

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

Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми

(назва факультету)

(підпис)

А.Г. Гребеніков
(ініціали та прізвище)

«30» 08 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

“ДВИГУНИ ЛІТАКІВ ТА ВЕРТОЛЬОТІВ”

(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

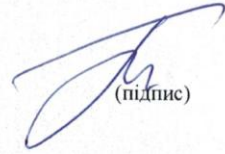
Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної
техніки

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський

Харків 2021 рік

Розробник: Ю. О. Гусєв, к.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
конструкції авіаційних двигунів (203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 р.

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



С. В. Єпіфанов

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова
Кількість модулів – 2	Спеціальність <u>134</u> <i>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</i> (шифр і назва) Освітня програма <i>Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки</i> (шифр і назва)	Навчальний рік 2021 / 2022
Кількість змістових модулів – 4		Семестр
Індивідуальне завдання		4-й
(назва)		група
Загальна кількість годин – денна –		120 к ст^у)
4 с – 48* / 105		Лекції *
		24 год.
		Практичні, семінарські *
	24год.	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:	Рівень вищої освіти <u>перший (бакалаврський)</u>	Лабораторні *
аудиторних – 3		-
самостійної роботи студента – 3,6		Самостійна робота
		57 год.
		Вид контролю
		залік

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

4 с – 48 / 105*

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: дати необхідні знання щодо застосування двигунів літаків та вертольотів

Завдання: вивчення параметрів та характеристик двигунів літаків та вертольотів.

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

Загальні компетентності: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. . Креативність, ініціативність, підприємливість та здатність працювати в команді. . Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. . Прогнозування наслідків своєї діяльності з позиції неприпустимості погіршення екологічної ситуації та виникнення небезпеки для здоров'я людей. . Внутрішня потреба до цілеспрямованого поліпшення професійних знань та навичок на протязі навчання та професійної діяльності. Зграйтивне користування сучасною українською мовою у сфері ділового та професійного (науково-технічного) спілкування. Практичне користування іноземною мовою в соціально-побутовій і професійній сферах спілкування..

Спеціальні (фахові) компетентності: Використовування математичного апарату під час вирішення завдань в області проектування та виробництва конструкцій. Здатність опису взаємодії тіл між собою, а також з газовим гідравлічним середовищем на підставі базових знань в основних розділах фізики, механіки, електростатики, електродинаміки, оптики, аерогідродинаміки. Здатність постановки та рішення задач проектування параметрів виробів і процесів їх виробництва; Здатність робити оцінку навантаження на конструктивні елементи виходячи з умов їх експлуатації; Здатність розрахунку елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі з композиційних матеріалів використовуючи знання у галузі механіки та міцності матеріалів та конструкцій. Проектувати основні конструктивні елементи АКТ (лонжерони, обшивку, нервюри тощо); Проводити кваліфікований вибір класу матеріалів для деталей і виробів авіакосмічної техніки на підставі знання основ будови металів та неметалів та методів модифікації їх властивостей. Здатність виконувати експерименти по визначенню властивостей матеріалів, а також описувати, аналізувати та критично оцінювати експериментальні дані. . Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, пакети) для проведення фізичних та математичних розрахунків в області проектування та виробництва авіаційних конструкцій Мати обізнаність в галузі економіки і менеджменту підприємства авіакосмічної промисловості . Вміння розроблення типових технологічних процесів виробництва елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки. Розробляти технічну і конструкторську документацію для виготовлення основних елементів АКТ

Програмні результати навчання: Здатність до математичного та логічного мислення, знання основних понять, ідей і методів фундаментальної математики та вміння їх використовувати під час розв'язання конкретних завдань. Оцінка сучасних процесів і проблем соціального розвитку з позицій природничо-наукового характеру розвитку суспільства. Знання основ будови металів та неметалів та методів модифікації їх властивостей та проводити кваліфікований вибір класу матеріалів для деталей і виробів авіакосмічної техніки; . Знання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності. Розрахунки вузлів та з'єднань виробів АКТ на міцність на основі схем та ескізних проектів із використанням технічної та довідкової.

Нормування навантаження на агрегати ЛА використовуючи технічне завдання, схеми компонування, технічну та довідкову літератури, ЕОМ згідно з типовими методиками розрахунків Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки. Розрахунки площинних механізмів з обертальними та поступальними кінематичними парами виробів АКТ на основі схем і ескізних проектів із використанням технічної та довідкової літератури, засобів автоматизації проектування, згідно з типовими методиками розрахунків

Пререквізити: інженерні основи аерокосмічної техніки, вступ до фаху, теоретична механіка, механіка матеріалів та конструкцій, основи проектування об'єктів АКТ, теорія повітряно-реактивних двигунів, основи конструювання АД та ЕУ.

Кореквізити - Комп'ютерно-інтегровані системи проектування

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1.

ТЕМА 1. Предмет вивчення та задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Рекомендована література. Класифікація авіаційних двигунів. Головні параметри авіаційних ГТД. Вимоги, які ставляться до ГТД. Переваги та недоліки різних типів двигунів. Вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної придатності (АП-33, FAR). Спільна робота двигуна та літального апарата.

ТЕМА 2. Головні вузли та силові системи ГТД. Умови роботи і навантаження на основні вузли та деталі двигуна. Газові сили і моменти, які діють на вузли ГТД. Засоби зменшення осьових сил, які діють на ротори двигунів. Конструкції опор роторів ГТД. Сили інерції, які діють на вузли ГТД. Статичне та динамічне балансування роторів. Силові системи роторів і статорів. Трансмисії ГТД, конструкція з'єднувальних муфт. Джерела температурних напружень у вузлах та деталях АД і ЕУ.

ТЕМА 3. Призначення, умови роботи та вимоги до компресорів АД та ЕУ. Класифікація компресорів ГТД, параметри, порівняльна оцінка. Осьові та відцентрові компресори. Конструктивні схеми осьових компресорів. Вимоги до конструкції компресора та шляхи їх реалізації. Типи роторів осьових компресорів, їх порівняльна оцінка. Конструкція робочих лопаток компресора та вузлів їх кріплення. Розрахунок на міцність лопаток від дії відцентрових сил. Навантаження, що діють на ротор компресора. Статори компресорів. Зазори між ротором і статором. Ущільнення проточної частини компресорів. Засоби забезпечення безпомпажної роботи компресора на всіх режимах роботи двигуна. Конструкційні матеріали осьових компресорів. Відцентрові компресори, їх недоліки та переваги. Класифікація відцентрових компресорів. Конструкція елементів відцентрових компресорів. Конструкційні матеріали для відцентрових компресорів.

ТЕМА 4. Призначення, умови роботи та вимоги до турбін АД і ЕУ. Класифікація газових турбін. Параметри, які характеризують досконалість конструкції вузла турбіни. Робочі лопатки турбін, засоби їх сполучення з диском. Диски турбін, їх сполучення між собою та з валом. Статори газових турбін. Соплові апарати, умови роботи, силові схеми та засоби кріплення до корпусів. Корпуси газових турбін. Охолодження деталей турбін. Зазори проміж ротором і статором. Контактні та витратні ущільнення. Розрахунок витрати повітря скрізь лабіринтне ущільнення. Конструктивні матеріали для виготовлення деталей турбін.

Модульний контроль

2. Змістовий модуль

ТЕМА 5. Основні та форсажні камери згоряння. Класифікація, умови роботи, вимоги до конструкції, визначення головних геометричних розмірів. Конструктивні схеми камер згоряння ГТД. Конструкція елементів камери згоряння. Охолодження деталей, боротьба з небезпечними температурними напруженнями. Конструктивні матеріали для виготовлення деталей камер згоряння. Призначення та конструкція форсажних камер згоряння. Конструктивні матеріали форсажних камер.

ТЕМА 6. Вихідні та реверсивні пристрої. Вихідні пристрої ГТД, призначення, умови роботи, вимоги до вихідних пристроїв. Вихідні патрубки. Типи реактивних сопел. Регульовані та нерегульовані сопла. Сили, які діють на елементи реактивного сопла. Теплоізоляція та охолодження сопел. Реверсивні та девіаторні пристрої. Силова установка як джерело шуму та вібрації. Конструктивні методи зменшення рівня шуму. Проблема інфрачервоного випромінювання двигунів та засоби для її вирішення. Засоби зменшення емісії: вприскування води, каталізатори, конструктивні заходи, особливості їх використання в ГТД авіаційного призначення.

Модульний контроль

Модуль 2

Змістовий модуль 3.

ТЕМА 7. Системи авіаційного двигуна. Система паливостачання двигуна. Умови роботи та вимоги до системи. Схеми систем. Основні елементи. Мастильні системи. Відміни конструкції мастильних систем ТРД, ТРДД, ТГД і вертольотних ТВАД. Агрегати мастильних систем. Типи мастильних матеріалів. Пускові системи авіаційних двигунів. Вимоги до пускової системи. Типи пускових пристроїв.

Модульний контроль

Змістовий модуль 4.

ТЕМА 8. Експлуатаційні режими роботи ГТД. Поняття про сталі та перехідні режими. Рвучкість ГТД. Повна та часткова рвучкість. Визначення терміну рвучкості. Скидання частоти обертання ротору ГТД. Повне і часткове дроселювання. Визначення терміну скидання. Зміна основних параметрів під час рвучкості і скидання. Коливання лопаток, дисків, валів та оболонок. Види та форми коливань лопаток. Вільні та вимушені коливання лопаток компресорів і турбін. Визначення частоти першої форми власних коливань моделі лопатки (плоскої пластини) за методом Релея. Вплив форми лопатки та умов її роботи на частоту вільних коливань. Вплив конструкційних та експлуатаційних факторів на частоту власних коливань лопаток. Джерела змінних сил, що примушують лопатку коливатися. Визначення резонансних режимів. Побудова та аналіз частотної діаграми для робочої лопатки компресора або турбіни. Методи демпфування коливань лопаток. Автоколивання лопаток. Особливості коливань лопаток відцентрових компресорів. Загальні поняття про коливання круглих пластин та дисків. Види і форми коливань дисків. Побудова та аналіз частотної діаграми для диска. Вплив конструкційних та експлуатаційних факторів на частоту власних коливань дисків. Критичні частоти обертання дисків. Міри боротьби з небезпечними коливаннями дисків компресорів та турбін. Коливання тонкостінних оболонок камер згоряння. Види і форми коливань оболонок. Фактори, які впливають на частоті коливань тонкостінних оболонок. Коливання валів ГТД.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	лаб	п	с.р.
1	2	3	4		6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
Вступ до дисципліни	3	2	-	-	1
Класифікація, головні параметри авіаційних ГТД. Спільна робота двигуна на літальному апараті. Вимоги АП-33 до двигунів	6	2	-	-	4
Силові системи та основні фактори навантаження, що діють на деталі авіаційних ГТД	5	2	-	-	3
Компресори АД та ЕУ	7	2	-	2	3
Газові турбіни	6	1	-	2	3
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	28	10	-	4	14
Змістовий модуль 2					
Основні камери згоряння	9	3	-	2	4
Форсажні камери згоряння	8	2	-	2	4

Вихідні пристрої	8	2	-	2	4
Екологічні характеристики ГТД	8	2	-	-	6
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	34	10	-	6	18
Модуль 2					
Змістовий модуль 3					
Система паливopocтaчaння	8	2	-	1	5
Мaстильні системи	7	2	-	1	4
Пускові системи авіаційних двигунів	6	1	-	1	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 3	22	6	-	3	13
Змістовий модуль 4					
Режими роботи ГТД	6	2	-	-	4
Коливання лопаток і дисків	8	2	-	2	4
Міцність та коливання оболонок. Коливання роторів	6	1	-	1	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 4	21	6	-	3	12
Усього годин	105	32	-	16	57

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальне знайомство з конструкцією ТРД, ТРДФ, ТГД, ТВaД, ТРДД різних поколінь, які знаходяться на кафедрі. Конструктивно-компоновочні схеми	-
2	Силові системи двигунів. Трансмісії авіаційних ГТД	-
3	Конструкція осьових та відцентрових компресорів авіаційних ГТД	2
5	Конструкція газових турбін авіаційних ГТД	2
6	Камери згоряння авіаційних ГТД	2
7	Форсажні камери згоряння та вихідні пристрої авіаційних двигунів.	2
8	Вихідні пристрої.	2
9	Система паливopocтaчaння ГТД	1
10	Пускові і мастильні системи авіаційних двигунів	2
11	Експериментальне дослідження коливань лопатки, диска, оболонки та вала с диском	3
	Разом	16

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни. Класифікація, головні параметри авіаційних ГТД. Спільна робота двигуна на літальному апараті. Вимоги АП-33 до двигунів	5
2	Силові системи та основні фактори навантаження, що діють на деталі авіаційних ГТД	3
3	Компресори АД та ЕУ	3
4	Газові турбіни	3
5	Основні камери згоряння	4
6	Форсажні камери згоряння	4
7	Вихідні пристрої	4

8	Екологічні характеристики ГТД	6
9	Система паливостачання	5
10	Масильні системи	4
11	Пускові системи авіаційних двигунів	4
12	Режими роботи ГТД	4
13	Коливання лопаток і дисків	4
14	Міцність та коливання оболонок. Коливання роторів	4
	Разом	57

7. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- лабораторні роботи;
- індивідуальна самостійна робота студента;
- залік.

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 (двигуна або вузла) й на матеріальному його відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (розрізні макети, плакати, лабораторне обладнання 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

7.1 Питання для самостійної роботи студентів

1. Класифікація реактивних двигунів. Сфери застосування двигунів різних типів.
2. Покоління в розвитку ГТД. Класифікація ГТД по їх конструктивно-компонувальних схем.
3. Обмеження, що накладаються двигуном на характеристики літального апарату.
4. Типи конструктивних компоновок ГТД. Області застосування ГТД різних типів.
5. Принципи створення тяги ПРД. Основні питомі і інтегральні параметри ГТД.
6. Основні вимоги, що пред'являються до авіаційних ГТД.
7. Сили і моменти, що діють на елементи ГТД. Статичне та динамічне балансування роторів.
8. Призначення компресорів ГТД. Основні конструктивні параметри компресорів.
9. Класифікація, порівняльна оцінка та області застосування компресорів різних типів.
10. Конструктивні схеми осьових компресорів.
11. Вимоги, що пред'являються до конструкції компресора ГТД, шляхи їх реалізації.
12. Конструкція роторів осьових компресорів.
13. Робочі лопатки компресорів, вимоги до них. Кріплення робочих лопаток до ротора.
14. Навантаження, що діють на ротор осьового компресора.
15. Осьові газодинамічні сили, що діють на ротор осьового компресора. Способи зниження осьової сили, що діє на радіально-упорний підшипник компресора.
16. Конструкція статорів осьових компресорів.
17. Зазор між ротором і статором в осьовому компресорі. Ущільнення проточної частини.
18. Витратні і безвитратні ущільнення. Розрахунок витоків в лабіринтовому ущільненні.
19. Конструктивні заходи щодо підвищення газодинамічної стійкості осьового компресора.

20. Конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення осьових компресорів ГТД.
21. Класифікація відцентрових компресорів, області їх застосування.
22. Конструкція елементів відцентрового компресора, конструкційні матеріали.
23. Призначення і умови роботи газових турбін ГТД. Основні вимоги, що пред'являються до конструкції газової турбіни ГТД.
24. Конструктивні схеми і параметри газових турбін ГТД.
25. Конструкція робочих лопаток газових турбін і їх вузлів кріплення.
26. Диски газових турбін, з'єднання їх між собою і з валом.
27. Конструкція статорів газових турбін ГТД.
28. Зазор між ротором і статором в газовій турбіні ГТД. Ущільнення проточної частини турбіни.
29. Охолодження робітників і соплових лопаток газових турбін ГТД.
30. Охолодження дисків і корпусів газових турбін ГТД.
31. Конструкційні матеріали для деталей газових турбін ГТД.
32. Навантаження, що діють на робочу лопатку компресора або турбіни. Розрахункові режими роботи двигуна для розрахунку лопатки на міцність.
33. Визначення напружень розтягу в перетинах пера робочої лопатки від дії відцентрових сил.
34. Призначення і умови роботи основних камер згоряння ГТД. Вимоги до конструкції основних камер згоряння.
35. Організація робочого процесу в основній камері згоряння ГТД. Конструкційні матеріали.
36. Класифікація основних камер згоряння ГТД.
37. Елементи конструкції основних камер згоряння ГТД.
38. Навантаження, що діють на елементи головної камери згоряння ГТД.
39. Заходи, що забезпечують надійну роботу основних камер згоряння ГТД.
40. Призначення форсажних камер ГТД. Умови роботи, вимоги до форсажних камер.
41. Призначення і конструкція фронтового пристрою форсажній камери ГТД.
42. Камера згоряння форсажної камери. Конструкційні матеріали. Способи попередження вібраційного горіння в форсажній камері.
43. Розпал форсажної камери ГТД. Заходи з підтримки стійкого горіння в форсажній камері.
44. Призначення і склад вихідних пристроїв ГТД. Умови роботи, вимоги до вихідних пристроїв.
45. Конструкція вихідних пристроїв ГТД і вертолітних ГТД.
46. Призначення, принцип роботи і конструкція камер змішування ТРДД.
47. Конструкція регульованих і нерегульованих дозвукових сопел.
48. Принцип роботи ежекторного сопла і сопла з розривом потоку в критичному перерізі.
49. Конструкція надзвукових регульованих сопел. Синхронізація роботи гідроциліндрів.
50. Принцип роботи плоских сопел, їх переваги та недоліки.
51. Призначення і конструкція реверсивних і девіаторних пристроїв.
52. Принцип роботи пристроїв ГТД, що глушать шум, і пристроїв для зниження рівня інфрачервоного випромінювання.
53. Силові системи корпусів ГТД. Навантаження, які діють на силову систему корпусу.
54. Способи передачі навантажень за елементами силового корпусу ГТД.
55. Вузли кріплення двигуна до літального апарату.
56. Схеми силових систем роторів ГТД. Навантаження, які діють на силову систему ротора.
57. Конструкція валів і з'єднувальних муфт роторів ГТД.
58. Кріплення двигунів на літаках і вертольотах.
59. Експлуатаційні режими роботи ГТД. Поняття про сталі і перехідні режими.
60. Прийомистість ГТД. Повна і часткова прийомистість. Визначення часу прийомистості.
61. Скидання частоти обертання ГТД. Повне і часткове дроселювання. Визначення часу скидання частоти.

62. Зміна основних параметрів ГТД при приємності і скиданні.
 63. Призначення пускових систем ГТД і вимоги до них. Процес запуску ГТД.
 64. Склад пускової системи ГТД. Типи і порівняльна оцінка пускових пристроїв ГТД.
 65. Призначення систем змащення ГТД, вимоги до систем змащення. Класифікація систем змащення. Типи застосовуваних масел.
 66. Схема циркуляційної нормально-замкнутої системи змащення, основні елементи та їх призначення. Магістралі системи змащення.
 67. Принцип роботи шестерневого насоса, який нагнітає і відкачує.
 68. Призначення систем подачі палива, вимоги до них.
 69. Схема системи подачі палива ТРДДФ, основні елементи та їх призначення.
 70. Типи паливних насосів, їх порівняльна оцінка.
 71. Принцип роботи відцентрової паливної форсунки, визначення витрати через форсунку.
- Способи регулювання витрати палива.
72. Види і форму коливань робочих лопаток ГТД. Автоколивання лопаток типу згинально-крутильного флатера.
 73. Джерела збудження коливань лопаток ГТД. Резонансні режими, частотна діаграма.
 74. Види і форми коливань дисків ГТД. Частотна діаграма для диска.
 75. Види і форми коливань оболонок ГТД.
 76. Коливання роторів ГТД. Критичні частоти обертання роторів. Поняття жорсткого і гнучкого ротора.
 77. Склад шкідливих чинників, що створюються ГТД.
 78. Способи зменшення емісії CO і NO_x.
 79. Шум ГТД, його основні джерела, способи зменшення.

8. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на чотири змістових модулі:

1. Силові системи, компресори та турбіни ГТД.
2. Основні і форсажні камери згоряння, вихідні пристрої, трансмісії.
3. Системи авіаційного двигуна.
4. Коливання лопаток, дисків, валів та оболонок.

Складання модулю 1 – на 5-му тижні (один раз), складання модулю 2 – на 10-му тижні (один раз), складання модулю 3 – на 13-му тижні (один раз), складання модулю 4 – на 17-му тижні (один раз).

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

Оформлення лабораторних робіт – письмово, захист – усно.

Семестр 6 – залік.

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 заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	1...3	4	4...12
Модульний контроль	8...11	1	8...11
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	3	6...9

Модульний контроль	9...11	1	9...11
Модуль 2			
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	3	6...9
Модульний контроль	9...13	1	9...13
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	2...4	2	4...8
Модульний контроль	11...14	1	11...14
Усього за семестр			60...100

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

Під час складання семестрового заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет для заліку складається з чотирьох теоретичних запитань, які поділено таким чином: перше запитання - змістовий модуль 1; друге запитання – змістовий модуль 2; третє запитання – змістовий модуль 3; четверте запитання – змістовий модуль 4.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

9.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- роль і місце двигуна в проектуванні та конструюванні авіаційних літальних апаратів;
- порядок проектування авіаційного двигуна та його випробувань;
- обмеження діапазону використання літального апарата з даним типом двигуна;
- конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної гідності, конструкцію вузлів цих двигунів та деталей;
- навантаження (статичні і динамічні), які діють на елементи ГТД і літак від двигуна, конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми міцності;
- призначення та роботу систем двигуна;
- погодження параметрів літального апарата та двигуна.

вміти:

- обґрунтовувати вибір типа двигуна для конкретного літального апарата;
- виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій двигунів;
- формувати початкові технічні вимоги щодо розробки двигуна для конкретного типу літального апарата;
- ураховувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна.

9.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Здати всі модулі з позитивною оцінкою. Знати роль і місце двигуна в проектуванні та конструюванні авіаційних літальних апаратів. Пояснювати порядок проектування авіаційного двигуна та проведення його випробувань. Пояснювати обмеження діапазону використання літального апарата з даним типом двигуна. Знати конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових літальних апаратів. Уміти обґрунтовувати вибір типа двигуна для конкретного літального апарата. Виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій двигунів.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Здати всі модулі з позитивною оцінкою. Знати роль і місце двигуна в

проектуванні та конструюванні авіаційних літальних апаратів. Пояснювати порядок проектування авіаційного двигуна та проведення його випробувань. Пояснювати обмеження діапазону використання літального апарата з даним типом двигуна. Знати конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових літальних апаратів. Уміти обґрунтовувати вибір типу двигуна для конкретного літального апарата. Виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій двигунів. Знати та пояснювати вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної придатності, конструкцію вузлів цих двигунів та деталей. Знати і пояснювати навантаження (статичні і динамічні), які діють на елементи ГТД і літак від двигуна. Знати конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми міцності. Знати призначення та роботу систем двигуна. Уміти враховувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна.

Відмінно (90-100). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Здати всі модулі з позитивною оцінкою. Знати роль і місце двигуна в проектуванні та конструюванні авіаційних літальних апаратів. Пояснювати порядок проектування авіаційного двигуна та проведення його випробувань. Пояснювати обмеження діапазону використання літального апарата з даним типом двигуна. Знати конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових літальних апаратів. Уміти обґрунтовувати вибір типу двигуна для конкретного літального апарата. Виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій двигунів. Знати та пояснювати вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної придатності, конструкцію вузлів цих двигунів та деталей. Знати і пояснювати навантаження (статичні і динамічні), які діють на елементи ГТД і літак від двигуна. Знати конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми міцності. Знати призначення та роботу систем двигуна. Знати принципи погодження параметрів літального апарата та двигуна. Уміти враховувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна. Уміти формувати початкові технічні вимоги щодо розробки двигуна для конкретного типу літального апарата.

За умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях, та складання 4-х модулів студент може отримати загальну оцінку і залік не складати. Якщо студент не згоден з отриманою рейтинговою оцінкою, він може покращити її під час складання заліку.

Сумарна модульна оцінка переводиться у державну триместрову оцінку відповідно до рекомендованої шкали переведення.

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

10. Методичне забезпечення

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1166>

11. Методичне забезпечення

1. Дидактичні матеріали (наочні посібники, плакати, ТЗН).
2. Розрізні макети газотурбінних двигунів в аудиторіях 103 та 124.
3. Лабораторні установки ауд. 136 для експериментальних досліджень.
4. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.

12. Рекомендована література

Базова

1. Чигрин В.С. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Конспект лекций. Запорожье: АО «Мотор Сич». 2017. – 420 с.
2. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей. Под ред. Д.В. Хролина. М.: Машиностроение, 1989, 564 с.
3. Шошин Ю.С. Основные технические данные маршевых авиационных газотурбинных двигателей СССР, Украины, России. Учебное пособие. Харьков: ХАИ. 2007 – 74 с.
4. Шошин Ю.С. Компрессоры авиационных газотурбинных двигателей. Учебное пособие. Харьков: ХАИ. 2002 – 26 с.
5. Шошин Ю.С. Турбины авиационных газотурбинных двигателей. Учебное пособие. Харьков: ХАИ. 2003 – 37 с.
6. Гусев Ю.А. Конструкция камер сгорания газотурбинных двигателей. Учебное пособие. Харьков: ХАИ. 1990 – 31 с.
7. Гаркуша А.И., Чигрин В.С., Гусев Ю.А. Экспериментальные и расчетные методы исследования динамики и прочности элементов ГТД. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Харьков: ХАИ, 2013 – 72 с.
8. Шошин Ю.С., Чигрин В.С. Конструкция форсажных камер и выходных устройств ГТД. Учебное пособие. Харьков: ХАИ, 2008. – 33 с.
9. Гаркуша А.И., Чигрин В.С. Динамика деталей газотурбинных двигателей (курс лекций). Харьков: ХАИ, 2013 – 126 с.
10. Шошин Ю.С., Чигрин В.С. Трансмиссии и силовые системы авиационных газотурбинных двигателей (учебное пособие по лабораторному практикуму). Харьков: ХАИ, 2011. – 42 с.

Допоміжна

1. Скубачевский Г.С. Авиационные газотурбинные двигатели, конструкция и расчет деталей. М.: Машиностроение, 1981. 550 с.
2. Никитин Ю.М. Конструирование элементов деталей и узлов авиадвигателей. М.: Машиностроение, 1968. – 324 с.
3. Локай В.И. Газовые турбины двигателей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1979. – 447 с.
4. Штода А.В. Конструкция авиационных двигателей. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1982. - 436 с.
5. Пономарев В.А. Настоящее и будущее авиационных двигателей. М.: Воениздат, 1982. - 240 с.
6. Нерубасский В.В. Турбореактивные двухконтурные двигатели для магистральных пассажирских и транспортных самолетов. Часть 1. Двигатели большой тяги. Справочное пособие. Харьков: ХАИ, 2006. – 262 с.
7. Нерубасский В.В. Турбореактивные двухконтурные двигатели для магистральных пассажирских и транспортных самолетов. Часть 2. Двигатели средней тяги. Справочное пособие. Харьков: ХАИ, 2007. – 378 с.
8. Нерубасский В.В. Турбореактивные двухконтурные двигатели для региональных пассажирских, административных и учебно-тренировочных самолетов. Часть 3. Двигатели малой тяги. Справочное пособие. Харьков: ХАИ, 2008. – 217 с.
9. Нерубасский В.В. Турбореактивные двухконтурные двигатели для боевой авиации. Часть 4. Двигатели с форсажной камерой. Справочное пособие. Харьков: ХАИ, 2011. – 284 с.
10. Технические описания авиационных газотурбинных двигателей.