


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

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) Олександр БІЛОГУБ
(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2023 р.

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

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 (ОПП, ОНП)

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:

другий (магістерський)

Харків 2023 рік

Розробник Юрій ГУСЄВ, професор каф. 203, к.т.н., доц.
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2023 р.

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


(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 6	<p>Галузь знань <i>13 «Механічна інженерія»</i></p> <p>Спеціальність <i>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</i></p> <p>Освітня програма <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки (ОПП, ОНП)</i></p> <p>Рівень вищої освіти <i>другий (магістерський)</i></p>	<i>Обов'язкова</i>
Кількість модулів – 3		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		<i>2023 / 2024</i>
Індивідуальне завдання <i>немає</i> (назва)		Семестр <i>1-й</i>
Загальна кількість годин – 64 /180		Група <i>253; 253н</i>
		Лекції* <i>32 год.</i>
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 7,25		Практичні, семінарські* <i>32 год.</i>
		Лабораторні* <i>–</i>
		Самостійна робота <i>116 год.</i>
		Вид контролю <i>модульний контроль, іспит</i>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
64 / 116

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Підготовка висококваліфікованих та конкурентоспроможних фахівців, здатних розв'язувати складні наукові та практичні задачі в процесі навчання та професійної діяльності, зокрема, в сфері розробки, виготовлення та тестування ракетно-космічної техніки, що передбачає проведення наукових досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог, розвитком техніки та ринку праці.

Цілі навчання – підготовка фахівців здатних розв'язувати складні задачі і проблеми у професійній діяльності, пов'язаній з розробкою, виробництвом та (або) сертифікацією авіаційної та ракетно-космічної техніки, її двигунів та енергетичних установок, конструкцій та систем або у процесі навчання, які пов'язані з проведенням досліджень та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов і вимог.

Завдання: отримати знання: за сучасними методами проектування, випробувань та вимірювань параметрів АД та ЕУ; про норми льотної придатності авіаційних двигунів; особливості основних видів їх сертифікаційних випробувань; сертифікація двигуна у складі літального апарату.

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. ЗК2. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. ЗК4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). ЗК5. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. ЗК6. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. ЗК7. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК9. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК1. Усвідомлення історії, сучасного стану, проблем та перспектив розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки. СК2. Здатність критично осмислювати проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою. СК3. Здатність обґрунтовувати вибір клас матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки. СК4. Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність проектування, досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок. СК6. Здатність поставити та вирішити професійні задачі на основі концептуальних спеціалізованих знань, що включають останні наукові здобутки, у галузі гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем.

Програмні результати навчання:

РН1. Знати і розуміти засади фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі авіаційної та/або ракетно-космічної техніки. РН2. Знати і розуміти робочі процеси у системах та елементах авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення та оптимізації їх параметрів. РН3. Розуміти та застосовувати при розв'язанні складних професійних (науково-технічних) задач принципи та методи системного аналізу. РН5. Використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми. РН6. Приймати ефективні рішення при виникненні нестандартних складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності в умовах невизначеності вимог, наявності спектра думок та обмеженості часу. РН7. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організовувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність. РН8. Складати звітну документацію за результатами розв'язання складних професійних (науково-технічних) задач, презентувати виконані дослідження у вигляді наукових звітів публікацій, доповідей на конференціях тощо. РН9. Обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки, обирати і застосовувати ефективні методи модифікації

їх властивостей. РН11. Обґрунтовано призначати показники якості об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки. РН12. Застосовувати вимоги галузевих та міжнародних нормативних документів при формулюванні та розв'язанні науково-технічних задач проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах її життєвого циклу. РН13. Оцінювати стійкість та керованість літального апарата, визначати вихідні параметри для формування зовнішнього вигляду авіаційної та ракетно-космічної техніки. РН14. Організовувати виконання складних завдань у професійній діяльності колективом. РН16. Розраховувати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, яке використовується в галузі. РН17. Використовувати на практиці сучасні методи та засоби проектування, виробництва, випробування, ремонту та (або) сертифікації систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

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; моделювання та розрахунок процесів в АРКТ, перспективні технології виробництва авіаційних двигунів і енергетичних установок.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

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

- 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;
- вибір типу і принципової схеми двигуна стосовно його призначенням на літальному апараті;
- ескізне проектування двигуна;
- аналіз факторів 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;
- 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;
- 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 повітрязбірником?

Модульний контроль.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

ТЕМА 3. Вимірювання в двигуні.

Визначення тиску та швидкості потоку робочого тіла в газотурбінному двигуні. Витрата повітря та палива в ГТД.

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:

– що 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.

Модульний контроль.**Модуль 3****Змістовий модуль 3****ТЕМА 5.** Сертифікаційні 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, 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 загальноновизнаним 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	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
ТЕМА 1. Основні етапи проектування авіаційних двигунів	10	6	–	–	4
ТЕМА 2. Випробування авіаційних ГТД з імітацією експлуатаційних умов	10	4	–	–	6
Модульний контроль*	1	1	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	20	10	–	–	10
Модуль 2					
Змістовий модуль 2					
ТЕМА 3. Вимірювання у двигуні – прямі і непрямі вимірювання температури – термометрування елементів конструкції ГТД	56	6	10	–	40
ТЕМА 4. Вимірювання напруження в елементах ГТД	48	6	12	–	30
Модульний контроль*	1	1	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	104	12	22	–	70
Модуль 3					
Змістовий модуль 3					
ТЕМА 5. Сертифікаційні випробування ГТД	26	6	–	–	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*	1	1	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	56	10	10	–	36
Усього годин	180	32	32	–	116

*Не входить до розрахунку годин

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

6. Теми практичних занять

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

Не передбачено навчальним планом.

10. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні 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.).

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 практичних робіт.

11. Методи контролю

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

Проведення, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

Семестр 1 – іспит.

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-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?

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 повітрозабірником?

Модуль 2

Вимірювання температури – термометрування елементів конструкції ГТД:

– термодинамічна температура англійського фізика Томсон⁷⁷а (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:

– що 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 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.

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...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	–	–	–
Модульний контроль	8...12	1	8...12
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	11	22...33
Модульний контроль	10...12	1	10...12
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	5	10...15
Модульний контроль	10...12	1	10...12
Усього за семестр			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 двигуна;
- 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, що забезпечує 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 читаете. Мати уявлення про більшість тем лекцій, які ви читаете., 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 зазначають 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

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

14. Рекомендована література

Базова

Єпіфанов С. В., Чигрин В. С. Конструкція авіаційних газотурбінних двигунів [Текст] : – Х. – 2023. – 336 с.

15. Інформаційні ресурси

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

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