

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

Кафедра проектування літаків і вертольотів (№ 103)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Людмила КАПІТАНОВА
(прізвище) (ініціали та прізвище)

« 01 » вересня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ІНТЕГРОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАКІВ ТА ВЕРТОЛЬОТІВ»

(назва навчальної дисципліни)

МАЈОР «ЛІТАКИ І ВЕРТОЛЬОТИ»

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Проектування, виробництво та сертифікація
авіаційної техніки»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Робоча програма «Інтегроване проектування літаків та вертольотів»
(назва дисципліни)

Розробники:

Олександр ГРЕБЕНІКОВ, професор каф. №103, д.т.н, професор



Сергій ТРУБАЄВ, доцент каф. №103, д.т.н., доцент
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри №103 проектування літаків і вертольотів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «27» серпня 2024 р.

к.т.н., доцент



(підпис)

Сергій ТРУБАЄВ

(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 1	Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (код та найменування) Освітня програма «Літаки і вертольоти» (найменування) Рівень вищої освіти: другий (освітньо-науковий)	Навчальний рік: 2024/2025
Кількість змістових модулів – 1		Семестр
Індивідуальне завдання Методи інтегрованого проектування об'єктів авіаційної техніки (назва)		2-й
Загальна кількість годин – 120 <i>кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин – 48 / 120</i>		Лекції 24 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 10		Практичні, семінарські 16 год.
	Лабораторні –	
	Самостійна робота 80 год.	
	Вид контролю іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 40/80.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – метою вивчення навчальної дисципліни «Інтегроване проектування літаків та вертольотів» є засвоєння студентами знань про методологію інтегрованого проектування та моделювання літаків і вертольотів, їх агрегатів та систем, обладнання, збірних вузлів, створення майстер-геометрії, моделі розподілу простору та аналітичних еталонів конструкції за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем. Засвоїти знання в області проектування збірних вузлів регламентованої довговічності. Отримати необхідні навички в області інтегрованого проектування літаків та вертольотів та освоїти:

- а) методи досліджень і розрахунків при визначенні характеристик і параметрів збірних авіаційних конструкцій з урахуванням заданого ресурсу;
- б) методи інтегрованого проектування та моделювання агрегатів авіаційної техніки за допомогою комп'ютерних систем.

Завдання – основними завданнями вивчення дисципліни «Інтегроване проектування літаків та вертольотів» є отримання студентами знань про сучасні методи проектування, конструювання та моделювання літаків і вертольотів заданого ресурсу з допомогою комп'ютерних інтегрованих систем CAD/CAM/CAE; основних положень «Повітряного кодексу України», Норм льотної здатності літаків та вертольотів, сертифікації авіаційної техніки, основні принципи роботи в системах CAD/CAM/CAE, основні вимоги до створення «Стандартної специфікації» на літальні апарати та керівництва по технічному обслуговуванню та експлуатації.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК).

ЗК4 – здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів.

ЗК6 – навички використання інформаційних і комунікаційних технологій для вирішення завдань проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів.

ЗК7 – здатність досліджувати проблеми з використанням системного аналізу, синтезу, комп'ютерного моделювання та методів оптимізації у розрахунках злітної маси виробів.

ЗК8 – здатність до адаптації та дії в новій ситуації, при зміні потреб ринку, освоєнні нових принципів польоту та енергозабезпечення.

ЗК9 – здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.

ЗК10 – здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК).

ФК1 – Здатність формулювати мету і завдання дослідження, виявляти пріоритети розв'язку завдань, вибирати й створювати критерії оцінки при вирішенні задач проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів.

ФК2 – Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати результати виконаної роботи, у тому числі за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем;

ФК4 – Знання і вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності по інтегрованому проектуванню, випробуванню та сертифікації літаків і вертольотів.

ФК6 – Здатність до підготовки, планування й проведенню навчальних занять в освітніх організаціях.

ФК10 – Обізнаність в галузі аерогідродинаміки, базові знання для опису взаємодії тіл з повітряним і гідравлічним середовищем.

ФК11 – Здатність застосування базових знань в галузі математики для математичного моделювання явищ і об'єктів у професійній діяльності за спеціальністю.

ФК12 – Знання основ постановки і рішення задач пошуку оптимальних параметрів літаків і вертольотів, сформулювати ціль проектування та синтезувати цільову функцію;

ФК15 – Здатність до розробки конструкторської, організаційно-технічної та нормативно-методичної документації з проектування виробництва і випробування авіаційної техніки.

Програмні результати навчання.

ПРН1 – Формулювати мету і завдання проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів, виявляти пріоритети розв'язку завдань, вибирати й створювати критерії оцінки.

ПРН2 – Застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати й представляти результати виконаної роботи.

ПРН4 – Вдосконалювати професійну діяльність, методологію прийняття рішень і розробок у напрямку підвищення безпеки польотів.

ПРН5 – Володіти повним комплексом правових і нормативних актів у сфері безпеки авіації, що відносяться до проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів.

ПРН12 – Розробляти виробничі програми з технічного обслуговування, сервісу, ремонту та інших послуг при експлуатації літаків і вертольотів на базі глибоких фундаментальних і спеціальних знань.

ПРН13 – Застосувати базові знання в галузі аерогідродинаміки, базові знання для опису проектування, випробування та сертифікації літаків і вертольотів з повітряним і гідравлічним середовищем.

ПРН15 – Застосувати базові знання основ постановки і рішення задач проектування параметрів виробів і процесів.

ПРН18 – Розробляти конструкторської, організаційно-технічної та нормативно-методичної документації з проектування виробництва і випробування авіаційної техніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- сучасні технології проектування, конструювання та моделювання літаків і вертольотів;
- місце комп'ютерних інтегрованих систем при виробництві літаків і вертольотів;
- методи моделювання елементів літаків і вертольотів за допомогою системи CAD/CAM/CAE Siemens NX;
- сучасні вимоги до забезпечення безпеки польотів за умовами втомної довговічності планера;
- характеристики опору втомі авіаційних матеріалів;
- шляхи забезпечення ресурсу авіаційних конструкцій;
- методики розрахунку довговічності конструктивних елементів з концентратором напруг, типових рухливих і нерухомих з'єднань;
- методи забезпечення втомної якості типових збірних вузлів планера літака та вертольота;
- методи забезпечення заданої довговічності та характеристики живучості;
- способи відновлення несучої здатності елементів планера літака та вертольота з втомними тріщинами;
- методи створення конструкторської та експлуатаційної документації в електронному вигляді;

вміти:

- створювати математичні моделі зовнішньої поверхні літака та вертольота;
- створювати комп'ютерні моделі елементів конструкції літака та вертольота;
- правильно проводити розрахунок впливу конструктивно-технологічних параметрів на довговічність конструктивних елементів і їх з'єднань;
- вибирати конструктивні параметри силових елементів, вузлів і їх з'єднань, що забезпечують задану довговічність і міцність при мінімумі маси і конструктивно-технологічних обмеженнях;
- моделювати силові елементи, їх з'єднання та збірні відсіки агрегатів за допомогою системи CAD/CAM/CAE Siemens NX;

мати уявлення:

- про сучасні комп'ютерні інтегровані системи;
- про місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації літальних апаратів;
- принципи та методи CALS технологій.
- про перспективні конструктивно-технологічні методи забезпечення ресурсу і експлуата-

- ційної живучості конструкції планера літака і вертольота;
- про методи автоматизації розрахунку і проектування конструкцій літака і вертольота з урахуванням втоми;
 - про наукові проблеми забезпечення ресурсу, ремонтпридатність, герметичності і якості зовнішньої поверхні конструкцій літака і вертольота;
 - про математичне моделювання і створення аналітичних еталонів літака і вертольота;
 - про місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації літака і вертольота.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна базується на знаннях, які отримані при вивченні дисциплін: Загальна будова об'єктів АРКТ, Аеродинаміка, Міцність, Конструювання елементів та агрегатів АРКТ, Загальне проектування літаків та вертольотів, Технологія виробництва авіаційної техніки.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Методологія інтегрованого проектування та моделювання збірних конструкцій авіаційної техніки регламентованої довговічності

ТЕМА 1. Стан проблеми проектування збірних конструкцій авіаційної техніки регламентованої довговічності.

Загальні питання втоми. Характеристики опору втомі конструктивних нерегулярностей. Аналіз методів проектування збірних конструкцій авіаційної техніки. Аналіз методів проектування з урахуванням втоми зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки регламентованої довговічності. Аналіз методів проектування заклепувальних з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки регламентованої довговічності. Аналіз методів затримки росту втомних тріщин у збірних тонкостінних конструкціях авіаційної техніки. Опір втомі типових елементів авіаційних конструкцій.

ТЕМА 2. Концепція і наукові основи методології інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності збірних конструкцій авіаційної техніки за допомогою систем CAD/CAM/CAE.

Концепція і принципи інтегрованого проектування збірних конструкцій авіаційної техніки. Метод аналізу впливу конструктивно-технологічних параметрів на характеристики об'ємного напружено-деформованого стану моделей елементів регулярних зон збірних конструкцій авіаційної техніки за допомогою системи CAD/CAE ANSYS. Характеристики опору втомі типових елементів регулярних зон збірних конструкцій авіаційної техніки. Метод прогнозування втомної довговічності пластин з отвором. Метод прогнозування довговічності зрізних з'єднань виконаних з осьовим і радіальним натягами болтів із шестигранною голівкою.

ТЕМА 3. Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки.

Інтегрований аналіз впливу технології установки болта і рівня навантаження на характеристики локального НДС в елементах двозрізного однорядного потайного болтового з'єднання за допомогою системи інженерного аналізу ANSYS. Аналіз впливу технології постановки болтів і рівня навантаження на характеристики локального НДС в елементах двозрізного трьохрядного потайного з'єднання. Дослідження довговічності моделей типових потайних болтових з'єднань. Методика розрахунку розподілу зусиль між рядами в зрізних болтових з'єднаннях авіаційних конструкцій за допомогою системи інженерного аналізу ANSYS. Метод прогнозування впливу конструктивно-технологічних параметрів зрізних потайних болтових з'єднань на їхню довговічність. Методика створення комп'ютерних моделей болтових з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки за допомогою системи Siemens NX.

ТЕМА 4. Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки.

Підвищення довговічності з'єднань шляхом застосування болтів із трьохконусною потайною голівкою. Застосування клейового шару для підвищення довговічності потайних з'єднань з локальним натягом. Застосування розвантажувальних отворів для підвищення довговічності болтових з'єднань. Використання прокладок, що розвантажують, для підвищення довговічності зрізних болтових з'єднань. Способи підвищення довговічності з'єднань збірних панелей із профілем рознімання. Підвищення довговічності однозрізних з'єднань на твердому профілі шляхом локального потовщення накладок у зоні крайнього ряду.

ТЕМА 5. Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки.

Метод інтегрованого проектування і моделювання типових заклепувальних з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки. Методика проектування заклепувальних з'єднань обшивок заданої довговічності на етапі ескізного проектування. Методика аналізу впливу конструктивних і технологічних параметрів на характеристики локального НДС заклепувального з'єднання. Методики розрахунку розподілу зусиль між рядами зрізного заклепувального з'єднання. Методика дослідження впливу відхилень розмірів, що утворюються при виготовленні заклепок і виконанні отворів під їхню установку, на розподіл радіального натягу по товщині пакета після процесу клепок. Методика прогнозування впливу конструктивно-технологічних параметрів потайних заклепувальних з'єднань на їхню довговічність.

ТЕМА 6. Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки.

Конструктивно-технологічні способи підвищення втомної довговічності однозрізних заклепувальних з'єднань шляхом розвантаження крайніх рядів. Заклепки для високоресурсних потайних клепааних з'єднань. Потайна заклепка з конічним компенсатором і ефективність її застосування в типових з'єднаннях. Спосіб і технологія клепок як фактор, що підвищує ресурс заклепувальних з'єднань і якість їхньої зовнішньої поверхні.

ТЕМА 7. Нові конструктивно-технологічні методи і способи затримки росту втомних тріщин для продовження ресурсу збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки.

Дослідження овалізації отворів і напружено-деформованого стану в пластині з втомною тріщиною. Вплив затягування болтів, встановлених в отвори, виконані у вершинах втомної тріщини, на локальне НДС пластини. Вплив радіального натягу болтів на НДС пластини з втомною тріщиною й отворами, виконаними по її довжині. Інтегровані способи затримки росту втомних тріщин установкою у вершині тріщин болтів з радіальним натягом і затягуванням. Конструктивно-технологічні методи продовження ресурсу заклепувальних з'єднань стінок лонжерона.

ТЕМА 8. Методи інтегрованого проектування та моделювання агрегатів літака та вертольота.

Методика проектування та моделювання крила, фюзеляжу, хвостового оперення, силової установки, шасі, трансмісії, хвостової балки з допомогою комп'ютерних інтегрованих систем. Методика створення майстер-геометрії, моделі розподілу простору та аналітичних еталонів елементів конструкції крила, фюзеляжу, хвостового оперення, силової установки, шасі, хвостової балки. Розробка комп'ютерного макету літака та вертольота.

ТЕМА 9. Льотно-конструкторські випробування літаків та вертольотів.

Наземні роботи та підготовка дослідного повітряного судна до першого випробувального польоту. Підготовчі наземні роботи на літаку. Підготовка льотного

екіпажу. Визначення маси, координат центру мас та моментів інерції. Наземні випробування та підготовка вертольота до першого вильоту.

ТЕМА 10. Методи льотних випробувань повітряних суден.

Програма випробувань дослідного повітряного судна. Перший виліт дослідного літака. Визначення характеристик стійкості і керованості літака. Визначення льотно-технічних характеристик. Визначення характеристик маневреності. Визначення злітно-посадочних характеристик. Льотні випробування літака на міцність. Визначення експлуатаційних обмежень. Льотні випробування силових установок та їх систем. Льотні сертифікаційні випробування.

ТЕМА 11. Повітряний кодекс України.

Загальні положення. Авіаційні правила України. Використання повітряного простору України. Повітряні судна. Авіаційний персонал. Екіпаж повітряного судна. Аеродроми та аеропорти. Повітряні траси та місцеві повітряні лінії. Польоти повітряних суден. Міжнародні польоти. Повітряні перевезення. Авіаційні роботи. Захист авіації від актів незаконного вторгнення. Розслідування авіаційних пригод.

ТЕМА 12. Норми льотної здатності літаків та вертольотів транспортної категорії.

Загальні вимоги льотної здатності. Польоти. Міцність. Проектування та конструкція. Силова установка. Обладнання. Експлуатаційні обмеження та інформація.

ТЕМА 13. Сертифікація авіаційної техніки цивільного призначення.

Правові основи сертифікації. Авіаційні правила, котрі використовуються при сертифікації авіаційної техніки. Етапи сертифікації типу авіаційної техніки. Особливості сертифікації деяких видів авіаційної техніки. Сертифікація виробництва авіаційної техніки. Основні документи, котрі регламентують сертифікацію виробництва. Етапи сертифікації виробництва.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					с.р.
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд		
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1.						
<i>Методологія інтегрованого проектування літаків та вертольотів</i>						
Тема 1. <i>Стан проблеми проектування збірних конструкцій авіаційної техніки регламентованої довговічності</i>	6	2	–	–	–	4
Тема 2. <i>Концепція і наукові основи методології інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності збірних конструкцій авіаційної техніки за допомогою систем CAD/CAM/CAE</i>	12	4	–	–	–	8
Тема 3. <i>Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки</i>	8	2	4	–	–	2
Тема 4. <i>Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій авіаційної техніки</i>	8	2	–	–	–	6
Тема 5. <i>Метод інтегрованого проектування і</i>	8	1	4	–	–	3

1	2	3	4	5	6	7
<i>досягнення регламентованої довговічності зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки</i>						
Тема 6. <i>Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки</i>	12	1	4	–	–	7
Тема 7. <i>Нові конструктивно-технологічні методи і способи затримки росту втомних тріщин для продовження ресурсу збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки</i>	12	2	4	–	–	6
Тема 8. <i>Методи інтегрованого проектування та моделювання агрегатів літака та вертольота</i>	24	4	–	–	–	20
Тема 9. <i>Льотно-конструкторські випробування літаків та вертольотів</i>	10	2	–	–	–	8
Тема 10. <i>Методи льотних випробувань повітряних суден</i>	7	1	–	–	–	6
Тема 11. <i>Повітряний кодекс України</i>	3	1	–	–	–	2
Тема 12. <i>Норми льотної здатності літаків та вертольотів транспортної категорії</i>	5	1	–	–	–	4
Тема 13. <i>Сертифікація авіаційної техніки цивільного призначення</i>	5	1	–	–	–	4
Разом за змістовим модулем 1	120	24	–	16	–	80
Усього годин	120	24	–	16	–	80

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

Не передбачено програмою

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Проектування з урахуванням втоми силових елементів конструкції планера літака з отворами та галтельними переходами	2
2	Вплив фреттинг-корозії на довговічність конструктивних елементів із алюмінієвих сплавів	2
3	Вплив радіального натягу на довговічність смуг із отворами, заповненими втулками, болтами та заклепками	2
4	Утомна довговічність шарнірно-болтових з'єднань	2
5	Вплив типу заклепок і кількості їх рядів на довговічність зрізних заклепочних з'єднань	2
6	Вплив конструктивно-технологічних факторів на довговічність зрізних болтових з'єднань	2
7	Вплив конструктивних параметрів на довговічність поздовжніх з'єднань стінки з ребром поясу лонжерону	2

1	2	3
8	Вплив вирізів на довговічність панелей крила	2
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<i>Не передбачено програмою</i>	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Змістовий модуль 1.	
1	Досягнення регламентованої довговічності збірних конструкцій авіаційної техніки як складова її конкурентоспроможності	4
2	Розвиток систем CAD/CAM/CAE та необхідність їх використання у сучасному проектуванні	8
3	Історія дослідження довговічності елементів та їх з'єднань машинобудівних конструкцій. Втомна крива, як характеристика втоми елементів та з'єднань. Типи кривих втоми	2
4	Огляд існуючих конструктивно-технологічних рішень для рухомих та нерухомих з'єднань конструкцій авіаційної техніки що до забезпечення регламентованої довговічності	6
5	Методики аналізу впливу технології виконання з'єднань і рівня навантаження на характеристики локального НДС елементів конструкції авіаційної техніки.	3
6	Існуючі заклепки для високоресурсних потайних клепаних з'єднань Конструктивно-технологічні методи продовження ресурсу заклепувальних з'єднань тонкостінних конструкцій	7
7	Методи затримки росту втомних тріщин у авіаційних конструкціях.	6
8	Методи прогнозування втомної довговічності агрегатів авіаційних конструкцій. Методи підвищення довговічності з'єднань у агрегатах. Методики проектування заклепувальних з'єднань обшивок заданої довговічності. Прогресивні заклепки та їх використання при складанні агрегатів авіаційної техніки Методики проектування заклепувальних з'єднань обшивок заданої довговічності.	20
9	Підготовка дослідного повітряного судна до першого випробувального польоту. Підготовчі наземні роботи на літаку та вертольоті при льотно-конструкторських випробуваннях	8
10	Характеристики стійкості і керованості, які підтверджуються при льотних випробуваннях повітряних суден.	6
11	Загальні та специфічні вимоги повітряного кодексу до літаків та вертольотів	2
12	Структура та склад Авіаційних правил, котрі використовуються при сертифікації авіаційної техніки. Ознайомлення зі структурою та складом Авіаційних Правил (АП-21, АП-25, АП-27, АП-36, АП-39 і т.д.)	4
13	Основні документи, котрі регламентують сертифікацію виробництва. Етапи сертифікації виробництва.	4
	Разом	80

9. Індивідуальні завдання

1. Дослідження впливу конструктивно-технологічних факторів на довговічність типових конструктивних нерегулярностей. Створення моделі розподілу простору та аналітичних еталонів елементів конструкції заданих зон агрегатів літака літального апарату. Підготовка до виконання дипломного проекту.

2. Створення майстер-геометрії поверхні літального апарату, проектування котрого виконувалося протягом навчання зі спеціальності, котрий увійде до складу дипломного проекту.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних робіт, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та ведучими авіаційними організаціями, користування матеріалами мережі Internet та електронними матеріалами розміщеними на сайті кафедри, проведення першого туру олімпіади по спеціальності.

11. Методи контролю

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

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	16	0...16
Виконання і захист практичних робіт	0...4	8	0...32
Модульний контроль	0...52	1	0...52
Усього за модуль 1			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з чотирьох питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне питання – 25 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- сучасні технології проектування, конструювання та моделювання літаків і вертольотів;
- місце комп'ютерних інтегрованих систем при виробництві літаків і вертольотів;
- методи моделювання елементів літаків і вертольотів за допомогою системи CAD/CAM/CAE Siemens NX;
- сучасні вимоги до забезпечення безпеки польотів за умовами втомної довговічності планера;
- характеристики опору втомних авіаційних матеріалів;
- шляхи забезпечення ресурсу авіаційних конструкцій;
- методики розрахунку довговічності конструктивних елементів з концентратором напруг, типових рухливих і нерухомих з'єднань;
- методи забезпечення втомної якості типових збірних вузлів планера літака та вертольота;
- методи забезпечення заданої довговічності та характеристики живучості;
- способи відновлення несучої здатності елементів планера літака та вертольота з втомними тріщинами;
- методи створення конструкторської та експлуатаційної документації в електронному

вигляді;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- створювати математичні моделі зовнішньої поверхні літака та вертольота;
- створювати комп'ютерні моделі елементів конструкції літака та вертольота;
- правильно проводити розрахунок впливу конструктивно-технологічних параметрів на довговічність конструктивних елементів і їх з'єднань;
- вибирати конструктивні параметри силових елементів, вузлів і їх з'єднань, що забезпечують задану довговічність і міцність при мінімумі маси і конструктивно-технологічних обмеженнях;
- моделювати силові елементи, їх з'єднання та збірні відсіки агрегатів за допомогою системи CAD/CAM/CAE Siemens NX;

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Знати: загальні питання втоми; концепції та принципи інтегрованого проектування; методику створення комп'ютерних моделей з'єднань; методику проектування заклепкових з'єднань заданої довговічності на етапі ескізного проектування; конструктивно-технологічні методи підвищення ресурсу заклепувальних з'єднань стінок лонжерону; методику створення аналітичних еталонів елементів конструкції літака та вертольоту; програму наземних та повітряних випробувань; етапи сертифікації та загальні положення повітряного кодексу України.

Добре (75 - 89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Аналізувати методи проектування з урахуванням довговічності та методи затримки росту втомних тріщин; результати досліджень втоми болтових з'єднань. Знати конструктивно-технологічні засоби підвищення втомної довговічності заклепувальних з'єднань; методику проектування та моделювання агрегатів літаків та вертольотів за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем; програму льотних сертифікаційних випробувань; загальні вимоги норм льотної здатності.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти аналізувати сучасні технології інтегрованого проектування, конструювання та моделювання з'єднань елементів конструкцій літаків та вертольотів з урахуванням втоми. Вміти проводити аналіз засобів забезпечення регламентованої довговічності літака та вертольота.

Безпомилково виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та робити висновки.

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

Конспекти лекцій та література, котра знаходиться в бібліотеці, методичному кабінеті та в електронному вигляді на сервері кафедри проектування літаків та вертольотів (перелік приводиться нижче у розділах 14, 15 даної програми).

14. Рекомендована література

1. Методологія інтегрованого проектування збірних літакових конструкцій регламентованої довговічності / О. Г. Гребеніков. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2006. – 532 с.
2. Наукові основи конструктивно-технологічних методів забезпечення ресурсу авіаційної техніки [Текст]: монографія /В. О. Богуслаєв, О. Г. Гребеніков, М. І. Москаленко та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020.– 280 с
3. Основи авіації і технології виробництва літальних апаратів [Текст] : навч. посіб. Ч.1 / І. В. Бичков, В. В. Воронько, К. В. Майорова та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 72 с.
4. Випробування літаків і їхніх систем в основних і спеціалізованих цехах авіа підприємства на різних стадіях виробництва [Текст]: навч. посіб./О. М. Застела, І. О. Воронько. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2017. – 64 с.
5. Основи автоматизованого проектування літаків: Навч. посібник для студентів авіаційних спеціальностей вишів / Єгер С. М., Лісейцев Н. К., Самойлович О. С. – М.: Машинобудування, 1986. – 232 с.
6. Основи надійності конструкцій літальних апаратів: навч. посіб. / Т. П. Набокiна, А. В. Кондратьєв, В. І. Парасюк. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 112 с.
7. Проектування літаків: Посібник для вузів / С. М. Єгер, В. Ф. Мішин, Н. К. Лісейцев та ін.; Під ред. С. М. Єгера. – 3-є изд., переробл. та доп. – М.: Машинобудування, 1983. – 616 с.
8. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – в авіабудуванні / Братухин А. Г., Давидов Ю. В., Елисеєв Ю.С., Павлов Ю.Б., Суров В.И.; Под ред. А.Г. Братухина – М.: Вид-во МАІ, 2000. – 304 с.
9. Проектування вертольотів / В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, Л.И. Лосєв. – Учебник. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2003. – 344 с.
10. Проектування літаків: Лаб. практикум / О. Г. Гребеніков, А. А. Кобилянський, В. Н. Король, В. Н. Желдоченко, В. А. Урбанович, Е.В. Цегельник. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", 2002. – 176 с.
11. Спротив втомі елементів конструкцій / А.З. Вороб'єв, Б.И. Олькін, В.Н. Стебенєв и др. – М.: Машинобудування, 1990. – 240 с.
12. Основи комп'ютерного моделювання за допомогою інтегрованої системи CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPHICS NX / О.Г. Гребеніков, С.В. Удовиченко, А.М. Гуменний, В.В. Парфенюк, В.А. Нікіфоров, С.В. Воронов. – Учб. посібник. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", EDS PLM SOLUTIONS, АНТО «КНК», 2004. – 198 с.
13. Основи комп'ютерного моделювання за допомогою інтегрованої системи CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPHICS NX / О.Г. Гребеніков, С.В. Удовиченко, А.М. Гуменний, В.В. Парфенюк, В.А. Нікіфоров, С.В. Воронов. – Учб. посібник. З лаб практикуму – Харків: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", EDS PLM SOLUTIONS, АНТО «КНК», 2005. – 104 с.
14. NX для конструктора-машинобудівника [Текст] / П.С. Гончаров, М.Ю. Єльцов, С.Б. Коршиков та ін. - М.: ДМК Пресс, 2010. – 504 с.
15. Данилов, Ю. Практичне використання NX [Текст] / Ю. Данилов, И. Артамонов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
16. Аналіз напружено-деформованого стану авіаційних конструкцій за допомогою системи ANSYS: Учб. посібник у 2 ч. / О.Г. Гребеніков, С.П. Світличний, В.Н. Король, В.Н. Анпилов – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», CADFEM GmbH, АНТО «КНК», 2002. – Ч.1 – 310 с.
17. Інтегроване проектування гвинтокрилих літальних апаратів транспортної категорії [Текст]: учебник: в 3 ч. / О.Г. Гребеніков, Н.И. Москаленко, В.А. Урбанович, и др.; під ред. В. А. Богуслаєва. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т». – Запоріжжя: вид. АТ «МОТОР СІЧ», 2016. – Ч. 1. – 411 с.; – Ч. 2. – 454 с.; – Ч. 3. – 419 с.

15. Допоміжна література

1. Проектування важких одновинтових вертольотів та їх трансмісій. ч. 1 [Електронний ресурс]: підручник / О. Г. Гребеніков, А. М. Гуменний, А. І. Долматов та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2018. – 361 с.

2. Проектування важких одногвинтових вертольотів та трансмісій: підручник, ч. 2 / О. Г. Гребеніков, А. М. Гуменний, А. І. Долматов, В. М. Доценко [та др.]; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. 2018. - 462 с.
3. Інформаційні технології у наукоємкому машинобудуванні: Комп'ютерне забезпечення індустріального бізнесу / Під. общ. ред. А.Г. Братухіна. – К.: Техніка, 2001. – 728 с.
4. Теорія і практика проектування пасажирських літаків, Під ред. Г. В. Новожилова. – М.: "Наука", 1976. – 435 с.
5. Principles of designing of airplanes with gas turbine engines / P.V. Balabuyev, S.A. Bichkov, A.G. Grebenikov, V.N. Zjeldochenko, A. A. Kobilyanskiy, A.K. Myalitsa, V.I. Ryabkov, T.P. Tseplyaeva. – Study Guide. – Kharkiv: National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», 2013. – 731 p.
6. Methodology of integrated designing and modelling of aircraft assembly structures / O.G. Grebenikov. – Kharkiv: National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», 2010. – 414 p.
7. Основи загального проектування літаків з газотурбінними двигунами [Текст]: навч. посіб. / П. В. Балабуєв, С. А. Бичков, О. Г. Гребеніков та ін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2015. – 815 с.
8. Heavy Single-Rotor Helicopters and Their Transmissions. Design Background : [Guide-book], Pt.1 / A. G. Grebenikov, A. M. Gumenniy, A. I. Dolmatov, V. N. Dotsenko [та др.]; Min. of Education and Science of Ukraine, Nat. Aerospace Univ. named after N. Ye. Zhukovskiy "Kharkiv Aviation Inst."; ed. V.S. Krivtsov. - Kharkiv. 2017. - 345 p.
9. Heavy Single-Rotor Helicopters and Their Transmissions. Design Background: [Guide-book], Pt. 2 / A. G. Grebenikov, A. M. Gumenniy, A. I. Dolmatov, V. N. Dotsenko [та др.]; Min. of Education and Science of Ukraine, Nat. Aerospace Univ. named after N. Ye. Zhukovskiy "Kharkiv Aviation Inst."; ed. V.S. Krivtsov. 2017. - 413 p.

16. Інформаційні ресурси

- 1 Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»: <http://library.khai.edu>
- 2 Сайт кафедри проектування літаків та вертольотів.: k103@d4.khai.edu
- 3 Сервер кафедри проектування літаків та вертольотів.
- 4 Ресурси мережі Internet.