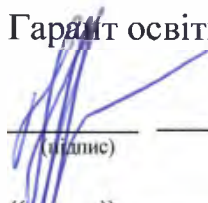


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

  
(підпис) С.М. Нижник  
(ініціали та прізвище)  
«    »      2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Робочі процеси авіаційних двигунів**

(назва навчальної дисципліни)

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

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

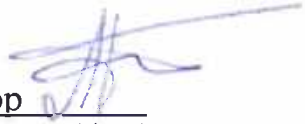
Освітня програма: «Авіаційні двигуни та енергетичні установки»  
(найменування освітніх програм)

**Форма навчання: денна**

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

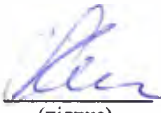
**Силабус введено в дію з 01.09.2025 року**

**Харків 2025 рік**

Розробник: Людмила БОЙКО., професор каф 201, д.т.н., професор  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)  (підпис)

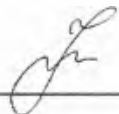
Силабус розглянуто на засіданні кафедри Теорії авіаційних двигунів (201)  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «28» серпня 2025 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)  Олег КИСЛОВ  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Староста групи 261



П.Є. ГОРБОВА

## 1. Загальна інформація про викладача



*Бойко Людмила Георгіївна*  
*Професор кафедри теорії авіаційних двигунів*  
Науковий ступінь: – *доктор технічних наук*  
Вчене звання: – *професор*  
Викладацький стаж більше 30 років  
Перелік дисциплін, які викладає:  
*Теорія лопаткових машин;*  
*Нагнітачі природного газу;*  
*Методи розрахунку і проектування лопаткових машин;*  
*Газодинамічна нестійкість турбокомпресорів;*  
*Робочі процеси авіаційних двигунів;*  
*Робочі процеси відцентрових компресорів і насосів;*

Напрями наукових досліджень: *Напрями наукових досліджень: теорія лопаткових машин проектування високонапірних ступенів осьових компресорів і багатоступеневих машин, математичне моделювання параметрів і характеристик ГТД з повінцевим описом лопаткових машин*

## 2. Опис навчальної дисципліни

|                                   |                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Форми здобуття освіти</b>      | Денна, дистанційна, дуальна                                                                                                        |
| <b>Семестр</b>                    | 5 семестр                                                                                                                          |
| <b>Мова викладання</b>            | Українська                                                                                                                         |
| <b>Тип дисципліни</b>             | Обов'язкова                                                                                                                        |
| <b>Обсяг дисципліни</b>           | 4 кредитів ЄКТС (120 годин), у тому числі аудиторних – 64 годин, самостійної роботи здобувачів – 56 годин                          |
| <b>Види навчальної діяльності</b> | Лекції, лабораторні, практичні заняття, самостійна робота здобувача                                                                |
| <b>Види контролю</b>              | Поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит)                                                                  |
| <b>Пререквізити</b>               | «Математичний аналіз», «Фізика», «Термодинаміка і теплообмін», «Гідрогазодинаміка».                                                |
| <b>Постреквізити</b>              | «Конструкція АД і ЕУ», виконання курсових та дипломного проекту, комп'ютерні технології розробки і виробництва авіаційних двигунів |

### 3. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** надбання знань з робочих процесів авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), розрахунків газодинамічних параметрів основних вузлів проточної частини авіаційних ГТД.

**Завдання:** вивчення робочого процесу та методів розрахунку газодинамічних параметрів основних вузлів проточної частини ГТД.

#### Компетентності, які набуваються:

##### *Загальні:*

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК5. Здатність працювати у команді.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

##### *Фахові:*

ФК2. Здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем.

ФК4. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.

ФК5. Здатність проєктувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

##### **Очікувані результати навчання:**

ПРН 3. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.

ПРН 4. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі.

ПРН 5. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

ПРН 7. Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.

ПРН 8. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проєктування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

ПРН 9. 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.

ПРН 10. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.

ПРН 11. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

ПРН 13. Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці.

ПРН 17. Розуміти і обґрунтувати послідовність проєктування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН 19. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкцій та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

#### **4. Зміст навчальної дисципліни\**

##### **Модуль 1**

##### **Змістовний модуль 1. Загальні питання теорії лопаткових машин (ЛМ)**

##### **Тема 1. Основні рівняння. Газотермодинамічні процеси в турбомашинах .**

*Лекція 1 - 2.* Класифікація ЛМ та області застосування ЛМ, вимоги щодо них. Коротка історія розвитку ЛМ.

2. Конструктивні схеми ЛМ.

3. Вклад вчених університету до розвитку теорії ЛМ.

4. Рівняння нерозривності, закону збереження енергії, кількості та моменту кількості руху, стану, ізоентропічного та політропічного процесу. Узагальнене рівняння Бернуллі.

5. Ентропійна діаграма та її властивості. Вивчення процесів у потоці газу. Енергетично ізольовані процеси, їх зображення в *is*-діаграмі.

6. Процеси з підводом та отводом механічної та теплової енергії, їх зображення в *is*-діаграмі.

7. Рівняння тепловміщення та Бернуллі для течії у відносному русі.

*Практичні роботи у вигляді рішення задач.* Розрахунок параметрів течії в лопаткових машинах. Енергетично-ізольовані і неізольовані процеси.

*Лабораторна роботи 1.* Двигуни внутрішнього згоряння. Типи поршневих та повітряно-реактивних двигунів. Принципи їх роботи

*Лабораторна роботи 2.* Схеми силових установок з ГТД, принцип роботи та їх параметри

*Самостійна робота.* Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Опанування основних рівнянь. Підготовка до виконання і захисту практичних і лабораторних робіт.

*Види контролю – поточний (захист практичних та лабораторних робіт).*

##### **Змістовний модуль 2. Ізольовані ступені компресора і турбіни. Гратки профілів**

##### **Тема 2. Ступінь осьового компресора**

*Лекція 3 - 4*

1. Ступінь осьового компресора, принцип дії, призначення основних елементів,
2. Процес у ступені осьового компресора, основні параметри, їх вплив на напір та ККД.
3. Плани швидкостей.
4. Зображення процесу в  $i$ - $S$  діаграмі.
5. Гратки профілів, геометричні параметри граток, зв'язок кінематики потоку з геометричними параметрами граток.
6. Сили, що діють на лопатки турбомашини. Теорема М.Є. Жуковського про під'ємну силу профілю у гратці. Коефіцієнти під'ємної сили та опіру, якість гратки.
7. Особливості обтікання дозвуковою течією, гратки профілів.
8. Характеристики компресорних граток профілів.
9. Урахування стисливості та в'язкості течії при розрахунку граток профілів.
10. Ступінь, що має вхідний НА. Особливості газотермодинамічних процесів у до-, транс- та надзвукових ступенях компресора. Просторова течія в ступінях турбомашин.

*Практичні роботи у вигляді рішення задач.* Процеси у компресорі з підводом механічної енергії. Розрахунок планів швидкостей.

*Лабораторна робота 3.* Роль лопаткових машин в сучасній авіаційній техніці.

*Лабораторна робота 4.* Плани швидкостей ступеня осьового компресора

*Самостійна робота.* Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ. Підготовка до рішення та захисту задач та лабораторних робіт

*Види контролю – поточний (захист практичних і лабораторних робіт).*

### **Тема 3. Ступінь осьової газової турбіни.**

*Лекція 6 - 7*

1. Ступінь газової турбіни, принцип дії, призначення основних елементів.
2. Газотермодинамічні процеси.
3. Основні параметри ступеня, їх вплив на його роботу.
4. ККД ступеня турбіни.
5. Плани швидкостей.
6. Активні та реактивні ступені.
7. Особливості обтікання ступеня турбіни дозвуковою течією.
8. Охолодження газових турбін.

*Практичні роботи.* Розрахунки та відображення в  $i$ - $S$ -діаграмі процесів в проточній частині двигуна з підводом та відводом механічної або теплової енергії

*Самостійна робота.* Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ, підготовка до виконання індивідуального завдання.

*Види контролю – поточний (захист практичних робіт).*

### **Змістовний модуль 3. Характеристики лопаткових машин**

#### **Тема 4. Характеристики лопаткових машин.**

*Лекція 8 - 9*

1. Перехід від теоретичних до дійсних характеристик ступенів лопаткових машин.
2. Характеристики ступеня осьового компресора.
3. Нестійкі режими роботи ступеня, причини, що їх викликають.
4. Коефіцієнт запасу стійкості ступеня компресора, вплив частоти обертання.
5. Особливості прояву обертового зриву у ступенях з різним діаметром втулки,  $\bar{d}_{вт}$ .
6. Параметри подібності.
7. Зображення характеристик турбомашин в параметрах подібності.
8. Характеристики ступеня осьової газової турбіни.

*Лабораторна робота.* Характеристики ступеня газової турбіни.

*Самостійна робота.* Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ, Підготовка до виконання, а потім і здачі лабораторної роботи, виконання індивідуального завдання.

*Види контролю – поточний (захист лабораторних робіт).*

## Модульний контроль 1

### Модуль 2

#### **Змістовний модуль 3. Ступінь відцентрового компресора**

##### **Тема 5. Ступінь відцентрового компресора**

###### *Лекція 10 - 11*

1. Принцип дії.
2. Призначення основних елементів.
3. Основні геометричні та термогазодинамічні параметри.
4. Плани швидкостей.
5. Закономірності зміни параметрів уздовж проточної частини. Форми лопаток на виході
6. Вплив ВНА

*Лабораторна робота.* Визначення характеристики відцентрового компресору.

*Самостійна робота.* Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ, підготовка до виконання, а потім і здачі лабораторної роботи.

*Види контролю – поточний (захист лабораторних робіт).*

#### **Змістовний модуль 4. Багатоступеневі осьові компресори та їх регулювання**

##### **Тема 6. Багатоступеневі осьові компресори та їх регулювання**

###### *Лекція 12 - 14*

1. Багатоступеневий осьовий компресор (БОК), основні параметри, зв'язок з параметрами ступенів компресора.
2. Вибір параметрів ступенів при проектуванні на розрахунковому режимі.
3. Умови узгодження спільної роботи ступенів у багатоступеневій машині.
4. Характеристики нерегульованого багатоступеневого компресору.
5. Характер разузгодження ступенів при зміні витрати та частоти обертання.
6. Нестійкі режими роботи.

7. Діапазон робочих режимів, вплив напівності.

8. Засоби регулювання компресорів та їх застосування на різних режимах.

*Лабораторна робота.* Ознайомлення зі стендом ТРД, та системами вимірювань параметрів

*Самостійна робота.* Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ, ознайомлення з алгоритмом виконання лабораторної роботи виконання індивідуального завдання та підковка до здачі викладачеві.

*Види контролю – поточний контроль виконання індивідуального завдання та лабораторної роботи.*

**Змістовний модуль 5. Багатоступеневі осьові газові турбіни, радіальні турбіни та їх регулювання**

**Тема 7. Багатоступеневі осьові газові турбіни, радіальні турбіни та їх регулювання.**

*Лекція 15 - 16*

1. Багатоступеневі осьові турбіни.
2. Основні параметри, зв'язок з параметрами ступенів.
3. Вибір параметрів ступенів при проєктуванні на розрахунковому режимі
4. Особливості проєктування охолоджуваних ступенів турбіни.
5. Оцінки ефективності.
6. Нерозрахункові режими роботи, характеристики багатоступеневої турбіни,
7. Особливості сумісної роботи ступенів. Побудова характеристик.
8. Засоби регулювання шляхом повороту СА.
9. Особливості робочого процесу та проєктування доцентрової газової турбіни.

*Самостійна робота:* опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ, виконання індивідуального завдання, підготовка до модульного контролю.

*Види контролю – поточний контроль виконання лабораторної та індивідуальної роботи.*

## **Модульний контроль 2.**

### **5. Індивідуальне завдання**

Розрахункова робота «Термогазодинамічний розрахунок турбореактивного двигуна»

»

## **6 Методи навчання**

Проведення лекцій, практичних, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів.

На лекціях студенти отримують знання з основ теорії робочих процесів, вивчають підходи до їх розрахунків, які надалі будуть використані при виконанні індивідуальної розрахунково-графічної роботи, а також практичних, лабораторних робіт та самостійної роботи.

Проведення лабораторних робіт, що базуються на експериментальному

дослідженні параметрів течії в лопаткових машинах та їх сумарних характеристик, дає змогу вивчення робочих процесів у реальних об'єктах. Під час занять online фізичні експерименти замінюють розрахунковими дослідженнями на базі отриманих опитних даних.

Практичні роботи дають змогу навчитися застосуванню теоретичних положень курсу для виконання розрахунків параметрів робочих процесів у вузлах авіаційного двигуна шляхом розв'язання ряду завдань, побудові графіків процесу, трикутників швидкостей та інш.

## 7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, захист розрахункової роботи, фінального контролю у вигляді іспиту.

## 8. 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>                |                                 |                            |                         |
| Наявність конспекту лекцій     |                                 |                            | 0 – 3                   |
| Виконання лабораторних робіт   | 0 – 1                           | 3                          | 0 – 3                   |
| Захист лабораторних робіт      | 0 – 3                           | 3                          | 0 – 9                   |
| Робота на практичних заняттях  | 0 – 4                           |                            | 0 – 4                   |
| Виконання розрахункової роботи | 0 – 2                           | 1                          | 0 – 2                   |
| Захист розрахункової роботи    | 0 – 5                           | 1                          | 0 – 6                   |
| Складання модульного контролю  |                                 | 1                          | 0 – 23                  |
| <b>Разом за Модуль 1</b>       |                                 |                            | <b>0...50</b>           |
| <b>Модуль 2</b>                |                                 |                            |                         |
| Наявність конспекту лекцій     |                                 |                            | 0 – 3                   |
| Виконання лабораторних робіт   | 0 1                             | 3                          | 0 3                     |
| Захист лабораторних робіт      | 0 – 3                           | 3                          | 0 – 9                   |
| Робота на практичних заняттях  | 0 4                             |                            | 0 4                     |
| Складання модульного контролю  |                                 | 1                          | 0 – 31                  |
| <b>Разом за Модуль 2</b>       |                                 |                            | <b>0...50</b>           |
| <b>Всього за семестр</b>       |                                 |                            | <b>0...100</b>          |

Семестровий контроль проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має змогу отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох запитань (двох теоретичних та одного практичного), за які відповідно встановлюються такі оцінки: 33, 33 і 34 бали.

## Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Необхідний обсяг знань для одержання оцінки:

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань з дисципліни та умінь, виконати розрахунково-графічну роботу, всі лабораторні та практичні роботи, знати основні вузли газотурбінного двигуна, їх призначення та газодинамічні процеси, що в них відбуваються, основні визначення параметрів, базові термо- та газодинамічні рівняння, що визначають процеси в лопаткових машинах, геометричні параметри ґраток профілів та ступенів та їх характеристики. Знати основні параметри багатоступеневих компресора і турбіни та їх зв'язок з параметрами ступенів, що його утворюють, побудову сумарних характеристик, мати уяву про засоби їх регулювання.

**Добре (75-89).** Твердо знати основні теми курсу лекцій, виконати та захистити розрахунково-графічну роботу, всі лабораторні та практичні роботи, вміти обґрунтувати основні розрахунки за допомогою рівнянь, вміти пояснювати особливості течії в лопаткових машинах (ступенях, ґратках профілів) на різноманітних режимах, вміти розв'язувати задачі з розрахунків параметрів течії, будувати характеристики ступенів турбіни та осьового компресора. Знати особливості сумісної роботи ступенів у багатоступеневих турбомашинах та побудову їх характеристик, мати уяву про роботу компресора на межі стійкості та турбіни на межі максимальної спроможності розширення, вміти визначати засоби регулювання відповідно режиму.

**Відмінно (90-100).** Повно та досконало знати лекційний матеріал, вміти його докладно викласти, пояснити та застосовувати у розрахунках, пояснювати особливості течії на різних режимах та зміну параметрів, виконати і на «відмінно» захистити усі лабораторні і практичні роботи.

### 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 |

## 9. Методичне забезпечення

1. Базові підручники та навчально-методичні посібники наведені в п. 10 Рекомендована література.

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

- [http://library.khai.edu/catalog?clear\\_all\\_params=0&mode=BookList&lang=ukr&caller\\_mode=Disciplines&disciplinesearch=yes&combiningAND=1&theme\\_cond=all\\_theme&is\\_ttp=0&search\\_fld=%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D](http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=BookList&lang=ukr&caller_mode=Disciplines&disciplinesearch=yes&combiningAND=1&theme_cond=all_theme&is_ttp=0&search_fld=%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D)

1%8F+%D1%82%D0%B0+%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA+&discipline\_list=820&speciality\_list=385&course\_list=0&recommend\_select=0&action=subscribe&list\_id=1&email=

•Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/enrol/index.php?id=1107>

## 10. Рекомендована література

### Базова

1. Теорія теплових двигунів. Підручник / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, С.О. Дмитрієв та ін.; за ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища шк., 2001. – 382 с.
2. Поздняков В.О., Бойко Л.Г., Герасименко В.П., Редін І.І., Кіслов О.В. Комп'ютерна програма: Комплексна система курсового і дипломного проектування. Харків, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Реєстр. номер 3569 від 23.10.17.
3. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з дисципліни «Теорія і розрахунок лопаткових машин», Харків, «ХАІ», кафедра Теорії авіаційних двигунів, 2023 р.

### Допоміжна

1. Boyce M. Gas-turbines-Handbook, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2, SDP, Uk, 936 p.  
<https://soaneemrana.org/onewebmedia/GAS%20TURBINE%20ENGINEERING%20HAND%20BOOK%20BY%20MEHERWAN%20P.%20BOYCE%20%282nd%20Edition%29.pdf>
2. Eric Dick. Fundamentals of Turbomachines. Springer Dondrecht Heidelberg, New York, London, 2015, 564 p.
3. Rolls Royce. The Jet Engine. Rolls Royce the technical publication department. Derby England, 1996. 278 p.  
<http://www.valentiniweb.com/piermo/meccanica/mat/Rolls%20Royce%20-%20The%20Jet%20Engine.pdf>

## 11. Інформаційні ресурс.

1. Освітній сайт Національного аерокосмічного університету «ХАІ»  
<https://khai.edu.ua/>
2. Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету «ХАІ» <https://library.khai.edu/>
- 3..Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>.