

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0825U002206

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 09-06-2025

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** № НСВС/63/25 від 08.08.2025



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Носаль Олександр Юрійович

2. Oleksandr Nosal

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3253-9652

**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:** 18-07-2025

**Спеціальність за освітою:** Теплоенергетика

**Місце роботи здобувача:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 9488

**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

**Тема дисертації:**

1. Вібродіагностика пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни при її експлуатації і ремонті
2. Vibration diagnosis of damage to structural elements of a steam turbine during its operation and repair

**Реферат:**

1. Дисертаційну роботу присвячено дослідженню впливу пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни на параметри вібрації, що виникають під час її експлуатації та ремонті. Багато елементів енергетичного обладнання, зокрема лопатки і ротори турбін, в реальних умовах експлуатації зазнають спільної або роздільної дії механічного навантаження (статичного і динамічного), температури та агресивного середовища. Наслідком такого навантаження є поступове накопичення розсіяного втомного пошкодження, що призводить до виникнення втомних і термовтомних тріщин, корозійного розтріскування та інших видів пошкоджень. При досягненні тріщиною критичного розміру виникає небезпека руйнування того чи іншого елемента конструкції з катастрофічними наслідками для всієї турбіни. Тому розроблення методів, які дають змогу вчасно діагностувати таку тріщину, є актуальною практичною проблемою. Виявлення пошкоджень в конструктивних елементах парової турбіни є складним завданням, розв'язання

якого супроводжується значними теоретичними і практичними труднощами. Використання локальних неруйнівних методів діагностики пошкоджень можливе лише під час проведення ремонтних робіт і потребує значних витрат часу. Вібраційні методи діагностики для виявлення пошкоджень в обертових валах парових турбін є практично єдиним способом запобігання технічній катастрофі. Вібраційна діагностика пошкодження, яка ґрунтується на тому, що динамічні характеристики непошкодженого тіла та тіла з порушеною суцільністю суттєво відрізняються, має перевагу над локальними методами діагностики, оскільки вона є інтегральною, тобто характеризує стан об'єкта в цілому і тому потребує значно менше часу для отримання результату діагностики габаритних конструкцій (ротори турбіни) або численних конструктивних елементів (лопатки турбіни). Різниця динамічних характеристик тіла, зумовлена зміною його жорсткості, може використовуватися для діагностування пошкодження (наприклад, тріщини в томи) та визначення його параметрів (розмірів та місцеположення). Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, у яких викладено основні наукові результати роботи, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. У вступі обґрунтовано сучасний стан проблеми, що розглядається в дисертаційній роботі, її актуальність та значущість, сформульовано мету та завдання, об'єкт, предмет і методи наукового дослідження. Перший розділ присвячено огляду стану проблеми та обґрунтуванню напряму досліджень дисертаційної роботи. Проведено аналіз літературних джерел і розкрито сучасний стан досліджень, що стосуються теми дисертаційної роботи. У другому розділі дисертаційної роботи запропоновано чисельно-аналітичну розрахункову модель лопатки турбіни з тріщиною, яка дає змогу прогнозувати вплив параметрів крайової поверхневої тріщини та геометричних параметрів лопатки на її власні частоти коливань, характеристику демпфування і спектр коливань. Адекватність моделі підтверджено порівнянням з результатами експериментів. На основі аналітичних досліджень, виконаних із використанням запропонованої моделі, продемонстровано достатньо високий рівень чутливості розглянутих методів вібродіагностики для виявлення порівняно невеликих тріщин, розмір яких не становить загрози для цілісності лопатки. Виконано порівняльний аналіз чутливості вібраційних характеристик пошкодження лопаток турбін, що ґрунтуються на відносній зміні її власних частот коливань, характеристики демпфування та спектра коливань при основному резонансі. Показано вплив параметрів тріщини, а саме її розмірів і місцеположення вздовж лопатки, а також жорсткості лопатки, що змінювалась завдяки зміні її довжини, на досліджувані вібраційні характеристики. У третьому розділі дисертаційної роботи запропоновано чисельно-аналітичну розрахункову модель для визначення зміни власних частот поперечних коливань роторів парової турбіни. На основі аналітичних досліджень, виконаних із використанням запропонованої моделі представлено результати моделювання поперечних коливань роторів і валопроводу турбіни з крайовою поперечною тріщиною. На основі цих досліджень розроблено методики вібраційної діагностики пошкодження роторів турбіни на етапі їхнього ремонту та валопроводу турбіни під час експлуатації. У четвертому розділі дисертаційної роботи представлено методику оцінки ефективності запропонованих методів вібродіагностики пошкодження лопаток і роторів турбін, що ґрунтується на попередньо заданій величині зміни інформаційної характеристики пошкодження, яка повинна перевищувати похибку тесту та випадкові чинники методики експерименту.

2. The dissertation is devoted to the study of the influence of damage to the structural elements of a steam turbine on the vibration parameters that arise during its operation and repair. Many elements of power equipment, in particular turbine blades and rotors, in real operating conditions are subjected to joint or separate action of mechanical load (static and dynamic), temperature and aggressive environment. The consequence of such loading is the gradual accumulation of scattered fatigue damage, which leads to the appearance of fatigue and thermal fatigue cracks, corrosion cracking and other types of damage. When a crack reaches a critical size, there is a danger of destruction of a particular structural element with catastrophic consequences for the entire turbine. Therefore, the development of methods that allow timely diagnosis of such a crack is an urgent practical problem. Detection of damage in the structural elements of a steam turbine is a complex task, the solution of which is accompanied by significant theoretical and practical difficulties. The use of local non-destructive methods of damage diagnosis is possible only during repair work and requires significant time. Vibration diagnostic methods

for detecting damage in rotating shafts of steam turbines are practically the only way to prevent a technical catastrophe. Vibration diagnostics of damage, which is based on the fact that the dynamic characteristics of an undamaged body and a body with broken integrity differ significantly, has an advantage over local diagnostic methods, since it is integral, i.e. characterizes the state of the object as a whole and therefore requires significantly less time to obtain the result of the diagnosis of dimensional structures (turbine rotors) or numerous structural elements (turbine blades). The difference in the dynamic characteristics of the body, due to a change in its stiffness, can be used to diagnose damage (for example, fatigue cracks) and determine its parameters (size and location). The dissertation consists of an introduction, four sections, which set out the main scientific results of the work, general conclusions, a list of sources used and appendices. The introduction substantiates the current state of the problem considered in the dissertation, its relevance and significance, formulates the goal and objectives, object, subject and methods of scientific research. The first section is devoted to an overview of the state of the problem and justification of the direction of research of the dissertation. An analysis of literary sources is carried out and the current state of research related to the topic of the dissertation is revealed. In the second section of the dissertation, a numerical-analytical calculation model of a turbine blade with a crack is proposed, which allows predicting the influence of the parameters of the edge surface crack and the geometric parameters of the blade on its natural oscillation frequencies, damping characteristics and oscillation spectrum. The adequacy of the model is confirmed by comparison with the results of experiments. Based on analytical studies performed using the proposed model, a sufficiently high level of sensitivity of the considered vibration diagnostics methods for detecting relatively small cracks, the size of which does not pose a threat to the integrity of the blade, has been demonstrated. A comparative analysis of the sensitivity of the vibration characteristics of turbine blade damage, based on the relative change in its natural frequencies of oscillations, damping characteristics and the spectrum of oscillations at the main resonance, has been performed. The influence of the crack parameters, namely its size and location along the blade, as well as the blade stiffness, which changed due to a change in its length, on the vibration characteristics under study has been shown. In the third section of the dissertation work, a numerical-analytical calculation model is proposed to determine the change in the natural frequencies of transverse oscillations of steam turbine rotors. Based on analytical studies performed using the proposed model, the results of modeling transverse oscillations of rotors and turbine shafting with an edge transverse crack are presented. Based on these studies, methods for vibration diagnostics of turbine rotor damage at the stage of their repair and turbine shafting during operation have been developed. The fourth section of the dissertation presents a methodology for assessing the effectiveness of the proposed methods for vibration diagnostics of turbine blade and rotor damage, which is based on a pre-specified value of the change in the information characteristic of the damage, which must exceed the test error and random factors of the experimental method.

**Державний реєстраційний номер ДіР:** № 5162-3Е-БуТЕС

**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. A. Bovsunovsky, O. Nosal (2022). «Contemporary approaches to the vibration diagnostics of rotating shafts». «Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України», Journal of Mechanical Engineering («Проблеми машинобудування»), том. 25, вип. 1, 2022 (березень), С. 15–23. DOI:10.15407/pmach2022.01.015.
- 2. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2022). «Моделювання розвитку тріщини втоми при поперечних коливаннях валу турбіни». Вінницький національний аграрний університет. Вібрації в техніці та

технології 2022. – 1 (104), С. 63–70. DOI:10.37128/2306-8744-2022-1-8.

