



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Газодинаміка турбомашин

### Шифр та назва спеціальності

142 – Енергетичне машинобудування

### Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

### Освітня програма

Енергетика

### Кафедра

Турбінобудування (122)

### Рівень освіти

Бакалавр

### Тип дисципліни

Вибіркова профілізації

### Семестр

5

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Лапузін Олександр Вікторович

[Oleksandr.Lapuzin@khp.edu.ua](mailto:Oleksandr.Lapuzin@khp.edu.ua)

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри турбінобудування НТУ "ХПІ"

Досвід роботи – 50 років. Автор понад 100 наукових та навчальних праць та 10 патентів. Провідний лектор з дисциплін : «Гідрогазодинаміка», «Газодинаміка турбомашин», «Конструкції та міцність турбомашин», «Конструкції парових та газових турбін», «Змінні режими газотурбінних установок», «Аеродинамічний експеримент в машинобудуванні»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна спрямована на оволодіння теоретичними основами аерогідромеханіки та практичними методами дослідження газодинамічних процесів в ступенях парових і газових турбін, трубах та інших об'єктах, де треба досліджувати рух рідини або газу

### Мета та цілі дисципліни

Метою курсу є ознайомлення студентів з основами розрахунку течій газу в елементах турбомашин та теплоенергетичного обладнання

### Формат занять

Лекції, практичні та лабораторні заняття. Підсумковий контроль – екзамен.

### Компетентності

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ФКС2-1. Здатність виконувати теплові розрахунки проточних частин парових, газових турбін та компресорів на розрахункових та змінних режимах роботи.

ФКС2-2. Здатність застосовувати знання щодо проектування схем газотурбінних установок і виконувати розрахунки схем на номінальному і змінному режимах роботи.

## Результати навчання

- ПР 1. Знання і розуміння математики, фізики, тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.
- ПР 2. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.
- ПР 3. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 Енергетичне машинобудування.
- ПР 7. Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі.
- ПР 10. Планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.
- ПР 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.

## Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., лабораторні – 16 год., практичні – 16 год., самостійна робота – 86 год.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

«Фізика», «Вища математика», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка».

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Вивчення матеріалу відбувається в процесі лекційних, лабораторних та практичних занять за допомогою мультимедійних технологій. Навчальна і наукові лабораторії кафедри турбінобудування мають статус Національного надбання України. Наприкінці курсу студенти виконують розрахункову роботу

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Змістовий модуль № 1 Кінематика рідини

##### Тема 1. Особливості кінематики потоку рідини

Особливості кінематики потоку рідини. Метод Лагранжа і метод Ейлера. Лінії току і траєкторії частинок. Основні простіші потоки. Функція току плоского потоку. Ії фізичний і математичний сенс.

##### Тема 2. Класифікація потоків рідини

Швидкості деформації і кутові швидкості обертання рідкої частинки. Теорема Гельмгольца про рух рідкої частинки в загальному випадку. Рух без обертання частинок. Потенціал швидкостей. Вихорові лінії і трубки. Поняття про інтенсивність вихору. Циркуляція швидкості уздовж замкнутого профіля. Теорема Стокса.

#### Змістовий модуль № 2 Динаміка рідини

##### Тема 3. Динаміка ідеальної рідини

Диференціальні рівняння ідеальної рідини в формі Ейлера і Громеко.

##### Тема 4. Теореми і формули Ейлера

Зміна кількості руху кінцевого об'єму рідини. Рівняння кількості руху для струмінки рідини. Рівняння моменту кількості руху для струмінки рідини.

#### Змістовий модуль № 3 Течія газу в соплах і дифузорах

Тема 5. Течія газу в одиночних соплах. Опор сопла. Форма сопла Віташинського і комбінованого сопла Лаваля.

##### Тема 6. Течія газу в дифузорах і вихідних патрубках турбомашин.

Форма дифузоров і вихідних патрубків. Коефіцієнти втрат дифузора (повних, гідравлічних, з вихідною швидкістю). Сумісна робота кільцевої соплової решітки і радіального дифузора в широкому діапазоні режимів. Критичні режими роботи соплової решітки і дифузора.

#### Змістовий модуль № 4 Течія газу в решітках турбомашин

## Тема 7. Геометричні і аеродинамічні характеристики решіток

Основні геометричні характеристики нерухомих і рухомих решіток. Методика визначення інтегральних аеродинамічних характеристик кільцевої соплової решітки. Методи осереднення параметрів потоку в решітці. Методи визначення коефіцієнта витрати кільцевої соплової решітки. Інтегральний метод і метод траверсування. Вплив чисел Маха і Рейнольдса на аеродинамічні характеристики решіток.

### Теми практичних занять

1. Методика гідравлічного розрахунку плоских і конічних дифузорів, колін та отводів.
2. Гідравлічний розрахунок кільцевого вісерадіального дифузора при різних кутах закрутки потоку на вході.
3. Розрахунок плоского сопла Лавалю.
4. Вплив чисел Маха і Рейнольдса на коефіцієнт витрати кільцевої соплової решітки.
5. Вплив в'язкості рідини на параметри потоку стисливої і нестисливої рідини.
6. Методика визначення характеристик потоку в прямій активній решітці. Коефіцієнт втрат кінетичної енергії і кут виходу потоку.
7. Опрацювання результатів дослідження соплової решітки.

### Теми лабораторних робіт

1. Тарировка трьох-канального комбінованого зонду.
2. Визначення витрати газу методом траверсування за допомогою трубки Піто.
3. Поперечне обтікання циліндра потоком газу. Коефіцієнт тиску. Критерій Рейнольдса.
4. Тарировка Г-подібної трубки Піто.
5. Тарировка п'ятиканального зонду.
6. Тарировка трьох-канального зонду на надзвукових режимах.

### Самостійна робота

Самостійна робота включає опрацювання лекційного матеріалу, виконання розрахункової роботи "Термогазодинамічний розрахунок відцентрової реактивної турбіни", роботу з літературою.

### Література та навчальні матеріали

- 1 Бойко А.В., Гідрогазодинаміка : підручник / А.В. Бойко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008 – 444 с.
- 2 А.В. Бойко. Гідрогазодинаміка. Харків: НТУ «ХПІ», 2005, 392 с.
- 3 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Газодинаміка» / Уклад. Бойко А.В., Юдін Ю.О., – Харків: НТУ «ХПІ», 2008.-52с.
- 4 «Гідравлічний розрахунок мережі». Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Гідрогазодинаміка». Укл.: Лапузін О.В., Юдін Ю.О.-Харків : НТУ «ХПІ», 2007.-32с.
5. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи "Термогазодинамічний розрахунок відцентрової реактивної турбіни" з курсу "Газодинаміка турбомашин" для студентів спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" / Упорядн.: О.В. Лапузін, В.П. Суботович, Ю.О. Юдін, С.П. Науменко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – 69 с.
6. Лапузін О. В. Нові методи усереднення параметрів просторового потоку за сопловою решіткою турбомашини / О. В.Лапузін, В. П. Суботович, Ю. О. Юдін // Вісник НТУ«ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2021. – No 1(5). – С. 38–46. – Бібліогр.: 8назв. – ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line). –<https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.01.07>.

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки (екзамен) складаються з результатів поточного оцінювання лабораторних робіт, практичних завдань, питань до лекцій і розрахункової роботи.

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

20.08.2023 р.

Завідувач кафедри  
Олександр УСАТИЙ

20.08.2023 р.

Гарант ОП  
Оксана ЛИТВИНЕНКО