

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**

**Міцність літальних апаратів**

(назва навчальної дисципліни)

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

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

Освітня програма: Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної  
техніки  
(найменування освітньої програми)


Проектування та виробництво композитних конструкцій  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

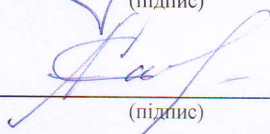
**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2023 рік**

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

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

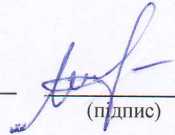
Кирп'ікін А.О., доцент, к.т.н.  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
\_\_\_\_\_  
(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  
(науковий ступінь та вчене звання)

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

В.Ю.Мірошніков  
(ініціали та прізвище)



## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4 +2 (КП) = 6	<p style="text-align: center;"><b>Галузь знань</b> 13 Механічна інженерія (шифр і найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Спеціальність</b> 134 Авіаційна та ракетно - космічна техніка (код і найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Освітня програма</b> <u>Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Освітня програма</b> <u>Проектування та виробництво композитних конструкцій</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Рівень вищої освіти:</b> перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 3		2023/2024
Індивідуальна робота (курсний проект) – 60		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 180		7-й
		<b>Лекції*</b>
		32
		<b>Практичні, семінарські*</b>
		32
		<b>Лабораторні*</b>
	16	
	<b>Самостійна робота</b>	
	100	
	<b>Вид контролю</b>	
	Іспит/залік	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 6,25		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/100.

\* 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 – міцність силової конструкції літального апарату у розрахункових випадках навантаження, що виникають в умовах експлуатації.

### **Предмет вивчення**

Предметом вивчення є методи розрахунків міцності та ресурсу силових конструкцій літальних апаратів, а також експериментальні методи досліджень міцності та ресурсу.

### **Мета навчання**

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 вимог Норм льотної придатності, методів визначення узгодженості регламентованим вимогам, методів розрахунків навантажень у польоті та при приземленні, особливостей розрахунків напружено-деформованого стану авіаконструкцій різних силових схем при експлуатаційних та розрахункових навантаженнях, критеріїв міцності і довговічності.

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

**Компетентності, які набуваються:** Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. Навички використання інформаційних технологій; Здатність приймати обґрунтовані рішення, вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Здатність приймати обґрунтовані рішення. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

**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 “Міцність літальних апаратів” студент повинен знати:



- системи Норм льотної придатності повітряних суден (ПС), що прийняті в світовій практиці (FAR, CS);
- розрахункові випадки навантаження, що регламентовані Нормами льотної придатності ПС;
- зовнішні навантаження на ПС і методи їх розрахунків;
- методи розрахунків повітряних і масових навантажень на агрегати літака та вертольоту в експлуатації;
- критерії міцності елементів конструкцій;
- методи розрахунків напружено-деформованого стану і визначення міцності конструкції при розрахункових діях згідно з різними розрахунковими випадками;
- види випробувань міцності авіаційних конструкцій.

**повинен вміти:**

- виконувати розрахунки перевантажень при маневрі і польоті літака у турбулентному повітрі;
- виконувати розрахунки навантажень на основні агрегати ПС;
- виконувати проектувальний і перевірочний розрахунки крила і оперення літака;
- визначати жорсткісні характеристики конструкції;
- визначати міцність типових елементів авіаційних конструкцій;
- проводити обробку результатів тензометрії елементів конструкцій;
- використовувати спеціальну літературу по забезпеченню вимог міцності.

**повинен мати уявлення:**

- про застосування методу скінчених елементів для моделювання силової конструкції;
- про методи розрахунків міцності і довговічності конструкції у зонах конструктивної нерегулярності;
- про методи розрахунків критичних швидкостей флатеру, дивергенції, реверсу рульових поверхонь;

### **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.т. ПС від параметрів траєкторії при польоті у вертикальній і горизонтальній площинах. Розрахунки перевантаження у довільній точці ПС. Вимірювання перевантажень у польоті.

**Тема 4.** Перевантаження при польоті в неспокійному повітрі. Регламентовані в Норммах FAR та 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. Зіставлення Норм.

**Тема 6.** Норми льотної придатності. Системи 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.

## **Змістовий модуль 2. 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.

**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 редукційних коефіцієнтів.

**Тема 16.** Перевірочний розрахунок перерізу крила великого подовження на домінуючі 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					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
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Перевантаження маневрові та при польоті в неспокійному повітрі.</b>												
Тема 1. Вступ до дисципліни «Міцність л.а.»	4	2	1	1								
Тема 2. Теоретичний метод досліджень	4	2	1	1								
Тема 3. Маневрове перевантаження	8	2	1	1		4						
Тема 4. Перевантаження в неспокійному повітрі.	10	2	1	1		6						
Тема 5. Зміна перевантажень у часі	10	2	1	1		6						
Тема 6. Норми льотної придатності.	6	2	1	1		2						
Тема 7. Вимоги міцності конструкції	6	2	1	1		2						
Тема 8. Навантаження, діючі на крило	10	2	1	1		6						
Тема 9. Побудова епюр сил та моментів	12	2	1	1		8						
<b>Разом зі змістовим модулем 1</b>	<b>70</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>9</b>		<b>34</b>						
<b>Змістовий модуль 2. Критерії міцності авіаційних конструкцій.</b>												
Тема 10. Критерії міцності елементів	4	2	1	1								
Тема 11. Критичні напруження	6	2	1	1		2						
Тема 12. Критичні напруження трубчастих елементів	8	2	1	1		4						
Тема 13. Проектувальний розрахунок	7	2	1	1		3						
Тема 14. Розрахунки геометричних параметрів	7	2	1	1		3						



Тема 15. Перевірочний розрахунок на нормальні напруження.	9	2	1	1		5					
Тема 16. Перевірочний розрахунок на дотичні напруження.	9	2	1	1		5					
<b>Разом зі змістовим модулем 2</b>	50	14	7	7		22					
<b>Змістовний модуль 3. Розрахунок на міцність корпусу ЛА</b>											
<b>КП</b>	60		16			44					
<b>Усього годин.</b>	180	32	32	16		100					

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	

### 6-7. Теми практичних і лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обладнання залів статичних випробувань, розрахунки важильної системи навантаження.	2
2	Нормальні напруження у поясах тонкостінної балки змінної висоти.	2
3	Визначення дотичних напружень у стінці лонжерона.	2
4	Визначення критичних напружень втрати стійкості кутового профілю	2
5	Розрахунки маневрових перевантажень у центрі тяжіння ПС.	4
6	Визначення перевантажень при польоті у неспокійному повітрі. Видача Д/З по розрахунку навантажень на крило літака.	4
7	Побудова огинаючої польотних умов $V - \rho_y$	2
8	Побудова епюр перерізних сил і згинаючих моментів для крила великого подовження.	4
9	Проектувальний розрахунок перерізу крила великого подовження (збірна конструкція)	2
10	Проектування монолітної панелі крила	2
11	Проектувальний розрахунок повздовжнього набору перерізу дволонжеронного крила великого подовження.	2
12	Перевірочний розрахунок перерізу крила на нормальні напруження. Метод редуційних коефіцієнтів (перша ітерація)	2
13	Змістовні модулі 1 – 2	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>



## 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	2
7	Розрахунки навантажень на ВО	2
8	Навантаження на гвинти вертольоту.	12
9	Методи розрахунків ресурсу	4
10	Перевірочний розрахунок на нормальні напруження.	2
11	Перевірочний розрахунок на дотичні напруження.	2
12	Розрахунки лінійних та кутових переміщень	4
13	Навантаження на фюзеляж	2
14	Навантаження на шасі	2
15	Аеропружність конструкції	12
16	Курсовий проект	44
	<b>Разом</b>	<b>100</b>

## 9. Індивідуальні завдання

### Завдання. Розрахунок навантажень на крило великого подовження.

Розрахунок потрібно виконати для літака, прототип якого завданий у темі курсового проекту.

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

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних робіт, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів 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 студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Модуль 1</b>			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	9	0 – 18
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<b>Модуль 2</b>			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	7	0...14
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...28	1	0...28
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

### Захист курсового проекту

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсового проекту

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист проекту	Сума
0... 30	0... 20	0... 50	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.

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 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



### 13. Методичне забезпечення

1. Евсеев Л.А. «Розрахунок на міцність крила великого подовження». (Учебний посібник), ХАІ, 1985г. Наявність в бібліотеці – Б 154, наявність на кафедрі – К 120.
2. Евсеев Л.А., Миронов К.В., Фомичов П.О. «Розрахунок шасі літака на міцність» (Учебний посібник), ХАІ, 1988г. Наявність в бібліотеці – Б 357, наявність на кафедрі – К 22.
3. Львов М.П. «Лабораторний практикум по міцності літальних апаратів» (Учебний посібник), ХАІ, 1990г. Наявність в бібліотеці – Б 34, наявність на кафедрі – К 19.

### 14. Рекомендована література

#### Базова.

1. Фомичов П. О. Розрахунок на міцність літака. Частина 1, [Електроний ресурс]: конспект лекцій / П. О. Фомичов, А. В. Заруцький, С. Ф. Мандзюк – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Е. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2017. – 165с. – [http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev\\_Raschet\\_na\\_Prochnost.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Raschet_na_Prochnost.pdf)
2. Михеев Р.А. «Міцність вертольотів», М., Машинбудування, 1984г. Наявність в бібліотеці – Б 42, наявність на кафедрі – К 0.
4. Кан С.Н., Свердлов И.А. «Разрахунок літака на міцність», М., Машинобудування, 1966г. Наявність в бібліотеці – Б 42, наявність на кафедрі – К 0.

#### Допоміжна

1. Фомичов П.О. «Методи розрахунків утомної довговічності елементів авіаконструкцій» (Учебний посібник), ХАІ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 64.
2. Фомичов П.О. «Теоретичні засади розрахунків довговічності за нерегулярному навантажені» (Учебний посібник), ХАІ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 49.
3. Кирпикін А.О. «Розрахунок навантажень на фюзеляжі літаків і вертольотів». (Учебний посібник), ХАІ, 1992. Наявність в бібліотеці – Б 97, наявність на кафедрі – К 175.
4. Буланов В.В., Кирпикін А.О. «Міцностий проектувальний розрахунок стиснутих панелей (Учебний посібник), ХАІ, 1989. Наявність в бібліотеці – Б 327, наявність на кафедрі – К 36.
5. Буланов В.В., Кирпикін А.О. «Наближені методи розрахунків корневих участків прямих і стріловідних крил» (Учебний посібник), ХАІ, 1989. Наявність в бібліотеці – Б 80, наявність на кафедрі – К 51.
- 6, Скопінцев Б.І. «Власні коливання лопаті вертольота» (Учебний посібник), ХАІ, 1983. Наявність в бібліотеці – Б 0, наявність на кафедрі – К 25.
7. Фомичов, П.О. Прочностные испытания самолетов авиации общего назначения / П. О. Фомичов, Д. О. Пінчук, Т. С. Бойко. – Х.: ХАІ, 2013. – 72 с. [http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev\\_Prochnostnie\\_Ispitania.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Prochnostnie_Ispitania.pdf)
8. Фомичов П. О. Проектування і розрахунок на міцність шасі ресорного типу [Електроний ресурс]: учб. посібник / П. О. Фомичов, Т. С. Бойко, С. Ф. Мандзюк, Е. Ф. Кучерявий. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2015. – 82 с. – [http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev\\_Proektirovanie\\_I\\_Raschet.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Proektirovanie_I_Raschet.pdf)

### 15. Інформаційні ресурси

[k102@khai.edu](mailto: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