

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТУРБІН

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи

Сергій СЛОБОДЯН



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Екологічні проблеми сучасної енергетики
ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF MODERN POWER PLANTS

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: вибіркова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" як вибіркового курсу призначена для студентів усіх спеціальностей та освітніх програм, за якими ведеться підготовка в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова.

01 вересня 2022 року. – 17 с.

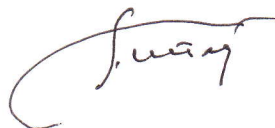
Розробник:

Сербін С.І., професор кафедри турбін, д-р техн. наук, професор.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 7 від «25» 04 2022 р.

Завідувач кафедри

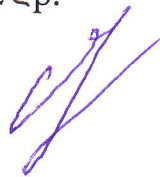


Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 10 від «26» 05 2022 р.

Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від «29» 06 2022 р.

Голова НМР НУК



Євген ТРУШЛЯКОВ

Зміст

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни	5
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	10
7. Форми поточного та підсумкового контролю	10
8. Критерії оцінювання результатів навчання	13
9. Засоби навчання	14
10. Рекомендовані джерела інформації	15
11. Зміни та доповнення	17

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на одержання базових знань з екологічних проблем сучасних теплових двигунів, механізмів утворення і розкладання основних забруднюючих речовин в теплових двигунах, засобів зменшення шкідливої дії продуктів згоряння на навколишнє середовище та вироблення практичних навичок в прогнозуванні екологічних властивостей двигунів.

Дисципліна повинна ознайомити студентів з сучасними та перспективними схемами знешкодження забруднень, які містяться в випускних газах теплових двигунів, а також конструкціями малоemisійних камер згоряння. Надати теоретичний апарат для проведення практичних розрахунків і проектування екологічно чистих теплових двигунів, виконання кінетичних розрахунків схем утворення пірогенних забруднень.

Ключові слова: енергетична установка, низькоемісійна камера згоряння, викиди токсичних компонентів, спалювання палив, екологічні проблеми.

Abstract

The course is aimed at gaining basic knowledge of environmental problems of modern heat engines, mechanisms of formation and decomposition of major pollutants in heat engines, means of reducing the harmful effects of combustion products on the environment and developing practical skills in predicting environmental properties of engines.

The course should acquaint students with modern and promising schemes for the disposal of pollutants contained in the exhaust gases of heat engines, as well as the design of low-emission combustion chambers. Provide a theoretical apparatus for conducting practical calculations and design of environmentally friendly heat engines, performing kinetic calculations of schemes for the formation of pyrogenic contaminants.

Keywords: power plant, low-emission combustion chamber, emissions of toxic components, fuel combustion, environmental problems.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Усі спеціальності та освітні програми, за якими ведеться підготовка в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова	Вибіркова	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Електроний адрес РПНД на сайті Університету:			
Загальна кількість годин – 150		Семестри	
	2-й	2-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 6.	Освітній рівень: другий (магістерський)	Лекції	
		30 год	10 год
		Практичні заняття	
		30 год	10 год
		Самостійна робота	
		90 год	130 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: залік	
	Форма контролю: комбінована		

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" є дослідження новітніх напрямків підвищення екологічної ефективності енергетичних установок. Дисципліна розглядає сучасні та перспективні методи низькоемісійного спалювання палив в енергетичних установках, які засновані на екологічно чистих технологіях використання органічних ресурсів, а також шляхи реалізації таких технологій при розв'язанні наукових завдань проєктування та виробництва.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумови для вивчення дисципліни відсутні.

4. Очікувані результати навчання

Дисципліна "Екологічні проблеми сучасної енергетики" навчає студентів аналізувати перспективи розвитку низькоемісійних технологій в енергетиці, можливості застосування систем знешкодження пірогенних забруднень в суднових та стаціонарних енергетичних агрегатах, вибирати ефективну схему зменшення шкідливої дії продуктів згоряння вуглеводневих палив на навколишнє середовище.

Майбутній фахівець с цього напрямку вчиться творчо використовувати одержані знання з екологічних проблем енергетичних установок у своїй матеріально-практичній діяльності, грамотно формулювати власну думку професійного характеру, впевнено й аргументовано захищати власну позицію.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Вплив робочого процесу теплового двигуна на викиди екологічно шкідливих компонентів

Тема 1. Тенденції розвитку двигунобудування [1], стор. 4-6.

