

**А. Ю. Нежведілов**

## **ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ВАКУУМНИМ ТЕРМОЦИКЛІЧНИМ АЗОТУВАННЯМ У ПЛАЗМІ ПУЛЬСУЮЧОГО ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ**

*Обговорюються рекомендації по підвищенню механічних властивостей поверхонь сталевих лопаток методом вакуумного термоциклічного азотування, на підставі експериментальних досліджень.*

**Ключові слова:** оптимізація, аналіз, алгоритм, режим

### **1. Вступ**

Розробка принципово нових технологічних процесів зміцнення конструктивних елементів авіаційного газотурбінного двигуна (АГТД) неможливе без розвитку концепції, що відображає цілісну внутрішню диференційовану концептуальну систему їх наукового та прикладного застосування. На основі узагальнення комплексу експериментально-теоретичних досліджень вирішена важлива наукова задача щодо підвищення механічних властивостей сталевих лопаток вакуумним термоциклічним азотуванням у плазмі пульсуючого тліючого розряду.

### **2. Постановка проблеми**

При вирішенні задачі багатокритеріальної оптимізації об'єкт дослідження характеризується декількома критеріями оптимізації. Унаслідок цього постає проблема вибору важливості цих критеріїв і призначення їм вагових коефіцієнтів. Це пов'язано з тим, що згідно з реальною постановкою задачі оптимізації вплив конкретного критерію на те чи інше оптимальне значення режиму технологічного процесу вакуумного термоциклічного азотування у плазмі пульсуючого тліючого розряду (ВТАППТР) може бути різним. Крім того, покращуючи один критерій можна неминуче погіршити значення інших, тобто вони є нерівнозначними. Тому і виникає задача визначення деякої компромісної точки, яка у рівній мірі може задовольняти всім вимогам (компромис за Парето). Ідея компромісу за Парето полягає у пошуку таких умов функціонування системи, за якими узагальнений критерій її оптимальності досягає екстремального значення.

Згідно методики математичного планування експерименту [1], на основі математичних моделей та результатів експериментальних досліджень проведено визначення оптимальних параметрів технологічного процесу формування зміцнених повневіх шарів (ЗПШ) ВТАППТР.

Після цього обрано дослід, що найбільше відповідає значенню ефективності критерію якості, а реалізовані в ньому параметри і є оптимальними. Це значення узагальненого критерію якості є, по суті, відстанню точки факторного простору, що відповідає номеру дослід, до гіпотетичної найкращої точки.

### **3. Основна частина**

#### **3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження**

У теорії надійності довговічність, яка є однією зі складових комплексної властивості об'єкта – надійності, визначається як властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту [2, 3]. Основними показниками довговічності є середній ресурс (гама-відсотковий ресурс) та середній термін служби (гама-відсотковий термін служби) [4].

#### **3.2. Результати досліджень**

На підставі узагальнення результатів досліджень розроблено алгоритм підвищення механічних властивостей сталевих лопаток компресора АГТД ВТАППТР.

Даний алгоритм може застосовуватися під час створення (розробки й виробництва), експлуатації та відновлення авіаційної техніки (АТ), і складається з трьох основних етапів.

На першому етапі виконується аналіз інформації щодо нових (продефектованих) лопаток компресора АГТД та оцінка можливості та доцільності їхнього поверхневого зміцнення методом ВТАППТР, а саме: оцінюється хімічний склад та фізико-механічні властивості матеріалу лопатки; аналізується значення зміни геометричних параметрів лопаток компресора (при ремонті); аналізується стан деталі: наявність корозії, забоїн, вм'ятин, рисок та інших

дефектів, кількісні значення параметрів яких є нормованими та контрольованими; проводиться оцінка можливості поверхневого зміцнення лопаток компресора АГТД ВТАППТР.

