

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

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) Сергій ЄПІФАНОВ
(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОЦЕСІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
(код та найменування спеціальності)

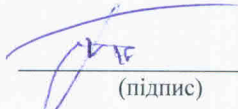
Освітня програма «Енергетичне машинобудування»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Харків 2023 рік

Розробник Юрій ГУСЕВ, професор 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 «28» серпня 2023 р.


Завідувач каф. 203 д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Сергій СПІФАНОВ
(ім'я та прізвище)

Погоджено:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури


(підпис)

Володимир СЕЛЕВКО
(ім'я та прізвище)

В.о. голови наукового
товариства студентів,
аспірантів, докторантів
і молодих вчених


(підпис)

Семен ЖИЛА
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: 14 <u>«Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова (Вибіркова компонента з переліку 1)	
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 142 <u>«Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва)	Навчальний рік 2023 / 2024	
Кількість змістових модулів – 3		Група	
Індивідуальне завдання: (назва)		142-203-2, 142-205-2	142-203-1, 142-205-1, 142-402-1
Загальна кількість годин – 64*/150		Семестр 3-й 2-й	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи – 5,4	Рівень вищої освіти <u>Третій</u> (<u>освітньо-науковий</u>)	Лекції* 32 год.	
		Практичні, семінарські* 32 год.	
		Лабораторні* –	
		Самостійна робота 86 год.	
		Вид контролю Модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 64 / 86.

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: дати здобувачам знання в галузі випробування авіаційних газотурбінних двигунів. Ознайомити з видами випробувальних стендів, вимірювань і приладів використовуваних при цих вимірах. Ознайомити слухачів К.С. особливостями сертифікаційного випробування авіаційних двигунів.

Завдання: вивчення методів моделювання обертів машинобудування та засобів вимірювань параметрів газотурбінних двигунів в процесі їх випробувань і доведення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері енергетичного машинобудування та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з в галузі електричної інженерії, та суміжних галузей.

СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в сфері енергетичного машинобудування та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.

Програмні результати навчання:

ПРН02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми енергетичного машинобудування державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, ...) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Застосовувати методи планування експериментальних досліджень, проводити їх з використанням інструментальних засобів (вимірювальних приладів) та обробляти результати досліджень, оцінювати адекватність результатів.

ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи енергетичного машинобудування, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері енергетичного машинобудування та у викладацькій практиці.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання робочих процесів досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати моделі систем та елементів об'єктів енергетичного машинобудування.

ПРН14. Знати філософсько-світоглядні засади, сучасні тенденції, напрямки і закономірності розвитку вітчизняної та світової науки в умовах глобалізації й уміння їх використовувати в науково-дослідній та професійній діяльності у різних галузях, у тому числі аерокосмічній галузі.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

ТЕМА 1. Математичні моделі процесів технічних об'єктів і процесів, які в них відбуваються. Загальні положення. Математична модель високотемпературного тензорезистора, ідентифікація та оптимізація його вихідних параметрів. Порівняльні дослідження точності вимірювання температури і деформації деякими типами тензорезисторів з використанням його математичної моделі. Вплив шунтування.

Змістовий модуль 2

ТЕМА 2. Етапи життєвого циклу і види випробувань авіаційного двигуна. Науково-дослідні випробування. Випробування вузлів двигуна. Види основних експериментальних характеристик ВРД. Основні експлуатаційні режими, що перевіряються при випробуваннях ГТД. Види випробувань і основна технічна документація при випробуваннях ГТД.

ТЕМА 3. Вимірювання при випробуваннях двигунів. Первинні перетворювачі при автоматизованих випробуваннях ГТД.

ТЕМА 4. Вимір фізичних величин в ГТД. Вимірювання тисків. Прилади для вимірювання тиску.

ТЕМА 5. Вимір температури. Історія розвитку термометрів. Прилади виміру температури.

ТЕМА 6. Вимір температури. Термоелектричні пірометри. Термопара.

ТЕМА 7. Плівкові термопари (ПТ) для визначення температури поверхні нагрітих деталей. Технологія виготовлення ПТ стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках. Матеріали ізолятора ПТ та їх властивості. Чутливі елементи ПТ. Технологія приєднання відповідних провідників до плівковим чутливим елементам (ЧЕ). Градування ПТ та її особливості. Характеристики ПТ. Приклади застосування ПТ при дослідженні температурного стану турбінних лопаток різних ГТД.

