


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

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

  
(підпис) Л.Г.Бойко  
(ініціали та прізвище)  
«31» 08 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Екологічні аспекти проектування газотурбінних установок**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»  
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Газотурбінні установки і компресорні станції»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**

**Харків 2023 рік**

Розробник: Герасименко В.П., проф. каф. 201, д.т.н., проф.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Теорії авіаційних двигунів»  
(201)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «24» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Л.Г. Бойко

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни. (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5,0	<b>Галузь знань</b> <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування)	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2	<b>Спеціальність</b> <u>142 «Енергетичне машинобудування»</u> (код та найменування)	2023/2024
<i>Не передбачено</i>		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 150	<b>Освітня програма</b> <u>«Газотурбінні установки і компресорні станції»</u> (найменування)	1-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,0 год. самостійної роботи студента – 7,0 год.		<b>Лекції<sup>1)</sup></b>
	24 год.	
	<b>Практичні<sup>1)</sup></b>	
	–	
	<b>Лабораторні<sup>1)</sup></b>	
	32 год.	
	<b>Самостійна робота</b>	
94 год.		
	<b>Вид контролю</b>	
	Модульний контроль, іспит	

Примітки:

1. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 1:2.7

<sup>1)</sup> Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до оцінки екологічних аспектів при проектуванні ГТД

**Завдання :** вивчення механізмів утворення шкідливих речовин при згорянні палив в камерах згоряння ГТД, методів розрахунку шкідливих викидів, заходів щодо їх зниження. Механізмів утворення шуму і заходів запобігання шуму ГТД.

### Загальні:

ЗК1 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК3 – Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК4 – Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК5 – Здатність працювати в міжнародному контексті

### Фахові:

СК1 – Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування.

СК2 – Здатність критично осмислювати проблем і перспектив розвитку у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних проблем

СК3 – Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

СК4 – Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування.

СК5 – Здатність розробляти та впроваджувати інноваційні проекти і програми, забезпечувати конкурентоздатність продукції, здійснювати техніко-економічне обґрунтування проектів у галузі енергетичного машинобудування.

СК7 – Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентоздатності та охорони праці.

### Очікувані результати навчання:

РН1 – Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН2. – Здійснювати пошук необхідної інформації у науково-технічній і патентній літературі, базах даних, інших джерелах з технологій і процесів у галузі енергетичного машинобудування, на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.

РН3 – Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації газотурбінних установок, іншого енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах.

РН4 – Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

РН5 – Створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях.

РН7 – Приймати ефективні рішення з інженерних та управлінських питань у галузі енергетичного машинобудування в складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень.



РН9 – Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машинобудування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.

**Пререквізити:** Хімія, Фізика, Теорія ГТД і У.

**Кореквізити:** переддипломна практика, дипломне проектування.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1

*Змістовий модуль 1. Шкідливі викиди у вихлопних газах ГТД і У. Парникові гази.*

#### **Вступ до дисципліни «Екологічні аспекти проектування ГТУ»**

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни у навчальному плані. Тенденції екологічного захисту населення та природи на Землі. Основні напрямки діяльності людства та громадськості з захисту навколишнього середовища (природи та живого світу) на Землі. Міжнародні організації з екологічної діяльності.

**Тема 1.** Шкідливий вплив газотурбінних двигунів і установок та енергетичних комплексів на навколишнє середовище і людину. Забруднення повітря, ґрунту і водних ресурсів.

**Тема 2.** Процеси горіння в камері згорання ГТУ та утворення шкідливих речовин. Виникнення шкідливих речовин у камерах згорання газотурбінних двигунів та установок. Процеси горіння у потоці.

**Тема 3.** Механізми утворення шкідливих речовин у камері згорання ГТУ. Утворення окислів азоту в камерах згорання ГТД і ПД. Утворення чадного газу в камерах згорання ГТД і ПД. Утворення сажі (диму) та бензапірену в камерах згорання ГТД. Утворення окислів сірки та заходи щодо їх уникнення шляхом рафінування.

**Тема 4.** Нормування та зменшення викидів у атмосферу. Нормування шкідливих викидів авіаційних ГТД та наземних ЕУ. Заходи щодо зменшення окислів азоту, сажі і чадного газу в ГТД і У. Проектування «чистих» камер згорання.

**Тема 5.** Засоби контролю забруднення атмосферного повітря ГТУ. Метрологічне забезпечення контролю шкідливих викидів у вихлопних газах ГТД і У та контролю стану атмосферного повітря в промислових зонах.

#### **Модульний контроль**

#### Модуль 2.

*Змістовий модуль 2. Шумові характеристики ГТД і У.*

**Тема 6.** Характеристики гідродинамічного шуму. Виникнення шуму в ГТД. Вимірювання та характеристики шуму. Рівень звуку. Виробничий шум на компресорних станціях (КС).

**Тема 7.** Механізми виникнення шуму в ГТУ та заходи щодо його зменшення. Джерела виникнення шуму в авіаційних двигунах та енергетичних установках. Шум реактивної струмини та заходи щодо його зменшення. Конструкційні та експлуатаційні заходи. Шум лопатевих машин та заходи щодо його зменшення.

**Тема 8.** Нормування та вимірювання шуму. Нормування шуму в авіації та виробничих умовах на КС.

**Тема 9.** Використання води і пари в енергетиці. Підготування промислової води для енергетичних систем. Стічні води, містські та промислові каналізації. Очисні споруди та станції. Норми на шкідливі речовини. Метрологічне забезпечення контролю шкідливих речовин у стічній та промисловій воді.

**Тема 10.** Забруднення ґрунту та засоби знешкодження твердих відходів енергетики. Шкідливі реактивні та ракетні палива. Заходи з дегазації поверхонь ґрунту. Вимоги та правила користування шкідливими паливами. Шкідливі мастильні матеріали ГТД і У та заходи щодо їх безпечного використання. Заходи щодо знешкодження твердих шкідливих відходів енергетики. Перероблення промислових та побутових твердих відходів на горючі матеріали. Метрологічне забезпечення контролю шкідливих речовин у твердих промислових відходах енергетичних підприємств.

**Модульний контроль**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	лаб.	п	с. р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Шкідливі викиди у вихлопних газах ГТД і У</b>					
Вступ до навчальної дисципліни	3	1	–	–	2
Теми 1-3. Утворення шкідливих речовин у камерах згоряння ГТД	63	11	10	–	42
Теми 4-5. Метрологічний контроль та нормування шкідливих викидів у вихлопних газах ГТД і У	34	8	8	–	18
<b>Модульний контроль</b>					
<b>Разом за змістовним модулем 1</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>–</b>	<b>62</b>
<b>Змістовий модуль 2. Шумові характеристики ГТД і У та забруднення води і ґрунту в енергетиці</b>					
Теми 6-8. Шум ГТД і У та заходи щодо його зменшення	40	3	14	–	23
Теми 9-10. Забруднення води та ґрунту в енергетиці	10	1	–	–	9
<b>Модульний контроль</b>					
<b>Разом за змістовним модулем 2</b>	<b>50</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>–</b>	<b>32</b>
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>150</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>–</b>	<b>94</b>

#### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<i>Не передбачено навчальним планом</i>		

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<i>Не передбачено навчальним планом</i>		

#### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Типи камер згоряння. Зміна температури газів у камері згоряння.	8
2	Методи газового аналізу. «Прилад Орса»	8
3	Методика визначення складу вихлопних газів ГТД газоаналізатором «Testo-350»	8
4	Нормування шуму у авіації	8
	<b>Разом</b>	<b>32</b>



### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ. Проблеми екології та вплив енергетики на навколишнє середовище.	2
2	Утворення шкідливих речовин в камерах згоряння та заходи щодо їхнього зменшення.	42
3	Метрологічний контроль та нормування шкідливих викидів із ГТД.	18
4	Шум ГТД і заходи щодо його зменшення.	23
5	Забруднення води і ґрунту та засоби його знешкодження.	9
	<b>Разом</b>	<b>94</b>

### 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
<i>Не передбачено навчальним планом</i>	

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та викладеними в internet матеріалами з проблемних питань екології.

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, підсумковий контроль та контроль у вигляді іспиту.

### 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

№ з/п	Елемент модуля	Бали	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Модуль 1</b>				
1	Виконання лабораторної роботи	0 – 3	3	0 – 9
2	Захист лабораторної роботи	0 – 3	3	0 – 9
3	Виконання індивідуального завдання за бажанням студента	0 – 6	1	0 – 10
4	Складання модульного контролю	0 – 22	1	0 – 22
	<b>Разом за модуль 1</b>			<b>0...50</b>
<b>Модуль 2</b>				
1	Виконання лабораторної роботи	0 – 3	3	0 – 9
2	Захист лабораторної роботи	0 – 3	3	0 – 9
3	Конспект лекцій	0 – 7	1	0 – 7
4	Складання модульного контролю	0 – 25	1	0 – 25
	<b>Разом за модуль 2</b>			<b>0...50</b>
	<b>Всього за підсумковий контроль чи іспит</b>			<b>0...100</b>



**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит. диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Незараховано

**13. Методичне забезпечення**

1. Базові підручники та навчально-методичні посібники наведені в п. 14
2. Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:  
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2664>

**14. Рекомендована література****Базова**

1. Екологічні аспекти проектування газотрубних установок: навч. посіб. / В. П. Герасименко ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020. - 33 с.  
[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Ekolog\\_Gerasimenko.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Ekolog_Gerasimenko.pdf)
2. Герасименко В.П. Правила технічної експлуатації ГПА. – Х.: ХАІ. – 2015. – 92 с.  
[https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Gerasimenko\\_PTE.pdf](https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Gerasimenko_PTE.pdf)
3. Істомин В.І. Комплексне очищення судових нафтовмісних вод.– Севастопіль: Сев. НТУ, 2004.– 202 с.
4. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. – Х.: ХАІ. – 2003. – 199 с.
5. Газотурбінні двигуни літальних апаратів: Підручник /Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, О.В. Мамлюк; За ред. Ю.М. Терещенка. - К.: Вища школа, 2000. - 319 с.

**Допоміжна**

6. Герасименко В.П. Газотурбінні двигуни ГПА. Визначення характеристик. Х. – ХАІ, 2012 р.  
[https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Gerasimenko\\_Gazoturbinnie.pdf](https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Gerasimenko_Gazoturbinnie.pdf)
7. Мінгазов Ф.Г. Процес горіння в авіаційних ГТД. К. – КАІ, 2008 р.
8. Вороновський Г.К., Переверзєв Н.П. Екологія і енергетика.– Х.: «Курсор», 2000.
9. Schnelle Antwort auf 1000 Fragen // eine production des verlaedes ade Hansen/ printed in Germany. 1979, 2000 Hamburg

**15. Інформаційні ресурси**

Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>.