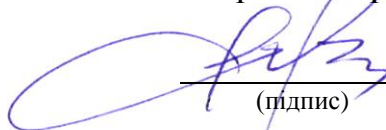


**Міністерство освіти і науки України**  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

*Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи

  
(підпис)

М. М. Орловський  
(ініціали та прізвище)

« 30 » серпня 2019

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ВИБІРКОВОЇ* НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ДІАГНОСТИКА ТА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ  
ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ТА АВІАДВИГУНІВ**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань**

27 «Транспорт»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність**

272 «Авіаційний транспорт»

(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма**

Технічне обслуговування  
та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

(найменування спеціальності)

**Форма навчання**

денна

**Рівень вищої освіти**

другий (магістерський)

**Харків 2019 рік**

Робоча програма Діагностика та системи контролю технічного стану повітряних суден та авіадвигунів

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт»

Технічне обслуговування

освітньою програмою та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

« 1 » червня 2019 р, \_\_\_\_\_ с.

Розробник: Чигрин Валентин Семенович, к.т.н., професор  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри  
конструкції авіаційних двигунів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2019 р.

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

  
(підпис)

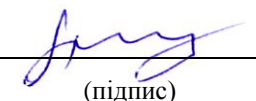
С. В. Єніфанов  
(ініціали та прізвище)

Програму погоджено на випускаючій кафедрі:

проекткування літаків та гелікоптерів

(назва кафедри)

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

  
(підпис)

О. Г. Гребеніков  
(ініціали та прізвище)

Протокол № 1 від “ 27 ” серпня 2019 року

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	<b>Галузь знань:</b> <u>27 «Транспорт»</u> (шифр і назва)	Цикл професійної підготовки (Дисципліна вільного вибору студента)
Кількість модулів – 2	<b>Спеціальність</b> 272 «Авіаційний транспорт» (шифр і назва)	<b>Навчальний рік</b> 2019 / 2020
Кількість змістових модулів – 2		<b>Семестр</b>
<b>Індивідуальне завдання</b>		
<b>Розрахунково-графічна робота на тему: «Аналіз технічного стану двигуна за його віброакустичними сигналами»</b> (назва)		
<b>Загальна кількість годин – денна – 57*/120</b>		
<b>Кількість тижневих годин для денної форми навчання:</b>  аудиторних – 4  самостійної роботи студента – 4,5		<b>Освітня програма</b> <i>Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів</i> (шифр і назва)
	<b>Рівень вищої освіти</b> <u>другий (магістерський)</u>	<b>150опс</b>
		<b>Лекції *</b> 32 год.
		<b>Практичні, семінарські *</b> -
		<b>Лабораторні *</b> 16 год.
		<b>Самостійна робота</b> 72 год.
		<b>Вид контролю</b> <i>іспит</i>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
для денної форми навчання: 48/72

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** формування у студентів наукової бази, теоретичних знань та практичних навичок щодо діагностування авіаційної техніки. Дослідження зміни стану повітряних суден та авіаційних газотурбінних двигунів.

**Завдання:** закріплення теоретичних знань і умінь, оволодіння методикою дослідження та проведення експериментів в реальних умовах практичної діяльності фахівців, розвиток творчих здібностей, уміння застосувати набуті знання на практиці.

### **Результати навчання:**

Після вивчення курсу студент **повинен:**

#### **знати:**

- основну термінологію двигунобудування, принципи роботи ГТД, основні параметри, що контролюються, для двигунів різних конструктивно-компонувальних схем та різного призначення;
- призначення, принцип роботи і особливості конструкції вузлів сучасних ГТД, характер зміни газодинамічних параметрів вздовж тракту двигуна;
- призначення, принципи роботи і особливості конструкції систем ГТД, параметри, які характеризують роботу систем;
- вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної гідності;
- статичні і динамічні навантаження, що діють на елементи ГТД, характерні зміни діагностичних параметрів під час появи небезпечних коливань або перевищенні навантажень;
- параметри, що контролюються під час випробувань двигуна та його експлуатації, способи їхньої реєстрації;
- сучасні способи і методи обробки діагностичної інформації, що реєструється;
- особливості експлуатації двигунів та їхніх систем;
- сполучення параметрів літального апарата та двигуна;
- системи контролю технічного стану ПС;
- принципи побудови методик діагностування ПС;
- методики, які застосовуються в експлуатації ПС, а також системи контролю технічного стану ПС та АД;
- правила техніки безпеки, які необхідно виконувати під час проведення випробування функціональних систем і авіаційних двигунів, вимірювання діагностичних параметрів;
- порядок проведення метрологічних перевірок засобів контролю;
- нормативну документацію з питань забезпечення точності вимірювання параметрів та розрахунків помилок і похибок.

#### **вміти:**

- вирішувати практичні задачі по обробці діагностичних параметрів та оцінки і прогнозування технічного стану ПС, їх систем та авіаційних двигунів;
- використовувати методи, за якими здійснюється діагностування авіаційної техніки на практиці;
- контролювати виконання підлеглими вимог техніки безпеки під час використання приладів та пристроїв, до складу яких входять частини з небезпечними для здоров'я людини елементами.
  - урахувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна;
  - визначати перелік параметрів двигуна і його систем для контролю стану двигуна й визначення причин його відмов;
  - використовувати методики діагностування виробів АТ, визначати ймовірні показники діагностування, розпізнавати поведінку графічних залежностей параметрів при наявності і розвитку відмов та несправностей.
  - обирати типи і характеристики датчиків та перетворювачів;
  - реєструвати, обробляти та аналізувати діагностичну інформацію, робити висновки про стан двигуна;
  - вирішувати практичні та теоретичні задачі з оцінки та прогнозування технічного стану ПС на основі даних бортових та наземних систем;

– здійснювати приведення діагностичних параметрів ГТД до умов польоту та до одного режиму роботи, згладжувати параметри та робити висновки щодо стану двигунів і їх агрегатів.

**Міждисциплінарні зв'язки:** Інженерний аналіз елементів авіаційної техніки, Інформаційні технології забезпечення процесів технічного обслуговування авіаційної техніки

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1

#### Змістовий модуль № 1

##### Лекційні заняття

**ТЕМА 1.** Вступ до дисципліни. Роль визначення технічного стану ПС та АД в експлуатації авіаційної техніки. Рекомендована література. Вимоги нормативних документів (АП-25, АП-29, АП-33, FAR-33 та ін.) з питань діагностики авіаційної техніки. Впровадження в системи обслуговування транспортних засобів технічного діагностування. Передбачення виникнення авіаційних пригод. Зниження витрат на експлуатацію ПС. Попередження екіпажу ПС про несправності АТ, що виникли у польоті.

**ТЕМА 2.** Аналіз розвитку систем діагностування авіаційної техніки при експлуатації ПС та АД. Технічний прогрес на транспорті та в авіаційно-космічній техніці. Основні тенденції розвитку авіаційних діагностичних систем. Підвищення кількості функцій, тенденція до поширення зв'язків діагностичних систем з іншими системами, тенденція до створення універсальних авіаційних діагностичних систем, модульність.

**ТЕМА 3.** Методи пошуку несправностей ПС та АД за діагностичною інформацією. Стратегії експлуатації ПС та АД. Види та засоби одержання інформації про ПС та АД при різних стратегіях експлуатації. Інформативність вимірюваних параметрів. Використання отриманої інформації для оцінки стану ПС та АД. Діагностування під час роботи об'єкта або в непрацюючому стані. Використання трендів, таблиць впливу та діагностичних матриць.

**ТЕМА 4.** Конструкція, схеми та принципи дії датчиків і сигналізаторів, які використовуються в експлуатації ПС та АД. Класифікація бортових вимірювально-обчислювальних комплексів (БВОК) та авіаційних приладів за призначенням. Фізичні принципи вимірювання параметрів систем ПС та АД. Умови роботи. Технічні характеристики та конструкція датчиків для вимірювання частот обертання, температур, витрат, лінійних та кутових пересувань, вібрації, сигналізаторів граничних значень параметрів та ін. Вплив відмов датчиків на результати діагностування. Сучасний стан авіаційних вимірювальних приладів.

**ТЕМА 5.** Основні відмови та несправності гідравлічних систем ПС та АД. Зовнішня негерметичність агрегатів. Фізична суттєвість появи внутрішньої негерметичності. Діагностування стану гідравлічної системи за витоком робочої рідини, пошук причин відмов. Виявлення пошкоджень агрегатів гідросистем. Діагностування гідравлічних насосів, клапанів, фільтрів.

**ТЕМА 6.** Використання методів діагностування, які базуються на реєстрації вібраційних параметрів. Термінологія, історія розвитку віброакустики та віброакустичної діагностики. Призначення і специфіка віброакустичної діагностики. Перелік задач віброакустичної діагностики і напрямки їхнього розв'язання. Структура систем віброакустичної діагностики.

**ТЕМА 7.** Вимірювальні перетворювачі вібрації. Класифікація вимірювальних перетворювачів. Перетворювачі інерційної дії. П'єзоелектричні перетворювачі. Індукційні і індуктивні перетворювачі. Частотний і динамічний діапазон перетворювачів різних типів, переваги та недоліки, умови використання та обмеження. Схеми перетворювачів. Вибір місць встановлення датчиків на об'єкті діагностування.

##### Модульний контроль

## Модуль 2

### Змістовий модуль № 2

#### Лекційні заняття

**ТЕМА 8.** Джерела вібрації ПС та АД. Роторна вібрація, вібрація аеродинамічного походження; вібрація, яка збуджується процесами в газоповітряному тракті; вібрація, яка збуджується редукторами і зубчастими передачами; вібрація підшипникових вузлів; вібрація, яка збуджується коливаннями лопаток і дисків. Акустичний шум ГТД. Вібрація агрегатів і трубопроводів. Вібрація силового корпусу ГТД. Особливості вібрації в авіаційних ДВЗ. Приклади реальних віброакустичних сигналів справних і дефектних об'єктів. Типові несправності, які можливо діагностувати за результатами обробки вібрацій.

**ТЕМА 9.** Методи оброблення вібросигналів. Класифікація і способи зображення віброакустичних процесів. Спектрально-кореляційний аналіз віброакустичних процесів. Характеристики випадкових процесів. Кліпування спектру і синхронна гребінчаста фільтрація. Кепстральний аналіз. Виявлення схованої періодичності за допомогою функції кореляції.

**ТЕМА 10.** Моделювання у віброакустиці. Математичні моделі вібрації. Динамічна модель ГТД. Моделі вібрації агрегатів. Особливості коливань параметричних і нелінійних систем.

**ТЕМА 11.** Розпізнавання технічного стану елементів та систем двигуна за віброакустичною інформацією. Розпізнавання за зміною вібрації у процесі роботи об'єкта на підставі еталонних комплексів діагностичних ознак, методами статистичної класифікації. Розпізнавання за обмеженої кількості діагностичних ознак. Діагностування технічного стану підшипників.

**ТЕМА 12.** Перспективи розвитку віброакустичної діагностики.

#### 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>					
Вступ до дисципліни.	4	2	-	-	2
Аналіз розвитку систем діагностування авіаційної техніки при експлуатації ПС та АД.	5	2	-	-	4
Методи пошуку несправностей ПС та АД за діагностичною інформацією.	7	2	-	2	6
Конструкція, схеми та принципи дії датчиків і сигналізаторів, які використовуються в експлуатації ПС та АД.	7	2	-	2	4
Основні відмови та несправності гідравлічних систем ПС та АД. Зовнішня негерметичність агрегатів.	9	2		2	4
Використання методів діагностування, які базуються на реєстрації вібраційних параметрів.	7	2	-	-	4
Вимірювальні перетворювачі вібрації, їх частотний і динамічний діапазон.	7	1	-	2	4
<b>Модульний контроль</b>	1	1	-	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>47</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>26</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 2</b>					
Джерела вібрації ПС та АД.	8	2	-	2	4
Методи оброблення вібросигналів	10	4	-	2	5
Моделювання у віброакустиці	10	4	-	2	4
Розпізнавання технічного стану елементів та систем двигуна за віброакустичною інформацією.	17	4	-	2	8
Перспективи розвитку віброакустичної діагностики	7	3	-	-	3
<b>Модульний контроль</b>	1	1	-	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>53</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>24</b>
<b>Індивідуальне завдання</b>					
<b>Розрахунково-графічна робота на тему: «Аналіз технічного стану двигуна за його віброакустичними сигналами»</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20</b>
<b>Контрольний захід</b>					
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>72</b>

## 5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Формування таблиці впливу, побудова та аналіз діагностичної матриці турбовального ГТД	2
2	Вивчення призначення, типів, характеристик і конструкції датчиків та сигналізаторів	2
3	Діагностування вузлів турбовального ГТД за параметрами паливної системи і системи змащування. Огляд і технічне обслуговування палив-	2

	них і мастильних фільтрів	
4	Типи, конструкція, характеристики та галузі використання перетворювачів вібрації різних типів	2
5	Джерела вібрації ПС та АД, розрахунок частот збудження вібрації у авіаційному двигуні	2
6	Вимірювання вібрації турбореактивного двигуна під час його роботи. Оцінка стану ГТД за загальним рівнем вібрації	2
7	Побудова моделі підшипникового вузла для діагностики за вібраційними сигналами. Експериментальне дослідження стану підшипників, визначення дефектів вузла	2
8	Методи візуального діагностування. Маршрути огляду літака і вертольота. Оцінка технічного стану проточної частини двигуна за допомогою оптичних ендоскопів	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Роль визначення технічного стану ПС та АД в експлуатації авіаційної техніки ([1], стор.5 – 8; [2], стор.7 – 24; [4], стор.41– 46 )	2
2	Аналіз розвитку систем діагностування авіаційної техніки ([1], стор. 8 – 16; [4], стор. 441 – 461)	4
3	Методи пошуку несправностей ПС та АД за діагностичною інформацією ([1], стор. 91 – 93, [4], стор. 87 – 92)	6
4	Конструкція, схеми та принципи дії датчиків і сигналізаторів, які використовуються в експлуатації ПС та АД ([1], стор. 27 – 41, [2], стор. 59 – 128, [5], стор. 42 – 55)	4
5	Основні відмови та несправності гідравлічних систем ПС та АД. Побудова діагностичної моделі гідравлічної системи ([4], стор. 211 – 223, [2], стор. 343 - 345, 650 – 656, [4], стор. 211 – 223)	4
6	Використання методів діагностування, які базуються на реєстрації вібраційних параметрів ([2], стор. 128 – 140, [4], стор. 243 – 274, 432 – 440, [5], стор. 5 – 30)	4
7	Вимірювальні перетворювачі вібрації ([2], стор. 131 – 133, [5], стор. 42 – 53)	4
8	Джерела вібрації ПС та АД ([4], стор.243 - 274, [5], стор.18 – 32)	4
9	Методи оброблення вібросигналів ([5], розділ 7)	5
10	Моделювання у віброакустиці ([4], розділ 4.3, [5], розділ 5)	4
11	Розпізнавання технічного стану елементів та систем двигуна за віброакустичною інформацією ([5], розд. 8)	8
12	Інструментальні методи діагностування. Перспективи розвитку віброакустичної діагностики ([1], гл. 4, [4], гл. 6, [5], розд. 9)	3
13	Розрахунково-графічна робота	20
	<b>Разом</b>	<b>72</b>

### 7. Індивідуальні завдання

1. Розрахунково-графічна робота на тему: «Аналіз технічного стану двигуна за його віброакустичними сигналами».



Опис конструкції двигуна, розрахунок частот у залежності від режиму роботи і конструктивних особливостей.

Визначення амплітуд спектральних складових для справного двигуна, побудова «маски».

Аналіз віброграм несправних двигунів, визначення імовірної причини несправності.

Оформлення пояснювальної записки, захист роботи.

## 8. Методи навчання

*Основні форми навчання:*

- лекційна;
- лабораторні роботи;
- домашнє завдання (розрахунково-графічна робота);
- індивідуальна самостійна робота студента;
- іспит.

На лекції студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання лабораторних робіт, самостійної роботи.

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

Проведення лабораторних робіт базується на словесному (аналітичному) описанні об'єкта (літака, двигуна, системи або вузла) й на матеріальному його відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (розрізні макети, плакати лабораторні досліджувані установки та ін.). Під час проведення лабораторних робіт 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, виконують домашню розрахунково-графічну роботу.

### Питання для самостійної роботи студентів

#### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1

1. Впровадження в системи обслуговування ПС засобів технічного діагностування.
2. Попередження виникнення авіаційних подій.
3. Попередження екіпажу ПС про несправності, що виникли в польоті.
4. Збільшення кількості функцій, розширення зв'язків діагностичних систем з іншими системами ПС і АД.
5. Види і способи отримання інформації про ПС і АД при різних стратегіях експлуатації.
6. Інформативність параметрів, що вимірюються.
7. Діагностика при роботі об'єкта або на об'єкті, який не працює.
8. Використання трендів, таблиць впливу і діагностичних матриць.
9. Класифікація бортових вимірювально-обчислювальних комплексів і авіаційних приладів.
10. Фізичні принципи вимірювання параметрів систем ПС і АД, умови роботи. Капілярні методи. Оптичні ендоскопи.
11. Технічні характеристики і конструкція датчиків для вимірювання параметрів ПС і АД.
12. Вплив відмов датчиків на режими роботи двигуна і результати діагностування.
13. Діагностування стану гідравлічних систем ПС і АД.
14. Класифікація відмов і несправностей.
15. Методи визначення причин відмов: послідовний аналіз.
16. Методи визначення причин відмов: метод послідовних виключень.
17. Методи визначення причин відмов: метод «трудовитрати - ймовірність».
18. Методи визначення причин відмов: метод послідовного розподілу на підгрупи.

19. Методи визначення причин відмов: метод послідовних відключень.
20. Основні вимоги, що пред'являються до неруйнуючих методів контролю і дефектоскопії.
21. Датчики частоти обертання.
22. Датчики температури.
23. Датчики тиску.
24. Системи вимірювання витрати палива.
25. Вимірювання лінійних та кутових переміщень. Рівнеміри.
26. Сигналізатори, які використовуються в системах контролю двигунів.
27. Аналого-цифрові перетворювачі.

## **Модуль 2**

### **Змістовий модуль 2**

28. Специфіка і завдання виброакустичної діагностики.
29. Класифікація вібраційних процесів (низькочастотні, середньочастотні, високочастотні).
30. Параметри, що характеризують вібрації ГТД.
31. Вибір діагностичних параметрів вібрації.
32. Логарифмічна частотна шкала.
33. Лінійний і логарифмічний амплітудні масштаби.
34. Роторна вібрація.
35. Вібрація аеродинамічного походження.
36. Вібрація, яка збуджується процесами у газоповітряному тракті.
37. Вібрація в редукторах і зубчастих зачеплення.
38. Акустичний шум ГТД.
39. Вібрація агрегатів і трубопроводів.
40. Вібрація підшипникових вузлів.
41. Вібрація силового корпусу.
42. Параметри вимірювальних перетворювачів вібрації.
43. Класифікація вимірювальних перетворювачів вібрації.
44. П'єзоелектричні перетворювачі.
45. Індукційні перетворювачі вібрації.
46. Індуктивні перетворювачі вібрації.
47. Резистивні перетворювачі вібрації.
48. Вимірювання акустичного шуму.
49. Розпізнавання дефектів за зміною вібрації в процесі напрацювання.
50. Розпізнавання дефектів на основі еталонних комплексів діагностичних ознак.
51. Розпізнавання дисбалансу мас ротора.
52. Розпізнавання розцентрувань роторів.
53. Технологічний і теплової дисбаланс ротора.
54. Методи діагностики дефектів підшипників.
55. Діагностика підшипників по загальному рівню вібрації.
56. Діагностика підшипників за спектрами вібрації.
57. Діагностика підшипників з використанням пік-фактора.
58. Діагностика підшипників за спектрами обвідної.

## **9. Методи контролю**

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Методи пошуку несправностей ПС та АД за діагностичною інформацією..
2. Розпізнавання технічного стану елементів та систем двигуна за виброакустичною інформацією.

**Складання модулю 1 – на 9-му тижні (один раз), складання модулю 2 – на 16-му тижні (один раз).**

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

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

Строк захисту домашнього завдання – *15-й* тиждень. Затримка захисту домашнього завдання на тиждень – мінус *2* бали, на 2 тижні – мінус *4* бали.

Семестр 2 – *іспит*.

## 10. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

### 10.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Модуль 1</b>			
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	7	0...3,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4...6	4	16...24
Модульний контроль	5...7,5	1	5...7,5
<b>Модуль 2</b>			
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	9	0...4,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	6...8	4	24...32
Модульний контроль	5...8,5	1	5...8,5
Виконання і захист РГР	10...20	1	10...20
<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, а також виконання та успішного захисту домашнього завдання.

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

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних запитань. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

Перше запитання - змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Третє запитання – тематика розрахунково-графічної роботи.

Додаткове практичне запитання стосується оптимізації системи діагностування за діагностичною або віброакустичною інформацією і надається у вигляді готової діагностичної таблиці або графіка вібраційного процесу стосовно системи або вузла двигуна, яку необхідно проаналізувати та сформулювати припущення щодо імовірної причини відмови.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

### 10.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

**знати:**

– призначення, принцип роботи і особливості конструкції вузлів сучасних ГТД, характер зміни газодинамічних параметрів вздовж тракту двигуна;

– призначення, принципи роботи і особливості конструкції систем ГТД, параметри, які характеризують роботу систем;

– вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної гідності;

- статичні и динамічні навантаження, що діють на елементи ГТД, характерні зміни діагностичних параметрів під час появи небезпечних коливань або перевищенні навантажень;
- параметри, що контролюються під час випробувань двигуна та його експлуатації, способи їхньої реєстрації;
- сучасні способи і методи обробки діагностичної інформації, що реєструється;
- особливості експлуатації двигунів та їхніх систем;
- сполучення параметрів літального апарата та двигуна;
- системи контролю технічного стану ПС;
- принципи побудови методик діагностування ПС;
- методики, які застосовуються в експлуатації ПС, а також системи контролю технічного стану ПС та АД;
- порядок проведення метрологічних перевірок засобів контролю.

**вміти:**

- вирішувати практичні задачі по обробці діагностичних параметрів та оцінки і прогнозування технічного стану ПС, їх систем та авіаційних двигунів;
- використовувати методи, за якими здійснюється діагностування авіаційної техніки на практиці;
- урахувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна;
- визначати перелік параметрів двигуна і його систем для контролю стану двигуна й визначення причин його відмов;
- використовувати методики діагностування виробів АТ, визначати ймовірні показники діагностування, розпізнавати поведінку графічних залежностей параметрів при наявності і розвитку відмов та несправностей.
- обирати типи і характеристики датчиків та перетворювачів;
- реєструвати, обробляти та аналізувати діагностичну інформацію, робити висновки про стан двигуна;
- вирішувати практичні та теоретичні задачі з оцінки та прогнозування технічного стану ПС на основі даних бортових та наземних систем.

### 10.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та захистити індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу). Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати сучасні способи і методи обробки діагностичної інформації, що реєструється, особливості експлуатації двигунів та їхніх систем, системи контролю технічного стану ПС, принципи побудови методик діагностування ПС;

**Добре (75-89).** Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати вимоги норм льотної гідності, об'єкт діагностування; характер зміни газодинамічних параметрів вздовж тракту двигуна; принципи роботи і особливості конструкції систем ГТД, параметри, які характеризують роботу систем; навантаження, що діють на елементи ГТД, характерні зміни діагностичних параметрів під час появи небезпечних коливань або перевищенні навантажень; параметри, що контролюються під час експлуатації двигуна, способи їхньої реєстрації; сучасні способи і методи обробки діагностичної інформації, що реєструється; системи контролю технічного стану ПС; принципи побудови методик діагностування ПС; нормативну документацію з питань забезпечення точності вимірювання параметрів та розрахунків помилок і похибок.

**Відмінно (90-100).** Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре або відмінно захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре»). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати вимоги норм льотної гідності, об'єкт діагностування і основні параметри, що контролюються, для двигунів різних конструктивно-компонувальних схем та різного

призначення; характер зміни газодинамічних параметрів вздовж тракту двигуна; принципи роботи і особливості конструкції систем ГТД, параметри, які характеризують роботу систем; навантаження, що діють на елементи ГТД, характерні зміни діагностичних параметрів під час появи небезпечних коливань або перевищенні навантажень; параметри, що контролюються під час випробувань двигуна та його експлуатації, способи їхньої реєстрації; сучасні способи і методи обробки діагностичної інформації, що реєструється; системи контролю технічного стану ПС; принципи побудови методик діагностування ПС; методики, які застосовуються в експлуатації ПС, а також системи контролю технічного стану ПС та АД; нормативну документацію з питань забезпечення точності вимірювання параметрів та розрахунків помилок і похибок.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	Для іспиту	Для заліку
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
01-59	Незадовільно	Не зараховано

### 11. Методичне забезпечення

1. Дидактичні матеріали (наочні посібники, плакати, ТЗН).
2. Розрізні макети газотурбінних двигунів в аудиторіях 103 та 124.
3. Лабораторне обладнання лабораторії динаміки та міцності елементів ГТД.
4. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
5. Програми ПЕОМ з обробки різної діагностичної інформації з метою оцінки технічного стану двигуна.
6. Розрізні макети датчиків тиску, температури, частоти обертання ротору, вібрацій та ін..
7. Комплект оптичних ендоскопів.

### 12. Рекомендована література

#### Базова

1. Чигрин В.С. Віброакустика і вібродіагностика авіаційних двигунів / В.С. Чигрин, С.І. Суховій. – Х.: ХАИ, 2012. – 286 с.
2. Лозицкий Л.П. Практическая диагностика авиационных газотурбинных двигателей / Л.П. Лозицкий, В.П. Степаненко, В.Ф. Лапшов, М.Д. Авдошко, А.В. Тарасенко. – М.: Транспорт. 1985. – 102 с.
3. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В. Ключев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др.; под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
4. Технология эксплуатации, диагностики и ремонта газотурбинных двигателей: Учеб. пособие / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, К.А. Малиновский, В.Г. Попов. – М.: Высшая школа: 2002. – 305 с.
5. Новиков А.С. Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей / А.С. Новиков, А.Г. Пайкин, Н.Н. Сиротин; под ред. Н.Н. Сиротина. – М.: Наука, 2007. – 469 с.
6. Чигрин В.С. Віброакустика авіаційних двигателів / В.С. Чигрин, Д.Ф. Симбірський, А.В. Белогуб. – Х.: ХАИ, 2000. – 118 с.
7. Чигрин, В.С. Віброакустика авіаційних двигунів. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / В.С. Чигрин, О.І. Скрипка. – Х. : Держ. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 1999. – 16 с.
8. Чигрин В.С., Гусев Ю.А., Бугаенко О.М., Попуга А.И. Віброакустика авіаційних двигателів. – Х.: ХАИ, 2014. – 52 с.

**Допоміжна**

1. Смирнов Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. – М.: Транспорт. 1987. – 232 с.
2. Рыбалко В.В. Безотказность и диагностика газотурбинных установок / В.В. Рыбалко. – СПб.: СПбГТУРТ, 2006. – 185 с.
3. Кеба И.В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей / И.В. Кеба. – М.: Транспорт. 1980. – 240 с.
4. Сиротин Н.Н. Техническая диагностика авиационных газотурбинных двигателей / Н.Н. Сиротин, Ю.В. Коровкин. – М.: Машиностроение. 1979. – 272 с.
5. Ямпольский В.И. Контроль и диагностирование гражданской авиационной техники / Ямпольский В.И., Белоконь Н.И., Полипосян Б.Н. – М.: Транспорт. 1990. – 182с.
6. Гишваров А.С. Анализ эксплуатационных разрушений летательных аппаратов и двигателей / А.С. Гишваров. – Уфа: УГАТУ, 2003. – 289 с.