


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

Кафедра № 102 “Міцності літальних апаратів”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи
 Фомичов _П.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Переддипломний курс. Сучасні методи розрахунків ресурсу авіаційних
конструкцій**

Галузь знань:

13 Механічна інженерія
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальність:

131 Прикладна механіка
134 Авіаційна та ракетно космічна техніка

Освітні програми:

«Динаміка і міцність машин»
«Випробування та сертифікація літальних апаратів»

Рівень вищої освіти: другий (магістрський)

Харків 2019 рік


Робоча програма «Сучасні методи розрахунків ресурсу авіаційних конструкцій» для студентів за спеціальностями

131 Прикладна механіка, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка,
освітніми програмами

«Динаміка і міцність машин»,

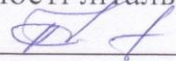
«Випробування та сертифікація літальних апаратів».

Розробник: доктор техн.. наук, професор Фомичов П.О.
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів.
Протокол № 1 від "30" серпня 2019р.

Завідувач кафедри міцності літальних апаратів, д.т.н., професор



(підпис)

(П.О. Фомичов)
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування Показників		Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни Денна форма навчання
Кількість кредитів – 4.5		Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і назва)	Нормативна
Модулів – 2			Рік підготовки:
Змістових модулів – 2			
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)			2019
Загальна кількість годин – 135		Спеціальність (професійне спрямування) <u>131 «Прикладна механіка»</u> , <u>134 «Авіаційна та ракетокосмічна техніка»</u> (шифр і назва)	Семестр
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи – 6.44			10-й
Семестр 10			Лекції
			16 год.
аудиторних- 32 год.	Самост. роботи - 103 год.	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>магістр</u>	Практичні
			16 - год.
			Лабораторні
			Не передбачено
			Самостійна робота
			89 - год.
			Індивідуальна робота
			14
			Вид контролю
			Залік

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 32/103.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Об'єкт вивчення

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

Предмет вивчення

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

Мета навчання

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

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

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, методом скінчених елементів.

В результаті засвоєння курсу “Сучасні методи розрахунків ресурсу 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 агрегатів літака за спектром втомних навантажень,
- методи розрахунків допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс конструкції.

повинен вміти виконувати:

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

повинен мати уявлення:

- про застосування методу скінчених елементів при розрахунках зон конструктивної нерегулярності агрегатів стиків,
- про методи розрахунків довговічності конструкції за моделлю безперервної атмосферної турбулентності,

- про конструктивно – технологічні методи підвищення довговічності елементів авіаційних конструкцій.

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 авіаційних 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.

Модуль 2. Сучасні методи розрахунків ресурсу авіаційних конструкцій.

Змістовий модуль 2. Розрахунки ресурсу агрегату літака за профілем типового польоту.

Тема 5. Поняття про ефективний коефіцієнт концентрації напруг. Розрахункове та експериментальне визначення ефективного коефіцієнта концентрації. Застосування методу скінченних елементів.

Тема 6. Формування профілю типових навантажень агрегату авіаційної конструкції літака. Галузевий стандарт «Моделі турбулентності атмосфери». Дискретна і безперервна моделі атмосферної турбулентності.

Тема 7. Методи розрахунків довговічності елементів авіаконструкцій за номінальним і локальним напружено деформованим станом.

Тема 8. 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													
Модуль 1. Проблеми забезпечення втомної міцності.													
Тема 1 . Механізм втомного руйнування.	13	2		2		9	–	–	–	–	–	–	
Тема 2 . Довговічність авіаційних конструкцій, принципи проектування.	13	2		2		9	–	–	–	–	–	–	
Тема 3 . Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій.	19	2		2		15							

Підходи механіки руйнування.													
Тема 4 . Розсіяння втомних характеристик. Статистичні підходи при розрахунках довговічності.	17	2		2			13						
Разом зі змістовим модулем 1	62	8		8			46						
Модуль 2. Розрахунки навантажень і ресурсу крила літака за профілем типового польоту.													
Тема 5. Поняття про ефективний коефіцієнт концентрації напруг. Розрахункове та експериментальне визначення ефективного коефіцієнта концентрації. Застосування методу скінченних елементів.	12	2		2			8						
Тема 6. Формування профілю типових навантажень агрегату авіаційної конструкції літака. Галузевий стандарт «Моделі турбулентності атмосфери». Дискретна і безперервна моделі атмосферної турбулентності.	16	2		2			12						
Тема 7. Методи розрахунків довговічності елементів авіаконструкцій за номінальним і локальним напружено деформованим станом.	14	2		2			10						
Тема 8. Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака. Формування програми ресурсних випробувань конструкції.	17	2		2			13						
Разом зі змістовим модулем 2	59	8		8			43						
Усього годин	135	16		16	14		89						

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обробка результатів втомних випробувань за методом найменших квадратів. Криві втоми Велера, Кофіна, Менсона.	2
2	Розрахунок еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії та видом напружено деформованого стану.	2
3	Розрахунок довговічності при програмованому навантаженні. Гіпотези сумування втомних пошкоджень.	2
4	Ефективні та теоретичні коефіцієнти концентрації напруг, методи їх розрахунків.	2
5	Розрахунок довговічності регулярних зон крила літака по циклограмі навантаження.	2
6	Розрахунок довговічності регулярних зон крила літака за інтегральною повторюваністю перевантажень.	2
7	Розрахунок довговічності поперечного стику панелей крила літака.	2
8	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс крила літака.	2
	Усього годин	16

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.	9
2	. Довговічність авіаційних конструкцій, принципи проектування.	9
3	Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування.	15
4	Статистичні підходи при розрахунках довговічності.	13
5	Визначення ефективного коефіцієнту концентрації напруг.	8

6	Розрахунок ресурсу крила неманеврового літака за профілем типового польоту.	12
7	Метод розрахунку довговічності елементів авіаконструкцій по номінальній напрузі.	10
8	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака.	13
	Разом	89

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Формування профілю типового польоту літака відповідно до завдання на дипломне проектування.	2
2	Розрахунок довговічності регулярних зон крила літака, що було спроектовано в бакалаврській роботі.	4
3	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс крила літака, завданого на дипломне проектування.	2
4	Розрахунок довговічності поперечного стику панелей крила літака.	6
	Разом	14

10. Методи навчання

Проведення аудиторних 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 екзамену.

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
Модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4,,,5	4	16 – 20
Модульний контроль	9...18	1	9...18
Модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4...5	4	16...20
Модульний контроль	9...18	1	9...18
Виконання і захист РГР (РР, РК)	10...16	1	10...16
Усього за семестр			60...100

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

Білет для іспиту/заліку складається з двох теоретичних питань та одної практичної задачі. Кожен теоретичне питання оцінюється в двадцять п'ять балів, а практична задача – в п'ятдесят балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- механізм втомного руйнування металів,
- методи розрахунків довговічності авіаційних конструкцій,
- принципи проектування авіаційних конструкцій,
- підходи механіки руйнування конструкцій,
- конструктивно - технологічні методи підвищення довговічності елементів авіаційних конструкцій,
- моделі турбулентності атмосфери,
- метод скінчених елементів,
- метод визначення допустимих навантажень, що забезпечують ресурс конструкції.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати обробку результатів статичних і втомних випробувань,
- використовувати метод скінчених елементів для визначення теоретичних і ефективних коефіцієнтів концентрації напружень,
- визначати еквівалентні напруження за коефіцієнтом асиметрії та видом напружено деформованого стану,
- виконувати розрахунки довговічності при нерегулярному навантаженні,
- виконувати розрахунки довговічності при контактній передачі зусиль,
- визначати допустимі напруження, що забезпечують ресурс конструкції.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Вміти самостійно давати характеристику методів розрахунків втомної міцності авіаційних конструкцій.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Орієнтуватися у методах розрахунків. Вміти вибрати раціональний метод для задачі, яка вирішується.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати технології, які використовуються при проектуванні агрегатів авіаційних конструкцій. Вміти формулювати метод розрахунку наукових і інженерних задач забезпечення втомної міцності авіаційних конструкцій.

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. Евсеев Л.А., Миронов К.В., Фомичев П.А. «Расчет шасси самолета на прочность» (Учебное пособие), ХАИ, 1988г. Наявність в бібліотеці – Б 357, наявність на кафедрі – К 22.
2. Фомичев П. А. Проектирование и расчет на прочность шасси рессорного типа [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П. А. Фомичев, Т. С. Бойко, С. Ф. Мандзюк, Е. Ф. Кучерявый. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 82 с. – http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Proektirovanie_I_Raschet.pdf
3. Фомичев П.А., Мандзюк С.Ф. Программное обеспечение расчетов шасси рессорного типа PROGIB, SHASSI, PRORES, ХАИ, 2017г.

14. Рекомендована література

14.1 Базова.

1. Фомичев П. А. Расчет на прочность самолета. Часть 1. [Электронный ресурс]: конспект лекций / П. А. Фомичев, А. В. Заруцкий, С. Ф. Мандзюк – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2017. – 165с. – http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Raschet_na_Prochnost.pdf
2. Фомичев П. А. Расчет ресурса авиационной техники. [Электронный ресурс]: конспект лекций. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2017. – 50с.
3. Сопротивление усталости элементов конструкций./ А.З.Воробьев, Б.И.Олькин, В.Н.Стебенев и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 240с.
4. Р.Б. Хэйвуд. Проектирование с учетом усталости. – М.: Машиностроение, 1969. – 504с.
5. Дж. Тейлор. Нагрузки, действующие на самолет. – М.: Машиностроение, 1971. – 372с.
6. Нормы летной годности CS-VLA, CS.23.

14.2 Допоміжна

1. Фомичев П.А. «Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций» (Учебное пособие), ХАИ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 64.
2. Фомичев П.А. «Теоретические основы расчетов долговечности при нерегулярном нагружении» (Учебное пособие), ХАИ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 49.

15. Інформаційні ресурси

k102@khai.edu - Сайт кафедри

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

<https://www.easa.europa.eu> – Европейское агентство авиационной безопасности

<https://www.faa.gov/> – Федеральное управление гражданской авиации США