

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Голова НМК 1



(підпис)

Сергій НИЖНИК

(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ АД І ЕУ**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань:**

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність:**

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код і найменування спеціальності)

**Освітня програма:**

Авіаційні двигуни та енергетичні установки

(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

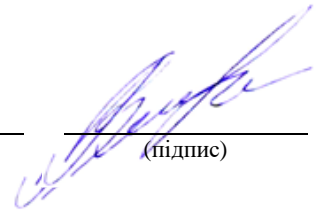
**Рівень вищої освіти:**

перший (бакалаврський)

(рівень освіти)

**Харків 2024 рік**

Розробник Роман ЗЕЛЕНСЬКИЙ, доц. каф. 203, к.т.н., доц.  
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри  
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2024 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор  
(науковий ступінь, вчене звання)

  
(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ  
(ім'я та прізвище)

### 1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 5	<b>Галузь знань:</b> <i>13</i> <i>«Механічна інженерія»</i> (шифр і назва)	<i>Вибіркова</i>
Кількість модулів – 2	<b>Спеціальність:</b> <i>134</i> <i>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</i> (шифр і назва)	<b>Навчальний рік</b> <i>2024/2025</i>
Кількість змістових модулів – 2		<b>Семестр</b>
<b>Індивідуальне завдання</b> <i>Діагностування ГТД з використанням математичних моделей</i> (назва)		<i>8-й</i> <i>група</i>
Загальна кількість годин – <i>66*/150</i>		<b>Лекції *</b> <i>30 год.</i>
<b>Кількість тижневих годин для денної форми навчання:</b> аудиторних – 5,5 самостійної роботи студента – 6,5	<b>Освітня програма:</b> <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</i> (найменування)	<b>Практичні, семінарські *</b> <i>12 год.</i>
		<b>Лабораторні *</b> <i>24 год</i>
	<b>Рівень вищої освіти:</b> <i>Перший (бакалаврський)</i>	<b>Самостійна робота</b> <i>84 год.</i>
		<b>Вид контролю</b> <i>модульний контроль, іспит</i>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
для денної форми навчання: – 66 / 84;

\* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** надання уміння в області робочих процесів, конструкції, систем і агрегатів газотурбінних двигунів нових знань по діагностуванню їх технічного стану спеціальними інструментальними засобами і за вимірюваними в експлуатації параметрами.

**Завдання:** формулювати завдання діагностування і раціонально вибирати методи їх рішення, необхідний склад вимірюваних параметрів, і метрологічні характеристики засобів вимірів; формувати діагностичні моделі двигунів і їх систем за результатами розрахунків і вимірів параметрів під час випробувань і експлуатації; робити розрахунки показників ефективності діагностування.

### Компетентності, які набуваються:

**Загальні компетентності:** ЗК1 – здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. ЗК2 – здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. ЗК3 – здатність проводити дослідження на відповідному рівні. ЗК4 – здатність генерувати нові ідеї (креативність). ЗК5 – здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. ЗК7 – визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. ЗК8 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК9 – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

**Спеціальні (фахові) компетентності:** ФК1 – усвідомлення історії, сучасного стану, проблем та перспектив розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки. ФК2 – здатність критично осмислювати проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою. ФК4 – здатність оцінювати техніко-економічну ефективність проектування, досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок. ФК5 – здатність створювати, удосконалювати та застосовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

**Очікувані результати навчання:** ПРН1 – Знати і розуміти засади фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі авіаційної та/або ракетно-космічної техніки. ПРН2 – Знати і розуміти робочі процеси у системах та елементах авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення та оптимізації їх параметрів. ПРН3 – Розуміти та застосовувати при розв'язанні складних професійних (науково-технічних) задач принципи та методи системного аналізу. ПРН5 – Використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми. ПРН7 – Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організовувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність. ПРН13 – Організовувати виконання складних завдань у професійній діяльності колективом.

**Пререквізити:** Вища математика, Фізика, Теоретична механіка, Термодинаміка і теплообмін, Конструкція і динаміка АД і ЕУ.

