

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

Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи



(шифр)

О. В. Білогуб

(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА *ВИБІРКОВОЇ* НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ, РЕМОНТ ТА ВИКОРИСТАННЯ
АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ У НАЗЕМНИХ УСТАНОВКАХ**

(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 спеціальності)

Форма навчання

денна

Рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)

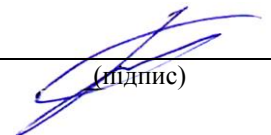
Харків 2019 рік

Робоча програма Експлуатація, ремонт та використання авіаційних двигунів
у наземних установках
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
освітньою програмою Авіаційні двигуни та енергетичні установки

« 1 » червня 2019 р., 11 с.

Розробник: Марценюк Євген Вікторович, ст. викладач
(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)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 6	Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Цикл професійної підготовки (Дисципліна вільного вибору студента)	
Кількість модулів – 1	Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (шифр і назва)	Навчальний рік 2019 / 2020	
Кількість змістових модулів – 3		Семестр	
Індивідуальне завдання: <i>немає</i> (назва)	Освітня програма: <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</i> (назва)		8-й
Загальна кількість годин – 78*/102			Лекції * 36 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6,5 самостійної роботи студента – 8,5	Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Практичні, семінарські * 12 год.	
		Лабораторні * 30 год.	
		Самостійна робота 102 год.	
		Вид контролю <i>іспит</i>	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 78 / 102

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: додати до знань студентів в області робочих процесів в елементах газотурбінних двигунів нових знань з конструкції елементів наземних ГТД та по засобах підвищення ефективності установок з газотурбінними двигунами на основі загально технічних знань з деталей машин, термічної та газової динаміки, матеріалознавства.

Завдання: вивчення методів та підходів до створення високоефективних наземних установок на базі авіаційних газотурбінних двигунів.

Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні типи та особливості наземних двигунів, вимоги до них;
- конструктивні схеми наземних та морських ГТД;
- шляхи підвищення ефективності ГТД, застосовувані складні термодинамічні цикли, конструктивні рішення для реалізації складних циклів

- особливості роботи ГТД в умовах підвищеного вмісту пилу;
- проблеми підготовки та використання палива для наземних установок;
- екологічні проблеми ГТД наземного використання;
- призначення та функції приладів контролю силових установок;
- методи неруйнівного контролю та зони їх застосування.

вміти:

- виконувати розрахунки паливної форсунки при переході з рідкого на газоподібне паливо;
- виконувати розрахунки основних елементів трансмісії ГТД;
- проводити заміну паливних, оливних фільтрів, паливних форсунок та запальників;
- проводити візуальний огляд проточної частини ГТД, знаходити та вимірювати пошкодження його елементів.

Міждисциплінарні зв'язки: фізика, теорія ВРД, теорія лопатевих машин, конструкція і міцність АД і ЕУ, динаміка АД і ЕУ, опір матеріалів, деталі машин та механізмів, теоретична механіка, авіаційне матеріалознавство, газодинаміка, теплопередача.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ ТА ЦИКЛИ В ГТД НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Лекційні заняття

ТЕМА 1. Предмет вивчення та задачі дисципліни. Аналіз можливих областей використання ГТД. Класифікація наземних установок на базі газотурбінних двигунів. Світові виробники ГТД.

ТЕМА 2. Конструктивні схеми наземних та морських ГТД: одновальні ГТД; ГТД з вільною силовою турбіною; ГТД зі “зв’язаним” компресором низького тиску.

ТЕМА 3. Простий газотурбінний цикл. Класифікація ГТД по термодинамічному циклу. ГТД з регенерацією тепла. ГТД з проміжним охолодженням. ГТД з проміжним підігрівом. ГТД з утилізацією тепла вихлопних газів. Повітроакумуляююча газотурбінна установка. ГТД замкнутого циклу. Приєднані ГТД. Здвоєна парогазова установка. Установки STIG: проста схема та установка з конденсатором. ГТД з паровим охолодженням.

ТЕМА 4. Ефективне виробництво холоду. ГТУ у виробництві хлору та каустичної соди. Газотурбінні енерготехнологічні комплекси переробки пластиків. Когенерація у нафтохімічному виробництві. Когенерація у виробництві цементу.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2

ГТД В ЕНЕРГОУСТАНОВКАХ

ТЕМА 5. Застосування авіадвигунів для захисту не палаючих фонтанів від займання. Застосування генераторів інертних газів на базі авіаційних ГТД як засобів пожежогасіння. Установа «Суперметеотрон». Проблеми зимового докування судів. Газоструминні машини. Мобільні дезінфекційні установки з газотурбінним модулем.

ТЕМА 6. Причини появи ГТД в електроенергетиці. Вимоги до ГТД у складі ГТС. Компоновка ГТД в ГТЕС. Можливі варіанти схем використання ГТД для приводу електрогенератора. Порівняння енергопоїздів на базі ГТД и парової турбіни. Плавучі електростанції.

ТЕМА 7. Загальні проблеми ГТД та ЕУ для кораблів. Класифікація корабельних ГТД. Класифікація енергетичних установок кораблів з ГТД. Вплив морських умов на роботу ГТД. Очищення повітря перед ГТД. Корозія турбіни. Захисні покриття лопаток. Структурний та повітряний шум ГТД на кораблях. Задача реверсу гвинта корабля.

ТЕМА 8. ГТД в залізничному транспорті. Принципова схема та принцип роботи енергетичної установки для залізничного транспорту на базі газотурбінного двигуна. Приклади експериментальних та серійних потягів із газотурбінною силовою злагодою вітчизняного та закордонних виробників. Сучасні турбопотяги. Передумови появи ГТД в танкових силових установках. Порівняльна характеристика танкових газотурбінних та поршневих двигунів. Особливості компоновки танкового ГТД.

ТЕМА 9. Особливості використання наземних установок із газотурбінним двигуном на важких паливах та на природному газі. Результати експериментальних досліджень.

ТЕМА 10. Норми на емісію шкідливих викидів. Методи зниження рівня емісії: упорскування води в камеру згоряння; каталітична очистка; «сухий» метод зниження NO_x. Розроблені конструкції малоемісійних камер згоряння. Акустичні характеристики ГТД та шумоглушники.

ТЕМА 11. Характер впливу запиленого повітря на роботу двигуна. Засоби боротьби з потраплянням пилу в проточну частину. Критерії створення систем очищення повітря.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ГТД

ТЕМА 12. Призначення та класифікація авіаційних приладів. Умови експлуатації авіаційних приладів та вимірювально-обчислювального комплексу. Основні поняття та структура приладового комплексу. Сучасний стан та напрями розвитку приладових комплексів. Паливо-вимірювальні комплекси та витратоміри. Призначення, функції та склад приладів контролю силових установок.

ТЕМА 13. Аналіз відмов та несправностей авіаційної техніки. Існуючі методики визначення причин відмов та несправностей: метод «послідовних виключень (наближень)», метод «Трудомісткість – вірогідність», метод «середньої точки», метод заміни. Огляд та заміна елементів систем на двигуні-макеті.

ТЕМА 14. Типи дефектів, що можуть бути визначені методами неруйнівними контролю. Огляд існуючих методів неруйнівного контролю та зони їх застосування. Порівняльна оцінка наведених методів.

ТЕМА 15. Оптико-візуальні методи діагностики авіаційної техніки. Основні правила та послідовність проведення зовнішнього огляду літаків та вертольотів. Візуальний огляд проточної частини ГТД. Існуючі прилади візуального огляду проточної частини ГТД. Основні правила огляду проточної частини двигуна. Місця доступу на двигуні для проведення огляду його проточної частини.

ТЕМА 16. Проблеми вібрацій ГТД. Джерела вібрації двигунів. Існуючі типи вібросенсорів, та галузь їх застосування. Вибір місць встановлення вібросенсорів на двигуні. Розпізнавання технічного стану елементів конструкцій за їх вібросигналом. Аналіз вібрацій конструкцій різного рівня складності на прикладі ГТД та підшипникового вузла.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
<i>1</i>	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1 (КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ ТА ЦИКЛИ В ГТД НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ)					
ТЕМА 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Аналіз можливих областей використання ГТД. Класифікація наземних установок на базі реактивних двигунів. Світові виробники ГТД	6	2	-	-	4
ТЕМА 2. Конструктивні схеми наземних та морських ГТД	9	3	-	2	4
ТЕМА 3. Застосування складних циклів у ГТД	31	9	-	2	20
ТЕМА 4. Когенераційні системи в технологічному процесі	8	4	4	-	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	54	18	-	4	32
Змістовий модуль 2 (ГТД В ЕНЕРГОУСТАНОВКАХ)					
ТЕМА 5. ГТД як генератори газу	6	2	-	-	2
ТЕМА 6. Використання ГТД в якості джерела потужності	6	2	-	-	4
ТЕМА 7. Використання ГТД у річному та морському транспорті	8	2	-	2	4
ТЕМА 8. Використання ГТД у наземному транспорті. Танкові ГТД	6	2	-	-	4
ТЕМА 9. Проблеми підготовки та використання палива для наземних ГТД. Використання дизпалива, важких палив та природного газу	10	2	-	4	4
ТЕМА 10. Екологічні проблеми ГТД наземного використання. Акустичні показники ГТД і шумоглушники. Захист оточуючого середовища від забруднення вихлопними газами	20	6	2	4	8
ТЕМА 11. Особливості роботи ГТД в умовах підвищеного вмісту пилу	8	2	2	-	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	64	18	4	10	32
Змістовий модуль 3 (ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ГТД)					
ТЕМА 12. Авіаційні прилади	14	-	2	2	6
ТЕМА 13. Аналіз відмов та несправностей авіаційної техніки	8	-	-	2	6
ТЕМА 14. Неруйнівні методи контролю	8	-	-	2	6
ТЕМА 15. Оптико-візуальні методи діагностики авіаційної техніки	16	-	2	4	6
ТЕМА 16. Проблеми вібрацій ГТД	26	-	4	6	16
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Разом за змістовим модулем 3	72	-	8	16	40
Усього годин	180	36	12	30	102

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Особливості конструкції газотурбінної установки для транспортування газу, конвертованої з авіаційного двигуна	2
2	Особливості конструкції газотурбінної установки для видобутку електроенергії, конвертованої з авіаційного двигуна	2
3	Розрахунок газової форсунки	4
4	Проектування приводів ГТД та розрахунок на міцність вала і з'єднувальної муфти	2
5	Аналіз відмов та несправностей авіаційної техніки	2
6	Неруйнівні методи контролю	2
7	Оптико-візуальні методи діагностики двигуна	4
8	Засоби перетворювання, передавання та обробки польотної інформації.	2
9	Дослідження вібрацій двигуна	2
10	Дослідження вібрацій підшипників	4
11	Дослідження ефективності шумопоглинаючої панелі	4
	Разом	30

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Візуальна діагностика проточної частини ГТД	2
2	Давачі параметрів двигуна та сигналізатори	2
3	Розпізнавання технічного стану двигуна та елементів трансмісії за віброакустичною інформацією	4
4	Аналіз засобів зниження шуму ГТД	2
5	Аналіз ефективності повітроочисної системи	2
	Разом	12

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення основних даних і конструктивних схем авіаційних двигунів Д-20П, АІ-20, НК-12, НК-16СТ, НК-8, ТВ3-117.	8
2	Вивчення конструктивних особливостей ГТД складних циклів	24
3	Газострумні установки на базі ГТД	2
4	Використання ГТД в якості привода в енергетиці та транспорті	4
5	ГТД у складі силових установок наземного та водного видів транспорту	8
6	Особливості експлуатації двигуна при використанні дизельного палива. Особливості експлуатації наземних установок з ГТД на важких паливах і на природному газі.	4
7	Акустичні характеристики ГТД і шумоглушники. Захист навколишнього середовища від забруднення вихлопними газами ГТД.	8

8	Вивчення впливу запиленого повітря на роботу двигуна. Огляд існуючих засобів боротьби з потраплянням пилу в проточну частину двигуна. Критерії створення систем очищення повітря	4
9	Типи чутливих елементів, застосовуваних в авіаційних приладах. Розгляд та вивчення функціональних схем та принципів дії основних датчиків, що встановлюються на двигуні	6
10	Вивчення методів пошуку несправностей	6
11	Ознайомлення з неруйнівними методами контролю	12
12	Розгляд методів визначення стану окремих вузлів ГТД за показниками його вібраційного сигналу	16
	Разом	102

8. Методи навчання

Основні форми навчання:

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

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання практичних та лабораторних 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 та лабораторних робіт базується на виконанні студентами розрахунків, пов'язаних з модернізацією авіаційного двигуна під задачі та умови роботи у складі наземних установок. Крім того частина практичних занять спрямована на розгляд існуючих інструментальних методів діагностування та контролю ГТД, а також отримання навичок застосування окремих методів. Під час проведення практичних робіт використовується як індивідуальний так і 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 практичних та лабораторних робіт.

Питання для самостійної роботи студентів

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Галузі можливого застосування ГТД.
2. ГТД у якості механічного привода промислового обладнання: де застосовується; вимоги до привода.
3. Особливості ГТД у якості привода електрогенераторів.
4. Класифікація ГТД, що застосовуються у наземних установках.
5. Стаціонарні ГТД: вимоги до них, їх конструктивні особливості.
6. Необхідні заходи щодо конвертації авіаційного ГТД в наземний.
7. ГТД, конвертовані з авіаційних двигунів.
8. Мікро-ГТД.
9. Основні переваги й недоліки ГТД різних конструктивних схем: одновальних; з вільною силовою турбіною; з «пов'язаним» компресором низького тиску. Яке їх застосування?

10. Класифікація ГТД за термодинамічним циклом.
11. Принципова схема й термодинамічний цикл ГТД з регенерацією тепла; його особливості; можливі області реалізації такого циклу.
12. Ціль проміжного охолодження в ГТД. Можливі способи реалізації проміжного охолодження.
13. Принципова схема й термодинамічний цикл ГТД з проміжним охолодженням; його особливості; приклади установок, що працюють за даним циклом.
14. Принципова схема й термодинамічний цикл ГТД з проміжним підігрівом; його особливості, принцип дії; приклади реалізації даного циклу в газотурбінній техніці.
15. Принципова схема ГТД з утилізацією тепла; його особливості. У яких системах можливе застосування даної установки?
16. Призначення й принцип роботи повітроакумуляуючої ГТУ. Якими перевагами наділені установки даного типу?
17. Принципова схема ГТД замкнутого циклу. Особливості й принцип роботи, вибір робочого тіла для ГТД замкнутого циклу.
18. Принцип роботи газотурбінної установки з приєднаним ГТД
19. Комбінована парогазова установка: принцип дії; економічний ефект.
20. Принцип роботи установки STIG простої схеми.
21. Принципова схема і термодинамічний цикл установки STIG із впорскуванням води на вході у компресор.
22. Принцип роботи установки STIG з конденсатором.
23. З чим пов'язано поліпшення параметрів простого циклу під час впорскування пари в проточну частину ГТД? Які проблеми пов'язані з впорскуванням пари в газо-повітряний тракт двигуна?
24. Реалізація газотурбінних технологій у технологічному процесі утилізації пластиків. У чому полягає ідея такого комплексу?
25. Утилізація тепла в нафтохімічному виробництві: принцип дії установки.
26. Когенерація у виробництві цементу: схема й принцип роботи установки, де застосовується, економічний ефект.

Змістовий модуль 2

1. Галузі народного господарства, в яких можливе застосування ГТД в якості генераторів газу.
2. Застосування авіадвигунів для захисту не палаючих фонтанів від займання: принцип роботи; на базі якого двигуна зібрана установка; обмеження щодо застосування подібних установок.
3. Застосування генераторів інертних газів (ПГ) на базі авіаційних ГТД, як засобів пожежогасіння: вимоги, що пред'являються до даних установок; принципова схема; принцип роботи; можливі галузі застосування; приклади установок.
4. Особливості застосування ПГів наразі гасіння пожеж у вугільних шахтах. Приклади установок.
5. Газоструменеві машини для обслуговування аеродромів.
6. Особливості ГТД, що застосовуються в установках для вироблення електричної енергії. Чим зумовлена можливість застосування ГТД в енергосистемах?
7. Можливі варіанти схем застосування ГТД для приводу електрогенератора. Порівняльна характеристика схем.
8. ГТД у складі мобільних електростанцій. Плаваючі електростанції. Енергопоїзда.
9. Економічна ефективність енергопоїзда на базі ГТД АІ-20: порівняння із паротурбінним енергопоїздом.
10. Класифікація суднових ГТД
11. Особливості морських ГТД: підвищений рівень ударних навантажень; повітряний і структурний шум; потрапляння води в проточну частину; відкладення солі в газоповітряному тракті; вимоги щодо надійності та економічності; задача реверса гвинта корабля.
12. Засоби рішення проблем експлуатації ГТД у морських умовах.
13. ГТД у залізно дорожньому транспорті: турбопоїзда різних країн; сучасні турбопоїзда.

14. ГТД у колісному й гусеничному транспорті. Переваги і недоліки ГТД у порівнянні з поршневим двигуном. Які машини були обладнані газотурбінним двигуном? Які двигуни встановлювали на броньову техніку? Їх особливості.

15. Вплив запиленого повітря на основні параметри ГТД. Засоби захисту проточної частини від потрапляння пилу.

16. Альтернативні види палив для ГТД. Заходи, що покращують запуск двигуна при роботі на в'язких паливах.

17. Джерела шуму в двигунах. Методи шумоглушіння. Шкідливий вплив ГТД на довколишнє середовище.

18. Механізми утворення шкідливих речовин в продуктах згоряння ГТД.

19. Норми щодо обмеження шкідливих викидів газотурбінної техніки.

20. Засоби зменшення шкідливих викидів ГТД.

21. Приклади малоємисійних систем стаціонарних ГТД: загальний устрій і принцип їх дії.

22. Приклади малоємисійних систем авіаційних ГТД: загальний устрій і принцип їх дії.

Змістовий модуль 3

1. Призначення і класифікація авіаційних приладів.
2. Умови експлуатації авіаційних приладів.
3. Принцип дії тахометричних витратомірів.
4. Наведіть схему і принцип дії сигналізатора тиску.
5. Наведіть схему і принцип дії індуктивного датчика тиску.
6. Класифікація термометрів за принципом дії.
7. Назвіть можливі методи вимірювання частоти обертання.
8. Принцип дії індукційного датчика частоти обертання.
9. Схема і принцип дії п'єзоелектричного віброперетворювача.
10. Схема і принцип дії індукційного віброперетворювача.
11. Основні чутливі елементи датчиків тиску.
12. Принцип дії біметалевого термометра.
13. Принцип дії термоелектричного термометра.
14. Послідовність дій під час капілярного метода неруйнівного контролю матеріалів.
15. Основний принцип, на якому базуються вихрострумові методи неруйнівного контролю.
16. У чому полягає метод термофарб? Назвіть галузі можливого застосування метода.
17. Які дефекти можуть бути виявлені за допомогою візуально-оптичної діагностики?
18. Можливі пошкодження робочих і статорних лопаток компресора та турбіни.
19. Методика визначення розмірів пошкоджень за допомогою ендоскопа.
20. Назвіть існуючі типи ендоскопів. Наведіть їх стислі характеристики.
21. Назвіть основні елементи ендоскопа. Наведіть схему та поясніть принцип його дії.
22. Порядок дій наразі візуального огляду проточної частини ГТД.
23. Яким чином забезпечується доступ всередину двигуна наразі візуального огляду його проточної частини? Які елементи двигуна можуть бути демонтовані для цих цілей?
24. Способи кріплення віброперетворювачів на двигуні.
25. Принцип дії напівхвильового акустичного погашувача коливань.
26. Які основні характерні частоти можна віднайти в навантаженому підшипнику?
27. Які засоби застосовують для зменшення акустичного шуму двигуна?

9. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на три змістових модулі:

1. Конструктивні схеми та цикли в ГТД наземного використання.
2. ГТД в енергоустановках.
3. Інструментальні методи діагностування та контролю ГТД.

Складання модуля 1 – на 8-му тижні 8-го семестру (один раз), складання модулів 2, 3 – на 14-му тижні 8-го семестру (один раз).

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

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

Семестр 8 – *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
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	9	0...4,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0,5...1	2	1...2
Модульний контроль	17...24	1	17...24
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	9	0...4,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0,5...1	7	3,5...7
Модульний контроль	17,5...24	1	17,5...24
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...0,5	0	0
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0,5...1	12	6...12
Модульний контроль	15...22	1	15...22
Усього за семестр 10			60...100

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 та практичних робіт.

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

Білет для іспиту складається з чотирьох теоретичних запитань. Питання у білеті розподілені таким чином:

- перше питання – класифікація і конструктивні схеми наземних ГТД (змістовий модуль 1);
- друге питання – складні цикли наземних ГТД (змістовий модуль 1);
- третє питання – особливості застосування ГТД у енергетичних або технологічних комплексах та екологічні проблеми наземних ГТД (змістовий модуль 2);
- четверте питання – теми лабораторних та практичних робіт стосовно інструментальних методів діагностування (змістовий модуль 3).

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

10.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- основні типи та особливості наземних двигунів, вимоги до них;
- конструктивні схеми наземних та морських ГТД;
- шляхи підвищення ефективності ГТД, застосовувані складні термодинамічні цикли, конструктивні рішення для реалізації складних циклів

- особливості роботи ГТД в умовах підвищеного вмісту пилу;
- проблеми підготовки та використання палива для наземних установок;
- екологічні проблеми ГТД наземного використання;
- призначення та функції приладів контролю силових установок;
- методи неруйнівного контролю та зони їх застосування.

вміти:

- виконувати розрахунки паливної форсунки при переході з рідкого на газоподібне паливо;
- виконувати розрахунки основних елементів трансмісії ГТД;
- проводити заміну паливних, оливних фільтрів, паливних форсунок та запальників;
- проводити візуальний огляд проточної частини ГТД, знаходити та вимірювати пошкодження його елементів.

10.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні заняття. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати галузі промисловості, де можливе застосування ГТД. Знати, за якими конструктивними схемами будують ГТД для наземного застосування. Знати, що таке складний термодинамічний цикл ГТД. Знати, з чим пов'язані проблеми наземного застосування ГТД. Знати перелік об'єктів, на яких ГТД працюють у морських умовах. Знати про призначення та умови роботи приладів контролю силових установок. Знати основні методи неруйнівного контролю. Мати уявлення про послідовність процедури візуального огляду авіаційної техніки. Розуміти важливість вібрацій, що виникають під час дії двигуна.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні заняття. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Мати уявлення про співвідношення між різними галузями народного хазяйства за кількістю застосованих одиниць ГТД або за їх сумарною потужністю. Вміти аргументовано пояснити, чому для різних об'єктів застосування одні конструктивні схеми ГТД підходять більш за інші. Знати напрямки підвищення економічності наземних ГТД. Мати уявлення про те, які саме складні цикли можуть бути реалізовані в ГТД різного призначення. Знати, яким чином можуть бути вирішені різні проблеми наземного застосування ГТД. Знати проблеми застосування ГТД у морських умовах. Мати уявлення про особливості конструкції камер згоряння наземних ГТД. Мати уявлення щодо порядку дій наразі заміни фільтрів та паливних форсунок. Знати функції, конструкцію та принципи роботи приладів контролю двигуна. Знати причини виникнення та типи дефектів, які можливо виявити наявними методами неруйнівного контролю. Знати, стан яких деталей можливо перевірити ендоскопом. Мати уявлення про послідовність процедури візуального огляду проточної частини двигуна. Знати способи кріплення віброперетворювачів на двигуні.

Відмінно (90-100). Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре» і кількістю балів не менше 80). Повно знати основний та додатковий матеріал. Вміти порівнювати різноманітні складні термодинамічні цикли ГТД за ефективністю та загальним економічним ефектом установки. Вміти пояснити основний принцип дії, зобразити принципову схему та «i-s» діаграму найбільш розповсюджених складних циклів ГТД. Знати, яким чином можуть бути вирішені проблеми морського застосування ГТД. Мати уявлення про чинники, що призводять до утворення шкідливих речовин у складі вихлопних газів ГТД. Мати уявлення про засоби зменшення концентрації шкідливих речовин у складі вихлопних газів ГТД. Знати та вміти пояснити приклади існуючих конструкцій камер згоряння наземних ГТД, спрямованих на зменшення емісії. Знати призначення, класифікацію і принцип дії ендоскопа. Вміти проводити візуальний огляд проточної частини двигуна, знаходити і вимірювати пошкодження його елементів. Знати, як саме відбувається контроль стану вузла підшипника.

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. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
2. Навчальні матеріали (Power point презентації, плакати, тощо).
3. Макети газотурбінних двигунів типу ТРД, ТРДД, ТГД, ТВД, що знаходяться у класах 103, 124 та у холі Моторного корпусу.
4. Препаровані авіаційні прилади.
5. Ендоскоп.
6. Лабораторне устаткування для аналізу вібрацій, що знаходиться у класі 136 Моторного корпусу.

12. Рекомендована література**Базова**

1. Установки с авиадвигателями, используемые в гражданской авиации // Наземное применение авиадвигателей в народном хозяйстве. Часть 1: материалы межотрасл. науч.-тех. конф., совещ., семин. и выст., М., 1981.
2. Газоструйные и теплогенераторные машины и установки, нагнетатели, турбодетандеры // Наземное применение авиадвигателей в народном хозяйстве. Часть 2: материалы межотрасл. науч.-тех. конф., совещ., семин. и выст., М., 1981.
3. Газоперекачивающие агрегаты и насосные установки. Передвижные и аварийные электростанции // Наземное применение авиадвигателей в народном хозяйстве. Часть 3: материалы межотрасл. науч.-тех. конф., совещ., семин. и выст., М., 1981.
4. Стационарные газотурбинные установки/ Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин, И.А. Богов и др.; Под ред. Л.В. Арсеньева В.Г. Тырышкина. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение. 1989 – 543 с.
5. Ширков, В.Т. Визуальная диагностика элементов проточной части ГТД / В.Т. Ширков, В.С. Чигрин, Ю.А. Гусев. – Учеб. пособие по выполнению лабораторной работы. – Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2001. – 39 с.
6. Чигрин, В.С. Виброакустика авиационных двигателей [Текст]: лабораторный практикум / В.С. Чигрин, Ю.А. Гусев, О.М. Бугаенко, А.И. Попуга. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. Ин-т». – 2014. – 52 с.
7. Чигрин, В.С. Конструкция турбовального ГТД Д-136 [Текст] : учеб. пособие / В. С. Чигрин, В. Н. Денисюк, В. Г. Харченко. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 104 с.
8. Технические средства диагностирования [Текст] : справ. / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др.; под общ. ред. В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 1989. – 672 с.
9. Новиков, А.С. Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей [Текст] / А.С. Новиков, А.Г. Пайкин, Н.Н. Сиротин. – М. : Наука, 2007. – 469 с.

Допоміжна

1. Ивченко А.Г. Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-20А. Техническое описание / А.Г. Ивченко – М.: Оборонгиз, 1962. – 133 с.
2. Авиационный турбовинтовой двигатель НК-12. Техническое описание / С.В. Жуков, П.И. Кочеров, Л.С. Коровкин и др.; Под ред. Л.А. Черкосова. – М.: Оборонгиз, 1957. – 253 с.

3. Авиационный турбореактивный двигатель РД-3М. Техническое описание / А.Г. Гилерсон, Л.Д. Дубинин, О.Н. Евстигнеева и др.; Под ред. М.Н. Пушеля. – М.: Оборонгиз, 1958. – 156 с.
4. Авиационный турбореактивный двигатель РД-9Б. Описание конструкции / Барановская Г.Г., Барановский С.П., Ефимов В.Г. и др. – М.: Оборонгиз, 1957. – 175 с.
5. Турбовентиляторный двигатель НК-8-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Оборонгиз, 1959. – ... с.
6. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель Д-30 / М.Ф. Павлов, В.М. Карпман, А.И. Вештеллова и др.; Под ред. П.А. Соловьева. – М.: Машиностроение, 1971. – 132 с.