ТЕМА 8. Температурні індикатори. Загальні характеристики температурних індикаторів. Термофарба. Термолак. Термопаста. Термоолівці. Термоаболюція. Характеристики термохімічних індикаторних і квазіоборотних індикаторних фарб. Термохімічні індикаторні олівці і порошки. Термоіндикаторні фарби плавлення серії ТП і ТИ. Характеристики зарубіжних термоіндикаторів. Застосування термоіндикаторів фарб при термометруванні деталей ГТД. Опромінені кристали. Конструкції і технічні характеристики алмазних індикаторів. Методика визначення температури за допомогою опромінених алмазів.

ТЕМА 9. Похибки вимірювання температури термоелектричний перетворювач. Похибки, пов'язані з теплопровідністю матеріалу термометра, з випромінюванням тепла поверхнею термометра. Похибки вимірювання температури, пов'язані з тепловою інерційністю термометрів. Похибки вимірювання температур в газовому потоці, що рухається з великою швидкістю.

Модульний контроль

Модуль 2

Змістовий модуль 3

ТЕМА 10. Тензометрія - експериментальний метод визначення механічної напруги. Загальні зауваження про тензометри. Тензометри опору - тензорезистори. Тензорезистори для дослідження динамічних напружень високонагрітих елементів конструкцій. Фізичні основи тензометричного ефекту металів.

ТЕМА 11. Гранична частота вимірюваної деформація чутливим елементом (ЧЕ) тензорезистора. Допустимий струм в дротяних ЧЕ тензорезисторів. Визначення тензочутливих властивостей матеріалу датчиків. Тарифікаційні пристрої. Електричні вимірювальні схеми. Чутливість дротяного тензорезистора. Температурна компенсація.

ТЕМА 12. Високотемпературних плівкових тензорезисторів. Технологія виготовлення плівкових тензорезисторів стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках. Матеріали ізолятора тензорезистора і їх властивості. Чутливі елементи плівкових тензорезисторів. Шунтування ЧЕ плівкового тензорезистора на тіло деталі. Передача деформації в плівковому тензорезисторами. Приклад застосування високотемпературного плівкового тензорезистора при оцінці вібронапруженого стану лопатки турбіни газогенератора двигуна AI-450.

ТЕМА 13. Сертифікаційних випробування ГТД. Система забезпечення і підтримання льотної придатності. Розвиток вимог норм льотної придатності законодавча база системи сертифікації авіаційних двигунів. Основні етапи сертифікації авіаційних двигунів. Послідовність сертифікації авіаційних двигунів. Сертифікаційні контрольні випробування двигуна.

ТЕМА 14. Особливості сертифікації авіаційних двигунів. Особливості основних видів сертифікаційних випробувань: пожежний захист; міцність; вузли кріплення двигуна і прилеглі до них елементи конструкції; ротори турбін, компресорів, вентиляторів; системи двигуна; авто-ротація; попадання птахів. Види випробувань. Сертифікація двигунів на екологічні вимоги. Сертифікація двигуна в складі літального апарату.

ТЕМА 15. Вимірювання параметрів двоконтурного двигуна при проектування, доведення, і сертифікації.

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	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
ТЕМА 1. Математичні моделі процесів технічних об'єктів і процесів які в них відбуваються. Загальні положення. Математична модель високотемпературного тензорезистора	8	4	-	-	4
Модульний контроль*	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	8	4	-	-	4
Змістовий модуль 2					
ТЕМА 2. Етапи життєвого циклу і види випробувань авіаційного двигуна. Випробувальні стенди	10	2	2	-	6
ТЕМА 3. Вимірювання при випробуваннях двигунів. Первинні перетворювачі при автоматизованих випробуваннях ГТД	8	2	-	-	6
ТЕМА 4. Вимір фізичних величин в ГТД. Вимірювання тисків. Прилади для вимірювання тиску	8	2	-	-	6
ТЕМА 5. Вимір температури. Історія розвитку термометрів. Прилади виміру температури	6	1	-	-	5
ТЕМА 6. Вимір температури. Термоелектричні пірометри. Термопара	14	2	6	-	6
ТЕМА 7. Плівкові термометри (ПТ) для визначення температури поверхні нагрітих деталей. Технологія виготовлення ПТ стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках	14	2	6	-	6
ТЕМА 8. Температурні індикатори. Загальні характеристики індикаторів. Термофарба. Термолак. Термопаста. Термоолівці. Термотаблетка. Метод опроміненого алмазу	7	1	-	-	6
ТЕМА 9. Похибки вимірювання температури термоелектричний перетворювач. Похибки, пов'язані з теплопровідністю матеріалу термометра, з випромінюванням тепла поверхнею термометра	10	2	2	-	6
Модульний контроль*	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	77	14	16	-	47

