

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001956

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 26-05-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №НСВС/59/25 від 21.07.2025



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Беднарська Інна Станіславівна

2. Inna S. Bednarska

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5558-4467

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 144

Назва наукової спеціальності: Теплоенергетика

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Теплоенергетика

Дата захисту: 04-07-2025

Спеціальність за освітою: теплоенергетика

Місце роботи здобувача: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9291

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.31.31, 44.31.01, 44.33.29

Тема дисертації:

1. Удосконалення підходу до розрахунку напружено-деформованого стану елементів системи паророзподілу атомної електростанції
2. Improvement of the approach to the calculation of the stress-strain state of elements of the steam distribution system of a nuclear power plant

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена удосконаленню підходу до визначення теплового та напружено-деформованого стану паророзподільної системи атомних електростанцій. Об'єктом дослідження є газодинамічні та теплофізичні процеси, що відбуваються у проточному тракті паропроводів і, зокрема, у регулюючих клапанах, які є критичними елементами надійної роботи АЕС. Робота складається з п'яти розділів, які послідовно розкривають поставлену мету та завдання. У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми з урахуванням значення атомної енергетики для енергетичної безпеки України. Визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та задачі, описано наукову новизну, методологічну базу, практичну цінність результатів і особистий внесок автора. У першому розділі представлено огляд сучасного

стану наукових досліджень у галузі паророзподілу. Здійснено аналіз конструкції та роботи системи паророзподілу енергоблоку №2 Хмельницької АЕС. Розглянуто особливості конструкції головних паропроводів, регулюючих і стопорних клапанів. Особливу увагу приділено аналізу існуючих методів моделювання напружено-деформованого стану елементів паророзподілу, а також газодинамічних процесів у потоці вологоперегрітої пари, яка циркулює через турбіни типу К-1000-60/3000. Огляд літератури виявив необхідність удосконалення методів розрахунку, які дозволяли б враховувати реальні умови експлуатації та газодинамічні особливості потоку. Другий розділ присвячено вибору математичної моделі для чисельного моделювання течії в'язкої перегрітої пари в елементах системи паророзподілу. Проведено критичний аналіз методів CFD-моделювання. Як найбільш доцільну було обрано модель Ментера (k- ω SST), що поєднує переваги моделей k- ω та k- ϵ . Чисельне моделювання побудовано на основі осереднених по Рейнольдсу рівнянь Нав'є-Стокса з використанням методу скінченних об'ємів. Детально розглянуто питання побудови обчислювальних сіток, їхньої якості та впливу на точність розрахунків. У третьому розділі наведено результати перевірки адекватності вибраної моделі шляхом порівняння напружено-деформованого стану клапана ЦСТ турбіни К-200-130, отриманого двома методами – традиційним з використанням критеріальних рівнянь та з урахуванням газодинамічної структури потоку. Результати чисельного аналізу дозволили виявити особливості утворення вихрових зон та теплових навантажень, що спричиняють деградацію внутрішніх поверхонь клапана. Запропоновано гіпотезу щодо механізму тріщиноутворення, пов'язану із локальними концентраціями напружень, що виникають внаслідок нестабільної структури потоку. У четвертому розділі представлено результати чисельного моделювання газодинамічних процесів у паропроводі енергоблоку №2 ХАЕС. Для зменшення обчислювальних витрат дослідження виконано на типових ділянках трубопроводів, із урахуванням лінійної зміни параметрів пари. Такий підхід дозволив отримати достовірну інформацію про зміну тиску, температури та швидкості пари без потреби в моделюванні всієї системи, що забезпечує достатню точність при суттєвому скороченні часу розрахунку. У п'ятому розділі виконано комплексний розрахунок теплового та напружено-деформованого стану стопорно-регулюючого клапана турбіни К-1000-60/3000 на основі даних газодинамічного моделювання. Аналіз результатів дозволив виявити найбільш навантажені зони конструкції, які є критичними з точки зору довговічності. Це створює передумови для підвищення надійності та безпеки експлуатації системи загалом. У висновках наведено основні результати дослідження, обґрунтовано доцільність застосування CFD-підходу до аналізу напружено-деформованого стану вузлів паророзподілу АЕС, вказано на можливості використання отриманих результатів у практиці інженерного аналізу та при проектуванні модернізованих елементів тепломеханічного обладнання.