- 3. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2024). «Особливості вібраційної діагностики пошкодження лопаток турбін». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Енергетика. Том 35 (74), № 4, 2024, С. 230–237. DOI:10.32782/2663-5941/2024.4/34.
- 4. Бовсуновський О.А., Носаль О.Ю. (2024). «Діагностика пошкодження роторів турбін на стадії ремонту». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Енергетика. Том 35 (74), № 4, 2024, С. 238–245. DOI:10.32782/2663-5941/2024.4/35.
- 5. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2024). «Ефективність використання характеристик демпфування коливань лопаток турбін для діагностики тріщин» Енергетика: економіка, технології, екологія. 2024. №4., С. 71–79. DOI:10.20535/1813-5420.4.2024.315578.
- 6. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2021). «Вплив тріщин на власні частоти коливань ступінчастих валів парових турбін». Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів, (с. 203–204), м. Київ, 20–23 квітня 2021 р. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Видавництво «Політехніка», 2021. – ISBN: 978-966-990-026-5 (Т. 1) – 334 с.;
- 7. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2021). «Зміна характеристики демпфірування і власних частот як міра пошкодження валів». Тези доповідей XVII Міжнародної науково-технічної конференції: «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування», (с. 40–41), 27–28 квітня 2021 р. – м. Харків: НТУ «ХПІ»; Видавництво «Лідер», 2021. – ISBN: 978-617-7476-56-5 – 92 с.;
- 8. A. Bovsunovsky, O. Nosal (2021). «Highly sensitive methods for vibration diagnostics of fatigue damage in structural elements of aircraft gas turbine engines». 2nd International Workshop on Plasticity, Damage and Fracture of Engineering Materials (IWPDF 2021), August, 18–20, 2021, Ankara, Turkey. Published by Elsevier, Procedia Structural Integrity, 2021, 35 (C), pp. 74–81. DOI: 10.1016/j.prostr.2021.12.050;
- 9. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2023). «Оцінка чутливості демпфуючої здатності конструкцій». Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти, технологій і суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції, (с. 28–30), (м. Кропивницький, 29 листопада 2023 р.): у 3 ч., Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. Ч. 3. 73 с.;
- 10. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2024). «Сучасні методи та підходи для проведення вібродіагностики обертових валів парових турбін». Стан, проблеми та перспективи розвитку науки, освіти та технологій: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції, (с. 61–62), (м. Ізмаїл, 20 лютого 2024 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2024. – ISBN: 978-617-8231-48-4 – 96 с.;
- 11. Бовсуновський А.П., Носаль О.Ю. (2024). «Вібраційна діагностика втомних пошкоджень лопаток турбін». Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т.: Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів, (с. 146–148), м. Київ, 23–26 квітня 2024 р. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Видавництво «Політехніка», 2024. – ISBN: 978-966-990-112-5 (Т. 1) – 223 с.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

**Соціально-економічна спрямованість:** збільшення обсягів виробництва; 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. Бовсунівський Анатолій Петрович
2. Anatolii P. Bovsunovskyi

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.02.09**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9562-0250**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. Сметанкіна Наталя Володимирівна
2. Natalia Smetankina

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 01.02.04**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9528-3741**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України**Код за ЄДРПОУ:** 03534570**Місцезнаходження:** вул. Комунальників, буд. 2/10, Харків, Харківський р-н., 61046, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Національна академія наук України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Деркач Олег Леонідович
2. Oleh L. Derkach

**Кваліфікація:** к.т.н., с.д., 05.02.09**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6783-8516

**Додаткова інформація:** [https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57217115124;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57217115124)  
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/H-2074-2014>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417319

**Місцезнаходження:** вул. Садово-Ботанічна, 2, Київ, 01014, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## Рецензенти

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пешко Віталій Анатолійович
2. Vitaliy Peshko

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.14.14

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0610-1403

### 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. 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

## VIII. Заключні відомості

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

Черноусенко Ольга Юріївна

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

Черноусенко Ольга Юріївна

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Носаль Олександр Юрійович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна