

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

Код РПНД Т83612



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Плазмохімічні системи турбінних двигунів

PLASMA-CHEMICAL SYSTEMS OF TURBINE ENGINES

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 "Електрична інженерія" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

01 вересня 2020 року. – 15 с.

Розробник:

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

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" узгоджено з гарантом освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

Гарант освітньої програми
канд. техн. наук, доцент



Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 9 від «26» 05 2020р.

Завідувач кафедри

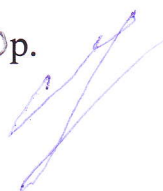


Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 10 від «28» 05 2020р.

Голова



Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу

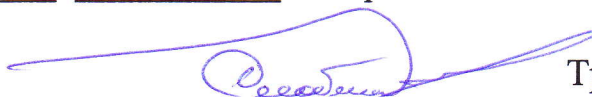


Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від «27» 08 2020р.

Голова НМР НУК



Трушляков Є.І.

Зміст

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

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на одержання базових знань про сучасні методи інтенсифікації процесів горіння вуглеводневих палив в турбінних установках, особливості функціонування новітніх плазмохімічних систем, моделювання фізико-хімічних процесів в паливоспалюючих пристроях.

Дисципліна повинна ознайомити студентів з сучасними та перспективними методами підвищення ефективності турбінних установок різних типів за рахунок використання систем плазмохімічної інтенсифікації, конструктивними схемами плазмохімічних елементів: плазових запилювачів, плазово-паливних форсунок, плазмохімічних реакторів та джерел їх живлення.

Ключові слова: плазмохімічні системи, турбінні установки, інтенсифікація, вуглеводневі палива, горіння палив.

Abstract

The course is aimed at obtaining basic knowledge of modern methods of intensification of combustion of hydrocarbon fuels in turbine power plants, features of the latest plasma chemical systems, modeling of physicochemical processes in combustion devices.

The course should acquaint students with modern and promising methods of improving the efficiency of various types of turbine power plants through the use of plasma chemical intensification systems, constructive schemes of plasma chemical elements: plasma pollinators, plasma fuel injectors, plasma chemical reactors and power sources.

Keywords: plasma-chemical systems, turbine power plants, intensification, hydrocarbon fuels, fuel combustion.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції"	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету:		Семестр:	
Загальна кількість годин – 90		2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи студента – 4.	Освітній рівень: другий (магістерський)	Лекції	
		15 год	8 год
		Практичні заняття	
		15 год	6 год
		Самостійна робота	
		60 год	76 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: залік	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких **компетентностей**:

- **ФК2.** Здатність продемонструвати передові знання в одному з напрямів: паро- і газотурбобудування; тепло- і парогенераторобудування; енергогенеруючі, енергозберігаючі технології; компресорні станції; кріогенна і холодильна техніка та технології.
- **ФК6.** Здатність розробляти і впроваджувати енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

- ФК11. Здатність приймати оптимальні рішення в процесі виробництва енергетичної та технологічної продукції з урахуванням вимог якості, надійності й вартості, термінів виконання, охорони праці та екологічної чистоти виробництва в галузі енергетичного машинобудування.
- ФК12. Здатність розробляти фізичні й математичні моделі процесів в енергетичному і технологічному обладнанні з аналізом результатів і розробкою методик розрахунку обладнання (шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень).

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовою для вивчення дисципліни є освоєння матеріалу дисциплін "Основи наукових досліджень" та "Теорія робочих процесів газотурбінних агрегатів", які викладаються у 1-му навчальному семестрі.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких **програмних результатів навчання**:

- ПРН1. Знання і розуміння спеціальних розділів термодинаміки, теорії тепломасообміну, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Енергетичне машинобудування» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.
- ПРН5. Вміння розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми енергетичного машинобудування, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.
- ПРН11. Поєднання теорії і практики для вирішення інженерних завдань енергетичного машинобудування.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Системи плазмохімічної інтенсифікації горіння палив в енергетичних установках

Тема 1. Плазмохімічний метод вдосконалення процесів згоряння в топкових пристроях суднової енергетики [1]. стор. 16-20, [2]. стор. 13-53.

Тема 2. Перспективні схеми використання плазмохімічного методу [1]. стор. 20-29, [2]. стор. 53-96.

Тема 3. Генератори низькотемпературної плазми [1]. стор. 152-156.

Тема 4. Плазмохімічні пристрої для енергетичного машинобудування [1]. стор. 156-197.

Змістовий модуль 2. Ефективність енергетичних установок з системами плазмохімічної інтенсифікації

Тема 5. Розробка систем плазмохімічної інтенсифікації [1]. стор. 197-209.

Тема 6. Ефективність газотурбінних камер згоряння з системами плазмохімічної інтенсифікації [1]. стор. 209-213, [2]. стор. 116-133.

Тема 7. Характеристики дизельних двигунів з плазовими системами [1]. стор. 224-230.

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. Системи плазмохімічної інтенсифікації горіння палив в енергетичних установках										
Тема 1. Плазмохімічний метод вдосконалення процесів згоряння в топкових пристроях суднової енергетики.	12	2	2	–	8	12	2	–	–	10

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 2. Перспективні схеми використання плазмохімічного методу.	11	2	2	–	7	11	1	1	–	9
Тема 3. Генератори низькотемпературної плазми.	11	2	2	–	7	11	1	1	–	9
Тема 4. Плазмохімічні пристрої для енергетичного машинобудування.	11	2	2	–	7	11	1	1	–	9
Разом за змістовим модулем 1	45	8	8	–	29	45	5	3	–	37
Змістовий модуль 2. Ефективність енергетичних установок з системами плазмохімічної інтенсифікації										
Тема 5. Розробка систем плазмохімічної інтенсифікації.	15	3	2	–	10	15	1	1	–	13
Тема 6. Ефективність газотурбінних камер згоряння з системами плазмохімічної інтенсифікації.	15	2	3	–	10	15	1	1	–	13
Тема 7. Характеристики дизельних двигунів з плазовими системами.	15	2	2	–	11	15	1	1	–	13
Разом за змістовим модулем 2	45	7	7	–	31	45	3	3	–	39
Усього годин	90	15	15	–	60	90	8	6	–	76

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Основні напрямки використання плазових систем в енергетиці.	2	–
2	Типи і особливості плазових систем для використання в енергетичному машинобудуванні.	2	1
3	Генератори низькотемпературної плазми. Плазмотрони однокамерної схеми.	2	1
4	Плазмотрони двокамерної схеми. Плазові генератори з міжелектродною вставкою. Плазмотрони з фіксацією довжини дуги уступом.	2	1
5	Узагальнені рівняння вольт-амперної характеристики та теплового ККД плазмотронів.	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
6	Ресурсні характеристики плазмових генераторів. Особливості джерел живлення плазмотронів.	2	1
7	Основні конструктивні вузли плазмотронів постійного струму.	1	–
8	Основні напрямки вдосконалення схем плазмових пристроїв.	2	1
РАЗОМ		15	6

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 15 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	7	7
2	Підготовка до практичних занять	16	12
3	Підготовка рефератів/аналітичних оглядів	17	37
4	Підготовка до заліку	20	20
РАЗОМ		60	76

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 "Плазмохімічні системи турбінних двигунів" 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, який 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	8 x 4 бали = 32 бали	6 x 4 бали = 24 бали
Підготовка рефератів/аналітичних оглядів	2 x 14 бали = 28 балів	2 x 18 балів = 36 балів
Залік	40 балів	40 балів
Всього	100	100

Відповідь на практичному занятті	Критерії оцінювання
4	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.
3	Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
2	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.
1	Відповідь має суттєві помилки, аргументи несформульовані, використовуються невірна термінологія.
0	Студент не дає відповіді або відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 32 для денної форми навчання та 24 за заочною формою навчання (відповідно 8 та 6 занять по 4 бали).</i>	

Підготовка реферату /аналітичного огляду (у дужках для заочної форми)	Критерії оцінювання
13-14 (16-18)	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 (12-15)	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 (8-11)	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 (4-7)	Студент виявляє знання і розуміння більшості положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
0-3 (0-3)	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає пред'являемим вимогам. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 28 для денної форми навчання (2 реферати по 14 балів) та 36 за заочною формою навчання (2 реферати по 18 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.

Відповідь на питання заліку	Критерії оцінювання
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.
Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 40 (4 питання по 10 балів)	

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ1	T1	Практичне заняття №1	4	—	—
	T2	Практичне заняття №2	4	Практичне заняття №1	4
	T3	Практичне заняття №3	4	Практичне заняття №2	4
	T4	Практичне заняття №4	4	Практичне заняття №3	4
	T1-T4	Підготовка реферату / аналітичного огляду	14	Підготовка реферату / аналітичного огляду	18
ЗМ2	T5	Практичне заняття №5	4	Практичне заняття №4	4
	T6	Практичне заняття №6	4	Практичне заняття №5	4
		Практичне заняття №7	4	—	—
	T7	Практичне заняття №8	4	Практичне заняття №6	4
	T5-T7	Підготовка реферату / аналітичного огляду	14	Підготовка реферату / аналітичного огляду	18
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. Плазмохімічні системи суднової енергетики. Миколаїв: УГМТУ, 1998. 246 с.
2. Романовський Г.Ф., Матвеев І.Б., Сербін С.І. Плазмові системи газоперекачувальних агрегатів. Київ: Надра, 1992. 142 с.

Допоміжна література

1. Serbin S. Features of Liquid Fuel Plasma-Chemical Gasification for Diesel Engines // IEEE Transactions on Plasma Science, 2006. - Vol. 34. - № 6. - pp. 2488-2496.
2. Matveev I.B., Matveeva S.A., Kirchuk E.Y., Serbin S.I., Bazarov V.G. Plasma Fuel Nozzle as a Prospective Way to Plasma-Assisted Combustion // IEEE Transactions on Plasma Science, 2010. – Vol. 38, Issue 12. – Pp. 3313-3318.
3. Serbin S., Mostipanenko A., Matveev I. Investigation of the Working Processes in a Gas Turbine Combustor with Steam Injection // Proceedings of the ASME/JSME 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference AJTEC2011. - March 13-17, 2011, Honolulu, Hawaii, USA, AJTEC2011-44042. – 6 p.
4. Serbin S., Vilkul S., Matveev I. Development of Synthesis Gas Afterburner Based on Injector Type Plasma Assisted Combustion System // 7-th Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion (IWEPA), 13-15 September 2011, Las Vegas, Nevada, USA. – P.44-46.
5. Matveev I.B., Serbin S.I. Low Power DC Plasma Torches. In: Plasma Assisted Combustion, Gasification, and Pollution Control. Volume 1. Methods of Plasma Generation for PAC. – Printed in the USA: Outskirts Press, Inc., ISBN: 978-4327-8688-5, Library of Congress Control Number 2013909359, 2013. – P. 131-145.
6. Serbin S.I. Investigation of the thermo-acoustic processes in low emission combustion chamber of gas turbine engine capacity of 25 MW / S.I. Serbin, A.B. Mostipanenko, A.V. Kozlovskiy // Shipbuilding and marine infrastructure, 2014. – Vol. 1. – Pp. 127-134.

7. 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.
8. Serbin S.I., Kozlovskiy A.V., Burunsuz K.S. Investigations of Nonstationary Processes in Low Emissive Gas Turbine Combustor with Plasma Assistance // IEEE Transactions on Plasma Science, Special Issue on Plasma-Assisted Technologies, 2016. – Vol. 44, Issue 12. – Pp. 2960-2964.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Applied Plasma Technologies. ICP/RF Plasma Torches, Available: <http://www.plasmacombustion.com/product-torches.html>.
2. 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>.
3. Applied Plasma Technologies. The new millennium tools, Available: http://www.plasmacombustion.com/product-tornado_combustor.html.
4. S. Serbin., A. Kozlovskiy, 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 2020. Available from: <https://doi.org/10.1515/tjeng-2020-0046>.
5. Fontanarosa D., Mehdi G., De Giorgi M. G., Ficarella A. Assessment of the impact of nanosecond plasma discharge on the combustion of methane air flames E3S Web of Conferences 2020, vol. 197, 10001, 12 p. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/57/e3sconf_ati2020_10001.pdf.