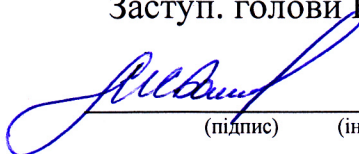


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра № 102 “Міцності літальних апаратів”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступ. голови НМК 1


(підпис) М.С. Романов
(ініціали та прізвище)

« 30 » _серпня_ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Міцність літальних апаратів

Галузь знань:

13 Механічна інженерія
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальність:

134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Освітні програми:

«Літаки та вертольоти»
«Проектування та виробництво конструкцій із композитних матеріалів»
«Технології виробництва та ремонту літальних апаратів»
«Безпілотні літальні комплекси»
«Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

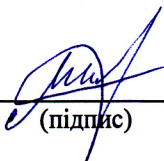
Харків 2021 рік

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 № 2 від "30" серпня 2021р.

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


(підпис)

В.Ю. Мірошніков
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування Показників		Галузь знань, напрям підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			Денна форма навчання	
Кількість кредитів – 4		Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і назва) Спеціальності <u>134 «Авіаційна та ракето-космічна техніка»</u> (шифр і назва) освітніми програмами <u>«Літаки та вертольоти»,</u> <u>«Проектування та виробництво конструкцій із композитних матеріалів»,</u> <u>«Технології виробництва і ремонту літальних апаратів»</u> <u>«Безпілотні літальні комплекси»,</u> <u>«Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»</u>	Обов’язкова	
Модулів – 2			Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2				
Індивідуальне завдання: Розрахунок навантажень на елерон і стояк шасі легкого літака..			2021-2022	
			Семестр	
			7-й	
Загальна кількість годин – 120			Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 56 самостійної роботи студента – 64			24 год.	
Семестр 7			Практичні	
аудиторних- 56 год.	Самост. Роби -64 год.	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	16 год.	
			Лабораторні	
		16		
		Самостійна робота		
		64 год.		
		Індивідуальна робота		
		Вид контролю		
		іспит		

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 56/64.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

МЕТОЮ курсу є підготовка спеціалістів до вирішення інженерних задач по забезпеченню необхідного рівня льотної придатності, міцності і довговічності, що виникають на стадіях проектування, виробництва і експлуатації повітряних суден.

ЗАДАЧІ курсу полягають у вивченні студентами методів розрахунків навантажень у польоті та при приземленні, особливостей розрахунків напружено-деформованого стану авіа-конструкцій різних силових схем при експлуатаційних та розрахункових навантаженнях, критеріїв міцності і довговічності.

Компетентності, які набуваються: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; 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.

Очікувані результати навчання: вибирати 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.

Пререквізити – Навчання з дисципліни базується на знанні з вищої математики, фізики, опору матеріалів, теоретичної і будівельної механіки, аеродинаміки і конструкції літаків.

Кореквізити – 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 7. Розрахунки шасі легкого та надлегкого літака. Нормована експлуатаційна і максимальна робота. Робота деформування амортизаційної системи. Діаграма стиснення пневматика, її залежність від початкового тиску.

Тема 8. Особливості розрахунків амортизаційної системи із механічними амортизаторами. Рішення геометрично нелінійної задачі обтиснення ресори шасі.

Тема 9. Рівняння балансу нормованої роботи і роботи обтиснення амортизаційної системи шасі. Визначення експлуатаційних і розрахункових вертикальних навантажень на колесо шасі.

Модуль 2. Методи розрахунків ресурсу авіаційних конструкцій.

Змістовий модуль 3. Розрахунки ресурсу елементів силової конструкції.

Тема 10. Закономірності збільшення перевантажень при польоті у неспокійному повітрі. Статистичні дослідження маневрових перевантажень. Функція розподілу імовірності збільшення перевантажень за годину польоту.

Тема 11. Методи експериментальних досліджень циклічної міцності авіаційних конструкцій. Випробування конструкційних матеріалів, елементів та агрегатів конструкцій. Стандартні зразки. Регулярні зони і зони конструктивної нерегулярності.

Тема 12. Розрахунки еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії. Розрахунки довговічності при програмованому навантаженні. Лінійне сумування втомних пошкоджень.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	У тому числі										
		Л	П	лаб	інд	с.р.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Розрахунки навантажень агрегатів силової конструкції літака.												
Тема 1. Перевірочний розрахунок центрів жорсткості перетинів і осі жорсткості крила літака великого подовження.	10	2		2		6	—	—	—	—	—	—

Тема 2. Розрахунок лінійних переміщень перетинів крила літака.	2	2					–	–	–	–	–	–
Тема 3. Спрощений розрахунок лінійних переміщень перетинів крила літака. Розрахунок кутових переміщень перетинів крила літака.	4	2		2								
Тема 4. Розрахунки розподілу навантажень на агрегати хвостового оперення літака.	4	2				2	–	–	–	–	–	–
Тема 5. Навантаження на горизонтальне оперення балансувальне 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.	12	2	4	2		4						
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.	22	2	4	2	10	4						
Разом зі змістовим модулем 2	48	6	12	6	10	14						
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.	8	2				6						
Тема 11. Методи експериментальних досліджень циклічної міцності авіаційних конструкцій.	12	2	2	4		4	–	–	–	–	–	–
Тема 12. Розрахунки еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії. Розрахунки довговічності при програмованому навантаженні.	8	2				6	–	–	–	–	–	–
Разом зі змістовим модулем 3	28	6	2	4		16	–	–	–	–	–	–
Усього годин	120	24	16	16	18(ip)	46						

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

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 товщини 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 проєкті «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.	4
6	Тема 8. Особливості розрахунків амортизаційної системи із механічними амортизаторами	6
7	Тема 9. Рівняння балансу нормованої роботи і роботи обтиснення амортизаційної системи шасі.	4
8	Тема 10. Статистичні дослідження швидкостей вертикальних повітряних поривів і маневрових перевантажень	6
9	Тема 11. Методи експериментальних досліджень циклічної міцності авіаційних конструкцій.	4
10	Тема 12. Розрахунки еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії. Розрахунки довговічності при програмованому навантаженні.	6
	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 робіт 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 виконанні проектувального та перевірочного розрахунків елерону з використанням пакету PATRAN/NASTRAN у подальшому дипломному проекті 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 здобувачів 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

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) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту 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.

Критерії оцінювання роботи здобувача 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. О. П. Осташ, В. М. Федірко, В. М. Учанін, С. А. Бичков [та др.] Механіка руйнування та міцність матеріалів=Fracture Mechanics and Strength of Materials : довід. посіб. . Т. 9 : Міцність і довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій; Нац. акад. наук України, Фізико-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка ; під заг. ред. В. В. Панасюка. - Львів. - Сполом, 2007. - 1068 с.
2. Розрахунок навантажень на літальний апарат : навч. посіб. / В. М. Рябченко, А. О. Кирпикін. - Х. - Нац. аерокосмічний ун-т "ХАІ", 2009. - 55 с.

14. Рекомендована література

Базова.

1. В. В. Астанін. Основи розрахунків на міцність : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. : гриф МОН України / . - Харків. - Регіон-інформ : ХФВ "Транспорт України", 2001. - 210 с.

Допоміжна

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. Стригунов В.М. "Расчет самолета на прочность", М., Машиностроение, 1984г. - основной підручник. Наявність в бібліотеці – Б 62, наявність на кафедрі – К 0.
3. Михеев Р.А. « Прочность вертолетов», М., Машиностроение, 1984г.
4. Кан С.Н., Свєрдлов И.А. "Расчет самолета на прочность», М., Машиностроение, 1966г.
5. Фомичев П.А. «Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций» (Учебное пособие), ХАИ, 1992г.
6. Фомичев П.А. «Теоретические основы расчетов долговечности при нерегулярном нагружении» (Учебное пособие), ХАИ, 1992г.
7. Кирпикин А.А. "Расчет нагрузок на фюзеляжи самолетов и вертолетов". (Учебное пособие), ХАИ, 1992.
8. Буланов В.В., Кирпикин А.А. "Прочностной проектировочный расчет сжатых панелей (Учебное пособие), ХАИ, 1989.
9. Буланов В.В., Кирпикин А.А. "Приближенные методы расчета корневых участков прямых и стреловидных крыльев" (Учебное пособие), ХАИ, 1989.
10. Скопинцев Б.И. «Собственные колебания лопасти вертолета» (Учебное пособие), ХАИ, 1983.
11. Фомичев, П.А. Прочностные испытания самолетов авиации общего назначения / П.А. Фомичев, Д.А. Пинчук, Т.С. Бойко–Х.: ХАИ, 2013.– 72с. http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Prochnostnie_Ispitania.pdf
12. Фомичев П. А. Проектирование и расчет на прочность шасси рессорного типа [Электрон.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

15. Інформаційні ресурси

k102@khai.edu - Сайт кафедри

<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