На другому етапі проводиться наукове обґрунтування оптимальних режимів ВТАППТР на підставі результатів математичного моделювання та багатокритеріальної оптимізації з використанням математичних моделей. Протягом етапу вирішуються наступні завдання: проводиться формалізація задачі дослідження: визначення математичного апарату досліджень, вибір критеріїв оптимізації, складання переліку факторів, рівнів варіювання для керованих і рівнів фіксації для некерованих змінних, вибір засобів і методів рішення; визначається оптимальний план експерименту; проводиться зміцнення зразків ВТАППТР з наступним комплексом структурно-фазових, металографічних й інших досліджень та термомеханічними випробуваннями на втому за режимами, визначеними у матриці планування експерименту; здійснюється попередній статистичний аналіз результатів експерименту; за результатами експерименту визначається вид рівнянь регресії; аналізується якість отриманої математичної моделі; проводяться розрахункові дослідження на основі побудованої багатокритеріальної математичної моделі для вирішення багатокритеріальної компромісної задачі оптимізації; визначаються оптимальні режими ВТАППТР за допомогою багатокритеріальної оптимізації; робиться експериментальна перевірка отриманих даних щодо оптимальних режимів технологічного процесу.

На третьому етапі проводиться поверхневе зміцнення деталей ВТАППТР.

Таким чином визначено оптимальний параметр технологічного процесу формування ЗПШ ВТАППТР, що найбільше відповідає значенню ефективності критерію якості. Встановлено, що завдяки застосуванню технологічного процесу ВТАППТР середній технічний ресурс сталевих лопаток компресора АГТД підвищується у 2,1 рази. На підставі узагальнення результатів досліджень, розроблено алгоритм підвищення механічних властивостей сталевих лопаток компресора АГТД ВТАППТР.

### Література

1. Нежведілов, А.Ю. Методика математичного моделювання процесу формування зміцнених поверхневих шарів вакуумним азотуванням [Текст] / А.Ю. Нежведілов // Сучасні технології в промисловому виробництві: матеріали II Всеукраїнської міжвузівської наук.-практ. конф., Суми, 17 – 20 квіт. 2012 р. – С. 148.
2. Соловійов, В. І. Організація експлуатації авіаційної техніки [Текст] / Володимир Ілліч Соловійов. – К. : НАОУ, 2005. – 221 с.
3. Азарсков, В. М. Надійність систем управління і автоматики: навч. посіб. [Текст] / В. М. Азарсков, В. П. Стрельніков. – К. : НАУ, 2004. – 164 с. – рос. мовою.
4. Надійність техніки. Терміни та визначення : ДСТУ 2860–94. – Чинний від 1994–12–28. – К. : Держстандарт України, 1994. – 91 с.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВАКУУМНЫМ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКИМ АЗОТИРОВАНИЕМ В ПЛАЗМЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТЛЕЮЩЕГО РОЗРЯДА

**А.Ю. Нежведилов**

Обсуждаются рекомендации по повышению механических свойств поверхностей стальных лопаток методом вакуумного термоциклического азотирования, на основании экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** оптимизация, анализ, алгоритм, режим

*Нежведилов Артур Юсуфович, младший научный сотрудник кафедры технологии производства двигателей летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», тел. (093) 647-25-01, e-mail: nezhvedilov77@mail.ru*

### PRACTICAL RECOMMENDATIONS OF HARDENING OF STEEL SHOVELS OF GAS-TURBINE ENGINES VACUUM THERMOCYCLIC NITRIDING IN PLASMA OF THE PULSING SMOLDERING CATEGORY

**A. Nezhvedilov**

Recommendations about increase of mechanical properties of surfaces of steel shovels by a method of vacuum thermocyclic nitriding, on the basis of pilot studies are discussed.

**Keywords:** image recognition, CCTV, learning

*Arthur Nezhvedilov, junior researcher of chair of the production technology of engines of aircraft National aerospace university of N.E. Zhukovsky "HAI", tel. (093) 647-25-01, e-mail: nezhvedilov77@mail.ru*