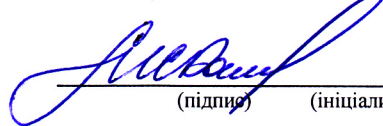


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра № 102 “Міцності літальних апаратів”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступ. голови НМК 1

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

« 30 » серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'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:

- «Проектування та виробництво конструкцій із композитних матеріалів»
- «Технології виробництва і ремонту літальних апаратів»
- «Безпілотні літальні комплекси»
- «Ракетні та космічні комплекси»
- «Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

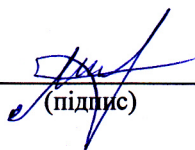
Харків 2021 рік

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 – 6,5 (4,5+2КП)		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>«Проектування та виробництво конструкцій із композитних матеріалів, «Технології виробництва і ремонту літальних апаратів», «Безпілотні літальні комплекси», «Ракетні та космічні комплекси», «Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»</u>	Обов’язкова		
Модулів – 2			Рік підготовки:		
Змістових модулів – 4			2021-й	2022-й	
Індивідуальне завдання: Проектувальний та перевірочний розрахунки крила і шасі літака.			Семестр		
Загальна кількість годин – 195			6-й	7-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 88/16 = 5 самостійної роботи студента – 107/16 = 7,19			Лекції		
Семестр 6		32 год.	-		
аудиторних-64 год.		Практичні		32 год.	24 - год.
Семестр 7		Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)		Лабораторні	
аудиторних-24 год.				-	-
				Самостійна робота	
				71 год.	36 год.
				Індивідуальна робота	
				Вид контролю	
				іспит	Захист проекту

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 88/107.

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. Розрахунки навантажень на повітряне судно у польоті.

Змістовий модуль 1. Перевантаження маневрові та при польоті в неспокійному повітрі.

Тема 1. Вступна лекція. Ціль та задачі курсу. Історична довідка про розвиток конструктивно-силових схем ПС і науки про міцність ПС. Шляхи досліджень міцності.

Тема 2. Теоретичний метод досліджень міцності. Функціональна система «Розрахунки міцності». Класифікація дій на конструкцію. Коефіцієнт перевантажень. Швидкісна та зв'язана системи координат.

Тема 3. Залежність маневрового перевантаження в ц.в. ПС від параметрів траєкторії при польоті в вертикальній і горизонтальній площинах. Розрахунки перевантаження у довільній точці ПС. Вимірювання перевантажень у польоті.

Тема 4. Перевантаження при польоті в неспокійному повітрі. Регламентовані в Нормх CS швидкості повітряних поривів. Максимальні перевантаження при горизонтальних і вертикальних поривах.

Тема 5. Зміна перевантажень у часі при дії прямокутного, трапецієвидного і косинусового поривів. Коефіцієнт ослаблення пориву. Співпоставлення Норм НЛГС и FAR.

Змістовий модуль 2. Навантаження на агрегати літального апарата.

Тема 6. Норми льотної придатності. Системи АП, FAR, CS. Структура Норм, класифікація. Таблиця узгодження. Доказова документація.

Тема 7. Вимоги міцності конструкції, розділ С. Навантаження ПС і його агрегатів. Огинаюча граничних польотних умов V - n. Максимальні маневрові перевантаження та розрахункові швидкості польоту.

Тема 8. Навантаження, діючі на крило ПС, основні розрахункові випадки навантажування крила. Розподіл повітряних та масових навантажень по размаху крила великого подовження.

Тема 9. Побудова епюр перерізних сил та моментів по размаху крила. Перевірка вірності побудови епюр. Визначення точки прикладання рівнодіючої в перерізі крила.

Модуль 2. Перевірочні розрахунки міцності агрегатів літального апарата.

Змістовий модуль 3. Критерії міцності авіаційних конструкцій.

Тема 10. Критерії міцності елементів конструкції при розтягуванні та стиску. Діаграми деформування матеріалу. Критичні напруження загальної втрати стійкості.

Тема 11. Критичні напруження місцевої втрати стійкості елементів конструкції. Деформування рівномірно стислої плоскої панелі. Поняття про приєднану обшивку. Деформування рівномірно стислої циліндричної панелі з різних матеріалів. Розрахунки шагу клепок у стислій панелі. Сумісна дія стиску та зсуву.

Тема 12. Критичні напруження місцевої втрати стійкості трубчастих елементів конструкції шасі літака та вертольоту. Стан пластичного шарніру. Критерії міцності при теплових діях. Діаграми повзучості матеріалів.