7

Модуль 2

Змістовий модуль 3

ТЕМА 10. Тензометрія - експериментальний метод визначення механічної напруги. Загальні зауваження про тензометри	14	2	6	-	6
ТЕМА 11 Гранична частота вимірюваної деформація чутливим елементом (ЧЕ) тензорезистора. Допустимий струм в дротяних ЧЕ тензорезисторів	8	2	-	-	6
ТЕМА 12. Високотемпературних плівкових тензорезисторів. Технологія виготовлення плівкових тензорезисторів стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках. Матеріали ізолятора тензорезистора і їх властивості	12	4	2	-	6
ТЕМА 13. Сертифікаційних випробування ГТД. Система забезпечення і підтримання льотної придатності. Розвиток вимог норм льотної придатності. законодавча база системи сертифікації авіаційних двигунів	9	2	-	-	7
ТЕМА 14. Особливості сертифікації авіаційних двигунів. Особливості основних видів сертифікаційних випробувань: пожежний захист; міцність; вузли кріплення двигуна і прилеглі до них елементи конструкції; ротори турбін, компресорів, вентиляторів; системи двигуна; авторотація; попадання птахів	12	2	4	-	6
ТЕМА 15. Вимірювання параметрів двоконтурного двигуна при проектуванні, доведенні та сертифікації	10	2	4	-	4
Модульний контроль*	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 3	65	14	16	-	35
Разом за семестр	150	32	32	-	86

*Не входить до розрахунку годин

5. Теми практичних занять

Теми змістових модулів	№	Назви занять	Кількість годин
Тема 2	1	Етапи життєвого циклу і видів випробувань авіаційного двигуна. Випробувальні стенди	2
Тема 6	2	Вимір температури. Термоелектричні пірометрами. Термопара	6
Тема 7	3	Плівкові термометри (ПТ) для визначення температури поверхні нагрітих деталей. Технологія виготовлення ПТ стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках	6
Тема 9	4	Похибки вимірювання температури термоелектричний перетворювач	2
Тема 10	5	Тензометри опору і технології їх закріплення на деталі. Потенціометрична схема підключення тензометра	6
Тема 12	6	Високотемпературних плівкових тензорезисторів. Технологія виготовлення плівкових тензорезисторів стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках. Матеріали ізолятора тензорезистора і їх властивості	2
Тема 14	7	Особливості сертифікації авіаційних двигунів. Особливості основних видів сертифікаційних випробувань: пожежний захист; міцність; вузли кріплення двигуна і прилеглі до них елементи конструкції; ротори турбін, компресорів, вентиляторів; системи двигуна; авторотація; попадання птахів	4
Тема 15	8	Вимірювання параметрів двоконтурного двигуна при проектування, доведення та сертифікації	4
		Разом	32

6. Самостійна робота

Теми змістових модулів	Назва теми	Кількість годин
Тема 1	Математичні моделі процесів технічних об'єктів і процесів в них відбуваються. Загальні положення [3,2,1]	4
Тема 2	Етапи життєвого циклу і видів випробувань авіаційного двигуна Випробувальні стенди [Інтернет ресурс]	6
Тема 3	Вимірювання при випробуваннях двигунів. Первинні перетворювачі при автоматизованих випробуваннях ГТД	6
Тема 4	Вимір фізичних величин в ГТД. Вимірювання тисків. Прилади для вимірювання тиску [Інтернет ресурс]	6
Тема 5	Вимір температури. Історія розвитку термометри. Прилади вимір температури [Інтернет ресурс]	5
Тема 6	Термоелектричні пірометри. Термопара [3]. розділ 1.5; [3], розділ 6.3	6
Тема 7	Плівкові термопари (ПТ) для визначення температури поверхні нагрітих деталей. Технологія виготовлення ПТ стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках [3]. Розділ 6	6
Тема 8	Температурні індикатори. Термофарба. Термоолівці. Термотаблетка [2]	6
Тема 9	Похибки вимірювання температури термоелектричний перетворювач [3], розділ 2.4	6
Тема 10	Тензометрія - експериментальний метод визначення механічної напруги. Загальні зауваження про тензометри [4]	6
Тема 11	Гранична частота вимірюваної деформація чутливим елементом (ЧЕ) тензорезистора. Допустимий струм в дротяних ЧЕ тензорезисторів	6
Тема 12	Високотемпературних плівкових тензорезисторів. Технологія виготовлення плівкових тензорезисторів [4,5]	6
Тема 13	Сертифікаційних випробування ГТД. Система забезпечення і підтримання льотної придатності [1]	7
Тема 14	Особливості сертифікації авіаційних двигунів Приклад сертифікаційних випробувань турбовального двигуна [Інтернет ресурс]	6
Тема 15	Вимірювання параметрів двоконтурного двигуна при проектування, доведення і сертифікації [Інтернет ресурс]	4
	Разом	86

7. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні роботи;
- індивідуальна самостійна робота докторанта;
- іспит.

На лекціях докторантові даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання практичних робіт, а також самостійної роботи.

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

Проведення практичних робіт базується на виконанні докторантами розрахунків параметрів міцності та ресурсу деталей.

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

Вивчення теоретичного матеріалу по курсу «Методи моделювання та експериментальних досліджень об'єктів та процесів енергетичного машинобудування», вивчення конструкції ГТД, а також методів вимірювання температур і напруг в деталях двигунів Навчання проводиться в аудиторній формі (лекції, практичні заняття – ауд. 103м і 136м) та у формі самостійної роботи.

Питання для самостійної роботи

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Математичні моделі процесів технічних об'єктів і процесів які в них відбуваються. Загальні положення

2. Етапи життєвого циклу і видів випробувань авіаційного двигуна.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

3. Станції і встановлення для випробування повнорозмірні ГТД.

4. Випробувальні стенди ГТД.

5. Випробування компресорів ГТД на стенді – аналізовані характеристики

6. Випробування турбін ГТД на стенді – аналізовані характеристики. навантаження турбіни.

7. Випробування камер згоряння ГТД на стенді – аналізовані характеристики.

8. Особливості випробування турбогвинтового двигуна.

9. Вимірювання тяги випробовуваних двигунів.

10. Вимірювання при випробуваннях двигунів. Первинні перетворювачі при автоматизованих випробуваннях ГТД.

11. Вимірювання тисків. Прилади для вимірювання тиску.

12. Вимір температури. Історія розвитку термометри. Прилади вимір температури.

13. Термоелектричні пірометри. Термопара.

14. Плівкові термопари (ПТ) для визначення температури поверхні нагрітих деталей.

15. Технологія виготовлення ПТ стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках.

16. Температурні індикатори. Загальні характеристики індикаторів. Термофарба.

17. Похибки вимірювання температури термоелектричний перетворювач.

18. Похибки, пов'язані з теплопровідністю матеріалу термометра, з випромінюванням тепла поверхнею термометра.

19. Вимірювання швидкості потоку робочого тіла по тракту двигуна.

20. Визначення напрямку руху потоку робочого тіла по тракту двигуна.

Модуль 3

Змістовий модуль 3

1. Тензометрія – експериментальний метод визначення механічної напруги.

2. Загальні зауваження про тензометри.

3. Електричні схеми підключення тензорезистора.

4. Градування пристрою в тензометрії – їх призначення.

5. Температурна компенсація в тензометрії – призначення.

6. Особливості вимірювання динамічної деформації із застосуванням тензорезисторів.

7. Гранична частота вимірюваної деформація чутливим елементом (ЧЕ) тензорезистора.

8. Допустимий струм в дротяних ЧЕ тензорезисторів.

9. Високотемпературних плівкових тензорезисторів.

10. Технологія виготовлення плівкових тензорезисторів стосовно до вимірювань температури на турбінних лопатках.

11. Сертифікаційних випробування ГТД. Система забезпечення і підтримання льотної придатності.

12. Сертифікаційних випробування ГТД. Розвиток вимог норм льотної придатності. законодавча база системи сертифікації авіаційних двигунів.

13. Особливості 150 вартових сертифікаційних випробувань авіаційних ГТД.

14. Математичні моделі процесів технічних об'єктів і процесів в них відбуваються. Загальні положення.

15. Математична модель високотемпературного тензорезистора і ідентифікація та оптимізація його вихідних параметрів.

8. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

9. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

9.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне завдання (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	–	–	–
Модульний контроль	4...6	1	4...6
Змістовий модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	8	16...24
Модульний контроль	12...15	1	12...15
Змістовий модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	8	16...24
Модульний контроль	12...15	1	12...15
Усього			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне питання – 50 балів.

9.2 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Знати етапи проектування та випробування авіаційних двигунів а також етапи життєвого циклу і видів випробувань авіаційного двигуна. Види випробувань і основна технічна документація при випробуваннях ГТД. Особливості сертифікації авіаційних двигунів. Особливості основних видів сертифікаційних випробувань

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Знати види основних експериментальних характеристик ВРД. Основні експлуатаційні режими, що перевіряються при випробуваннях ГТД. Види випробувань і основна технічна документація при випробуваннях ГТД. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати вимоги норм льотної гідності; конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, конструкцію вузлів цих двигунів. Знати вимір фізичних величин в ГТД. Вимірювання тисків. Прилади для вимірювання тиску, а також вимір температури. Термоелектричні пірометри. Термопара. Знати особливості сертифікації авіаційних двигунів. Особливості основних видів сертифікаційних випробувань.

Відмінно (90-100). Твердо опанувати знання та вміння. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Знати види основних експериментальних характеристик ВРД. Основні експлуатаційні режими, що перевіряються при випробуваннях ГТД. Види випробувань і основна технічна документація при випробуваннях ГТД. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати вимоги норм льотної гідності; конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призна-

чаються для дозвуків та надзвуків авіаційних літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, конструкцію вузлів цих двигунів. Знати вимір фізичних величин в ГТД. Вимірювання тисків. Прилади для вимірювання тиску, а також вимір температури. Термоелектричні пірометри. Термопара. Тензометрія як експериментальний метод визначення механічної напруги. Загальні зауваження про тензометри.

Знати про вимірювань параметрів двоконтурного двигуна при проектування, доведення, і сертифікації та особливості сертифікації авіаційних двигунів. Особливості основних видів сертифікаційних випробувань.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

10. Методичне забезпечення

1. Методичні посібники для проведення лабораторних занять.
2. Макети повнорозмірних газотурбінних двигунів.
3. Лабораторна установка, експериментальне вимірювання температури поверхні лопаток разособистими типами термопар, динамічна характеристика термопарі.

11. Рекомендована література

1. Єпіфанов С. В., Чигрин В. С. Конструкція авіаційних газотурбінних двигунів [Текст]. – Х. – 2023. – 336 с.
2. Єпіфанов С. В. Моделювання САУ ГТД і їх функціональних елементів: навч. посібник по лаб. практикуму./ С. В. Єпіфанов, Д. Ф. Симбірський, Р. Л. Зеленський.– Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2006. – 65 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510234580
3. Симбірський, Д. Ф. Температурна діагностика двигунів : плівкова термометрія і оптимальні оцінки. – Київ: Наукова думка, 1976. – 256 с.
4. Гусев, Ю. О. Високотемпературна тензометрія : монографія / Ю. О. Гусев. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 160 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510540954
5. Гусев, Ю. О. Тензометрія деталей двигунів літальних апаратів : навч. посіб. до лаб. робіт та диплом. проектування / Ю. О. Гусев, І. Ф. Кравченко; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т». – Харків. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2022. – 64 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510550442

12. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: <https://education.khai.edu/department/203>; <https://k203.khai.edu>.