**Кореквізити:** Системи діагностування АД і ЕУ

## 3 Зміст навчальної дисципліни

### Змістовний модуль 1.

#### Засоби збору діагностичної інформації. Методи розпізнавання дефектів ГТД.

**ТЕМА 1. Вступ до дисципліни. Завдання діагностики на різних етапах життєвого циклу двигуна**

Предмет вивчення та задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Рекомендована література. Стратегії експлуатації та роль діагностики в їх забезпеченні. Проблема оцінки стану технічних об'єктів. Вимоги щодо її розв'язання на різних етапах життєвого циклу АД та ЕУ. Функціональна та тестова діагностика. Пошук несправностей. Прогнозування. Історія розвитку методів оцінки технічного стану авіаційних двигунів у виробництві, випробуваннях та експлуатації. Експлуатація виробів за технічним станом.

## **ТЕМА 2. Системи діагностування ГТД**

Системи діагностування ГТД. Системи візуального відображення. Системи на основі аварійних реєстраторів параметрів польоту. Системи, що базуються на використанні експлуатаційних реєстраторів. Системи на основі загальнолітакової БАСК. Системи з БСКД. Типова схема інформаційного обміну двигунової установки в складі загальнолітакової інформаційної системи. Основні елементи систем діагностування: вимірювачі, канали інформаційного обміну, обчислювальні пристрої, реєстратори. Приклади конкретних бортових та наземних систем діагностичного аналізу. Історична ретроспектива розвитку систем.

## **ТЕМА 3. Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації**

Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації. Системи вимірювання обертів, температури робочого тіла, витрати палива, лінійних та кутових пересувань, параметрів вібрації. Сигналізатори граничних значень параметрів, наявності стружки в олії та ін. Аналого-цифрові перетворювачі (частотоу-імпульсні, імпульсно-частотні та з поразрядним кодуванням. Послідовні канали обміну інформацією (радіальний та мультиплексний). Фотографічні, магнітні та твердотільні накопичувачі інформації.

## **ТЕМА 4. Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики**

Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики. Дискретні та безперервні випадкові величини. Функції накопиченої ймовірності та щільності ймовірності. Типові розподіли. Нормальний закон розподілу, його роль у технічних задачах. Основні перетворення випадкових величин. Параметри розподілу. Основи математичної статистики. Оцінки та їх властивості. Вибіркові розподіли. Аналіз завдань прямих та непрямих вимірювань.

## **ТЕМА 5. Методи розпізнавання дефектів ГТД**

Методи розпізнавання дефектів ГТД. Методи пошуку несправностей ГТД: емпіричний підхід та підхід, що заснований на використанні математичної моделі об'єкта. Формування діагностичних математичних моделей авіаційних двигунів як об'єктів діагностування. Ідентифікація математичних моделей. Визначення вірогідності розпізнавання станів двигуна. Синтез системи вимірювання для діагностування.

## **Модульний контроль**

### **Змістовий модуль 2.**

#### **Методи статистичних рішень. Методи допускового контролю та тренд аналізу.**

### **ТЕМА 1. Теорія перевірки статистичних гіпотез**

Теорія перевірки статистичних гіпотез. Аналіз завдань діагностики як завдань перевірки статистичних гіпотез. Похибки першого та другого роду. Метод мінімального середнього ризику. Метод мінімальної кількості помилкових рішень. Метод Неймана-Пірсона.

### **ТЕМА 2. Методи допускового контролю ГТД.**

Методи допускового контролю ГТД. Допусковий контроль параметрів двигуна за граничними значеннями. Методика визначення вірогідності діагностування та призначення граничних значень. Допусковий контроль за відхиленнями від базових значень. Методика ідентифікації математичних моделей нормального стану об'єктів. Визначення оптимальних допусків для контролю за відхиленнями параметрів від базових значень. Мажоритарні методи підвищення вірогідності контролю.

### **ТЕМА 3. Методи тренд-аналізу.**

Методи тренд-аналізу. Завдання та напрямки параметричної діагностики. Допусковий контроль і тренд-аналіз. Переваги та недоліки обох методів. Допусковий контроль: поняття та способи реалізації. Переваги і недоліки. Поняття і завдання тренд-аналізу. Параметричні критерії тренда. Інтегральний критерій S – критерій, D-критерій та E-критерій. Непараметричні критерії тренда. g-критерій Хальда Аббе, Ф – критерій Фішера, D-критерій та E-критерій, модифікований g-критерій. Показники ефективності критеріїв тренда і фактори, що впливають на них. Підготовка даних для параметричного діагностування. Розрахунок діагностичних ознак. Відсів помилок вимі-

рювань. Розрахунок діагностичних ознак. Приведення параметрів до стандартних атмосферних умов.

#### ТЕМА 4. Діагностична цінність ознак і контролепридатність

Елементи теорії інформації. Вимірювання інформації. Діагностичні ознаки стану об'єкту діагностування. Діагностична вага ознак стану технічного об'єкту. Контролепридатність авіаційної техніки. Показники контролепридатності.

#### ТЕМА 5. Інструментальні методи діагностування ГТД

Інструментальні методи діагностування ГТД. Візуально-оптичне діагностування проточної частини. Ендоскопи, бороскопи. Приклади припустимих пошкоджень проточної частини. Діагностування технічного стану підшипників. Діагностування осевого зсуву вала. Виявлення ерозійного зношування елементів проточної частини електростатичним зондуванням.

#### Модульний контроль

### 4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	7
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1.</b>					
<b>Засоби збору діагностичної інформації. Методи розпізнавання дефектів</b>					
<b>ТЕМА 1.</b> Вступ до дисципліни. Завдання діагностики на різних етапах життєвого циклу двигуна	6	2	-	-	4
<b>ТЕМА 2.</b> Системи діагностування ГТД	6	2		-	4
<b>ТЕМА 3.</b> Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації	16	2		4	10
<b>ТЕМА 4.</b> Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики	14	2		2	10
<b>ТЕМА 5.</b> Методи розпізнавання дефектів ГТД	29	3	12		14
<b>Модульний контроль</b>	1	1	-	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>72</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>42</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 2.</b>					
<b>Методи допускового контролю та тренд аналізу. Методи статистичних рішень</b>					
<b>ТЕМА 1.</b> Теорія перевірки статистичних гіпотез	20	4	-	6	10
<b>ТЕМА 2.</b> Методи допускового контролю ГТД.	8	2	-		6
<b>ТЕМА 3.</b> Методи тренд-аналізу.	16	4	-	6	6
<b>ТЕМА 4.</b> Діагностична цінність ознак і контролепридатність	18	4	-	4	10
<b>ТЕМА 5.</b> Інструментальні методи діагностування ГТД	15	3	-	2	10
<b>Модульний контроль</b>	1	1	-	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>78</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>42</b>
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>84</b>

### 5 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Побудова діагностичної моделі ГТД з використанням математичної моделі</i>	6
2	<i>Визначення параметрів стану</i>	4

3	<i>Визначення міста дефекту</i>	2
	<b>Разом</b>	<b>12</b>

### 6 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Похибки заходів вимірювання.	2
2	Визначення параметрів розподілу за статистичними даними	4
3	Методи статистичних рішень	6
4	Показники достовірності діагностування ГТД	4
5	Трендовый анализ основных параметров двигателя. Сравнение эффективности критериев тренда	6
6	Візуально-оптичне діагностування проточної частини за допомогою ендоскопа	2
	<b>Разом</b>	<b>24</b>

### 7 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Концепції експлуатації авіаційної техніки	4
2	Системи діагностування ГТД	4
3	Засоби вимірювання параметрів ГТД	10
4	Основи теорії ймовірностей	5
5	Основи математичної статистики	5
6	Методи перевірки статистичних гіпотез	10
7	Методи допускового контролю ГТД	6
8	Методи тренд-аналізу	6
9	Діагностична цінність ознак	10
11	Методи розпізнавання дефектів ГТД	14
12	Інструментальні методи діагностування ГТД	10
	<b>Разом</b>	<b>84</b>

### 8 Індивідуальне завдання

**Розрахунково-графічна робота на тему: «Діагностування ГТД з використанням математичних моделей»**

### 9 Методи навчання

*Основні форми навчання:*

- лекційна;
- практичні роботи;
- лабораторні роботи;
- розрахунково-графічна робота;
- самостійна робота студента;
- іспит.

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання практичних та лабораторних робіт, самостійної роботи, а також виконання індивідуального завдання.

Лекція, розв'язує тільки одну дидактичну задачу – дає первісне знайомство з темою, організовує первісне сприйняття матеріалу, формулює основні проблеми.

Проведення практичних занять базується на словесному (аналітичному) описанні об'єкта. Під час проведення практичних занять використовується бригадний характер праці студентів.

Основною формою навчання є самостійна робота. До неї не можна приступати без певного багажу знань, які даються на лекції. Під час самостійної роботи студенти поглиблено вивчають лекційний матеріал, готуються до проведення лабораторних робіт.

## 10 Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Засоби збору діагностичної інформації. Методи розпізнавання дефектів.
2. Методи допускового контролю та тренд аналізу. Методи статистичних рішень.

**Складання модуля 1 – на 6-му тижні (один раз), складання модуля 2 – на 12-му тижні (один раз).**

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення практичних і лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Семестр 8 – *іспит*.

### Питання для самостійної роботи студентів

#### Модуль 1

1. Предмет вивчення та задачі дисципліни.
2. Стратегії експлуатації та роль діагностики в їх забезпеченні.
3. Проблема оцінки стану технічних об'єктів.
4. Вимоги щодо її розв'язання на різних етапах життєвого циклу АД та ЕУ.
5. Функціональна та тестова діагностика.
6. Пошук несправностей. Прогнозування. Історія розвитку методів оцінки технічного стану авіаційних двигунів у виробництві, випробуваннях та експлуатації.
7. Системи діагностування ГТД.
8. Системи візуального відображення.
9. Системи на основі аварійних реєстраторів параметрів польоту.
10. Системи, що базуються на використанні експлуатаційних реєстраторів.
11. Системи на основі загальнолітакової БАСК.
12. Системи з БСКД.
13. Типова схема інформаційного обміну двигунової установки в складі загальнолітакової інформаційної системи.
14. Основні елементи систем діагностування: вимірювачі, канали інформаційного обміну, обчислювальні пристрої, реєстратори.
15. Приклади конкретних бортових та наземних систем діагностичного аналізу. Історична ретроспектива розвитку систем.
16. Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації.
17. Системи вимірювання обертів, температури робочого тіла, витрати палива, лінійних та кутових пересувань, параметрів вібрації.
18. Сигналізатори граничних значень параметрів, наявності стружки в олії та ін.
19. Аналого-цифрові перетворювачі (частото-імпульсні, імпульсно-частотні та з поразрядним кодуванням).
20. Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики.
21. Дискретні та безперервні випадкові величини.
22. Методи розпізнавання дефектів ГТД.



23. Методи пошуку несправностей ГТД: емпіричний підхід та підхід, що заснований на використанні математичної моделі об'єкта.
24. Формування діагностичних математичних моделей авіаційних двигунів як об'єктів діагностування.
25. Ідентифікація математичних моделей.
26. Визначення вірогідності розпізнавання станів двигуна. Синтез системи вимірювання для діагностування.
27. Функції накопиченої ймовірності та щільності ймовірності.
28. Нормальний закон розподілу, його роль у технічних задачах.
29. Основні перетворення випадкових величин.
30. Основи математичної статистики.
31. Оцінки та їх властивості.
32. Аналіз завдань прямих та непрямих вимірювань.
33. Теорія перевірки статистичних гіпотез.
34. Аналіз завдань діагностики як завдань перевірки статистичних гіпотез.
35. Похибки першого та другого роду.
36. Метод мінімального середнього ризику.
37. Метод мінімальної кількості помилкових рішень.
38. Метод Неймана-Пірсона.

## Модуль 2

1. Методи допускового контролю ГТД.
2. Допусковий контроль параметрів двигуна за граничними значеннями.
3. Методика визначення вірогідності діагностування та призначення граничних значень.
4. Допусковий контроль за відхиленнями від базових значень.
5. Методика ідентифікації математичних моделей нормального стану об'єктів.
6. Визначення оптимальних допусків для контролю за відхиленнями параметрів від базових значень
7. Мажоритарні методи підвищення вірогідності контролю.
8. Методи тренд-аналізу.
9. Завдання та напрямки параметричної діагностики.
10. Допусковий контроль і тренд-аналіз.
11. Переваги та недоліки обох методів.
12. Поняття і завдання тренд-аналізу.
13. Параметричні критерії тренда.
14. Інтегральний критерій S – критерій, D-критерій та E-критерій.
15. Непараметричні критерії тренда.  $g$ -критерій Хальда Аббе,  $\Phi$  – критерій Фішера, D-критерій та E-критерій, модифікований  $g$ -критерій.
16. Показники ефективності критеріїв тренда і фактори, що впливають на них.
17. Підготовка даних для параметричного діагностування.
18. Розрахунок діагностичних ознак.
19. Відсів помилок вимірювань.
20. Розрахунок діагностичних ознак.
21. Приведення параметрів до стандартних атмосферних умов.
22. Елементи теорії інформації.
23. Вимірювання інформації.
24. Діагностичні ознаки стану об'єкту діагностування.
25. Діагностична вага ознак стану технічного об'єкту.
26. Контролепридатність авіаційної техніки.
27. Показники контролепридатності.
28. Інструментальні методи діагностування ГТД.
29. Візуально-оптичне діагностування проточної частини.

30. Ендоскопи, бороскопи.
31. Приклади припустимих пошкоджень проточної частини.
32. Діагностування технічного стану підшипників.

## 11 Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

### 11.1 Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	2	6...10
Модульний контроль	18...30	1	18...30
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	9	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	18...30	1	18...30
Виконання і захист РГР	6...12	1	6...12
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт та захисту РГР.

Білет для іспиту складається з двох запитань з першого та другого модуля.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 20.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

### 11.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

**знати:**

- Основні засоби збору інформації;
- Методи статистичних рішень;
- Методи тренд-аналізу.

**вміти:**

- використовувати математичні моделі для діагностування;
- визначати граничні значення вимірювальних параметрів для переходу з одного стану в інший;
- використовувати теорію інформації

#### Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні.. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати основні методи діагностування. Вміти використовувати методи статистичних рішень.

**Добре (75-89).** Усі вимоги, які необхідні для оцінки задовільно Знати засоби збору інформації. Знати методи допускового контролю та тренд-аналізу..

**Відмінно (90-100).** Усі вимоги, які необхідні для оцінки добре. Знати методи теорії ймовірності та математичної статистики. Знати методи розпізнавання дефектів. Знати методи неруйнівного діагностування.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

### 12 Методичне забезпечення

1. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2791>
2. Дидактичні матеріали (наочні посібники).
2. Розрахункові та контрольні програми ПЕОМ:
  - «Математична модель ГТД» (Models);
  - «Показники достовірності діагностування ГТД» (Rapid);
  - «Похибки заходів вимірювання» (Project).
3. Методичні розробки каф. 203 з методиками розрахунків та варіантами завдань.

### 13 Рекомендована література

#### Базова

1. Сидорів В.А. Технічна діагностика механічного обладнання: підручник/В.А. Сидорів. Інфра-Інженерія, 2021. - 256 с.
2. Технологія експлуатації, діагностики та ремонту газотурбінних двигунів [Текст]: навчальний посібник / Ю. С. Єлісеєв, В. В. Кривов, К. А. Малиновський та ін - М.: Вища школа, 2002. - 305 с
3. Технічна діагностика обладнання та конструкцій: навч. посіб. / О. М. Карпаш, М. О. Карпаш, П. М. Райтер, І.В. Рибіцький [et al.]. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. – 413 с
4. Білокур І.П. Основи дефектоскопії: підручник / І.П. Білокур. – К: «АзимутУкраїна», 2004. – 496 с.
5. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення [Текст]. Увед. 1994-01-01. – Київ: Держстандарт України, 1994. – 24 с.
6. Діагностика та системи контролю технічного стану авіаційних двигунів [Текст] : навч. Посібник / В. С. Чигрин. – Харків : Нац. Аерокосм. Університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2019. – 216 с.

#### Допоміжна

1. Дмитрієв С. А. Побудова портрета несправностей проточної частини газотурбінного двигуна на прикладі AI-25 / С. А. Дмитрієв, А. В. Попов // ААЕКС: Автоматика. Автоматизація. Електротехн. комплекси та системи. - 2009. - № 1 (23). - С.24-2
2. Ільченко Б. С. Діагностування функціонально-технічного стану газоперекачувальних агрегатів: монографія / Б. С. Ільченко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 228 с.
3. Єпіфанов С. В. Ідентифікація статичної та динамічної моделей проточної частини як засіб діагностування ВМД / С. В. Єпіфанов, І. І. Лобода // Вісн. двигунобудування. - 2004. - № 2. - С. 206-212.
4. Синтез систем управління та діагностування газотурбінних двигунів [Текст] /С. В. Єпіфанов, Б. І. Кузнецов, І. Н. Богаєнко та ін. – К. : Техніка, 1998. – 312 с.
5. Биргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 239 с.

### 14 Інформаційні ресурси

- . <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2791>