

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

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК № 1

 Сергій НИЖНИК

« » _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Сучасні методи розрахунку ресурсу літальних апаратів
(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність: 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Динаміка і міцність машин
(найменування освітньої програми)

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

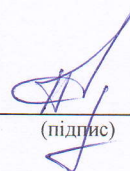
Освітня програма: Проектування, виробництво та сертифікація А.Т.
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2023 рік

Розробник: Фомичов П.О., професор, д.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

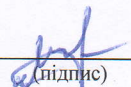


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 23 » серпня 2023 р.

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



(підпис)

В.Ю.Мірошніков
(ініціали та прізвище)

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	<p>Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність <u>131 Прикладна механіка</u> (код і найменування)</p> <p>Освітня програма <u>Динаміка і міцність машин</u> (найменування)</p> <p>Спеціальність <u>134 АРКТ</u> (код і найменування)</p> <p>Освітня програма <u>Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2023/2024
Індивідуальне завдання:		Семестр
Загальна кількість годин – 132		3-й
		Лекції*
		24
		Практичні, семінарські*
		24
		Лабораторні*
	-	
	Самостійна робота	
	84	
	Вид контролю	
	Залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/84.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Об'єкт вивчення

Об'єкт вивчення – навантаження і втомна міцність елементів конструкції літального апарату в умовах експлуатації.

Предмет вивчення

Предметом вивчення є сучасні методи розрахунків експлуатаційних навантажень і довговічності елементів силових конструкцій літальних апаратів.

Мета навчання

МЕТОЮ курсу є підготовка спеціалістів до вирішення інженерних задач по розрахункам експлуатаційних навантажень за профілем типового польоту і забезпеченню проектного ресурсу силової конструкції літального апарату.

ЗАДАЧІ курсу полягають у вивченні студентами вимог Норм льотної придатності, галузевих стандартів, моделей турбулентності атмосфери, методів розрахунків навантажень, довговічності регулярних зон і зон конструктивної нерегулярності силової конструкції за профілем типового польоту, допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс.

ВИВЧЕННЯ даної дисципліни передбачає, що студенти вже володіють необхідними знаннями і вміннями з вищої математики, фізики, опору матеріалів, теоретичної і будівельної механіки, розрахунків на міцність, аеродинаміки і конструкції літаків.

Компетентності, які набуваються: Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні. Здатність критично осмислювати проблеми авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою. Здатність аналізувати характеристики стану агрегатів авіаційної та ракетно-космічної техніки та фактори, що впливають на них.

Очікувані результати навчання: Здатність до математичного та логічного мислення, знання основних понять, ідей і методів фундаментальних наук та вміння їх використовувати під час розв'язання конкретних завдань; Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі.

Пререквізити – в даній дисципліні продовжується вивчення міцності конструкцій, матеріалознавства та аеродинаміки.

Кореквізити – використовуються при написанні дипломного проекту.

В результаті засвоєння курсу “ Сучасні методи розрахунків міцності авіаційних конструкцій”

студент повинен знати:

- вимоги Норм льотної придатності повітряних суден (ПС) що до визначення коефіцієнту надійності при розрахунках ресурсу конструкції,
- методи формування параметрів профілю типового польоту,
- дискретну модель турбулентності атмосфери,

- метод формування програми втомних випробувань авіаційної конструкції,
- метод розрахунків втомних навантажень за профілем типового польоту та моделлю дискретної атмосферної турбулентності,
- методи розрахунків довговічності і ресурсу конструкції крила літака за спектром втомних навантажень,
- методи розрахунків допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс конструкції.

повинен вміти виконувати:

- розрахунок довговічності регулярних зон крила літака по циклограмі навантаження,
- розрахунок довговічності регулярних зон крила літака за інтегральною повторюваністю перевантажень.
- формування профілю типового польоту літака,
- розрахунок довговічності поперечного стику панелей крила літака,
- розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс крила літака,
- виконувати розрахунок допустимих напружень при проектуванні регулярної зони крила літака,
- використовувати спеціальну літературу по забезпеченню вимог втомної міцності.

повинен мати уявлення:

- про застосування методу скінчених елементів при розрахунках поперечних стиків,
- про методи розрахунків довговічності конструкції за моделлю безперервної атмосферної турбулентності.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Сучасні методи забезпечення втомної міцності авіаційних конструкцій.

Змістовий модуль 1. Проблеми забезпечення втомної міцності.

Тема 1. Механізм втомного руйнування металів. Втомні і циклічні деформаційні характеристики матеріалів. Критерії втомного руйнування.

Тема 2. Довговічність авіаційних конструкцій, принципи проектування, регулярні та нерегулярні зони конструкції.

Тема 3. Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування. Коефіцієнт інтенсивності напружень. Рівняння Періса.

Тема 4. Розсіяння втомних характеристик. Статистичні підходи при розрахунках довговічності. Вплив якості обробки поверхні на довговічність. Визначення коефіцієнтів надійності при розрахунку ресурсу конструкції.

Тема 5. Конструктивно - технологічні методи підвищення довговічності елементів авіаційних конструкцій. Пониження напружень в області підвищеної концентрації, дорнованіє , бар'єрне обтиснення , створення стискаючих напруг .

Тема 6. Поняття про ефективний коефіцієнт концентрації напруг. Розрахункове та експериментальне визначення ефективного коефіцієнта концентрації. Застосування методу скінченних елементів.

Змістовий модуль 2. Розрахунки навантажень і ресурсу крила літака за профілем типового польоту.

Тема 7. Розрахунок довговічності поздовжніх і поперечних стиків панелей крила, залежність коефіцієнта концентрації від напружень зминання .

Тема 8. Розрахунок ресурсу крила неманеврового літака за профілем типового польоту. Галузевий стандарт «Моделі турбулентності атмосфери». Дискретна і безперервна моделі атмосферної турбулентності.

Тема 9. Формування профілю типового польоту транспортного літака.

Тема 10. Метод розрахунку довговічності елементів авіаконструкцій по номінальній напрузі.

Тема 11. Метод розрахунку довговічності елементів авіаконструкцій по локальному напружено деформованому стану.

Тема 12. Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака. Формування програми ресурсних випробувань конструкції.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						заочна форма					
	усього	У тому числі					8	9	10	11	12	13
л		п	лаб	інд	с.р.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Проблеми забезпечення втомної міцності.												
Тема 1 . Механізм втомного руйнування.	6	2	2			2	-	-	-	-	-	-
Тема 2 . Довговічність авіаційних конструкцій, принципи проектування.	6	2	2			2	-	-	-	-	-	-
Тема 3 . Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування.	10	2	2			6						
Тема 4 . Розсіяння втомних характеристик. Статистичні підходи при розрахунках довговічності.	6	2	2			2						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 5 . Конструктивно - технологічні методи підвищення довговічності елементів авіаційних конструкцій.	10	2	2			6	-	-	-	-	-	-
Тема 6 . Поняття про ефективний коефіцієнт концентрації напруг.	6	2	2			2						
Тема 7 . Розрахунок довговічності поздовжніх і поперечних стиків панелей крила.	8	2	2			4						
Разом зі змістовим модулем 1	52	14	14			24						
Змістовий модуль 2. Розрахунки навантажень і ресурсу крила літака за профілем типового польоту.												
Тема 8 . Розрахунок ресурсу крила неманеврового літака за профілем типового польоту.	18	2	2		6	8						
Тема 9. Формування профілю типового польоту транспортного літака.	18	2	2		8	6						
Тема 10. Метод розрахунку довговічності елементів авіаконструкцій по номінальній напрузі.	16	2	2		6	6						
Тема 11. Метод розрахунку довговічності по локальному напружено деформованому стану.	12	2	2			8						
Тема 12. Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака.	16	2	2		6	6						
Разом зі змістовим модулем 2	80	10	10			34						
Усього	132	24	24		26	58						

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Формування профілю типового польоту	4
2	Формування огинаючого циклу земля – повітря - земля	4
3	Розрахунки утомного ушкодження від випадкових навантажень та циклу земля – повітря - земля	4
4	Розрахунки ресурсу конструкції за типовий політ	4
5	Формування програми ресурсних випробувань конструкції літака	4
6	Дослідження залежності ресурсу конструкції від допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака.	4
	Разом	24

Розрахунки утомних пошкоджень і ресурсу потрібно виконувати із використанням програми RESURS.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Механізм втомного руйнування.	2
2	. Довговічність авіаційних конструкцій, принципи проектування.	6
3	Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування.	8
4	Статистичні підходи при розрахунках довговічності.	4
5	Конструктивно - технологічні методи підвищення довговічності.	6
6	Визначення ефективного коефіцієнту концентрації напруг.	6
7	Розрахунок довговічності поздовжніх і поперечних стиків панелей.	4
8	Розрахунок ресурсу крила неманеврового літака за профілем типового польоту.	8
9	Формування профілю типового польоту транспортного літака.	8
10	Метод розрахунку довговічності елементів авіаконструкцій по номінальній напрузі.	10
11	Метод розрахунку довговічності по локальному напружено деформованому стану.	12
12	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака.	12
	Разом	84

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Формування профілю типового польоту літака відповідно до завдання на дипломне проектування.	4
2	Розрахунок довговічності регулярних зон крила літака, що було спроектовано в бакалаврській роботі.	6
3	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс крила літака, завданого на дипломне проектування.	12
4	Формування програми ресурсних випробувань конструкції.	4
Разом		26

10. Методи навчання

Проведення лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники, програмне забезпечення).

11. Методи контролю

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

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	0...10	3	0...30
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...10	3	0...30
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Уміти формувати профіль типового польоту літака, обчислювати утомне пошкодження регулярних зон конструкції. Знати методи розрахунків довговічності при дії циклограми навантажень. Вміти працювати зі стандартними результатами розрахунків довговічності.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі лабораторні та практичні роботи, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Уміти виконувати розрахунки довговічності нерегулярних зон конструкції, формувати програму ресурсних випробувань конструкції. Виконувати розрахунки допустимих напружень в елементах, що забезпечують проектний ресурс крила літака.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.

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

1. Фомичов П.О. «Сучасні методи розрахунків ресурсу авіаконструкцій» (Учбовий посібник, електронний ресурс), ХАІ, 2023р.
2. Фомичов П.О. Програмне забезпечення розрахунків навантажень та довговічності крила за профілем типового польоту. Програма RESURS, ХАІ, 2023р.

14. Рекомендована література

Базова.

1. Р.Б. Хейвуд. Проектування з урахуванням втоми. – М.: Машинобудування, 1969. – 504с.
2. Фомичов П.О. «Методи розрахунків утомної довговічності елементів авіаконструкцій» (Учбовий посібник), ХАІ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 64.
3. Фомичов П.О. «Теоретичні основи розрахунків довговічності при нерегулярному навантаженні» (Учбовий посібник), ХАІ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 49.

Допоміжна

1. Дж. Тейлор. Навантаження, що діють на літак. – М.: Машинобудування, 1971. – 372с.
2. Норми літної придатності США, Європи систем FAR, CS.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри k102@khai.edu

<https://avia.gov.ua> – Державна авіаційна служба України

<https://www.easa.europa.eu> – Європейське агентство авіаційної безпеки

<https://www.faa.gov/> – Федеральне управління цивільної авіації США