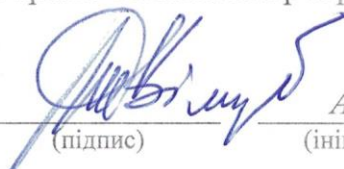


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра проектування літаків і вертольотів (№ 103)
Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) А.В. Белогуб
(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПРОЕКТУВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ АРКТ
(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)

Харків 2021 рік

Розробник: Ю. Гусев, 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)



(підпис)

С. В. Єпіфанов

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів 6	Галузь знань _13 «Механічна інженерія» (шифр і найменування) Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (код і найменування) Освітня програма Авіаційні двигуни та енергетичні установки (найменування) Рівень вищої освіти: <u>другій магістерський</u>	Обов'язкова
Кількість модулів –3		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2021/2022
Індивідуальне завдання		Семестр
немає		2-й, (гр 252м, 253м)
(назва)		сфн- скорочена форма навчання
Загальна кількість годин – 2 с – 64 ауд./180;		Лекції*
		32годин
		Практичні, семінарські*
		32 години
		Лабораторні*
		32 години
		Самостійна робота
		116 годин
		Вид контролю
		модульний контроль, іспит
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 2с – 11		

*Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
6с – 64 ауд / 180 сам;

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: Надати теоретичні знання та практичні уміння і навички, достатні для успішного виконання значущих проблем у сфері професійної діяльності за освітньо-професійною програмою «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» та підготувати до успішного засвоєння складніших програм для наукових дослідників.

Отримати необхідні навички в області:

- а) методи формування проектування авіаційних двигунів
- б) методи визначення характеристик двигунів і області їх застосування.
- в) методи випробування авіаційних двигунів
- г) призначення сертифікації авіаційних двигунів

Завдання: формування у здобувачів вищої освіти комплексу знань, умінь та навичок для застосування у професійній діяльності у сфері авіаційного двигунобудування: розв'язання і узагальнення практичних задач у своїй професійній діяльності з використанням фундаментальних та спеціальних прикладних методів проектування, розрахунків авіаційних двигунів та їх систем, сучасний інструментарій теоретичних і експериментальних наукових досліджень, моделювання та розрахунки процесів в об'єктах АРКТ, методологія загального проектування і сертифікації літаків, вертольотів і двигунів, конструювання навантажених і термонапружених деталей АД та ЕУ, розрахунки ресурсу, ресурсні випробування, діагностування технічного стану систем і агрегатів ГТД за вимірюваними параметрами в експлуатації параметрами і вібраціями, аналіз і синтез САК авіаційних ГТД, сучасні методи проектування технологічних процесів, комп'ютерні системи проектування операцій на верстатах з програмним керуванням, організація взаємодії людини та складних технічних систем.

конструкція авіаційних двигунів усіх типів; вимоги до двигунів різного призначення; конструкція вузлів двигунів та систем і деталей; сучасні моделі, методи та алгоритми, процеси, що протікають у двигунах; методи систематизації та прийняття рішень в управлінні складними системами та об'єктами.

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

Загальні компетентності: –*Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.*

Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності. – здатність генерувати нові ідеї та реалізовувати їх у вигляді інноваційних рішень, працюючи у команді з залученням представників інших професійних груп. Навички використання новітніх інформаційних технологій. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. Здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень. Здатність спілкуватися іноземною мовою в професійній (науково-технічній) діяльності.

Фахові компетентності спеціальності *Орієнтування в історії, сучасному стані, проблемах та перспективах розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки. Здатність кваліфіковано обирати клас матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі за нечітких умов і вимог. Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність проектування, досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок з урахуванням невизначеності умов і вимог. Усвідомлення робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідних для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки та оптимізації їх параметрів. Здатність ставити та вирішувати професійні задачі на основі знань та розуміння гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем. здатність проводити роботи з підготовки ви-*

робництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій

Програмні результати навчання: Вміння розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми авіаційної та / або ракетно-космічної техніки, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної / недостатньої інформації та суперечливих вимог.

Вміння критично осмислювати проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою. Навички складання звітної документації за результатами робіт з виконання професійних (науково-технічних) задач, підготовки науково-технічних публікацій, доповідей та презентацій за результатами виконаних досліджень. Вміння використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми. Навички прийняття рішень при виникненні нестандартних складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності в умовах невизначеності умов та вимог, наявності спектра думок та обмеженості часу. Володіння іноземною мовою на рівні, який забезпечує можливість спілкування у професійному середовищі та користування науковою та науково-технічною документацією в предметній області. Вміння аналізувати передові наукові та технічні досягнення в галузі проектування та виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки в умовах різних етапів розвитку, використовуючи історичну, патентну та науково-технічну літературу. Вміння розраховувати економічну ефективність виробництва елементів та систем авіаційної ракетно-космічної техніки. Вміння застосовувати сучасні методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, в тому числі комп'ютеризованого гнучкого виробництва, складання і випробування елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для сучасного обладнання з числовим програмним керуванням. Вміння обчислювати напружено-деформований стан, визначати несінну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки та засобів промислового виробництва з використанням новітнього програмного забезпечення, яке використовується в галузі. Вміння використовувати на практиці сучасні методи, способи та засоби проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для різних типів промислового виробництва. Вміння аналізувати ризики загроз і небезпек на робочих місцях та виробничих об'єктах, розробляти та проводити заходи щодо усунення причин нещасних випадків, впроваджувати організаційні і технічні заходи з метою поліпшення безпеки праці, використовуючи нормативну базу, сучасні методи і методики. Вміння формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі з розроблення новітніх зразків систем та елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на основі знань та розуміння особливостей їх конструкції та робочих процесів.

Пререквізити: інженерне матеріалознавство, вища математика, теоретична механіка, механіка матеріалів та конструкцій, технології конструкційних матеріалів, теорія газотурбінних двигунів і установок, теорія та розрахунок лопатевих машин,

Кореквізити: автоматизовані системи діагностики авіаційних двигунів і енергетичних установок.; віброакустика АД і ЕУ; комп'ютерно-інтегровані системи проектування; ресурсне проектування і випробування авіаційних двигунів і енергетичних установок; системи автоматичного управління авіаційних двигунів і енергетичних установок; системи охолодження елементів АД і ЕУ; Перспективні технології виробництва авіаційних двигунів і енергетичних установок

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

ТЕМА 1. Основні етапи проектування авіаційних двигунів – передбачає розгляд наступних питань:

- попередня конструктивна проробка, формування образу двигуна складається з опрацювання варіантів різних конструктивних схем з виявленням основних переваг і недоліків кожної стосовно до досліджуваних умов, попередніх розрахунків двигуна, його основних вузлів і характеристик;

- вибір типу і принципової схеми двигуна стосовно його призначенням на літальному апараті;

- формування технічного завдання (ТЗ) відображає основні технічні характеристики, найважливіші технічні вимоги та показники якості, техніко-економічні та спеціальні вимоги, пов'язані зі специфікою застосування розроблювального двигуна;

- фактори, що забезпечують досягнення високих питомих параметрів і основних технічних даних, помітно перевищують існуючий рівень, і повністю задовольняють технічні вимоги, пов'язані зі специфікою конструкції двигуна;

- завершальний етап проектування (до початку його серійного виробництва) це:

1. виготовлення дослідної партії двигунів для виконання плану експериментально-допрацьовочних робіт;

2. проведення випробувань двигунів для отримання основних даних (з внесенням необхідних конструктивних уточнень);

3. проведення ряду стендових тривалих випробувань по перевірці міцності і надійності двигуна;

4. проведення спеціальних випробувань з відпрацювання і перевірки двигуна на відповідність технічним вимогам;

5. льотні випробування на літаючій лабораторії і спеціальних висотних стендах;

6. льотні випробування на випробувальних літальних апаратах;

7. проведення Державних випробувань і впровадження в серійне виробництво.

Роботи над удосконаленням двигуна не припиняються після початку його серійного виробництва і ведуться в напрямку подальшого підвищення надійності, поліпшення технологічності і зниження трудомісткості.

ТЕМА 2. Випробування авіаційних ГТД з імітацією експлуатаційних умов:

- етапи і види випробувань авіаційних двигунів;

- випробування вузлів двигуна;

- основні експлуатаційні режими, що перевіряються при випробуваннях ГТД;

- основна технічна документація, яка використовується при випробуваннях ГТД

- випробувальні стенди.

Вивчення теми повинно дозволити слухачам відповісти на наступні питання:

- які види випробувань використовують для авіаційних ГТД?

- назвати особливості вузлових випробувань?

- яка мета і завдання випробувань досвідчених ВМД?

- призначення сертифікаційних і державних випробувань?

- назвати порядок і особливості проведення пред'явницьких і приймально-здавальних випробувань?

- яким періодичним випробуванням проходять серійні ГТД?

- у чому полягають особливості приймання серійних двигунів?

- які експериментальні характеристики знімають при випробуваннях авіаційних ГТД?

- у чому переваги і недоліки випробувань ГТД на висотних стендах і літаючих лабораторіях?

- яка технологія проведення випробувань ГТД на висотних стендах?

- які особливості проведення висотних випробувань в аеродинамічній трубі?

- чим обумовлена необхідність проведення випробувань ГТД з літаковим повітрязабірником?

Модуль 2

Змістовий модуль 2

ТЕМА 3. Вимірювання в двигуні - прямі і непрямі

Вимірювання температури - термометрування елементів конструкції ГТД:

- термодинамічна температура англійського фізика Томсона (Кельвіна);

- термоелектричний ефект німецького фізика Зеебека - термопара;
- термометри опору;
- термометрування робочого тіла в ГТД;
- поверхнева плівкова термопара ХАІ;
- термоіндикатори - термофарби;
- опромінені кристали.

Вивчення теми, має дозволити слухачам відповісти на наступні питання:

- що таке вимірювання, види вимірювань при випробуваннях ГТД, пряме вимірювання, непряме вимірювання?
- вимір тисків - вимір повного тиску (принципи, методи), вимір статичного тиску (принципи, методи), вимір динамічного напору (принципи, методи) – назвіть;
- прилади для вимірювання тиску - рідинні манометри, механічні манометри, електричні манометри (датчики) - назвіть принципи дії;
- вимір температур, прилади для вимірювання температур - рідинні термометри, термометри електроопору, термоелектричні пірометри (термопари), Термоіндикатори фарби - назвіть принципи дії, області застосування;
- вимірювання витрати палива, прилади для вимірювання витрати палива - дросельні витратоміри, швидкісні витратоміри - назвіть принципи дії, області застосування.

ТЕМА 4. Вимірювання напруження в елементах ГТД:

- тензометрія - експериментальний метод визначення напружено-деформованого стану елементів ГТД;
 - високотемпературний плівковий тензорезистор ХАІ.
- Тензометричний метод визначення напружено-деформованого стану елементів ГТД проводиться на різних етапах проектування двигуна і, зокрема, при експериментальній доводці дослідних ГТД до 150-годинного ресурсу (доведення супроводжується значними конструктивними змінами креслення деяких деталей).

Вивчення теми, має дозволити слухачам відповісти на наступні питання:

- то таке тензомер, види тензометрів;
- основа методу застосування тензометра - електроопору, коефіцієнт його тензочутливості;
- градування тензорезистора, пристрої для градування;
- плівкові тензорезистори ХАІ, особливості технології виготовлення і характеристики плівкових тензорезисторів ХАІ;
- приклади застосування тензорезисторів при дослідженні напруженого стану елементів об'єктів АКТ.

Модуль 3

Змістовий модуль 3

ТЕМА 5. Сертифікаційн випробування ГТД:

- система забезпечення і підтримки льотної придатності;
- законодавча база системи сертифікації авіаційних двигунів;
- основні етапи сертифікації авіаційних двигунів;
- особливості сертифікації авіаційних двигунів;
- сертифікація двигуна в складі літального апарату.

Псля, що: вивчення теми слухачі мають знати, що:

Повітряний Кодекс України, забезпечує державне регулювання використання повітряного простору і діяльності в галузі авіації, безпеки польотів, авіаційної та екологічної безпеки, встановлює:

- обов'язкову сертифікацію і атестацію в цивільній авіації, в тому числі розробників і виробників авіаційної техніки та, зокрема, авіаційних двигунів;
- обов'язковий статус вимог до льотної придатності авіаційних двигунів і загальний порядок сертифікації цивільних повітряних суден, авіаційних двигунів і повітряних гвинтів відповідно до авіаційних правил та схему взаємодії уповноваженого органу з сертифікації розробника, виробника і експлуатуючої організації в процесі сертифікації.

Сертифікація авіаційних двигунів проводиться шляхом підтвердження відповідності науково-обґрунтованим і загально визнаним Норм льотної придатності типу цивільного повітряного судна, його двигунів і обладнання.

Сертифікації підлягають двигуни та обладнання за принципом «до установки на літак» і повітряне судно разом з його двигунами й устаткуванням.

Сертифікація є ефективним методом підвищення безпеки цивільних повітряних суден, а також сприяє скороченню термінів доводки і льотних випробувань за умови, що вона проводиться з початку проектування на всіх етапах створення повітряного судна і включає в себе проведення в значних обсягах моделювання, стендових випробувань, випробувань на літаючих лабораторіях двигунів, обладнання, літакових систем і, як завершення, - проведення льотних випробувань повітряного судна. У цьому випадку ще на ранніх; стадіях створення повітряного судна можуть бути розкриті недоліки, які легше усунути до або в процесі його створення, ніж під час льотних випробувань.

ТЕМА 6. Комплексні вимірювання параметрів двигуна Д-436 при його проектуванні та сертифікації. Приклад випробувань при сертифікації двигуна МС-500

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	-				
ТЕМА 1. Основні етапи проектування авіаційних двигунів	6	2	—		4
ТЕМА 2. Випробування авіаційних ГТД з імітацією експлуатаційних умов	12	6	—	--	6
ТЕМА 3. Вимірювання у двигуні - прямі і непрямі вимірювання температури - термометрування елементів конструкції ГТД.	58	8	10	-	40
ТЕМА 4 Вимірювання напруження в елементах ГТД	50	8	12	-	30
ТЕМА 5 Сертифікаційні випробування ГТД	24	4	-	--	20
ТЕМА 6 . Комплексні вимірювання параметрів двигуна Д-436 при його проектуванні та сертифікації. Приклад випробувань при сертифікації двигуна МС-500	30	4	10	-	16
Модульний контроль					
Усього годин	180	32	32	-	116

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		0
	Разом	0

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Знайомство з існуючими методами виміру температур. Виготовлення д्रोотної хромель-алюмелевої термопари і її випробування	10
2	Знайомство з різними тензорезисторами. Проведення градування д्रोотного тензорезистора, з чутливим елементом з константана, з використанням балочки рівного опору.	6
3	Визначення напруженого стану лопатки компресора в спеціальній установці, що дозволяє докласти до лопатки зусилля розтягування, і момент, що вигинає. Лопатка препарована д्रोотним тензорезистором базою - 10 мм	6
4	Комплексні вимірювання параметрів двигуна Д-436 при його проектуванні та сертифікації.	4
5	Приклад випробувань при сертифікації двигуна МС-500	6
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		0
	Разом	0

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні етапи проектування авіаційних двигунів Етапи життєвого циклу і видів випробувань авіаційного двигуна	4
2	Випробування авіаційних ГТД з імітацією експлуатаційних умов	6
3	Вимірювання у двигуні - прямі і непрямі вимірювання температури - термометрування елементів конструкції ГТД.	40
4	Вимірювання напруження в елементах ГТД	30
5	Сертифікаційні випробування ГТД	20
6	Комплексні вимірювання параметрів двигуна Д-436 при його проектуванні та сертифікації. Приклад випробувань при сертифікації двигуна МС-500	16
	Разом	116

9. Індивідуальне завдання

10. Методи навчання

1 Основні форми навчання:

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

На лекціях 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 практичних занять базується на словесному (аналітичному) описанні об'єкта, а також й на матеріальному його відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (розрізні макети, плакати 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.

11. Методи контролю

Оформлення практичних занять – *письмово*, захист – *усно*.

Проведення, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді заліка

Семестр 2– іспит

11.1 Питання для самостійної роботи студентів

Модуль 1

Основні етапи проектування авіаційних двигунів – передбачає розгляд наступних питань:

- попередня конструктивна проробка, формування образу двигуна складається з опрацювання варіантів різних конструктивних схем з виявленням основних переваг і недоліків кожної стосовно до досліджуваних умов, попередніх розрахунків двигуна, його основних вузлів і характеристик?

- вибір типу і принципової схеми двигуна стосовно його призначенням на літальному апараті?

- фактори, що забезпечують досягнення високих питомих параметрів і основних технічних даних, помітно перевищують існуючий рівень, і повністю задовольняють технічні вимоги, пов'язані зі специфікою конструкції двигуна?

- завершальний етап проектування (до початку його серійного виробництва) це:

1. виготовлення дослідної партії двигунів для виконання плану експериментально-допрацювальних робіт?

2. проведення випробувань двигунів для отримання основних даних (з внесенням необхідних конструктивних уточнень) ?

3. проведення ряду стендових тривалих випробувань по перевірці міцності і надійності двигуна?

4. проведення спеціальних випробувань з відпрацювання і перевірки двигуна на відповідність технічним вимогам?

5. льотні випробування на літаючій лабораторії і спеціальних висотних стендах?

6. льотні випробування на випробувальних літальних апаратах?

- 7 проведення Державних випробувань і впровадження в серійне виробництво?

Роботи над удосконаленням двигуна не припиняються після початку його серійного виробництва і ведуться в напрямку подальшого підвищення надійності, поліпшення технологічності і зниження трудомісткості?

Випробування авіаційних ГТД з імітацією експлуатаційних умов?

- етапи і види випробувань авіаційних двигунів?

- випробування вузлів двигуна?

- основні експлуатаційні режими, що перевіряються при випробуваннях ГТД?

- основна технічна документація, яка використовується при випробуваннях ГТД?

- випробувальні стенди?

Вивчення теми повинно дозволити слухачам відповісти на наступні питання:

- які види випробувань використовують для авіаційних ГТД?

- назвати особливості вузлових випробувань?

- назвати порядок і особливості проведення пред'явницьких і приймально-здавальних випробувань?

- які періодичні випробування проходять серійні ГТД?

- у чому полягають особливості приймання серійних двигунів?
- які експериментальні характеристики знімають при випробуваннях авіаційних ГТД?
- у чому переваги і недоліки випробувань ГТД на висотних стендах і літаючих лабораторіях?
- яка технологія проведення випробувань ГТД на висотних стендах?
- які особливості проведення висотних випробувань в аеродинамічній трубі?
- чим обумовлена необхідність проведення випробувань ГТД з літаковим повітрязабірником?

Модуль 2

Вимірювання температури - термометрування елементів конструкції ГТД:

- термодинамічна температура англійського фізика Томсона (Кельвіна) ?
- термоелектричний ефект німецького фізика Зеебека - термопара; ?
- термометри опору?
- термометрування робочого тіла в ГТД?
- поверхнева плівкова термопара ХАІ?
- термоіндикатори - термофарби?
- опромінені кристали?

Вивчення теми, має дозволити слухачам відповісти на наступні питання:

- що таке вимірювання, види вимірювань при випробуваннях ГТД, пряме вимірювання, непряме вимірювання?
- вимір тисків - вимір повного тиску (принципи, методи), вимір статичного тиску (принципи, методи), вимір динамічного напору (принципи, методи) – назвіть;
- прилади для вимірювання тиску - рідинні манометри, механічні манометри, електричні манометри (датчики) - назвіть принципи дії?
- вимір температур, прилади для вимірювання температур - рідинні термометри, термометри електроопору, термоелектричні пірометри (термопари), Термоіндикатори фарби - назвіть принципи дії, області застосування?
- вимірювання витрати палива, прилади для вимірювання витрати палива - дросельні витратоміри, швидкісні витратоміри - назвіть принципи дії, області застосування?
- Вимірювання напруження в елементах ГТД:
- тензометрія - експериментальний метод визначення напружено-деформованого стану елементів ГТД?

- високотемпературний плівковий тензорезистор ХАІ.

Тензометричний метод визначення напружено-деформованого стану елементів ГТД проводиться на різних етапах проектування двигуна і, зокрема, при експериментальній доводці дослідних ГТД до 150-годинного ресурсу (доведення супроводжується значними конструктивними змінами креслення деяких деталей).

Вивчення теми, має дозволити слухачам відповісти на наступні питання:

- то таке тензометр, види тензометрів; ?
- основа методу застосування тензометра - електроопору, коефіцієнт його тензочутливості?
- градування тензорезистора, пристрої для градування;
- плівкові тензорезистори ХАІ, особливості технології виготовлення і характеристики плівкових тензорезисторів ХАІ?
- приклади застосування тензорезисторів при дослідженні напруженого стану елементів об'єктів АКТ?

Модуль 3

Сертифікаційне випробування ГТД:

- система забезпечення і підтримки льотної придатності;
- законодавча база системи сертифікації авіаційних двигунів;
- основні етапи сертифікації авіаційних двигунів;
- особливості сертифікації авіаційних двигунів;
- сертифікація двигуна в складі літального апарату.

Після вивчення теми слухачі мають знати, що:

Повітряний Кодекс України, забезпечує державне регулювання використання повітряного простору і діяльності в галузі авіації, безпеки польотів, авіаційної та екологічної безпеки, встановлює:

- обов'язкову сертифікацію і атестацію в цивільній авіації, в тому числі розробників і виробників авіаційної техніки та, зокрема, авіаційних двигунів;

- обов'язковий статус вимог до льотної придатності авіаційних двигунів і загальний порядок сертифікації цивільних повітряних суден, авіаційних двигунів і повітряних гвинтів відповідно до авіаційних правил та схему взаємодії уповноваженого органу з сертифікації розробника, виробника і експлуатуючої організації в процесі сертифікації.

Сертифікація авіаційних двигунів проводиться шляхом підтвердження відповідності науково-обґрунтованим і загальновизнаним Норм льотної придатності типу цивільного повітряного судна, його двигунів і обладнання.

Сертифікації підлягають двигуни та обладнання за принципом «до установки на літак» і повітряне судно разом з його двигунами й устаткуванням.

Сертифікація є ефективним методом підвищення безпеки цивільних повітряних суден, а також сприяє скороченню термінів доводки і льотних випробувань за умови, що вона проводиться з початку проектування на всіх етапах створення повітряного судна і включає в себе проведення в значних обсягах моделювання, стендових випробувань, випробувань на літаючих лабораторіях двигунів, обладнання, літакових систем і, як завершення, - проведення льотних випробувань повітряного судна. У цьому випадку ще на ранніх; стадіях створення повітряного судна можуть бути розкриті недоліки, які легше усунути до або в процесі його створення, ніж під час льотних випробувань.

Комплексні вимірювання параметрів двигуна Д-436 при його проектуванні та сертифікації. Приклад випробувань при сертифікації двигуна МС-500

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
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...2	4	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	6...10	4	24...40
Модульний контроль	36...52	1	36...52
Усього за модуль 1			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 робіт.

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

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

Перше запитання - змістовий модуль 1,2 або 3;

Друге запитання – тематика розрахунково-графічної роботи

Максимальна кількість балів за кожне запитання –50.

12.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- які параметри визначають схему проектування двигуна;

- фактори, що забезпечують досягнення високих питомих параметрів і основних технічних даних, помітно перевищують існуючий рівень, і повністю задовольняють технічні вимоги, пов'язані зі специфікою конструкції двигуна⁴
- особливості завершальних етапів проектування газотурбінних двигунів;
- етапи і види випробувань авіаційних двигунів
- можливості організації стендових і льотних випробувань авіаційних двигунів;
- особливості вузлових випробувань;
- основну технічну документацію, яка використовується при випробуваннях ГТД;
- технологію проведення випробувань ГТД на висотних стендах;
- методи вимірювання тиску робочої рідини в ГТД і призначення цих вимірювань методи вимірювання температури в ГТД і призначення цих вимірювань;
- методи вимірювання швидкості потоку повітря і газу в ГТД і призначення цих вимірювань;
- методи вимірювання деформацій і напружень в ГТД і призначення цих вимірювань;
- основні етапи і особливості сертифікації авіаційних двигунів;
- повітряний Кодекс України, забезпечуючий державне регулювання використання повітряного простору і діяльності в галузі авіації, безпеки польотів, авіаційної та екологічної безпеки, встановлює;
- основні етапи сертифікації авіаційних двигунів;
- особливості сертифікації авіаційних двигунів;
- сертифікація двигуна в складі літального апарату.

вміти:

- проаналізувати характеристики газотурбінного двигуна при його проектуванні і протягом життєвого циклу;
- планувати різні види експериментальних досліджень і вимірювань параметрів в ГТД;
- проводити дослідження температурного стану робочої рідини і частин ГТД;
- можливість провести дослідження напруженого стану частин ГТД;
- можливість проводити окремі етапи сертифікації двигуна відповідно до існуючих авіаційних правил (AP) і повітряним Кодексом України;

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи.. Знання всіх типів літальних апаратів газотурбінних двигунів. Мати уявлення про більшість видів тестів сучасних авіаційних двигунів

Добре (75 - 89). Мати уявлення про більшість тем лекцій, які ви читаєте. Мати уявлення про більшість тем лекцій, які ви читаєте., захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Захисту всіх лабораторних робіт, за умови самостійної практики пропущених . Знати мету більшості видів сертифікаційних випробувань авіаційних газотурбінних двигунів. Мета вимірювання температури в ГТД Випробування серійних двигунів.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти аналізувати сучасний ринок авіаперевезень, відповідно формулювати тактико-технічні вимоги авіаційного двигуна. Знати етап життєвого циклу двигуна. Знати види випробувань використовуваних при проектуванні і виробництві авіаційних двигунів. Знати особливості виміру температури робочого тіла в двигуні, а також вимір температур елементів ГТД. Призначення тензометрії у визначенні напруженого стану елементів двигуна. Що зазначать терміни "сертифікація" і "авіаційні правила". Основні етапи сертифікації

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

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=4574>

14. Рекомендована література

Базова

1. Чигрин, В. С. Конструкція и прочность авиационных двигателей [Текст] : – Х. «Мотор Січ» 2017. – 330
2. Богуслаев В\О. Технологія виробництва авіаційних двигунів, частина 5 [Текст] / Качан О.Я, ДолматовА.И. Мозговой В.Ф. «Мотор Січ» 2015. – 420
3. Григорьев В.А. Испытания авиационных двигателей [Текст] / под редакцией В.А Григорьева, А.С. Гришварова . - М. : Машиностроение, 2009. – 502 с.

Допоміжна

1. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей [Текст] ; под. ред. Д. В. Хромина. - М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.
2. Солоухин Э.Л. . Испытания авиационных двигателей [Текст] /. - М. : Машиностроение, 1975. – 355 с.