Тема 2. Викиди токсичних речовин в атмосферу [1], стор. 7-9, [2], стор. 74-89, [3], стор. 9-10.

Тема 3. Екологічна оцінка енергетичної установки як джерела забруднення повітря [1], стор. 9-20, [3], стор. 11-13.

Тема 4. Виміри викидів енергетичних установок [1], стор. 14-20.

Тема 5. Вплив режиму роботи енергетичної установки на викиди забруднюючих речовин [1], стор. 20-22.

Тема 6. Особливості робочого процесу камер згоряння енергетичних установок [1], стор. 22-25, [2], стор. 43-52.

Тема 7. Утворення забруднюючих речовин у камерах згоряння [1], стор. 26-28, [3], стор. 14-15.

Змістовий модуль 2. Методи зменшення емісії токсичних компонентів

Тема 8. Газоподібні продукти неповного згоряння палива і заходи для їх зменшення [1]. стор. 25-33, [3]. стор. 15-17.

Тема 9. Утворення бензпірену в продуктах згоряння [1]. стор. 32-34, [3]. стор. 18.

Тема 10. Димність і заходи для її зменшення [1]. стор. 33-37, [3]. стор. 19-21.

Тема 11. Утворення в енергетичних установках оксидів азоту [1]. стор. 38-46, [3]. стор. 22-24.

Тема 12. Способи зниження викидів оксидів азоту [1]. стор. 46-53.

Тема 13. Малотоксичні камери згоряння. Зонні і гібридні камери згоряння [1]. стор. 53-59, [3]. стор. 25-47.

Тема 14. Малотоксичні камери згоряння. Гомогенні камери згоряння, камери зі змінюваною геометрією та каталітичні камери згоряння [1]. стор. 59-67, [3]. стор. 25-47.

Тема 15. Моделі утворення забруднюючих речовин [1]. стор. 67-79, [3]. стор. 51-73.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пр.	лаб	с.р.		л	пр.	лаб	с.р.
Змістовий модуль 1. Вплив робочого процесу теплового двигуна на викиди екологічно шкідливих компонентів										
Тема 1. Тенденції розвитку двигунобудування	8	2	2	–	4	8	1	–	–	7
Тема 2. Викиди токсичних речовин в атмосферу	8	2	2	–	4	8	–	1	–	7
Тема 3. Екологічна оцінка енергетичної установки як джерела забруднення повітря	9	2	2	–	5	9	1	–	–	8

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пр.	лаб	с.р.		л	пр.	лаб	с.р.
Тема 4. Виміри викидів енергетичних установок	9	2	2	–	5	9	–	1	–	8
Тема 5. Вплив режиму роботи енергетичної установки на викиди забруднюючих речовин	9	2	2	–	5	9	1	–	–	8
Тема 6. Особливості робочого процесу камер згоряння енергетичних установок	9	2	2	–	5	9	–	1	–	8
Тема 7. Утворення забруднюючих речовин у камерах згоряння	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Разом за змістовим модулем 1	60	14	14	–	32	60	4	4	–	52
Змістовий модуль 2. Методи зменшення емісії токсичних компонентів										
Тема 8. Газоподібні продукти неповного згоряння палива і заходи для їх зменшення	11	2	2	–	7	11	1	–	–	10
Тема 9. Утворення бензпірену в продуктах згоряння	11	2	2	–	7	11	1	1	–	9
Тема 10. Димність і заходи для її зменшення	12	2	2	–	8	12	1	1	–	10
Тема 11. Утворення в енергетичних установках оксидів азоту	12	2	2	–	8	12	1	1	–	10
Тема 12. Способи зниження викидів оксидів азоту	11	2	2	–	7	11	1	1	–	9
Тема 13. Малотоксичні камери згоряння. Зонні і гібридні камери згоряння	11	2	2	–	7	11	–	1	–	10
Тема 14. Малотоксичні камери згоряння. Гомогенні камери згоряння, камери зі змінюваною геометрією та каталітичні камери згоряння	11	2	2	–	7	11	1	–	–	10
Тема 15. Моделі утворення забруднюючих речовин	11	2	2	–	7	11	–	1	–	10
Разом за змістовим модулем 2	90	16	16	–	58	90	6	6	–	78
Усього годин	150	30	30	–	90	150	10	10	–	130

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тенденції розвитку двигунобудування	2	–
2	Викиди токсичних речовин в атмосферу	2	1
3	Екологічна оцінка енергетичної установки як джерела забруднення повітря	2	–
4	Виміри викидів енергетичних установок	2	1
5	Вплив режиму роботи енергетичної установки на викиди забруднюючих речовин	2	–
6	Особливості робочого процесу камер згоряння енергетичних установок	2	1
7	Утворення забруднюючих речовин у камерах згоряння	2	1
8	Газоподібні продукти неповного згоряння палива і заходи для їх зменшення	2	–
9	Утворення бензпірену в продуктах згоряння	2	1
10	Димність і заходи для її зменшення	2	1
11	Утворення в енергетичних установках оксидів азоту	2	1
12	Способи зниження викидів оксидів азоту	2	1
13	Малотоксичні камери згоряння. Зонні і гібридні камери згоряння	2	1
14	Малотоксичні камери згоряння. Гомогенні камери згоряння, камери зі змінюваною геометрією та каталітичні камери згоряння	2	–
15	Моделі утворення забруднюючих речовин	2	1
РАЗОМ		30	10

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної та заочної форм навчання:

- підготовка до лекційних занять – 1 година на 1 лекцію;
- підготовка до практичних занять – 2 год/1 заняття;
- написання рефератів, есе, виконання розрахункових, розрахунково-графічних або графічних робіт, домашньої контрольної роботи, перекладу,

аналітичний огляд, аналіз практичних, проблемних ситуацій (обсяг однієї роботи 10-20 аркушів А4) – мінімум 10 годин на 1 роботу;
– підготовка до контрольних заходів – (15-30) год. на 1 захід.

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекцій	15	10
2	Підготовка до практичних занять	30	20
3	Підготовка рефератів/аналітичних оглядів	15	70
4	Підготовка до заліку	30	30
РАЗОМ		90	130

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, практичних занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та практичних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на практичних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання завдань практичних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно в режимі відеоконференцій за допомогою онлайн-платформи Zoom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Екологічні проблеми сучасної енергетики" є:

- усні та письмові відповіді на практичних заняттях;
- підготовка рефератів/аналітичних оглядів;
- залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати максимум **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на практичних заняттях.

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний залік надається студенту, якій з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заключного заліку може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Залік проводиться у комбінованій формі (письмові відповіді та усний захист). До білету входить чотири питання. Кожне питання оцінюється у 10 балів.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Відповіді на практичних заняттях	15 x 2 бали = 30 балів	10 x 2 бали = 20 балів
Підготовка рефератів/аналітичних оглядів	2 x 15 балів = 30 балів	2 x 20 балів = 40 балів
Залік	40 балів	40 балів
Всього	100	100

Відповідь на практичному занятті	Критерії оцінювання
2	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.
1	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.
0	Студент не дає відповіді або відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 30 для денної форми навчання та 20 за заочною формою навчання (відповідно 15 та 10 занять по 2 бали).</i>	

Підготовка реферату/аналітичного огляду (у дужках для заочної форми)	Критерії оцінювання
13-15 (17-20)	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання.
10-12 (13-16)	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання.
7-9 (9-12)	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
4-6 (5-8)	Студент виявляє знання і розуміння більшості положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.

Підготовка реферату/аналітичного огляду (у дужках для заочної форми)	Критерії оцінювання
0-3 (0-4)	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає пред'являємим вимогам. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 30 для денної форми навчання (2 реферати по 15 балів) та 40 за заочною формою навчання (2 реферати по 20 балів).</i>	

Відповідь на питання заліку	Критерії оцінювання
9-10	Відповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання з питання білету, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
7-8	Студент спроможний чітко та стисло зробити доповідь, дає правильну відповідь на запитання білету, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
5-6	Студент спроможний чітко та стисло відповісти на питання білету, належно обґрунтовує матеріал, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання.
3-4	Студент невпорядковано дає відповіді на питання білету, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію, але надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
1-2	Студент невпорядковано дає відповідь на питання білету, не спроможний аргументувати свою позицію, не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.
0	Студент не дає відповіді на питання білету.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 40 (4 питання по 10 балів)</i>	

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ1	T1	Практичне заняття №1	2	—	—
	T2	Практичне заняття №2	2	Практичне заняття №1	2
	T3	Практичне заняття №3	2	—	—
	T4	Практичне заняття №4	2	Практичне заняття №2	2
	T5	Практичне заняття №5	2	—	—
	T6	Практичне заняття №6	2	Практичне заняття №3	2
	T7	Практичне заняття №7	2	Практичне заняття №4	2
	T1-T7	Підготовка реферату / аналітичного огляду	15	Підготовка реферату / аналітичного огляду	20
ЗМ2	T8	Практичне заняття №8	2	—	—
	T9	Практичне заняття №9	2	Практичне заняття №5	2
	T10	Практичне заняття №10	2	Практичне заняття №6	2
	T11	Практичне заняття №11	2	Практичне заняття №7	2
	T12	Практичне заняття №12	2	Практичне заняття №8	2
	T13	Практичне заняття №13	2	Практичне заняття №9	2
	T14	Практичне заняття №14	2	—	—
	T15	Практичне заняття №15	2	Практичне заняття №10	2
	T8-T15	Підготовка реферату / аналітичного огляду	15	Підготовка реферату / аналітичного огляду	20
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			100		100

9. Засоби навчання

1. Мультимедійне обладнання.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Романовський Г.Ф., Сербін С.І. Екологічно чисті камери згоряння ГТУ: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 88 с.
2. Романовський Г.Ф., Сербін С.І. Камери згоряння суднових газотурбінних двигунів. Миколаїв: УДМТУ, 2000. 259 с.
3. Сербін С.І., Мостипаненко Г.Б., Гончарова Н.О. Низькоемісійні камери згоряння ГТД. Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2016. 216 с.

Допоміжна література

1. Yang X., Yang Z., Wen H., Gorbov V., Mitienkova V., Serbin S. Alternative Fuels in Ship Power Plants. Springer Nature Singapore Pte Ltd. jointly published with Shanghai Scientific and Technical Publishers, China, 2021, 168 p., ISBN 978-981-33-4849-3, ISBN 978-981-33-4850-9 (eBook), <https://doi.org/10.1007/978-981-33-4850-9>.
2. Yang Z., Wen H., Yang X., Gorbov V., Mitienkova V., Serbin S. Marine Power Plant. Springer Nature Singapore Pte Ltd. jointly published with Shanghai Scientific and Technical Publishers, China, 2021, 335 p., ISBN 978-981-33-4934-6, ISBN 978-981-33-4935-3 (eBook), <https://doi.org/10.1007/978-981-33-4935-3>.
3. Serbin S. Chapter 1. Mathematical Modeling and Theoretical Investigations of Plasma-Chemical Combustion Processes. In: Plasma Assisted Combustion, Gasification, and Pollution Control. Volume 2. Combustion and Gasification. – Printed in the USA: Outskirts Press, Inc., ISBN: 978-1-4787-6920-0, Library of Congress Control Number 2015909359, 2016. – P.10-89.
4. J. Warnatz, U. Maas, and R. W. Dibble, Combustion: Physical and chemical fundamentals, modeling and simulation, experiments, pollutant formation, 3rd ed. Berlin, Germany: Springer, 2013.
5. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 566 с.

6. Меллор А.М. Загрязнение атмосферы газотурбинными двигателями // Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1981. – С.217–260.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. S. Serbin., A. Kozlovskyi, K. Burunsuz, ‘Influence of plasma-chemical products on process stability in a low-emission gas turbine combustion chamber’, International Journal of Turbo and Jet Engines, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1515/tjeng-2020-0046>.
2. Nelson, A.: Quick and economical power augmentation and emission control using new advancements in combustion turbine steam injection. Cheng Power Systems. [http://www.intpower.com/cln/PowerGen\(6B\)Paper.pdf](http://www.intpower.com/cln/PowerGen(6B)Paper.pdf) (2001). Accessed 04 July 2018.
3. Mitsubishi Power. Smart-AHAT (Advanced Humid Air Turbine). <https://power.mhi.com/products/gasturbines/technology/smart-ahat> (2021). Accessed 29 August 2021.
4. 6B.03 gas turbine. <https://www.ge.com/gas-power/products/gas-turbines/6b> (2021). Accessed 29 August 2021.
5. S. Serbin, K. Burunsuz, “Numerical study of the parameters of a gas turbine combustion chamber with steam injection operating on distillate fuel,” International Journal of Turbo and Jet Engines 2020. Available from: <https://doi.org/10.1515/tjeng-2020-0029>.
6. Applied Plasma Technologies. The new millennium tools, Available: http://www.plasmacombustion.com/product-tornado_combustor.html.

11. Зміни та доповнення