

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Гарант освітньої програми

 Олександр ЧУПРИНІН

(підпис)

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 29 » 08 2025р.

## СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Розрахунок на міцність

(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність: 131 Прикладна механіка  
(код і найменування спеціальності)

Освітні програми:

Динаміка і міцність машин

Рівень вищої освіти: *перший (бакалаврський)*

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник : Аврамов К.В., проф. каф. 102, д.т.н., проф.  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «28» серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф.  
(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Віталій МІРОШНІКОВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

\_\_\_\_\_

  
(підпис)

Олесьо АРУТ'ЮНЯН  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## 1. Загальна інформація про викладача

ПІБ: *Аврамов Костянтин Віталійович*

---

Посада: *професор кафедри 102*

---

Науковий ступінь: *доктор технічних наук*

---

Вчене звання: *професор*

---

Перелік дисциплін, які викладає:

- *Теоретична механіка*
  - *Дослідження операцій*
  - *Механіка газів та рідин*
  - *Аеродинаміка*
  - *Теорія пружності*
  - *Аналітична механіка*
  - *Метод скінченних елементів*
  - *Механіка літальних апаратів*
  - *Міцність літальних апаратів*
- 

Напрями наукових досліджень:

- *Асимптотичні методи*
  - *Прикладна теорія біфуркації та хаосу*
  - *Нелінійні нормальні режими*
  - *Тонкостінні конструкції, оболонки та сендвіч-структури*
  - *Взаємодія газ/структура*
  - *Вібрації машин та механізмів*
  - *Динаміка та міцність ракети-носія*
  - *Міцність енергетичного обладнання*
  - *Нелінійне поглинання коливань*
  - *Нанотехнології, нанокompозити*
  - *Адитивні технології*
- 

Контактна інформація: *kvavramov@gmail.com,*  
*+38068 6057421*

---



## 2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	6
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна: 4.5 кредитів ЄКТС / 135 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 71);</i>
Види навчальної діяльності	<i>Лекції, практичні заняття самостійна робота</i>
Види контролю	<i>Поточний контроль, семестровий контроль – іспит</i>
Пререквізити	<i>Теоретична механіка, Механіка матеріалів і конструкцій, Будівельна механіка, Конструкція літальних апаратів</i>
Кореквізити	<i>Проектування літальних апаратів, Технологія виробництва літальних апаратів</i>
Постреквізити	<i>Дипломне проектування, Сертифікація авіаційної техніки</i>

### **3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання**

**Мета** – Підготовка спеціалістів до вирішення інженерних задач із забезпечення необхідного рівня льотної придатності, міцності та довговічності авіаційних конструкцій, що виникають на стадіях проектування, виробництва та експлуатації.

**Завдання** – вивчення методів розрахунку навантажень у польоті та при приземленні, аналіз напружено-деформованого стану конструкцій, засвоєння критеріїв міцності та довговічності.

#### **Компетентності, які набуваються:**

##### ***Інтегральна компетентність:***

*Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі авіаційної та ракетно-космічної техніки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів технічних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.*

##### ***Загальні компетентності (ЗК)***

###### ***Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:***

- *Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.*
- *Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.*
- *Здатність працювати у команді.*
- *Здатність генерувати нові ідеї (креативність).*
- *Здатність приймати обгрунтовані рішення.*
- *Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.*

##### ***Спеціальні компетентності (СК або ФК)***

###### ***Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:***

- *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.*
- *Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.*
- *Здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів.*

**Програмні результати навчання (ПРН або РН):**

*Програмні результати навчання (ПРН):*

- Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.
- Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і не фахівцям в ясній і однозначній формі.
- Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.
- Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.
- Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.
- Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.
- Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.
- Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Мати навички розробки технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування.

## 4. Зміст навчальної дисципліни

### МОДУЛЬ 1

#### Змістовний модуль 1. Методи розрахунків навантажень агрегатів авіаційних конструкцій

##### Тема 1. Жорсткісні характеристики та деформації крила великого подовження.

- **Стисла анотація:** Вивчення методик визначення центрів жорсткості та осі жорсткості перетинів крила. Розгляд методів розрахунку лінійних та кутових переміщень перетинів крила під дією навантажень.
- **Лекції:**
  1. Перевірочний розрахунок центрів жорсткості перетинів і осі жорсткості крила літака великого подовження.
  2. Розрахунок лінійних переміщень перетинів крила літака.
  3. Спрощений розрахунок лінійних переміщень. Розрахунок кутових переміщень перетинів крила літака.
- **Лабораторні заняття:**
  1. Обробка даних тензометричних вимірювань вручну.
  2. Обробка даних тензометричних вимірювань із застосуванням методу найменших квадратів (МНК).
- **Практичні заняття:**
  1. Розрахунок геометричних характеристик перерізу крила.
- **Самостійна робота здобувача освіти:** Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, вивчення методів чисельного інтегрування для розрахунку деформацій.

##### Тема 2. Навантаження на органи керування та хвостове оперення

- **Стисла анотація:** Аналіз розподілу аеродинамічних навантажень на стабілізатор, кіль, рулі висоти та напрямку, а також на механізацію крила (елерони, закрилки). Побудова епюр поперечних сил та згинаючих моментів.
- **Лекції:**
  1. Розрахунки навантажень на хвостове оперення літака. Епюри розподілу навантажень між стабілізатором і рулем висоти, кілем і рулем напрямку.
  2. Навантаження на горизонтальне оперення (балансувальне, маневрове, політ у неспокійному повітрі).
  3. Навантаження на елерони, закрилки, тримери. Розподіл навантажень по хорді та розмаху агрегату.
- **Лабораторні заняття:**
  1. Обробка даних вимірювань польотних маневрових перевантажень за МНК.

- **Практичні заняття:**
  1. Розрахунок навантажень на елерон літака згідно з вимогами Норм льотної придатності (курсний проект).
  2. Розподіл навантажень по розмаху елерона, визначення точок їх прикладання у перетинах.
  3. Визначення опорних реакцій в місцях закріплення елерона, побудова епюр поперечних сил і згинаючих моментів по елерону.
- **Самостійна робота здобувача освіти:** Виконання відповідного розділу курсового проекту (розрахунок елерона), підготовка до модульного контролю 1.

## **Змістовний модуль 2. Методи розрахунків ресурсу та шасі авіаційних конструкцій**

### **Тема 3. Проектування та розрахунок шасі ресорного типу**

- **Стисла анотація:** Вивчення роботи амортизації шасі, діаграм стиснення пневматиків та ресор. Розв'язання задачі обтиснення ресори як геометрично нелінійної задачі. Використання рівняння балансу робіт.
- **Лекції:**
  1. Розрахунки шасі легкого та надлегкого літака. Нормована експлуатаційна і максимальна робота. Діаграма стиснення пневматика.
  2. Особливості розрахунків амортизаційної системи із механічними амортизаторами. Геометрично нелінійна задача обтиснення ресори.
  3. Рівняння балансу нормованої роботи і роботи обтиснення амортизаційної системи шасі.
- **Лабораторні заняття:**
  1. Експериментальне визначення діаграми обтиснення пневматика шасі.
  2. Експериментальне визначення залежності діаграми обтиснення пневматика від початкового тиску.
  3. Розрахунки залежності обтиснення пневматика від навантаження. Визначення енергії обтиснення.
  4. Експериментальне визначення діаграми обтиснення ресори шасі як залежності вертикального переміщення вісі колеса від навантаження.
- **Практичні заняття:**
  1. Розрахунки максимальної ваги літака, що допустима для конкретної ресори (Програма SHASSI).

2. Розрахунки навантажень на шасі і максимальних напружень у ресорі у залежності від вертикальної швидкості приземлення.
  3. Формування щільності імовірності розподілу напружень у ресорі при приземленні.
  4. Проектувальний розрахунок ресори шасі легкого літака за індивідуальними вихідними даними (Програма PRORES).
- **Самостійна робота здобувача освіти:** Виконання розділу курсового проекту (проектування шасі), робота зі спеціалізованим ПЗ, оформлення звітів з лабораторних робіт.

