Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003470

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-12-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ № 319 СТ від 10.02.2025 р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Неманежин Євген Олександрович
2. Yevhen Nemanezhyn

Кваліфікація: 113

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-5855-508X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 113

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань: математика та статистика

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 22-01-2025

Спеціальність за освітою: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Місце роботи здобувача: 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:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 64.050.165-7357

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:

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, буд. 2, 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: 27.35, 27.41.23, 30.19.15, 30.19.21, 30.19.27, 30.19.57, 55.47.05.29, 55.47.05.37

Тема дисертації:

1. Розробка методів розрахунку високотемпературної міцності лопаток газових турбін при статичних та динамічних навантаженнях

2. Development of methods for calculating the high-temperature strength of gas turbine blades under static and dynamic loading

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена дослідженню характеристик високотемпературної міцності лопаток турбін газотурбінних двигунів в умовах статичних та динамічних навантажень. Об’єкт дослідження – процес розвитку пружних деформацій та повзучості в робочих режимах лопаток турбін з монокристалічних нікелевих жароміцних сплавів. Предмет дослідження – характеристики високотемпературної міцності лопаток турбін при статичних та динамічних навантаженнях з урахуванням анізотропних властивостей монокристалічних сплавів. Метою дослідження є розробка теоретичних та експериментальних підходів до визначення характеристик високотемпературної міцності лопаток турбін в умовах статичного та

динамічного навантаження, які враховують особливості складного об'ємно-напруженого стану лопаток, навантаження у місцях концентрації напружень та анізотропію пружних та інших механічних властивостей нікелевих жароміцних сплавів. У вступі наведено обґрунтування вибору теми дисертаційного дослідження, надана інформація про предмет та об'єкт дослідження, методи дослідження, а також зазначено наукову новизну представленої роботи. Містяться відомості про апробацію та впровадження результатів, а також про внесок здобувача в опублікованих наукових працях. У першому розділі було виконано огляд науково-технічних джерел інформації, що стосуються сучасних підходів до оцінки високотемпературної міцності лопаток турбін. Обґрунтовано особливості математичного моделювання анізотропії жароміцних сплавів та її вплив на характеристики міцності лопаток турбін. Проведена систематизація інформації про сучасні та фундаментальні дослідження у області повзучості, довготривалої та втомної міцності нікелевих монокристалічних жароміцних сплавів. В другому розділі досліджено вплив анізотропії пружних властивостей монокристалів на власні частоти та форми коливань лопаток турбін ГТД. Розроблено та описано метод визначення пружних характеристик монокристалів для різних температур. Запропоновано метод розрахунку пружних податливостей жароміцних монокристалічних сплавів з метою оцінки зміни власних частот коливань лопаток турбін при повороті кристалографічних систем напрямків монокристалів. Проведено модальний аналіз лопатки турбіни. Виконана побудова діаграм Кемпбелла, визначені основні небезпечні гармоніки збуджуючих сил та наведено приклад відстроювання від небезпечних резонансних форм та частот коливань лопатки. Обґрунтовано процес верифікації розрахункової дискретної математичної моделі лопатки. Третій розділ присвячено процесу моделювання стаціонарної повзучості лопаток турбіни ГТД. Розроблена математична модель повзучості монокристалічного сплаву, а також метод розрахунку констант повзучості на стаціонарній стадії. У четвертому розділі описано метод оцінки впливу анізотропних властивостей монокристалічних жароміцних сплавів на довговічність лопаток газових турбін. За допомогою розробленого методу, на основі проведеного моделювання розподілу параметра Ларсона-Міллера, проведено чисельний експеримент з визначення часу до руйнування лопатки турбіни для різних КГО монокристалу. П'ятий розділ присвячено чисельно-експериментальному дослідженню високотемпературної багатоциклової втомної міцності монокристалічних лопаток турбіни. У висновках підводяться підсумки, надано опис основних задач науково-прикладного характеру, що були вирішені в процесі проведення дослідження. Наукова новизна дисертації: Вперше розроблено метод моделювання впливу зміни орієнтації кристалографічних напрямків на власні частоти коливань турбінних лопаток з монокристалічних сплавів. Вперше проведено верифікацію результатів модального аналізу шляхом експериментального дослідження першої та другої частот резонансних коливань охолоджуваної лопатки турбіни високого тиску авіаційного двигуна. Вперше проведено експериментальні дослідження втомної міцності монокристалічних лопаток газової турбіни при високотемпературному багатоцикловому навантаженні. Вперше побудовано математичну модель анізотропної повзучості монокристалів з кубічною симетрією та процедуру ідентифікації матеріальних констант повзучості. Вперше створено чисельно-аналітичний метод обчислення довготривалої міцності монокристалічних лопаток турбіни, які знаходяться під навантаженням від відцентрових сил. За результатами дослідження, актом впровадження на підприємстві ДП «Івченко-Прогрес» (м. Запоріжжя), підтверджено практичну та теоретичну цінність розроблених методів, надано практичні рекомендації щодо застосування розроблених методів та розглянуто перспективи їх подальшого розвитку.

2. The dissertation is devoted to the study of high-temperature strength characteristics of gas turbine engine turbine blades under static and dynamic loading. Object of research is the process of development of elastic deformation and creep in operating modes of turbine blades made of single-crystal nickel heat-resistant alloys. The subject of research is the characteristics of high-temperature strength of turbine blades under static and dynamic loading with consideration of anisotropic properties of single-crystal alloys. The purpose of the dissertation is to develop theoretical and experimental approaches to determining the characteristics of high-temperature strength of turbine blades under static and dynamic loading, taking into account the peculiarities of the complex volume-stressed state of the blades, loading in places of stress concentration and anisotropy of

elastic and other mechanical properties of nickel heat-resistant alloys. The introduction provides the rationale for choosing the topic of the dissertation, provides information on the subject and object of the investigation, research methods, and indicates the scientific novelty of the presented work. There is information about the approbation and implementation of the results, as well as the applicant's contribution to published scientific works. In the first chapter, a review of scientific and technical sources of information related to modern approaches to assessing the high-temperature strength of turbine blades was performed. The peculiarities of mathematical modeling of the anisotropy of heat-resistant alloys and its influence on the strength characteristics of turbine blades are substantiated. The information on modern and fundamental research in the field of creep, long-term and fatigue strength of nickel single-crystal heat-resistant alloys is systematized. In the second chapter, the influence of the anisotropy of the elastic properties of single crystals on the natural frequencies and vibration modes of GTD turbine blades is investigated. A method for determining the elastic characteristics of single crystals for different temperatures is developed and described. A method for calculating the elastic properties of heat-resistant single-crystal alloys is proposed to estimate changes in the natural frequencies of turbine blades vibrations when the crystallographic systems of single-crystal directions are rotated. A modal analysis of the turbine blade was performed. The construction of Campbell diagrams is performed, the main dangerous harmonics of the exciting forces are determined, and an example of detuning from dangerous resonant modes and vibration frequencies of the blade is given. The verification process of the calculated discrete mathematical model of the blade is substantiated. The third chapter is devoted to the process of modeling the stationary creep of GTE turbine blades. A mathematical model of single-crystal alloy creep is developed, as well as a method for calculating creep constants at the stationary stage. The fourth chapter describes a method for assessing the influence of the anisotropic properties of single-crystal heat-resistant alloys on the durability of gas turbine blades. Using the developed method, based on the modeling of the distribution of the Larson-Miller parameter, a numerical experiment was conducted to determine the time to turbine blade failure for different single-crystal CGOs. The fifth section is devoted to the numerical and experimental study of the high-temperature multi-cycle fatigue strength of single-crystal turbine blades. The conclusions summarize the results, describe the main scientific tasks that were solved in the course of the study. Scientific novelty of the thesis: For the first time, a method for modeling the effect of changing the orientation of crystallographic directions on the natural vibration frequencies of turbine blades made of single-crystal alloys has been developed. For the first time, the results of the modal analysis were verified by experimental study of the first and second frequencies of resonant vibrations of a cooled blade of a high-pressure turbine of an aircraft engine. For the first time, experimental studies of the fatigue strength of single-crystal gas turbine blades under high-temperature multi-cycle loading were carried out. For the first time, a mathematical model of anisotropic creep of single crystals with cubic symmetry and a procedure for identifying material creep constants were constructed. For the first time, a numerical-analytical method for calculating the long-term strength of single-crystal turbine blades under centrifugal force loading was developed. The results of research confirm, with an act of implementation at “Ivchenko-Progress” SE, Zaporizhzhia, the practical and theoretical value of the developed methods, provide practical recommendations on the application of the developed methods and consider the prospects for their further improvement.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 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.
- Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Методика визначення характеристик сталої повзучості монокристалічного сплаву. Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2022. №4 спецвипуск 2(182). С. 42-49.
- 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.
- Неманежин Є. О., Львов Г. І., Торба Ю. І. Чисельне моделювання повзучості лопатки турбіни з монокристалічного сплаву. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин. 2023. № 2. С. 88-94.
- 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.
- Неманежин Є. О. Чисельно-експериментальне дослідження високотемпературної багатоциклової втомної міцності монокристалічних лопаток газових турбін. Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2024. №5. С. 14-26.
- 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.
- 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. Spinger. Cham. 2023. Vol. 657. P. 421-429.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 «ХПІ». 2021. С. 429-430.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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 5th Grabchenko's international conference on advanced manufacturing processes. Odessa. Sumy: IATDI. 2023. P. 74.
- 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.
- 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 «ХПІ». 2024. С. 485.
- 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.

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

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Львов Геннадій Іванович

2. Gennadiy Lvov

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-0297-9227

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57198893601; https://scholar.google.com.ua/citations?user=larx8PMAAAAJ&hl=en

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Торба Юрій Іванович

2. Yuriy Torba

Кваліфікація: к. т. н., 05.05.03

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-8470-9049

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216587297

Повне найменування юридичної особи: Державне підприємство "Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро "Прогрес" імені академіка О. Г. Івченка

Код за ЄДРПОУ: 14312921

Місцезнаходження: вул. Іванова, буд. 2, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69068, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Державний концерн "Укроборонпром"

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сметанкіна Наталя Володимирівна

2. Natalia V. Smetankina

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.02.04

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-9528-3741

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7801574244

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 ORCHID ID: 0000-0002-6783-8516

Додаткова інформація: 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. Федоров Віктор Олександрович
2. Viktor Fedorov

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.02.09

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-4814-6768

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56495691400; https://scholar.google.com/citations?user=xozYUyIAAAAJ

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Грабовський Андрій Володимирович
2. Andrii Hrabovskyi

Кваліфікація: д.т.н., с.н.с., 20.02.14

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6116-0572

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:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Ларін Олексій Олександрович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Ларін Олексій Олександрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Неманежин Євген Олександрович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна