

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002956

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-08-2024

Статус: Наказ про видачу диплома



Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № 1691-уч від 18.09.2024, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Макаров Павло Миколайович

2. Pavlo Makarov

Кваліфікація: 134

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 134

Назва наукової спеціальності: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Дата захисту: 04-09-2024

Спеціальність за освітою: інженер

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): ID 6412

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 45.53.43, 55.42, 55.47.29.33

Тема дисертації:

1. Створення методів та технологій відновлення конструкції енергетичного обладнання авіаційної техніки
2. Development of the methods and technologies for the restoration of the structure of aircraft power equipment

Реферат:

1. В роботі виконано детальний аналіз конструкцій енергетичного обладнання літаків та електричних станцій за напрямками їх застосування. Згідно даних аналізу, технології створення та використання електричних приводів на території України отримали свій найбільший розвиток та практичне застосування в галузі енергетичного машинобудування (гідрогенератори та гідрогенератори-двигуни), але в нових конструкціях енергетичного обладнання літаків ці технології майже не використовуються. Висвітлено, що елементи конструкцій гідрогенераторів працюють в умовах складного навантаження, викликаного спільною дією інерційних сил від обертання ротора, сил тяжіння, складальних навантажень, що виникають від посадок деталей з натягом, а також температурних навантажень. При аналізі ліній тренду та режимів роботи гідроагрегатів виявлено, що обертання ротора, нерівномірність електромагнітного поля та гідравлічний вплив на турбіну призводять до виникнення вібрації усєї конструкції гідроагрегату в цілому. Причини

виникнення навантажень і вібрацій та їх вплив на конструкцію агрегату корелюються з впливом навантажень і вібрацій на енергетичне обладнання літака, що виникають протягом його польоту та обумовлені власними коливаннями конструкції літака, вимушеними вібраціями від оборотної частоти двигуна літака і самою частотою обертання приводів. Розроблено метод та науково обґрунтовані принципи зменшення кількості відмов та відновлення енергетичного обладнання авіаційної техніки та енергетичного обладнання аеродромів на основі наступних наукових методів дослідження: ретроспективний метод (дозволяє проаналізувати існуючі технології ремонту та методи розрахунків електричних машин), методи математичного моделювання напружено-деформованого стану у тривимірній постановці для визначення механічних напружень та зусиль у різних режимах роботи електричних машин, методи математичного моделювання скінчених елементів для визначення теплового стану вузлів електричних машин при технологічних операціях та у різних експлуатаційних режимах, засновані на алгоритмах статистики методи чисельного опрацювання результатів експериментів, методи перевизначення об'єктів для забезпечення можливості застосування технологій ремонту гідрогенераторів для енергетичного обладнання аерокосмічної техніки. Проведено аналіз вібраційного стану гідроагрегатів в різних режимах роботи, визначені основні експериментальні вібраційні параметри та їх відповідність вимогам нормативної документації. Виконані вимірювання форм роторів та статорів гідрогенераторів-двигунів. За результатами аналізу форм чисельними методами (з використанням розкладання форми в ряд Фур'є) визначені розрахункові відхилення існуючих форм від циліндричної. Проведено діагностику технічного стану активних частин гідрогенератора з використанням тепловізійного обладнання, в тому числі випробування осердя статора на питомі втрати і нагрівання індуктивним методом. На основі результатів випробувань (що розглядалися в розділі 3) запропоновані заходи з підвищення надійності гідрогенераторів-двигунів при їх реконструкції. Виконано дослідження напружено-деформованого стану ротора гідрогенератора-двигуна аналітичним методом, а також методом скінчених елементів за допомогою відповідного програмного забезпечення (прикладний пакет SolidWorks Simulation). При цьому розглянутий як стан ротора до реконструкції, так і напруження та деформації елементів ротора, що виникатимуть в процесі виконання робіт з його реконструкції. Наукова новизна роботи: 1. Обґрунтований підхід та розроблений розрахунок напружено-деформованого стану гідроагрегату у тривимірній постановці з явно заданими граничними умовами першого та третього роду з урахуванням режимів роботи при номінальній, угонній та розгінній частотах обертання. 2. Виконане уточнення параметрів технології відновлення гідрогенераторів на основі тривимірного моделювання, яке покладається на покрокове вирішення задачі з ітераційним кроком та поступовою диференціацією правильності результатів розрахунків. 3. Встановлена можливість ремонту енергетичного обладнання авіаційної техніки за рахунок використання технології з галузі загального енергетичного машинобудування. Практичне значення отриманих результатів. 1. Розроблена технологія відновлення енергетичного обладнання авіатехніки, що забезпечує ремонтпридатність вузлів у аеродромних умовах. 2. Обчислені параметри технологічних операцій, що дають змогу визначити необхідні параметри (натяги, зусилля посадки та ін.) на основі математичного моделювання. 3. Встановлені закономірності деформації деталей та вузлів обладнання дають змогу визначити їх можливу працездатність у різних режимах роботи при подальшій експлуатації.