## **Тема 5. Ресурс та втомна міцність авіаційних конструкцій**

- **Стисла анотація:** Основи розрахунку на втому. Статистичні характеристики навантажень (пориви вітру, маневри). Методи експериментального дослідження циклічної міцності та розрахунок довговічності за гіпотезами накопичення пошкоджень.
- **Лекції:**
  1. Закономірності збільшення перевантажень при польоті у неспокійному повітрі. Статистичні дослідження маневрових перевантажень.
  2. Методи експериментальних досліджень циклічної міцності авіаційних конструкцій. Криві втоми (Велера). Регулярні зони і зони нерегулярності.
  3. Розрахунки еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії. Лінійне сумування втомних пошкоджень.
- **Практичні заняття:**
  1. Розрахунки ресурсу шасі легкого літака.
  2. Обробка даних ресурсних випробувань елементів конструкцій за МНК
- **Самостійна робота здобувача освіти:** Опрацювання теоретичного матеріалу щодо втоми матеріалів, підготовка до модульного контролю 2.

## 5. Індивідуальні завдання

У межах дисципліни передбачено виконання індивідуального розрахункового завдання, що складається з двох частин:

1. Проектувальний та перевірочний розрахунок шасі ресорного типу.
2. Розрахунок навантажень на елерон літака та його міцності.

## 6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій з використанням мультимедійних засобів, лабораторних робіт на обладнанні кафедри (випробувальні машини, тензометричне обладнання), практичних занять з вирішенням типових задач, самостійна робота здобувачів з використанням методичного забезпечення та спеціалізованого ПЗ (SHASSI, PRORES, Patran/Nastran).

## 7. Методи контролю

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Підсумковий контроль — Іспит.

Допуск до іспиту: виконання всіх лабораторних та практичних робіт.

## 8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
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
<b>Змістовний модуль 2</b>			
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
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

Семестровий контроль (*іспит*) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового *іспиту* здобувач освіти 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. Всього за іспит: 100 балів.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

### **Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру**

**Задовільно (60-74)** – мати базові знання з методів розрахунків міцності авіаційних конструкцій. Виконати та захистити курсовий проект з достатньою якістю. Знати послідовність проектувального розрахунку крила та шасі. Уміти проводити базові розрахунки на міцність елементів конструкції.

**Добре (75-89)** – мати тверді знання з методів розрахунків міцності авіаційних конструкцій. Виконати та захистити курсовий проект з високою якістю. Уміти обґрунтовувати прийняті рішення щодо вибору геометричних параметрів конструкції. Знати особливості роботи різних елементів авіаційних конструкцій.

**Відмінно (90-100)** – мати глибокі знання з методів розрахунків міцності авіаційних конструкцій та вміти застосовувати їх для розв'язання нестандартних задач. Виконати та захистити курсовий проект на відмінному рівні. Уміти критично аналізувати результати розрахунків та пропонувати шляхи оптимізації конструкції.

## **9. Політика навчального курсу**

**Відвідування занять.** Регуляція пропусків. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять.

**Дотримання вимог академічної доброчесності** здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час виконання курсового проекту здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного

аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>).

**Вирішення конфліктів.** Порядок і процедури врегулювання конфліктів регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

## 10. Методичне забезпечення

1. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=9753>

## 11. 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.
2. О. П. Осташ, В. М. Федірко, В. М. Учанін, С. А. Бичков [та др.] *Механіка руйнування та міцність матеріалів : довід. посіб. Т. 9 : Міцність і довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій;* - Львів. - Сполом, 2007. - 1068 с.
3. Рябченко В.М., Кирп'юк А.О. *Розрахунок навантажень на літальний апарат. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", 2009.*

### Допоміжна

1. Фомичов П.О. *"Методи розрахунку сталой довговічності елементів авіаконструкцій" (Уч.посібник), ХАІ, 199р.*
2. Фомичов П. О. *Проектування і розрахунок на міцність шасі ресорного типу [Електрон.ресурс]: учб. посібник /П.О. Фомичео, Т.С. Бойко, С.Ф. Мандзюк, Є.Ф. Кучерявий. -- Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харьк. авиац. ін-т», 2015. 82 с.*

## 12. Інформаційні ресурси

1. <https://k102.khai.edu> - Сайт кафедри міцності літальних апаратів
2. <https://avia.gov.ua> -- Державна авіаційна служба України
3. <https://www.easa.europa.eu> -- Європейське агентство авіаційної безпеки
4. <https://www.faa.gov/> -- Федеральне управління цивільної авіації США
5. Електронна бібліотека ХАІ: <http://library.khai.edu>