Змістовий модуль 4. Методи розрахунків міцності агрегатів літального апарату.

Тема 13. Проектувальний розрахунок перерізу крила великого подовження. Спрощена модель крила. Розподіл згинаючих моментів і перерізних сил між лонжеронами крила.

Тема 14. Розрахунки геометричних параметрів перетину крила та фюзеляжу. Вибір товщини обшивки и шагу стрингерів, площ стрингерів та лонжеронів, товщин стінок лонжеронів.

Тема 15. Перевірочний розрахунок перерізу крила великого подовження на нормальні напруження. Метод редуційних коефіцієнтів.

Тема 16. Перевірочний розрахунок перерізу крила великого подовження на дотичні напруження. Метод січного модулю. Діагональне розтягнуте поле. Висновок про міцність перерізу крила.

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. Перевантаження маневрові та при польоті в неспокійному повітрі.												
Тема 1. Вступ до дисципліни «Міцність л.а.»	4	2	2									
Тема 2. Теоретичний метод досліджень	4	2	2									
Тема 3. Маневрове перевантаження	8	2	2			4						
Тема 4. Перевантаження в неспокійному повітрі.	8	2	2			4						
Тема 5. Зміна перевантажень у часі	10	2	2			6						
Разом зі змістовим модулем 1	34	10	10			14						
Змістовий модуль 2. Навантаження на агрегати літального апарата.												
Тема 6. Норми льотної придатності.	4	2	2									
Тема 7. Вимоги міцності конструкції	4	2	2									
Тема 8. Навантаження, діючі на крило	10	2	2			6						
Тема 9. Побудова епюр сил та моментів	12	2	2			8						
Разом зі змістовим модулем 2	30	8	8			14						
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Критерії міцності авіаційних конструкцій.												
Тема 10. Критерії міцності елементів	10	2	2			6						
Тема 11. Критичні напруження	8	2	2			4						
Тема 12. Критичні напруження трубчастих елементів	11	2	2			7						
Разом зі змістовим	29	6	6			17						

модулем 3												
Змістовий модуль 4. Методи розрахунків міцності агрегатів літального апарату.												
Тема 13. Проектувальний розрахунок	8	2	2			4						
Тема 14. Розрахунки геометричних параметрів	10	2	2			6						
Тема 15. Перевірочний розрахунок на нормальні напруження.	11	2	2			7						
Тема 16. Перевірочний розрахунок на дотичні напруження.	13	2	2			9						
Разом зі змістовим модулем 4	42	8	8			26						
Усього годин	195	32	56 (24кп)			107 (36кп)						

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	

6. Теми практичних занять (Семестр 6)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обладнання залів статичних випробувань, види експериментальних досліджень, розрахунки ричажних систем.	2
2	Нормальні напруження у тонкостінній балці змінної висоти (лаб. робота № 11-а).	2
3	Розрахунки маневрових перевантажень ПС.	4
4	Визначення перевантажень при польоті у неспокійному повітрі. Видача Д/З по розрахунку навантажень на крило літака.	4
5	Побудова огинаючої польотних умов V - пу	2
6	Побудова епюр перерізних сил і згинаючих моментів для крила великого подовження.	4
7	Визначення критичних напружень втрати стійкості кутового профілю (лаб. робота № 6).	2
8	Визначення критичних напружень місцевої та загальної втрати стійкості. Розрахунки стислої панелі.	2
9	Визначення несучої здатності розтягнутої панелі.	2
10	Проектувальний розрахунок повздовжнього набору перерізу дволонжеронного крила великого подовження.	2
11	Експериментальне дослідження нормальних напружень у поясах і стійках тонкостінної балки.(лаб. робота №3)	2
12	Розрахунки нормальних напружень у прямокутному перерізі крила за методом редукційних коефіцієнтів (1 ітерація).	2
13	Змістовні модулі 1 – 4	4
	Разом	32

6. Теми практичних занять
(при виконанні курсового проекту у семестрі 7)

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1 -3	Проектувальний розрахунок перерізу крила літального апарату	6
4 – 7	Перевірочний розрахунок міцності перерізу крила на нормальні і дотичні напруження.	4
8 – 11	Проектувальний розрахунок основного чи носового стояка шасі.	8
12 – 14	Перевірочний розрахунок міцності стояка шасі, розрахунок ресурсу шасі.	6
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять
(Семестри 6 і 7)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Експериментальні методи досліджень міцності	2
2	Статичні, ресурсні випробування конструкцій	2
3	Зміна перевантажень у часі, коефіцієнт ослаблення пориву	4
4	Навантаження, діючі на крило	2
5	Побудова епюр сил та моментів	2
6	Розрахунки навантажень на ГО	3
7	Розрахунки навантажень на ВО	2
8	Навантаження на гвинти вертольоту.	16
9	Методи розрахунків ресурсу	7
10	Перевірочний розрахунок на нормальні напруження.	2
11	Перевірочний розрахунок на дотичні напруження.	2
12	Розрахунки лінійних та кутових переміщень	5
13	Навантаження на фюзеляж	2
14	Навантаження на шасі	5
15	Аеропружність конструкції	15
	Разом	71

9. Індивідуальні завдання

Завдання. Розрахунок навантажень на крило великого подовження.
(Семестр 6)

Включає розрахунок повітряних і масових навантажень з урахуванням коефіцієнту перевантаження ПС, побудову епюр відносної циркуляції, перерізних сил, згинаючого та приведеного моментів. Перевірку знайдених навантажень по спрощеним залежностям. Знаходження в розрахунковому перерізі крила точки прикладання рівнодіючої перерізної сили та навантажень у зв'язаній системі координат.

Знайдені у завданні навантаження є вихідною інформацією при виконанні проектувального та перевірконого розрахунків крила у подальшому курсовому проекті.

Курсовий проект

(курс 4, семестр 7).

Тема курсового проекту “Розрахунки міцності крила і шасі ПС”.

Мета проекту: закріпити теоретичні знання і надати практичні навички виконання розрахунків міцності агрегатів авіаційних конструкцій.

Зміст проекту:

1. Проектувальний розрахунок перерізу крила з урахуванням навантажень, що були знайдені при виконанні Завдання 1, а саме, товщини обшивки і шагу стрингерів у розтягнутій та стислій панелях, розрахунки та підбір по сортаментах профілів стрингерів, поясів лонжеронів, товщин стінок лонжеронів, відстані між рядовими нервюрами крила.

2. Перевірочний розрахунок міцності на нормальні і дотичні напруження виконується із застосуванням спеціального комп’ютерного забезпечення. Файл вихідних даних формується по результатам проектувального розрахунку перерізу крила і діючих в перерізі навантажень. Перша ітерація розрахунку нормальних напружень для закріплення знань алгоритму і навичок розрахунків по методу редукційних коефіцієнтів виконується вручну. Висновок про міцність формулюється по кінцевому файлу розрахунків на комп’ютері із урахуванням нормальних і дотичних напружень, визначається положення центру жорсткості перерізу за методом фіктивного моменту.

3. Проектувальний та перевірочний розрахунки основного чи носового стояка шасі. Навантаження стояка визначається необхідністю поглинання енергії вертикального переміщення ПС. По знайденим навантаженням для вибраної схеми стояка будуються епюри повздовжніх та перерізних сил, згинаючих та кружних моментів. Проектувальний розрахунок включає підбір пневматиків, визначення експлуатаційного і максимального ходів амортизатора, геометрії перерізів основних силових елементів стояка. Перевірочний розрахунок складається з визначення коефіцієнтів надлишку міцності основних елементів і ресурсу стояка шасі літака чи вертольоту.

Всього годин на виконання проекту – 60 у тому числі: аудиторна робота студента – 16 годин, самостійна робота – 44 годин.

Самостійна робота

(при виконанні курсового проекту у семестрі 7)

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1 -3	Проектувальний розрахунок перерізу крила літального апарату	10
4 – 7	Перевірочний розрахунок міцності перерізу крила на нормальні і дотичні напруження.	6
8 – 11	Проектувальний розрахунок основного чи носового стояка шасі.	12
12 – 14	Перевірочний розрахунок міцності стояка шасі, розрахунок ресурсу шасі.	8
	Разом	36

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних робіт, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у

вигляді іспитів. Захист курсового проекту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	9	0...9
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	9	0... 18
Модульний контроль	0...12	1	0...12
Модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	7	0...14
Модульний контроль	0...12	1	0...12
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...28	1	0...28
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку здобувач 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.

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 міцності агрегату конструкції 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 коефіцієнтів перевантажень, навантажень, напружено-деформованого стану елементів конструкції крила літака.

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

Семестр 7

Захист курсового проекту

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсового проекту

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист проекту	Сума
До 30	До 20	До 50	100

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., Свердлов 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 агенство авіаційної безпеки

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