2. In the work, a detailed analysis of the structures of power equipment of airplanes and power plants is carried out according to the directions of their application. According to the data of the analysis, the technologies of design and use of electric drives on the territory of Ukraine received their greatest development and practical application in the field of power engineering (hydrogenerators and hydrogenerator-motors), but these technologies are almost not used in new designs of aircraft power equipment. It is highlighted that the structural elements of hydrogenerators work under complex load conditions caused by the joint action of inertial forces from the rotation of the rotor, gravitational forces, assembly loads arising from the seating of parts with tension, as well as temperature loads. When analyzing the trend lines and operating modes of hydraulic units, it was found that the rotation of the rotor, the unevenness of the electromagnetic field, and the hydraulic effect on the turbine lead to the vibration of the entire structure of the hydraulic unit as a whole. The causes of loads and vibrations and their

impact on the structure of the unit are correlated with the impact of loads and vibrations on the power equipment of the aircraft, which occur during its flight and are caused by the inherent fluctuations of the aircraft structure, forced vibrations from the rotational frequency of the aircraft engine and the very frequency of rotation of the drives. The method and scientifically based principles of reducing the number of failures and refurbishment of the power equipment of aircraft equipment and airfield energy equipment have been developed on the basis of the following scientific research methods: retrospective method (allows to analyze existing repair technologies and calculation methods of electric machines), methods of mathematical modeling of the stress-strain state in three-dimensional setups for determining mechanical stresses and forces in different modes of operation of electric machines, methods of mathematical modeling of finite elements for determining the thermal state of units of electric machines during technological operations and in different operational modes, methods of numerical processing of experimental results based on statistical algorithms, methods of redefinition of objects to ensure the possibility of applying technologies for repairing hydrogenerators for aerospace power equipment. The analysis of the vibration state of hydraulic units in different operating modes was carried out, the main experimental vibration parameters and their compliance with the requirements of regulatory documentation were determined. The measurements of the shapes of rotors and stators of hydrogenerators-motors were made. According to the results of the analysis of the shapes by numerical methods (using the decomposition of the shape into the Fourier series), the estimated deviations of the existing shapes from the cylindrical shape were determined. On the basis of the test results (considered in Section 3), measures are proposed to increase the reliability of hydrogenerators-motors during their reconstruction. The study of the stress-strain state of the rotor of the hydrogenerator-motor was carried out by the analytical method, as well as by the finite element method using the appropriate software (SolidWorks Simulation application package). At the same time, both the state of the rotor before the reconstruction and the stresses and deformations of the rotor elements that will arise in the process of performing works on its reconstruction are considered. Scientific novelty of the work: 1. The justified approach and the developed calculation of the stress-strain state of the hydraulic unit in the three-dimensional setting with clearly defined boundary conditions of the first and third kind, taking into account the modes of operation at rated, overspeed and acceleration speeds. 2. Refinement of the parameters of the hydrogenerator refurbishment technology based on the three-dimensional modeling, which relies on step-by-step problem solving with an iterative step and gradual differentiation of the correctness of the computation results. 3. The possibility of repairing power equipment of aircraft equipment due to the use of technology from the field of general power engineering has been established. Practical significance of the obtained results: 1. The technology for refurbishment of the power equipment of aircraft equipment has been developed, which ensures the maintainability of units in airfield conditions. 2. Calculated parameters of technological operations, which make it possible to determine the necessary parameters (stresses, landing forces, etc.) based on mathematical modeling. 3. The established patterns of deformation of equipment parts and assemblies make it possible to determine their possible performance and different modes of operation during further operation.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

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:

- 1. Макаров, П. (2023). Математичне моделювання виправлення форми ротора гідроагрегату в тривимірній постановці. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, (1-2), 23-27.

- 2. Макаров, П. (2023). Технологія відновлення форми ротора гідрогенератора. Авіаційно-космічна техніка і технологія, 0(4sup2), 97-104.
- 3. П.М. Макаров (2023). Вибір раціональної технології виготовлення обода ротора гідрогенераторівдвигунів. Journal of Mechanical Engineering («Проблеми машинобудування»), том 26, № 4.
- 4. Макаров, П. (2024). Особливості конструкції, технологія, сучасні методи оцінки якості конструкції елементів роторів енергетичного обладнання. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, (4), 20-28.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання

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. Третяк Олексій Володимирович

2. Oleksii V. Tretiak

Кваліфікація: д. т. н., доцент, 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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Аврамов Костянтин Віталійович

2. Kostiantyn V. Avramov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8740-693X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534570

Місцезнаходження: вул. Пожарського, буд. 2/10, Харків, Харківський р-н., 61046, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лисиця Олексій Юрійович

2. Oleksii Y. Lisitsya

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5679-8459

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. Мірошніков Віталій Юрійович
2. Vitalii Y. Miroshnikov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9491-0181

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:

VIII. Заключні відомості

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

Воробйов Юрій Анатолійович

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

Воробйов Юрій Анатолійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Дмитренко Євгенія Валеріївна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна