

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Проректор з наукової роботи  
В. В. Павліков  
(підпис) (ініціали та прізвище)  
2020 р.  
Відділ аспірантури і докторантури



## РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи проектування, конструювання та забезпечення ресурсу  
перспективних конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки

Галузі знань: 13 Механічна інженерія  
Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка  
Освітня наукова програма: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна  
денна //заочна

Харків – 2020

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Методи проектування, конструювання та забезпечення ресурсу перспективних  
конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки**

(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка  
освітньої програми Авіаційна та ракетно-космічна техніка  
«31» серпня 2020 р., – 13 с.

Розробники: зав. каф. № 103, д.т.н., професор  
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Гребеніков О.Г.

(підпис) (прізвище та ініціали)

доцент каф. № 103, к.т.н., доцент  
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Трубасов С.В.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП професор каф. № 103, д.т.н., професор  
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Малков І.В.

(прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від «31» серпня 2020 р. засідання кафедри № 103

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



Гребеніков О.Г.

(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу  
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства  
студентів, аспірантів,  
докторантів і молодих вчених



Т. П. Старовойт

## Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		<b>денна форма навчання</b>
Кількість кредитів – 5	<b>Галузь знань</b> 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Цикл професійної підготовки (вибіркова)
Кількість модулів – 1	<b>Спеціальність</b> 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (код та найменування)  <b>Освітньо-наукова програма</b> « <u>Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> » (найменування)  <b>Рівень вищої освіти:</b> третій (освітньо-науковий)	<b>Навчальний рік:</b>
Кількість змістових модулів – 1		2020/2021
Індивідуальне завдання <hr/> (назва)		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 68 / 150		4-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи аспіранта – 4,8		<b>Лекції</b>
	34 год.	
	<b>Практичні, семінарські</b>	
	34 год.	
	<b>Лабораторні</b>	
	–	
	<b>Самостійна робота</b>	
82 год.		
<b>Вид контролю</b>		
іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 68/82.

## 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** – метою вивчення навчальної дисципліни «Методи проектування, конструювання та забезпечення ресурсу перспективних конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки» є засвоєння аспірантами знань про методологію інтегрованого проектування та моделювання конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ), їх агрегатів, збірних вузлів. Засвоїти знання в області проектування та конструювання об'єктів (АРКТ) регламентованої довговічності. Отримати необхідні навички в області інтегрованого проектування АРКТ та освоїти:

- а) методи досліджень і розрахунків при визначенні характеристик втоми збірних конструкцій АРКТ;
- б) методи проектування та конструювання збірних конструкцій агрегатів АРКТ за з урахуванням заданого ресурсу

**Завдання** – основними завданнями вивчення дисципліни «Інтегроване комп'ютерне проектування та моделювання об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки» є отримання аспірантами знань про сучасні методи проектування, конструювання та моделювання об'єктів АРКТ регламентованого ресурсу за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем САД/САМ/САЕ; про основні положення Норм льотної здатності літаків та вертольотів, нормативної документації що до ракетно-космічної техніки, «Повітряного кодексу України», основні принципи та вимоги до створення керівництва по технічному обслуговуванню та експлуатації.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», галузі знань 13 «Механічна інженерія» при вивченні дисципліни аспірант повинен досягти такі **компетентності**.

### Загальні компетентності (ЗК).

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність працювати в міжнародному контексті.
- Здатність розробляти проекти та управляти ними.

### Спеціальні (фахові) компетентності (СК).

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичних міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з авіаційної та ракетно-космічної техніки та суміжних галузей.

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

Здатність до формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору.

Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасної методології, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в авіаційній та ракетно-космічній техніці.

### Програмні результати навчання.

Мати передові концептуальні та методологічні знання з авіаційної та ракетно-космічної техніки та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

Вміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з авіаційної та ракетно-космічної техніки та дотичних міждисциплінарних напрямів із використанням сучасних

інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

Розуміти загальні принципи та методи авіаційної та ракетно-космічної техніки, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки й у викладацькій практиці.

Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Знати, розуміти та вміти застосовувати методи та засоби інтегрованих комп'ютерних технологій для процесів створення АРКТ, різних предметних галузей, в тому числі в аерокосмічній.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен

**знати:**

- сучасні технології проектування, конструювання та моделювання АРКТ;
- сучасні вимоги до забезпечення безпеки польотів за умовами втомної довговічності каркасу;
- характеристики опору втомі авіаційних матеріалів;
- шляхи забезпечення ресурсу конструкцій АРКТ;
- існуючі конструктивні та технологічні рішення що до підвищення довговічності елементів, з'єднань та агрегатів АРКТ;
- методики розрахунку довговічності конструктивних елементів з концентратором напруг, типових рухомих і нерухомих з'єднань;
- методи забезпечення заданої довговічності та характеристик живучості;
- способи відновлення несучої здатності елементів з втомними тріщинами;
- методи створення конструкторської та експлуатаційної документації.

**вміти:**

- виконувати вибір раціональних матеріалів елементів конструкцій з урахуванням втоми;
- 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;
- оцінювати руйнівний вплив тріщин втомі на характеристики міцності та герметичності конструкції.

**мати уявлення:**

- про місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації об'єктів АРКТ;
- про принципи та методи CALS технологій;
- про перспективні конструктивно-технологічні методи забезпечення ресурсу і експлуатаційної живучості конструкції корпусу АРКТ;
- про методи автоматизації розрахунку і проектування конструкцій з урахуванням втоми;
- про наукові проблеми забезпечення ресурсу, ремонтпридатності, герметичності і якості зовнішньої поверхні конструкцій літака і вертольота;
- про математичне моделювання і створення аналітичних еталонів;
- про місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації об'єктів АРКТ.

**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, Наукові основи проектування і виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки, Інтегроване комп'ютерне проектування та моделювання об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

## 2. Програма навчальної дисципліни

### **ТЕМА 1. Стан проблеми проектування збірних конструкцій АРКТ регламентованої довговічності.**

Основні положення нормативних документів що до забезпечення ресурсу АРКТ. 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. Опір втомі типових елементів конструкцій.

### **ТЕМА 2. Концепція і наукові основи методології інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності збірних конструкцій АРКТ 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 втоми типових елементів регулярних зон збірних конструкцій АРКТ. Метод прогнозування втомної довговічності пластин з отвором. Метод прогнозування довговічності зрізних з'єднань виконаних з осьовим і радіальним натягами.

### **ТЕМА 3. Особливості вибору конструкційних матеріалів для АРКТ.**

Механічні характеристики матеріалів. Дослідження характеристик втоми матеріалів. Особливості застосування алюмінієвих сплавів, титанових сплавів, сталей, магнієвих сплавів та композиційних матеріалів.

### **ТЕМА 4. Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій АРКТ.**

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. Явище фретінг-корозії. Методика дослідження впливу параметрів болтових з'єднань на руйнівний вплив фретінг-корозії та способи забезпечення регламентованої довговічності. Методика розрахунку розподілу зусиль між рядами в зрізних болтових з'єднаннях АРКТ за допомогою системи інженерного аналізу ANSYS. Метод прогнозування впливу конструктивно-технологічних параметрів зрізних потайних болтових з'єднань на їхню довговічність.

### **ТЕМА 5. Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій АРКТ.**

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 6. Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій АРКТ.**

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. Методика 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 7. Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій АРКТ.**

Конструктивно-технологічні засоби підвищення втомної довговічності однозрізних заклепувальних

з'єднань шляхом розвантаження крайніх рядів. Заклепки для високоресурсних потайних клепаєних з'єднань. Потайна заклепка з конічним компенсатором і ефективність її застосування в типових з'єднаннях. Спосіб і технологія клепає як фактор, що підвищує ресурс заклепувальних з'єднань і якість їхньої зовнішньої поверхні.

**ТЕМА 8. 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 тонкостінних балок.

**ТЕМА 9. Нові конструктивно-технологічні методи і способи підвищення втомної довговічності роз'ємних болтових з'єднань елементів.**

Наукове обґрунтування можливості підвищення втомної довговічності роз'ємних болтових з'єднань. Дослідження локального НДС, експериментальні дослідження втомних зон роз'ємних з'єднань. Конструктивно-технологічні методи підвищення втомних зон роз'ємних з'єднань.

**ТЕМА 10. Конструктивно-технологічні методи забезпечення ресурсу елементів з функціональними отворами.**

Наукове обґрунтування можливості підвищення втомної довговічності зон функціональних отворів. Аналітичні дослідження НДС та експериментальні дослідження втомних зон функціональних отворів. Ефективність запропонованих методів.

**ТЕМА 11. Льотно-конструкторські випробування об'єктів АРКТ.**

Наземні роботи та підготовка дослідного об'єкту АРКТ до першого випробувального польоту. Підготовчі наземні роботи. Підготовка льотної екіпажу. Визначення маси, координат центру мас та моментів інерції. Наземні випробування та підготовка вертольота до першого вильоту.

**ТЕМА 12. Методи льотних випробувань об'єктів АРКТ.**

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

**ТЕМА 13. 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 14. 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 15. 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			
	денна форма			
	усього	у тому числі		
л		п	лаб	с. р.
<b>ТЕМА 1. Стан проблеми проектування збірних конструкцій АРКТ регламентованої довговічності</b>	9	2	4	3

<i>ТЕМА 2. Концепція і наукові основи методології інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності збірних конструкцій АРКТ за допомогою систем CAD/CAM/CAE.</i>	11	4	2		5
<i>ТЕМА 3. Особливості вибору конструкційних матеріалів для АРКТ.</i>	12	4	2		6
<i>ТЕМА 4. Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій АРКТ.</i>	14	2	6		6
<i>ТЕМА 5. Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних болтових з'єднань збірних конструкцій АРКТ</i>	12	2	4		6
<i>ТЕМА 6. Метод інтегрованого проектування і досягнення регламентованої довговічності зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій АРКТ.</i>	12	2	4		6
<i>ТЕМА 7. Нові конструктивно-технологічні рішення для зрізних заклепувальних з'єднань збірних тонкостінних конструкцій АРКТ.</i>	12	2	4		6
<i>ТЕМА 8. Нові конструктивно-технологічні методи і способи затримки росту втомних тріщин для продовження ресурсу збірних тонкостінних конструкцій авіаційної техніки.</i>	12	2	4		6
<i>ТЕМА 9. Нові конструктивно-технологічні методи і способи підвищення втомної довговічності роз'ємних болтових з'єднань елементів.</i>	8	2			6
<i>ТЕМА 10. Конструктивно-технологічні методи забезпечення ресурсу елементів з функціональними отворами.</i>	12	2	4		6
<i>ТЕМА 11. Льотно-конструкторські випробування об'єктів АРКТ.</i>	8	2			6
<i>ТЕМА 12. Методи льотних випробувань об'єктів АРКТ.</i>	7	2			5
<i>ТЕМА 13. Повітряний кодекс України.</i>	7	2			5
<i>ТЕМА 14. Норми льотної здатності літаків та вертольотів транспортної категорії.</i>	7	2			5
<i>ТЕМА 15. Сертифікація авіаційної техніки цивільного призначення</i>	7	2			5
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>–</b>	<b>82</b>

### 5. Теми семінарських занять

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

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Порівняння типових циклів ЗПЗ (земля-повітря-земля) та віднульових циклів напруг. Розрахунки параметрів віднульових циклів, які еквівалентні по руйнівному впливу циклам ЗПЗ.	2
2	Проектування з урахуванням втоми силових елементів конструкції планера літака з отворами та галтельними переходами	2
3	Вплив фреттинг-корозії на довговічність конструктивних елементів із	4



	алюмінієвих сплавів	
4	Вплив радіального натягу на довговічність смуг із отворами, заповненими втулками, болтами та заклепками	4
5	Втомна довговічність шарнірно-болтових з'єднань	4
6	Вплив типу заклепок і кількості їх рядів на довговічність зрізних заклепочних з'єднань	4
7	Вплив конструктивно-технологічних факторів на довговічність зрізних болтових з'єднань	4
8	Дослідження впливу геометричних параметрів з'єднань на розподіл зусиль між рядами крипильних елементів поперечних з'єднань	2
9	Вплив конструктивних параметрів на довговічність поздовжніх з'єднань стінки з ребром поясу лонжерону	4
10	Вплив вирізів на довговічність панелей крила	4
	<b>Разом</b>	<b>34</b>

### 7. Теми лабораторних занять

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

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Навантаження, що змінюються з часом. Цикли навантажень. Навантаження від не спокійної атмосфери. Характеристики турбулентності.	4
2	Методи затримки росту втомних тріщин у конструкціях АРКТ.	6
3	Методи прогнозування втомної довговічності елементів конструкцій.	6
4	Характеристики опору втомі авіаційних матеріалів та сплавів.	6
5	Методики аналізу впливу технології виконання з'єднань і рівня навантаження на характеристики локального НДС елементів конструкції АРКТ	6
6	Методи підвищення довговічності елементів конструкції авіаційної техніки.	6
7	Методи проектувальних розрахунків елементів з'єднань на статичну міцність.	6
8	Методики проектування заклепувальних з'єднань обшивок заданої довговічності. Порівняння раціональних параметрів з'єднань, які спроектовані з урахуванням ресурсу та без цього.	6
9	Прогресивні заклепки та їх використання при складанні агрегатів авіаційної техніки	6
10	Методи продовження ресурсу заклепувальних з'єднань	6
11	Підготовка дослідного повітряного судна до першого випробувального польоту	6
12	Розробка програми випробувань дослідного повітряного судна для різних типів виробів АРКТ	6
13	Вимоги Авіаційних Правил (АП-21, АП-25, АП-27, АП-36, АП-39 і т.д.) що до ресурсу авіаційної техніки	6
14	Загальні вимоги льотної здатності	4
15	Структура та склад Авіаційних правил, котрі використовуються при сертифікації авіаційної техніки.	4
	<b>Разом</b>	<b>82</b>

### 9. Індивідуальні завдання

*Не передбачено програмою*

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та ведучими авіаційними організаціями, користування матеріалами мережі Internet та електронними ресурсами, що розміщені на сайті кафедри.

## 11. Методи контролю

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

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

### 12.1. Розподіл балів, які отримують аспіранти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...0,2	25	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...4	10	0...40
Модульний контроль	0...55	1	0...55
<b>Усього за модуль 1</b>			<b>0...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови аспіранта від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту аспірант 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 АРКТ;
- сучасні вимоги до забезпечення безпеки польотів за умовами втомної довговічності каркасу;
- характеристики опору втоми авіаційних матеріалів;
- шляхи забезпечення ресурсу конструкцій АРКТ;
- існуючі конструктивні та технологічні рішення що до підвищення довговічності елементів, з'єднань та агрегатів АРКТ;
- методики розрахунку довговічності конструктивних елементів з концентратором напруг, типових рухомих і нерухомих з'єднань;
- методи забезпечення заданої довговічності та характеристик живучості;
- способи відновлення несучої здатності елементів з втомними тріщинами;
- методи створення конструкторської та експлуатаційної документації.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати вибір раціональних матеріалів елементів конструкцій з урахуванням втоми;
- 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;
- оцінювати руйнівний вплив тріщин втоми на характеристики міцності та герметичності конструкції.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта 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 проектування заклепкових з'єднань заданої довговічності на етапі ескізного проектування; конструктивно-технологічні методи підвищення ресурсу заклепувальних з'єднань стінок лонжерону, 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 втоми та методи затримки росту втомних тріщин; результати досліджень втоми болтових з'єднань. Знати конструктивно-технологічні засоби підвищення втомної довговічності заклепувальних з'єднань, болтових роз'ємних та нероз'ємних з'єднань, елементів в умовах фретінг-корозії, зон функціональних отворів; 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 сучасний стан проблеми проектування з урахуванням втоми та шляхи забезпечення ресурсу об'єктів АРКТ.

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.

1. Научные основы конструктивно-технологических методов обеспечения ресурса авиационной техники [Текст]: монография / В. А. Богуслаев, А.Г. Гребеников, Н. И. Москаленко и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков авиац. ин-т», 2017. – 292 с.
2. Scientific Grounds of Structural and Production Concepts to Provide Aircraft Life Tame [Text]: V. O. Boguslayev, S. A. Bychkov, O. G. Grebenikov, M. I. Mockalenko, A. M. Gumennyi, E. T. Vasilevskiy, A. P. Eretin, O. D. Donets, V. F. Sementsov, V. O. Grebenikov, O. M. Stoliarchuk. – Monography. Nat. Aerospace Unit. «KhAI», 2019. – 266 pages.
3. Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций / А.Г. Гребеников. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 532 с.
4. Methodology of integrated designing and modelling of aircraft assembly structures / O.G. Grebenikov. – Kharkiv: National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», 2010. – 414 p.
5. Проектирование с учетом усталости конструктивно-силовых элементов самолетов и вертолетов [Текст]: учеб. пособие по лаб. практикуму/ Е. Т. Василевский, А. Г. Гребеников, С. В. Трубаев и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – 83 с.
6. Единые нормы летной годности гражданских самолетов. – М.: Машиностроение, 1985. 470 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова:

1. Сопротивление усталости элементов конструкций / А.З. Воробьев, Б.И. Олькин, В.Н. Стебнев и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
2. Стебнев, В. Н. Долговечность соединений – современное состояние вопроса и проблемы [Текст]/ В. Н. Стебнев // Комплексное обеспечение ресурса авиаконструкций. – М.: Изд. отд. ЦАГИ, 1984. –С. 178 - 189.

3. Хейвуд, Р. Б. Проектирование с учетом усталости [Текст]/ Р. Б. Хейвуд. – М.: Машиностроение, 1969. – 637 с.
4. Петерсон, Р. Коэффициенты концентрации напряжений [Текст]/ Р. Петерсон. – М.: Мир, 1977. – 303 с.
5. Голего, Н. Л. Фреттинг-коррозия металлов [Текст]/ Н. Л. Голего, А. Я. Алебьев, В. В. Шевель. – К.: Техніка, 1974. – 276 с.
6. Степнов, М. Н. Усталость легких конструкционных сплавов [Текст]/ М. Н. Степнов, Е.В. Гиацинтов. – М.: Машиностроение, 1973. – 317 с.
7. Степин, П. А. К расчету на срез соединений с прерывными связями [Текст]/ П.А. Степин // Вестник инженеров и техников. – 1951. № 4. – С. 175 - 179.
8. Машиностроение. Энциклопедия. Самолеты и вертолеты. Кн. 1/ Ред. совет: К.В. Фролов и др. – М.: Машиностроение. Т. IV-21. Аэродинамика, динамика полета и прочность. / Г.С. Бюшгенс, Ю.А. Азаров, Г.А. Амирьянц и др.; Под общ. ред. Г.С. Бюшгенса. 2002. – 800 с.
9. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Самолеты и вертолеты. Т. IV-21. Проектирование, конструкции и системы самолетов и вертолетов. Кн. 2 / А.М. Матвеевко, А.И. Акимов, М.А. Акопов и др.; Под общ. ред. А.М. Матвеевко. 2004. – 752 с.
10. Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций / А.Г. Гребеников. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 532 с.
11. Анализ напряженно-деформированного состояния авиационных конструкций с помощью системы ANSYS: Учеб. пособие в 2 ч. / А.Г. Гребеников, С.П. Светличный, В.Н. Король, В.Н. Анпилов – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», CADFEM GmbH, АНТО «КНК», 2002. – Ч.1 – 310 с.
12. Интегрированное проектирование винтокрылых летательных аппаратов транспортной категории [Текст]: учебник: в 3 ч. / А.Г. Гребеников, Н.И. Москаленко, В.А. Урбанович, и др.; под ред. В. А. Богуслаева. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Запорожье: изд. АО «МОТОР СИЧ», 2016. – Ч. 1. – 411 с.; – Ч. 2. – 454 с.; – Ч. 3. – 419 с.

#### Допоміжна:

1. Качество и сертификация промышленной продукции: Учеб. пособие / Гребеников А.Г., Мялица А.К., Рябченко В.М., Трофимов К.Б., Фролов В.Я.. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1998. – 396 с.
2. Бадягин А.А, Мухамедов Ф.А. Проектирование легких самолетов. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
3. Проектирование гражданских самолетов: Теории и методы / И.Я. Катырев, М.С. Неймарк, В.М. Шейнин и др.; Под ред. Г.В. Новожилова. – М.: Машиностроение, 1991. – 672 с.
4. А.Г. Гребеников, П.Ф. Мороз, А.К. Мялица, В.Я. Фролов. Основы изобретательской деятельности: Учеб. пособие / Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1999. – 434 с.
5. Егер С.М., Матвиенко А.М., Шаталов И.А. Основы авиационной техники: Учебник / Под ред. И.А. Шаталова. – Изд. 3-е, исправл. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 720 с.
6. Шейнин В.М., Козловский В.И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов: В 2 т. – М.: Машиностроение, 1977. – Т. 1. Весовой расчет самолета и весовое планирование. – 344 с.
7. Кива Д.С. Концепция создания легкого многоцелевого самолета короткого взлета и посадки. Дис. д-ра техн. наук в форме науч. доклада: 05.07.02 – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1990. – 51 с.
8. Авиастроение: Летательные аппараты, двигатели, системы, технологи / Колл. А20 авторов; под ред. А.Г. Братухина. – М.: Машиностроение, 2000. – 536 с.: ил.
9. Самолет Ан-74ТК-300. Стандартная спецификация : учебник / А. Г. Гребеников, П. А. Клюев, В. Н. Король, А. К. Мялица, П. О. Науменко, С. А. Павленко. – Х. : ХАИ, 2004. – 277 с.
10. Самолет Ан-140. Стандартная спецификация : учебник / П. В. Балабуев, А. Г. Гребеников, П. А. Клюев, В. Н. Король, А. К. Мялица, П. О. Науменко. – Х. : ХАИ, 2004. – 260 с.
11. Стандартная спецификация на тип самолета (вертолета) : учебник / А. Г. Гребеников, П. А. Клюев, В. Н. Король, П. О. Науменко, Ю. И. Повалий, В. Г. Подольский. – Х. : ХАИ, 2004. – 350 с.

12. An-74T-200A Aircraft. Standard Specification : textbook for students of higher education institutions (specialty «Aviation and Cosmonautics») / A. G. Grebenikov, P. A. Kluyev, V. N. Korol, P. O. Naumenko, S. A. Pavlenko, Y. I. Povaliy. – Kharkov : KhAI, 2004. – 320 p.

### **15. Інформаційні ресурси**

1. Сайт кафедри проектування літаків та вертольотів.
2. Сервер кафедри проектування літаків та вертольотів.
3. Ресурси мережі Internet