

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання лабораторної роботи

«Дослідження лопаток компресора, виготовлених із титанових
сплавів, що мають пошкодження пера в експлуатації»

для студентів спеціальності
G9 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Технології машинобудування»
усіх форм навчання

Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи «Дослідження лопаток компресора, виготовлених із титанових сплавів, що мають пошкодження пера в експлуатації» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми Технології машинобудування усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В.– Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 8 с.

Укладачі: Пухальська Г.В., к.т.н., доц. каф. ТМБ

Рецензент: Козлова О.Б., к.т.н., доцент кафедри ТМБ

Відповідальний за
випуск Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри
«Технологія машинобудування»
Протокол № 1
від 06 серпня 2025 р.

Рекомендовано до видання
НМК МФ
Протокол № 1 від 26.08.2025 р.

1 Мета роботи

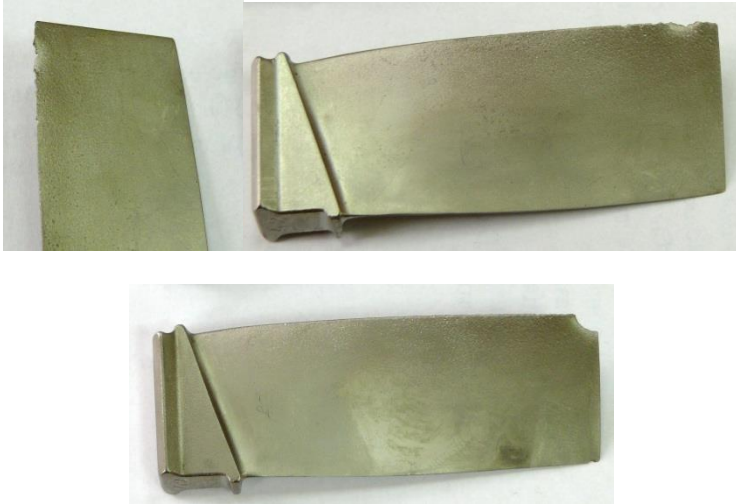
Провести дослідження лопаток компресора, виготовлених із титанових сплавів, що мають пошкодження пера в експлуатації: геометрії лопаток, частот власних коливань та параметрів поверхневого шару лопаток.

Необхідне обладнання та матеріали

- 2.1 Штангенциркуль із цифровим табло точністю до 0,01 мм.
- 2.2 Мікротвердомір ПМТ-3.
- 2.3 Профілометр «Pertometer M3».
- 2.4 Прилад ПОМКЛ.
- 2.5 Прилад МКАТ-КМ.
- 2.6 Прилад ПІОН-2.
- 2.7 Методичні вказівки до лабораторних робіт.

3 Загальні положення та відомості

У проблемі підвищення довговічності авіаційних газотурбінних двигунів важлива роль належить надійності лопаток компресора та вентилятора. Важливу роль відіграє підвищення стійкості лопаток до пошкодження сторонніми предметами. Максимальний відсоток усунення двигунів від експлуатації через пошкодження лопаток компресора відбувається саме внаслідок ерозійного зношування робочих лопаток компресора і становить близько 30...35%, що можна порівняти з усуненням двигуна від експлуатації через попадання сторонніх предметів під час зльоту зі злітно-посадкової смуги – 25...30 %. Ступінь і характер ерозійного зносу залежать від дисперсного складу та кількості пилу, що засмоктуються в двигун. Для подальшої експлуатації гелікоптерного двигуна небезпечні такі дефекти на лопатках: фреттинг-корозія на хвостовій частині та ерозійне зношування по перу, які призводять до поступового руйнування матеріалу, тобто зниження надійності техніки та виникнення небезпеки помпажу двигуна.



Малюнок 3.1 - Лопатки I-го ступеня двиг. ТВ3-117 з експлуатаційними пошкодженнями пера

Результати досліджень ерозійної дії на лопатки компресора підтверджують нелінійний розподіл зносу за висотою лопатки. Поява вибоїн біля основи лопаток або на вхідних і вихідних крайках небезпечніше, ніж у зовнішніх кінців лопаток. Аналіз експлуатації двигунів показав, що I ступінь суттєво відрізняється від інших щаблів за кількістю лопаток, що мають вибоїни. Число лопаток з вибоїнами глибиною не менше 0,3 ... 0,5 мм на I ступені компресора приблизно в 4 рази більше, ніж на будь-якої наступної ступені. Тому проблема ремонту лопаток, що мають експлуатаційні ушкодження, дуже актуальна.

4 Порядок виконання лабораторної роботи

4.1. Для досліджень із двох двигунів, що працювали в однакових умовах (матеріал лопаток титановий сплав ВТ8), але мають різне напрацювання: Д1 - 1971 год і Д2 - 990 год. відібрати по 20 лопаток, які не мають грубих механічних пошкоджень.

4.2. Провести дослідження геометрії лопаток: вимір хорди, товщин вхідної та вихідної кромки (С1 та С2) у перерізах А2-

A2.....A8-A8. Порівняти з розмірами креслення сирійної лопатки. Зробити висновки по зміні параметрів геометрії пера лопаток в процесі експлуатації.

4.3. Визначити частоти власних коливань лопаток та виміряти профіль пера.

4.4. Для подальших досліджень обрати лопатки з двигуна, що мають більшу міру експлуатаційного пошкодження.

4.5. На трьох лопатках виміряти шорсткість поверхні в периферійній та прикореневій зонах поблизу вхідної та вихідної кромки з боку спинки та корита. Результати вимірювань представити у вигляді таблиці. За результатами вимірів зробити висновки.

4.6. Визначити мікротвердість на лопатці з боку спинки та корита. Результати вимірювань представити в таблиці. За результатами вимірів зробити висновки.

4.7. Визначити на лопатках залишкові напруги механічним методом. Побудувати епюру розподілу залишкових напруг за середніми значеннями, виміряними на двох лопатках. За результатами вимірів зробити висновки.

4.8. Зробити висновки по проведених дослідженнях та зонах максимального ушкодження пера лопаток в експлуатації.

5 Контрольні питання

5.1 Що таке шорсткість поверхні?

5.2 Що таке мікротвердість?

5.3 Скільки перерізів на робочому кресленні лопатки?

5.4 Назвіть прибор, на якому вимірювали шорсткість поверхні?

5.5 Поясніть принцип роботи профілографа-профілометра.

5.6 Поясніть принцип роботи мікротвердоміра?

5.7 Поясніть принцип дослідження залишкових напружень механічним методом?

5.8 Назвіть зони максимального ерозійного ушкодження пера лопаток?

6 Вимоги з техніки безпеки

6.1 У аудиторіях, слід строго виконувати правила внутрішнього розпорядку.

6.2 Помітивши порушення інструкції іншими особами або небезпеку для навколишнього середовища, повідомити викладача.

6.3 При виявленні запаху гару негайно вимкнути апаратуру, удруге не включати і звернутися до викладача.

6.4 Оглянути і переконатися в справності обладнання, електропроводки. У разі виявлення несправностей до роботи не приступати.

6.5 Перевірити наявність і надійність захисного заземлення обладнання.

6.6 Використовувати всі засоби захисту, такі як окуляри, навушники або інші засоби, передбачені інструкцією з експлуатації.

6.7 Перед початком роботи на устаткуванні переконатися, що електроустаткування відповідає стандартам безпеки та правильно підключено.

6.8 Перед використанням переконайтеся, що вимірювальне обладнання в хорошому стані правильно налаштоване і каліброване.

6.9 Перед використанням ознайомтеся з інструкціями з експлуатації конкретного приладу. Це дозволить правильно налаштувати та використати прилад, а також уникнути помилок.

6.10 Переконайтеся, що робоча область, де проводяться вимірювання, є чистою та безпечною. Уникайте наявності сторонніх предметів, які можуть стати на заваді процесу вимірювання. Встановіть прилад так, щоб він був стабільним і надійно закріпленим. Це допоможе уникнути зсувів та спотворень результатів вимірювань.

6.11 Забезпечте правильну підготовку зразка перед вимірюванням мікротвердості. Переконайтеся, що поверхня зразка чиста та підготовлена відповідно до вимог.

6.12 Розробіть процедури запобігання аваріям і знайте, як діяти у разі надзвичайної ситуації.

Забороняється

- 6.13 Залишати своє робоче місце без відома викладача.
- 6.14 Вмикати і вимикати (крім аварійних випадків) устаткування і механізми, робота на яких не доручена.
- 6.15 Працювати та ремонтувати несправне устаткування.
- 6.16 Торкатися до струмопровідних частин, електричних дротів (навіть ізольованих), кабелів, клем, наступати на переносні дроти на підлозі.
- 6.17 Відволікатися сторонніми справами і розмовами, ходити по приміщенню, відволікаючи інших.

Перелік джерел посилання

1. Пухальська, Г.В. Дослідження технологічних можливостей методу обробки кульками в магнітному полі пера лопаток, що мають експлуатаційні ушкодження [Текст] / Г.В. Пухальська, С.О. Субботін, С.Д. Леощенко, Д.О. Безхлібний // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні – 2023. – №1. –С. 18-28.
2. Di, Wang. Solid Particle Erosion [Текст] / Wang Di, Yang Zhen // Advances in Turbomachinery. 2023 DOI: 10.5772/intechopen.109383
3. Li, Chao. Study on the erosive wear of the gas-solid flow of compressor blade in an aero-turboshaft engine based on the Finnie model [Текст] / Chao Li, Guangfu Bi, Jian Li, Zezhong Liu // Tribology International 2021. – № 163 – С. 1057 – 1077. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107197>
4. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.
5. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник.- Дніпро: НМетАУ, 2021,-89 с.
6. Інтегровані технології обробки матеріалів [Текст]: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофєєва, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016 – 238 с.