

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)

« 01 » 09 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розрахунок ресурсу авіаконструкцій.

Галузь знань:

13 Механічна інженерія
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальність:

134 Авіаційна та ракетно космічна техніка

Освітні програми:

«Випробування та сертифікація літальних апаратів»
(шифр і назва освітньої програми)

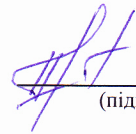
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)

Харків 2020 рік

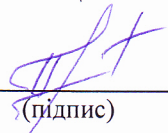
Робоча програма «Розрахунок ресурсу авіаконструкцій», для студентів за спеціальностями 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, освітньою програмою «Випробування та сертифікація літальних апаратів».

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 "31" серпня 2020р.

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	<p style="text-align: center;">Галузь знань 13 Механічна інженерія (шифр і назва)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальності 134 «Авіаційна та ракетокосмічна техніка» (шифр і назва)</p>	Нормативна	
Модулів – 2		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 3			
Індивідуальне завдання: Розрахунок навантажень на елерон і стояк шасі легкого літака.		2020	
Загальна кількість годин – 120		Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 56 самостійної роботи студента – 64 годин.		7-й	
Семестр 7		Лекції	
		24 год.	
		Практичні	
		16 - год.	
	Лабораторні		
	16		
	Самостійна робота		
	64 год.		
	Вид контролю		
	іспит		

Примітка

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

для денної форми навчання – 56/64.

*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 – статична і втомна міцність силової конструкції літального апарату в умовах експлуатації.

Завдання вивчення навчальної дисципліни є методи розрахунків навантажень і міцності агрегатів легкого літака згідно Норм льотної придатності FAR.23, CS-VLA, довговічності та ресурсу силових конструкцій, а також експериментальні методи досліджень міцності і ресурсу.

Згідно з вимогами освітньо-професійних програм студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності: здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і інженерних дисциплін; здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

Програмні результати навчання: вибрати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи. виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин; оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

Міждисциплінарні зв'язки: Навчання з дисципліни базується на знанні фізики, теоретичної механіки, матеріалознавства, математики, механіки матеріалів, аеродинаміки, механіки конструкцій, конструкції літальних апаратів та технології їх виготовлення. Знання дисципліни використовується при вивченні проектування літальних апаратів та технології їх виробництва.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Методи розрахунків навантажень і міцності агрегатів авіаційних конструкцій.

Змістовий модуль 1. Розрахунки навантажень агрегатів силової конструкції літака.

Тема 1. Перевірочний розрахунок центрів жорсткості перетинів і осі жорсткості крила літака великого подовження.

Тема 2. Розрахунок лінійних переміщень перетинів крила літака.

Тема 3. Спрощений розрахунок лінійних переміщень перетинів крила літака. Розрахунок кутових переміщень перетинів крила літака.

Тема 4. Розрахунки навантажень на хвостове оперення літака. Епюри розподілу навантажень між стабілізатором і рулем висоти, кілем і рулем направлення балансувальних, маневрових та при польоті у неспокійному повітрі.

Тема 5. Навантаження на горизонтальне оперення балансувальне і маневрове за нормованому кутовому прискоренні та нормованому відхиленні руля висоти, навантаження при польоті у неспокійному повітрі.

Тема 6. Навантаження на елерони, закрилки, тримери. Розподіл навантажень по хорді та розмаху агрегату. Точки прикладення рівнодіючих зусиль, шарнірні моменти. Навантаження системи керування літаком.

Змістовий модуль 2. Проектувальний і перевірочний розрахунки шасі ресорного типу легкого літака.

Тема 4. Розрахунки розподілу навантажень на агрегати хвостового оперення літака.	4	2				2	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Навантаження на горизонтальне оперення балансвальне і маневрове.	6	2				4						
Тема 6. Навантаження на елерони, закрилки, тримери.	18	2	2	2	8	4	-	-	-	-	-	-
Разом зі змістовим модулем 1	44	12	2	6	8	16						
Змістовий модуль 2. Проектувальний і перевірочний розрахунки шасі ресорного типу легкого літака.												
Тема 7. Розрахунки шасі легкого та надлегкого літака. Нормована експлуатаційна і максимальна робота.	16	2	4	2		8						
Тема 8. Особливості розрахунків амортизаційної системи із механічними амортизаторами.	14	2	4	2		6	-	-	-	-	-	-
Тема 9. Рівняння балансу нормованої роботи і роботи обтиснення амортизаційної системи шасі.	24	2	4	2	10	6						
Разом зі змістовим модулем 2	54	6	12	6	10	20						
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Розрахунки ресурсу елементів силової конструкції.												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 10. Статистичні дослідження швидкостей вертикальних повітряних поривів і маневрових перевантажень.	12	2				10						
Тема 11. Методи експериментальних досліджень циклічної міцності авіаційних конструкцій.	18	2	2	4		10	-	-	-	-	-	-
Тема 12. Розрахунки еквівалентних напру-	7	2				5	-	-	-	-	-	-

жень за коефіцієнтом асиметрії. Розрахунки довговічності при програмованому навантаженні.												
Разом зі змістовим модулем 3	37	6	2	4		25	-	-	-	-	-	-
Усього годин	135	24	16	16	18(ip)	61						

5. Теми семінарських занять

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

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Обробка даних тензометричних вимірювань вручну.	2
2	Обробка даних тензометричних вимірювань із застосуванням методу найменших квадратів (МНК).	2
3	Обробка даних ресурсних випробувань елементів конструкцій за МНК.	2
4	Обробка даних вимірювань польотних маневрових перевантажень за МНК.	2
5	Експериментальне визначення діаграми обтиснення пневматика шасі.	2
6	Експериментальне визначення залежності діаграми обтиснення пневматика від початкового тиску.	2
7	Розрахунки залежності обтиснення пневматика від навантаження. Визначення енергії обтиснення від навантаження та початкового тиску у пневматиці.	2
8	Експериментальне визначення діаграми обтиснення ресори шасі як залежності вертикального переміщення вісі колеса від навантаження.	2
Разом		16

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунки максимальної ваги літака, що допустима для конкретної ресори, залежність від початкового тиску у пневматиці. Програма SHASSI.	2
2	Розрахунки навантажень на шасі і максимальних напружень у ресорі у залежності від вертикальної швидкості приземлення. Програма SHASSI.	2
3	Формування щільності імовірності розподілу напружень у ресорі при приземленні.	2
4	Розрахунки ресурсу шасі легкого літака.	2
5	Проектувальний розрахунок ресори шасі легкого літака за індивідуальними вихідними даними. Визначення початкових і кінцевих товщи-	

	ни і ширини ресори, експлуатаційних і розрахункових навантажень і напружень, максимального обтиснення ресори, допустимого кліренсу між посадковою смугою і частинами літака. Програма PRORES.	2
6	Розрахунок навантажень на елерон літака, що заданий в курсовому проекті «Розрахунок крила і шасі літака на міцність» згідно із вимогами Норм льотної придатності.	2
7	Розподіл навантажень по розмаху елерона, визначення точок їх прикладання у перетинах елерона.	2
8	Визначення опорних реакцій в місцях закріплення елерона на крилі, побудова епюр поперечних сил і згинаючих моментів по елерону.	2
Разом		16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Перевірочний розрахунок центрів жорсткості перетинів і осі жорсткості крила літака великого подовження	6
2	Тема 4. Розрахунки розподілу навантажень на агрегати хвостового оперення літака.	2
3	Тема 5. Навантаження на горизонтальне оперення балансувальне і маневрове.	4
4	Тема 6. Навантаження на елерони, закрилки, тримери.	4
5	Тема 7. Розрахунки шасі легкого та надлегкого літака. Нормована експлуатаційна і максимальна робота.	8
6	Тема 8. Особливості розрахунків амортизаційної системи із механічними амортизаторами	6
7	Тема 9. Рівняння балансу нормованої роботи і роботи обтиснення амортизаційної системи шасі.	6
8	Тема 10. Статистичні дослідження швидкостей вертикальних повітряних поривів і маневрових перевантажень	10
9	Тема 11. Методи експериментальних досліджень циклічної міцності авіаційних конструкцій.	10
10	Тема 12. Розрахунки еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії. Розрахунки довговічності при програмованому навантаженні.	5
	Разом	46

9. Індивідуальні завдання

Завдання. Розрахунок шасі ресорного типу і навантажень на елерон крила літака.

Завдання складається з двох частин. Перша частина включає проектувальний та перевірочний розрахунки навантажень, геометричних параметрів, вибір початкового тиску пневматика шасі ресорного типу легкого літака за індивідуальним завданням. Аналіз залежності ваги ресори від вибраного конструкційного матеріалу. Задача розрахунків навантажень вирішується як геометрично нелінійна на основі рівняння балансу работ експлуатаційної та деформування амортизаційної системи. При виконанні роботи використовується спеціальне математичне і програмне забезпечення, що розроблено на кафедрі міцності літальних апаратів.

Друга частина включає розрахунки навантажень на елерон літака, який було видано за індивідуальним завданням, як вихідні дані курсового проекту «Розрахунок крила і шасі літака на міцність». Знайдені у завданні навантаження є вихідною інформацією при вико-

нанні проектувального та перевірного розрахунків елерону з використанням пакету PATRAN/NASTRAN у подальшому дипломному проєкті магістра.

Самостійна робота за темою індивідуального завдання

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Проектувальний і перевірочний розрахунки шасі ресорного типу.	10
2	Розрахунок навантажень на елерон літака.	8
	Разом	18

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних та 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 іспита. Захист індивідуального завдання.

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

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента 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:

- основні положення методу розрахунків на міцність агрегатів великого подовження літака.
- розрахунок на нормальні та дотичні напруження при дії експлуатаційних та розрахункових навантажень. агрегатів.
- розрахунки лінійних та кутових переміщень перерізів агрегатів.
- методи розрахунків навантажень на агрегати амортизаційної системи літака. Зокрема носового та основного стояка шасі.
- методи розрахунків навантажень на агрегати хвостового оперення літака та проводки керування.
- методи розрахунків навантажень на елерон літака та проводки керування.
- методи розрахунків ресурсу регулярних зон та зон конструктивної нерегулярності авіаційних

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати проектувальні та перевірочні розрахунки амортизаційної системи шасі.
- проводити розрахунки параметрів експериментальних залежностей навантажень від деформацій при статичному навантаженні;
- проводити розрахунки параметрів експериментальних залежностей довговічності від напру циклічному навантаженні елемента конструкції.
- проводити розрахунки параметрів експериментальних залежностей перевантажень від повторюваності у типовому польоті.
- виконувати розрахунки навантажень на елерони літака.
- Виконувати розрахунки ресурсу регулярних зон конструкції.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашнє завдання. Знати послідовність розв'язання задачі по визначенню напружено-деформованого стану ресори шасі та навантажень на елерон літака.

Добре (75-89). Твердо володіти мінімумом знань. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Знати послідовність розв'язання задачі по визначенню напружено-деформованого стану елемента конструкції шасі та елерона.

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

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