2. The dissertation is devoted to improving the approach to determining the thermal and stress-strain state of the steam distribution system of nuclear power plants. The object of the study is gas-dynamic and thermophysical processes occurring in the flow path of steam pipelines and, in particular, in control valves, which are critical elements of the reliable operation of nuclear power plants. The work consists of five sections that consistently reveal the set goal and objectives. The introduction substantiates the relevance of the chosen topic, taking into account the importance of nuclear power for the energy security of Ukraine. The object and subject of the study are determined, the goal and objectives are formulated, the scientific novelty, methodological basis, practical value of the results and the personal contribution of the author are described. The first section presents an overview of the current state of scientific research in the field of steam distribution. An analysis of the design and operation of the steam distribution system of power unit No. 2 of the Khmelnytskyi NPP is carried out. The design features of the main steam pipelines, control and stop valves are considered. Special attention is paid to the analysis of existing methods for modeling the stress-strain state of steam distribution elements, as well as gas-dynamic processes in the flow of wet superheated steam circulating through turbines of the K-1000-60/3000 type. A literature review revealed the need to improve calculation methods that would allow taking into account real operating conditions and gas-dynamic features of the flow. The second section is devoted to the choice of a mathematical model for numerical modeling of the flow of viscous superheated steam in the elements of the steam distribution system. A critical analysis of CFD modeling methods is carried out. The Menter model (k- ω SST) was

chosen as the most appropriate, combining the advantages of the k- ϵ and k- ω models. Numerical modeling is based on the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations using the finite volume method. The issues of constructing computational grids, their quality and impact on the accuracy of calculations are considered in detail. The third section presents the results of checking the adequacy of the selected model by comparing the stress-strain state of the CMP valve of the K-200-130 turbine, obtained by two methods - traditional using criterion equations and taking into account the gas-dynamic structure of the flow. The results of numerical analysis allowed us to identify the features of the formation of vortex zones and thermal loads that cause degradation of the internal surfaces of the valve. A hypothesis is proposed regarding the mechanism of crack formation, associated with local stress concentrations arising from the unstable flow structure. The fourth section presents the results of numerical modeling of gas-dynamic processes in the steam pipeline of KhNPP power unit No. 2. To reduce computational costs, the study was performed on typical sections of pipelines, taking into account the linear change in steam parameters. This approach allowed obtaining reliable information about the change in pressure, temperature and steam velocity without the need to model the entire system, which provides sufficient accuracy while significantly reducing the calculation time. In the fifth section, a comprehensive calculation of the thermal and stress-strain state of the K-1000-60/3000 turbine stop-control valve is performed based on gas-dynamic modeling data. Analysis of the results made it possible to identify the most loaded areas of the structure, which are critical in terms of durability. This creates the prerequisites for increasing the reliability and safety of the system as a whole. The conclusions present the main results of the study, substantiate the feasibility of using the CFD approach to the analysis of the stress-strain state of NPP steam distribution units, and indicate the possibilities of using the obtained results in the practice of engineering analysis and in the design of modernized elements of thermomechanical equipment.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Modeling of steam gas dynamics in main pipelines of nuclear power plants [Текст] /Ryndyuk D.V. Bednarska I.S. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, Том 35 (74) № 4. 2024 с. 260-264. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.4/38>
- Визначення напружено-деформованого стану стопорно-регулюючого клапана АЕС з урахуванням газодинаміки робочого тіла. [Текст] / І.С. Беднарська, Д.В. Риндюк // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, Том 33 (72) № 5 2022, с.193-198. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/28>
- Моделювання газодинаміки вологої пари в головних паропроводах атомної електростанції [Текст] / І.С. Беднарська, Д.В. Риндюк, Лементар С.Ю. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, Том 32 (71) № 5 2021, с.159-167. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/25>
- Вплив парового сита на напружено-деформований стан регулювального клапана /Д.В. Риндюк, І.С. Беднарська // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, Том 36 (75) № 1. 2025 с. 128-134. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.1/19>
- Беднарська І.С., Риндюк Д.В. Особливості моделювання в FlowVision. Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т.: Матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ., м. Київ, 20-23 квіт. 2021 р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. Т. 1. с. 211-212.
- Bednarska I. S., Ryndyuk D. V. DYNAMIKA GAZOWA GŁÓWNYCH RUROCIĄGÓW PAROWYCH ELEKTROWNI JĄDROWYCH. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення: Міжнародна наукова інтернет-конференція. Збірник тез доповідей: випуск 68. Тернопіль. 2022. с. 61-64.

- Беднарська І.С., Риндюк Д.В. Моделювання газодинаміки в головних паропроводах АЕС. Частина 1. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Квітень – Травень 2022 р. Київ: НУХТ. Ч.2. С. 237-238.
- Беднарська І.С., Риндюк Д.В. Моделювання газодинаміки в головних паропроводах АЕС. Частина 2. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Квітень – Травень 2022 р. Київ: НУХТ. Ч.2. С. 239-241.
- Effect of Start-up Operating Modes on the Cyclic Damage of Thermal Power Plant Units. O. Chernousenko, D. Rindyuk, V. Peshko and I. Bednarska. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 233-238, doi:10.1109/ESS57819.2022.9969301.

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

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Риндюк Дмитро Вікторович
2. Dmitriy V. Rindyuk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.18.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7770-7547

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Третяк Олексій Володимирович

2. Oleksii V. Tretiak

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.02.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7295-5784

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Усатий Олександр Павлович

2. Oleksandr Usatyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.16

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8568-5007

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рачинський Артур Юрійович

2. Artur Y. Rachinskiy

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6622-1517

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Баранюк Олександр Володимирович

2. Alexandr Baranyuk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6008-6465

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Бовсуновський Анатолій Петрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Бовсуновський Анатолій Петрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Беднарська Інна Станіславівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна