


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) Олександр БІЛОГУБ  
(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

***Конструкція і динаміка АД та ЕУ***

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань**

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність**

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма**

Авіаційні двигуни та енергетичні установки

(найменування освітньої програми)

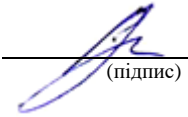
**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти**

перший (бакалаврський)

**Харків 2023 рік**

Розробник Олександр ГАРКУША, доцент каф. 203, к.т.н.  
(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 ЄПІФАНОВ  
(ім'я та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 6,5	<p><b>Галузь знань</b> <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування)</p> <p><b>Спеціальність</b> <u>134</u> <i>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</i> (код і найменування)</p> <p><b>Освітня програма</b> <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</i> (найменування)</p> <p><b>Рівень вищої освіти</b> <u>перший (бакалаврський)</u></p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b> 2023 / 2024
Кількість змістових модулів – 2		<b>Семестр</b> 8 (б)-й
<b>Індивідуальне завдання</b>  (назва)		
<b>Загальна кількість годин – 60*/195</b>		<b>Лекції*</b> 24 год.
<b>Кількість тижневих годин для денної форми навчання:</b> аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 11,25		<b>Практичні, семінарські*</b> 12 год.
		<b>Лабораторні*</b> 24 год.
		<b>Самостійна робота</b> 135 год.
		<b>Вид контролю</b> модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
для денної форми навчання: 60\*/135

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

- 1) У – для студентів, що навчаються українською мовою
- 2) ІНУМ – для студентів-іноземців, що навчаються українською мовою.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** надбання здобувачами знань з конструкції авіадвигунів. Вирішується задача формування у здобувачів початкових уявлень про моделі міцностної надійності елементів АД на підставі попередньо вивчених теоретичних курсів.

**Завдання:** вивчити теоретичний курс, виконати лабораторні та практичні роботи і курсовий проект «Компресор ГТД».

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

### Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з розробкою, виробництвом та сертифікацією авіаційної та ракетно-космічної техніки, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерних наук, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

### Загальні компетентності:

- ЗК 1. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 2. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- ЗК 3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 4. Здатність працювати у команді.
- ЗК 5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК 6. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК 7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

### Спеціальні (фахові) компетентності:

- ФК1. Здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно- космічної техніки.
- ФК2. Здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем.
- ФК3. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК4. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.
- ФК5. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.
- ФК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

### Програмні результати навчання:

- ПРН1. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань.
- ПРН2. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.
- ПРН3. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі.
- ПРН4. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.
- ПРН6. Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.
- ПРН7. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

- ПРН8. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики.
- ПРН9. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.
- ПРН10. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).
- ПРН11. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.
- ПРН12. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ПРН13. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та систем авіаційної та ракетно- космічної техніки.
- ПРН14. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно- космічної техніки.

**Пререквізити** – *Вища математика, Фізика, Теорія повітряно-реактивних двигунів, деталі машин та основи конструювання, Загальний устрій авіаційних двигунів і енергетичних установок, Конструкція і міцність АД та ЕУ, Хімія і основи екології, Інженерне матеріалознавство, Авіаційне матеріалознавство, Механіка матеріалів та конструкцій, Технології конструкційних матеріалів.*

**Кореквізити** – *Комп'ютерно-інтегровані системи проектування, Надійність і ресурс АД та ЕУ.*

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1

##### Змістовий модуль 1

**ТЕМА 1.** Критична частота обертання невагомого вала з одним диском. Поняття «жорсткого» та «гнучкого» вала. Визначення частот власних поперечних коливань не обертового вала з одним диском. Поняття про види прецесії валів.

**ТЕМА 2.** Фактори, що впливають на критичні оберти роторів. Вплив сил що розтягують або спирають вал. Вплив обертового моменту. Гіроскопічний момент та його вплив на критичні оберти. Визначення критичних обертів роторів з урахуванням гіроскопічного моменту.

**ТЕМА 3.** Визначення власних частот поперечних коливань валів, що несуть низку дисків (багатодискового ротору). Вимушені коливання обертових роторів, їх причини. Визначення критичних частот обертання ротора за допомогою частотної діаграми.

**ТЕМА 4.** Конструктивні засоби боротьби з критичними частотами обертання валів. Зведення дійсної механічної системи до еквівалентної розрахункової системи. Вплив особливостей реальної пружної системи на її власні коливання.

**ТЕМА 5.** Вплив шарнірного з'єднання на критичні оберти роторів.

#### Модуль 2

##### Змістовий модуль 2

**ТЕМА 6.** Призначення та основні характеристики редукторів. Класифікація. Кінематична схема редуктора для привода одного повітряного гвинта. Вимірювачі крутильного моменту. Кінематична схема редуктора для привода двох соосних гвинтів. Конструкція редукторів. Розрахунок на міцність вала повітряного гвинта.

**ТЕМА 7.** Приводи агрегатів. Розташування агрегатів. Конструкція коробки агрегатів. Додаткові механізми.

**ТЕМА 8.** Особливості роботи та конструкція опор роторів ГТД. Конструкція підшипників. Газові та мастильні ущільнення. Підбір підшипників кочення, їх посадка у корпусі та на валі. Пружні та демпферні опори роторів. Розрахунок контактного та лабіринтового ущільнення. Мащення та охолодження підшипників. Розрахунки теплового стану підшипника.

**ТЕМА 9.** Конструкція демпферів опор роторів. Особливості роботи. Розрахунок елементів демпферних опор.

**ТЕМА 10.** Профілювання та характеристики повітряних гвинтів. Режими роботи гвинта. Сили та моменти діючі на лопасті гвинтів. Розрахунок міцності лопастей гвинта.

**ТЕМА 11.** Призначення та основні характеристики гвинтів змінного кроку. Конструкція втулок прямої та зворотної дії. Механізація втулок ГЗК.

**ТЕМА 12.** Крутильні коливання валів. Власні та вимушені коливання валів. Демпфери крутильних коливань.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	денна форма			
		у тому числі			
1	2	л	лаб	п	с.р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1</b>					
<b>ТЕМА 1.</b> Критична частота обертання невагомго вала з одним диском. Поняття «жорсткого» та «гнучкого» вала. Визначення частот власних поперечних коливань не обертового валу з одним диском. Поняття про види прецесії валів	18	2	4	-	12
<b>ТЕМА 2.</b> Фактори, що впливають на критичні оберти роторів. Вплив сил що розтягують або спирають вал. Вплив обертового моменту. Гіроскопічний момент та його вплив на критичні оберти. Визначення критичних обертів роторів з урахуванням гіроскопічного моменту	18	2	2	2	12
<b>ТЕМА 3.</b> Визначення власних частот поперечних коливань валів, що несуть низку дисків (багатодискового ротору). Вимушені коливання обертових роторів, їх причини. Визначення критичних частот обертання ротора за допомогою частотної діаграми	12	2	-	-	10
<b>ТЕМА 4.</b> Конструктивні засоби боротьби з критичними частотами обертання валів. Зведення дійсної механічної системи до еквівалентної розрахункової системи. Вплив особливостей реальної пружної системи на її власні коливання	20	2	4	2	12
<b>ТЕМА 5.</b> Вплив шарнірного з'єднання на критичні оберти роторів	15	2	1	2	10
<b>Модульний контроль</b>	1	-	1	-	-
<b>Усього годин за змістовим модулем 1</b>	<b>84</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>56</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 2</b>					
<b>ТЕМА 6.</b> Призначення та основні характеристики редукторів. Класифікація. Кінематична схема редуктора для привода одного повітряного гвинта. Вимірювачі крутильного моменту. Кінематична схема редуктора для привода двох соосних гвинтів. Конструкція редукторів. Розрахунок на міцність вала повітряного гвинта	14	2	-	-	12
<b>ТЕМА 7.</b> Приводи агрегатів. Розташування агрегатів. Конструкція коробки агрегатів. Додаткові механізми	16	2	2	2	10

<b>ТЕМА 8.</b> Особливості роботи та конструкція опор роторів ГТД. Конструкція підшипників. Газові та мастильні ущільнення. Підбір підшипників кочення, їх посадка у корпусі та на валі. Пружні та демпферні опори роторів. Розрахунок контактного та лабіринтового ущільнення. Мащення та охолодження підшипників. Розрахунки теплового стану підшипника	16	2	2	-	12
<b>ТЕМА 9.</b> Конструкція демпферів опор роторів. Особливості роботи. Розрахунок елементів демпферних опор	18	2	2	2	12
<b>ТЕМА 10.</b> Профілювання та характеристики повітряних гвинтів. Режими роботи гвинта. Сили та моменти діючі на лопаті гвинтів. Розрахунок міцності лопатей гвинта	15	2	2	-	11
<b>ТЕМА 11.</b> Призначення та основні характеристики гвинтів змінного кроку. Конструкція втулок прямої та зворотної дії. Механізація втулок ГЗК	18	2	2	2	12
<b>ТЕМА 12.</b> Крутильні коливання валів. Власні та вимушені коливання валів. Демпфери крутильних коливань	13	2	1	-	10
<b>Модульний контроль</b>	1	-	1	-	-
<b>Усього годин за змістовим модулем 2</b>	<b>111</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>79</b>
<b>Усього годин у семестрі</b>	<b>195</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>135</b>

#### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	<b>Разом</b>	

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення на лабораторній установці критичної частоти обертання валу з диском. Конструктивні засоби боротьби з критичними частотами обертання валів.	2
2	Пружні та демпферні опори роторів. Конструкція демпферів опор роторів. Визначення жорсткості пружного елемента опори типу біляче колесо.	2
3	Конструкція демпферів опор роторів. Особливості роботи. Розрахунок елементів демпферних опор.	2
4	Вплив шарнірного з'єднання на критичні оберти роторів.	2
5	Приводи агрегатів. Розташування агрегатів. Конструкція коробки агрегатів. Додаткові механізми.	2
6	Призначення та основні характеристики гвинтів змінного кроку. Конструкція механізму втулок ГЗК.	2
	<b>Разом</b>	<b>12</b>

#### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Критична частота обертання невагомго вала з одним диском.	4
2	Вплив факторів на критичні оберти роторів. Вплив сил що розтягують або спірають вал.	2

3	Особливості роботи та конструкція опор роторів ГТД. Конструкція підшипників.	2
4	Конструкція демпферів опор роторів. Особливості роботи. Розрахунок елементів демпферних опор.	4
5	Вплив шарнірного з'єднання на критичні оберти роторів.	2
6	Конструкція редукторів. Розрахунок на міцність вала повітряного гвинта.	2
7	Приводи агрегатів. Розташування агрегатів.	2
8	Профільювання та характеристики повітряних гвинтів.	2
9	Призначення та основні характеристики гвинтів змінного кроку.	2
10	Конструкція втулок прямої та зворотної дії. Механізація втулок ГЗК.	2
	<b>Разом</b>	<b>24</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Критична частота обертання невагомого вала з одним диском. Поняття «жорсткого» та «гнучкого» вала.	12
2	Фактори що впливають на критичні оберти роторів. Вплив сил що розтягують або спирають вал. Вплив обертового моменту.	12
3	Визначення власних частот поперечних коливань валів	10
4	Конструктивні засоби боротьби з критичними частотами обертання валів. Вплив особливостей реальної пружної системи на її власні коливання	12
5	Особливості роботи та конструкція опор роторів ГТД. Газові та мастильні ущільнення. Пружні та демпферні опори роторів.	12
6	Конструкція демпферів опор роторів. Особливості роботи. Розрахунок елементів демпферних опор.	12
7	Вплив шарнірного з'єднання на критичні оберти роторів.	10
8	Призначення та основні характеристики редукторів. Класифікація. Кінематична схема редуктора	12
9	Приводи агрегатів. Розташування агрегатів. Конструкція коробки агрегатів. Додаткові механізми.	10
10	Профільювання та характеристики повітряних гвинтів. Режими роботи гвинта. Сили та моменти діючі на лопаті гвинтів. Розрахунок міцності лопатей гвинта	11
11	Призначення та основні характеристики гвинтів змінного кроку. Конструкція втулок прямої та зворотної дії. Механізація втулок ГЗК.	12
12	Крутильні коливання валів. Власні та вимушені коливання валів. Демпфери крутильних коливань.	10
	<b>Разом</b>	<b>135</b>

### 9. Індивідуальні завдання

Немає.

### 10. Методи навчання

Вивчення теоретичного матеріалу по курсу «Конструкція і динаміка АД та ЕУ», лабораторні та практичні заняття, вивчення конструкції вузлів ГТД та методів розрахунків частот коливань деталей ГТД.

### Питання для самостійної роботи студентів

#### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1

1. Поняття критичної швидкості обертання валу.
2. Критичні швидкості обертання ротору і їх експериментальне визначення.



3. Конструктивні фактори, що впливають на значення критичних швидкостей обертання ротору.
4. Графік зміни величини прогину вала в залежності від його частоти обертання. Поняття «жорсткий» та «гнучкий» вал. Навести приклади жорстких и гнучких валів сучасних двигунів.
5. Власні вигинисті коливання однодискового ротора, що не обертається.
6. Зв'язок критичної швидкості обертання ротора з частотою власних вигинистих коливань.
7. Прецесійний рух однодискового ротора, що обертається.
8. Поняття прямої і зворотної синхронної прецесії.
9. Рух ротора і дія гіроскопічного моменту при прямій прецесії.
10. Рух ротора і дія гіроскопічного моменту при зворотній прецесії.
11. Критичні швидкості обертання багатодискових роторів.
12. Розрахунок критичних швидкостей обертання багатодискових роторів.
13. Визначення можливих резонансів і критичних швидкостей обертання ротора.
14. Роторні коливання у багатовальних двигунах. Поняття лінії ковзання роторів.
15. Навести на прикладі побудови частотної діаграми вплив пружності опор на критичні швидкості обертання роторів.
16. Конструктивні засоби боротьби з небезпечними вигинистими коливаннями роторів.
17. Пружні елементи. Пружні опори.
18. Опори з пружними кільцевими елементами. Розрахунок елемента пружного кільця, визначення коефіцієнта жорсткості.
19. Опори із стержневими пружними елементами – типу «біляче колесо». Розрахунок стержневого елемента «білячого колеса», визначення коефіцієнта жорсткості.
20. Гідродинамічна демпферна опора ГТД. Особливості конструкції.
21. Підшипники авіаційних ГТД.
22. Ущільнення опор.

## Модуль 2

### Змістовий модуль 2

23. Призначення та основні характеристики редукторів. Класифікація. Кінематична схема редуктора.
24. Приводи агрегатів. Розташування агрегатів. Конструкція коробки агрегатів. Додаткові механізми.
25. Переваги і недоліки турбогвинтових двигунів. Класифікація гвинтів. Вимоги до повітряних гвинтів.
26. Геометричні характеристики повітряного гвинта. Багатокутник швидкостей. Тяга і потужність гвинта.
27. Аеродинамічні характеристики повітряних гвинтів при постійному і змінному куті установки лопатей.
28. Режими роботи повітряних гвинтів.
29. Сили і моменти, що діють на лопаті повітряних гвинтів. Урівноваження гвинтів.
30. Зміна положення лопатей повітряних гвинтів. Гвинти прямої, зворотної і двосторонньої дії.
31. Негативна тяга повітряного гвинта. Умови її виникнення і загальна характеристика способів її відвертання.
32. Фіксація кутів установки лопатей.
33. Проміжний упор лопатей.
34. Негативна тяга повітряного гвинта. Флюгування лопатей.
35. Форми власних коливань лопатей. Крутильні коливання роторів.

## 11. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі.

1. Коливання роторів ГТД. Підшипники роторів, пружно - демпферні опори.
2. Редуктори ГТД і ТВАД. Приводи агрегатів. Режими роботи повітряних гвинтів.

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

08 семестр – *іспит*.

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

### 12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (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...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...4	7	21...28
Модульний контроль	6...12	1	6...12
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...4	9	27...36
Модульний контроль	6...12	1	6...12
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

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

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

Білет для іспиту складається з трьох запитань. Запитання розподілено таким чином:

Перше запитання – змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Третє запитання – змістовий модуль 3.

Додаткове запитання стосується аналізу впливу конструкційних і експлуатаційних факторів на частоти і форми коливань деталей ГТД.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

**знати:**

–конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної придатності, конструкцію вузлів та деталей цих двигунів;

–навантаження (статичні і динамічні), які діють на елементи ГТД, методи розрахунків деталей ГТД коливання, конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми динамічної міцності;

–методи визначення та аналізу сил вимушених коливань та сил демпфування, визначення резонансних режимів роботи двигуна, інженерні засоби боротьби з резонансами;

–вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на частоти і форми коливань елементів ГТД;

–з позиції користувача ПЕОМ – сучасний стан САПР-Д і перспективи його розвитку, використання його для розрахунків коливань.

**вміти:**

–обґрунтовувати вибір типа двигуна для конкретного літального апарата;

- виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій двигунів;
- формувати технічні вимоги щодо розробки двигуна для конкретного типу літального апарата.
- визначати статичні і динамічні навантаження, які діють на елементи ГТД і літак від двигуна;
- обирати конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми міцності;
- виконувати розрахунки основних деталей двигуна на міцність;
- аналізувати вплив конструкційних і експлуатаційних факторів на напружено-деформований стан деталей двигуна;
- оцінювати вплив режимів роботи двигуна на малоциклову втому його деталей;
- урахувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна.

### 12.3. 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. Мати уяву про вимоги норм льотної гідності; конструкцію авіаційних ГТД різних типів.

Мати уяву про критичні швидкості обертання ротору; конструктивні фактори, що впливають на значення критичних швидкостей обертання ротору; мати поняття про «жорсткий» та «гнучкий» вал; власні вигинисті коливання однодискового ротора, що не обертається; прецесійний рух однодискового ротора, що обертається, мати поняття про пряму і зворотню синхронну прецесію; рух ротора і дія гіроскопічного моменту при прямої і зворотній прецесії; мати уяву про критичні швидкості обертання багатодискових роторів; конструктивні засоби боротьби з небезпечними вигинистими коливаннями роторів; знати принципи роботи пружних елементів, пружних опор, особливості конструкції гідродинамічних демпферних опор ГТД; підшипники авіаційних ГТД; класифікацію гвинтів ГТД, вимоги до повітряних гвинтів; сили і моменти, що діють на лопаті повітряних гвинтів; форми власних коливань лопатей; крутильні коливання роторів.

**Добре (75-89).** Твердо опанувати мінімум знань та умінь. 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; конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів.

Знати критичні швидкості обертання ротору; конструктивні фактори, що впливають на значення критичних швидкостей обертання ротору; поняття «жорсткий» та «гнучкий» вал; власні вигинисті коливання однодискового ротора, що не обертається; прецесійний рух однодискового ротора, що обертається, поняття прямої і зворотної синхронної прецесії; рух ротора і дія гіроскопічного моменту при прямої і зворотній прецесії; критичні швидкості обертання багатодискових роторів; конструктивні засоби боротьби з небезпечними вигинистими коливаннями роторів; пружні елементи, пружні опори, розрахунок пружного елементу, особливості конструкції гідродинамічних демпферних опор ГТД; підшипники авіаційних ГТД; класифікацію гвинтів ГТД, вимоги до повітряних гвинтів, режими роботи повітряних гвинтів; сили і моменти, що діють на лопаті повітряних гвинтів; форми власних коливань лопатей; крутильні коливання роторів.

**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; конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, конструкцію вузлів цих двигунів та деталей.

Знати критичні швидкості обертання ротору і їх експериментальне визначення; конструктивні фактори, що впливають на значення критичних швидкостей обертання ротору; поняття «жорсткий» та «гнучкий» вал; власні вигинисті коливання однодискового ротора, що не

обертається, зв'язок критичної швидкості обертання ротора з частотою власних вигинистих коливань; прецесійний рух однодискового ротора, що обертається, поняття прямої і зворотної синхронної прецесії; рух ротора і дія гіроскопічного моменту при прямої і зворотній прецесії; критичні швидкості обертання багатодискових роторів; конструктивні засоби боротьби з небезпечними вигинистими коливаннями роторів; пружні елементи, пружні опори, розрахунок пружного елементу, визначення коефіцієнта жорсткості, особливості конструкції гідродинамічних демпферних опор ГТД; підшипники авіаційних ГТД; класифікацію гвинтів ГТД, вимоги до повітряних гвинтів, режими роботи повітряних гвинтів; сили і моменти, що діють на лопаті повітряних гвинтів, урівноваження гвинтів; форми власних коливань лопатей; крутильні коливання роторів.

### 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

### 13. Методичне забезпечення

1. Дидактичні матеріали (наочні посібники, плакати, ТЗН).
2. Розрізні макети газотурбінних двигунів в аудиторіях 103 та 124.
3. Лабораторне обладнання ауд. 136.
4. Повчальні програми з розрахунків частот коливань елементів ГТД.
5. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
6. Повчальні програми з аналізу впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти і форми коливань деталей ГТД.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Чигрин, В. С. Конструкция и прочность авиационных двигателей [Текст] : консп. лекций / В. С. Чигрин. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», Запорожье : изд. АО «МОТОР СИЧ», 2017. - 420 с.
2. Гаркуша, А.И. Динамика и прочность деталей газотурбинных двигателей [Текст]: курс лекций / А.И. Гаркуша, В.С. Чигрин. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 131 с.
3. Чигрин, В. С. Экспериментальные и расчетные методы исследования динамики и прочности элементов ГТД [Текст] / В. С. Чигрин, А. И. Гаркуша, Ю. А. Гусев. – Х., Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – 2013. – 72 с.

#### Допоміжна

1. Пономарев, Б. А. Настоящее и будущее авиационных двигателей [Текст] / Б. А. Пономарев. – М. : Воениздат, 1982. – 240 с.
2. Технічні описи авіаційних газотурбінних двигунів.

### 15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки ХАІ: <http://library.khai.edu>.

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