, О. Б., Лебединець, Д. В. Валідація відкритої бібліотеки OpenFoam гідротурбін для високонапірного відцентрового компресора. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2023, №. 2, С. 62-66. https://doi.org/10.20998/2411-3441.2023.2.09 (Б)
- 6. Роговий, А. С., Дранковський, В. Е., Тиньянов, О. Д., Азаров, А.С. Проєктування оборотної гідромашини засобами ANSYS та дослідження течії у насосному режимі. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2024, № 2, С. 73-81. https://doi.org/10.20998/2411-3441.2024.2.11 (Б)
- 7. Азаров, А.С., Роговий А.С. Інтеграція сурогатного моделювання та еволюційних алгоритмів у проєктуванні відцентрових компресорів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2025, № 1, С. 61-68. https://doi.org/10.20998/2411-3441.2025.1.09 (Б)
- 8. Роговий, А. С., Дранковський, В. Е., Тиньянов, О. Д., Азаров, А. С. Оптимізація спірального відводу відцентрового насоса засобами чисельного моделювання. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Гідравлічні машини та гідроагрегати», 2025, №2, С. 10-15. https://doi.org/10.20998/2411-3441.2025.2.02 (Б)
- 9. Роговий А.С., Азаров А.С., Шудрик О.Л. Моделювання картин течії та характеристики високонапірного відцентрового компресора. XXIII Міжнародна науково-технічна конференція АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». Київ, 15–16 грудня 2022 р. : м-ли конф. «Глобус-Прес», 2023. С. 50-53.
- 10. Азаров А.С Моделювання течії газу у високонапірному відцентровому компресорі. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. 31-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2023, 17-20 травня 2023 р.: НТУ" ХПІ", 2023. С. 151.
- 11. Нескорожений, А., Роговий, А. С., Лук'янець, С., Азаров, А. Вплив тиску в каналі всмоктування на характеристики вихорокамерних насосів. Матеріали науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 2023. 2(27), С. 100-102.
- 12. Роговий А.С., Азаров А.С., Демчук Р.М. Отримання характеристик високнонапірного компресора за рахунок використання САПР програм ANSYS. Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи: збірник наукових праць конференції, 20 червня 2023 р. / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Київ: СНУ ім. В. Даля, 2023. – С. 124-127.
- 13. Азаров А.С. Покращення характеристик високонапірного відцентрового компресора засотуванням методів САПР. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. 32-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р.: НТУ" ХПІ", 2024. С. 107.
- 14. Rogovyi, A., Azarov, A., Kukhtenkov, Y., Avershyn, A., Khovanskyi, S. Improving the Performance of a Centrifugal Compressor Through Computer-Aided Design and Optimization of Blade Thickness. In Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. Cham: Springer Nature Switzerland. 2024. P. 324-333. (Scopus, Швейцарія)
- 15. Роговий, А., Азаров, А., Савенков, Д. Покращення енергетичних характеристик високонапірного відцентрового компресора проектуванням геометрії у програмному продукті Ansys Vista CCD. Матеріали науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 2024. 28(2), С. 16-19.
- 16. Азаров, А. С., Роговий, А. С. Підвищення ефективності відцентрового компресора шляхом оптимізації товщини лопатей. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. 33-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р.: НТУ" ХПІ", 2024. С. 221.
- 17. Rogovyi, A., Azarov, A., Diordiev, V., Rohach, Y., Avershyn, A., Khovanskyi, S. High-pressure centrifugal compressor performance enhancement by improving the radial diffuser. In AIP Conference Proceedings, 2025. Vol. 3238, No. 1, P. 020005. AIP Publishing LLC. (Scopus, США)

- 18. Роговий А., Азаров А., Савенков Д. Оптимізація геометрії відцентрового компресора з використанням сурогатного моделювання та еволюційних алгоритмів. Збірка наукових праць Всеукраїнської наукової конференції «Підвищення ефективності експлуатації, обслуговування і сервісу дорожньо-будівельних машин та обладнання» 24 жовтня 2025р. Харків, ХНАДУ, 2025. С. 70-73 с.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0126U000808

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Роговий Андрій Сергійович

2. Andrii Rogovyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6057-4845

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шарапов Сергій Олегович

2. Serhii Sharapov

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8433-8580

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Замицький Олег Володимирович
2. Oleg V. Zamytskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8113-6369

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Криворізький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 37664469

Місцезнаходження: ул. Віталія Матусевича, Кривий Ріг, Криворізький р-н., 50027, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Юдін Юрій Олексійович
2. Yuriy O. Yudin

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.05.16

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9770-2273

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Крупа Євгеній Сергійович

2. Evgeniy S. Krupa

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3997-3590

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Усатий Олександр Павлович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Усатий Олександр Павлович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Азаров Андрій Сергійович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна