

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра теплотехніки

T8560



**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Заступник директора

з навчальної роботи

к.т.н., проф. НУК О.М. Дудченко

***РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ***

**Program of the Discipline**

**ЗАСТОСУВАННЯ PLM-ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЄКТУВАННІ ТА  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТА  
СИСТЕМ**

**Application of PLM Technologies in the Design and Operation of Thermal  
Power Plants and Systems**

рівень вищої освіти      *другий магістерський*

тип дисципліни      *обов'язкова*

мова викладання      *українська*

Херсон – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Застосування PLM-технологій в проєктуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» є однією із комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальність 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент».

« 25 » червня 2024 року – 22 с.

Розробник: Кобалава Г.О., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри теплотехніки ХННІ НУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Застосування PLM-технологій в проєктуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми  
«Енергетичний менеджмент»  
к.т.н., доцент

 В.С. Самохвалов

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Застосування PLM-технологій в проєктуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» розглянуто на засіданні кафедри теплотехніки

Протокол № 13 від « 01 » липня 2024 р.

В.о. завідувача кафедри теплотехніки  Г.О. Кобалава

Робоча програма навчальної дисципліни «Застосування PLM-технологій в проєктуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» затверджена методичною радою ХННІ НУК

Протокол № 12 від « 01 » липня 2024 р.

Голова МР ХННІ НУК

 О.М. Дудченко

## ЗМІСТ

Вступ	
1. Опис навчальної дисципліни.....	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни .....	7
3. Передумови для вивчення дисципліни.....	7
4. Очікувані результати навчання.....	7
5. Програма навчальної дисципліни.....	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	13
7. Форми поточного та підсумкового контролю .....	13
8. Критерії оцінювання результатів навчання .....	15
9. Засоби навчання .....	16
10. Рекомендовані джерела інформації .....	16
Додатки.....	18

## ВСТУП

### Анотація

Вивчення освітнього компоненту «Застосування PLM-технологій в проектуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» забезпечує надання здобувачам вищої освіти спеціальних знань та вмінь в області управління життєвим циклом продукту (PLM) у контексті теплоенергетичної галузі. Студенти оволодіють сучасними методами та інструментами для ефективного проектування, розробки, впровадження та обслуговування теплоенергетичних установок та систем. Це включає розуміння основних принципів та концепцій PLM в теплоенергетиці, інтеграцію CAD/CAM/CAE систем у процес проектування теплоенергетичних установок, управління даними та документообігом протягом усього життєвого циклу продукту, оптимізацію виробничих процесів та підвищення ефективності експлуатації обладнання, аналіз та моделювання теплових процесів з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, застосування цифрових двійників для моніторингу та прогнозування роботи теплоенергетичних систем.

Програма навчальної дисципліни «Застосування PLM-технологій в проектуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» розрахована на здобувачів другого магістерського освітнього рівня, які вивчили та вивчають наступні курси: «Наукові основи управління проектами та програмами модернізації і реконструкції енергетичних об'єктів», «Методи аналізу енергоефективності будівель», «Маркетингові дослідження та управлінча економіка в енергетиці». Здобувачі навчатимуться застосовувати PLM-технології для вирішення практичних завдань, пов'язаних з проектуванням, модернізацією та експлуатацією теплоенергетичних установок, що дозволить їм підвищити конкурентоспроможність на ринку праці та ефективно працювати в сучасному цифровому середовищі енергетичної галузі. В цілому, вивчення цієї дисципліни допоможе студентам сформувати компетентності для ефективного використання PLM-технологій у всіх аспектах життєвого циклу теплоенергетичних установок та систем, від проектування до експлуатації, що дозволить їм оптимізувати процеси, підвищити ефективність та конкурентоспроможність у сучасній цифровій теплоенергетичній галузі, що також може бути корисним при виконанні практичних завдань, проведенні наукових досліджень та при розробці наукових розділів кваліфікаційної магістерської роботи.

**Ключові слова:** PLM-технології, теплоенергетичні системи, життєвий цикл продукту, CAD/CAM/CAE.

## Abstract

The study of the educational component "Application of PLM Technologies in the Design and Operation of Thermal Power Plants and Systems" provides higher education students with special knowledge and skills in the field of Product Lifecycle Management (PLM) in the context of the thermal power industry. Students will master modern methods and tools for effective design, development, implementation, and maintenance of thermal power plants and systems. This includes understanding the basic principles and concepts of PLM in thermal power engineering, integration of CAD/CAM/CAE systems into the design process of thermal power plants, data management and document flow throughout the entire product lifecycle, optimization of production processes and improving equipment operation efficiency, analysis and modeling of thermal processes using specialized software, and application of digital twins for monitoring and predicting the operation of thermal power systems.

The curriculum of the discipline "Application of PLM Technologies in the Design and Operation of Thermal Power Plants and Systems" is designed for students of the second master's educational level who have studied and are studying the following courses: "Scientific Foundations of Project and Program Management for Modernization and Reconstruction of Energy Facilities" and "Methods of Energy Efficiency Analysis of Buildings", "Marketing Research and Managerial Economics in Energy". Students will learn to apply PLM technologies to solve practical tasks related to the design, modernization, and operation of thermal power plants, which will allow them to increase their competitiveness in the labor market and work effectively in the modern digital environment of the energy industry. Overall, studying this discipline will help students develop competencies for the effective use of PLM technologies in all aspects of the lifecycle of thermal power plants and systems, from design to operation, enabling them to optimize processes, increase efficiency, and competitiveness in the modern digital thermal power industry. This knowledge can also be useful in performing practical tasks, conducting scientific research, and developing scientific sections of the master's qualification thesis.

**Key words:** PLM Technologies, Thermal Power Systems, Product Lifecycle, CAD/CAM/CAE.

## 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		Рік підготовки	
Змістових модулів – 3		1-й	1-й
Електронна адреса на сайті ХННІ НУК: <a href="http://kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/thermal-power-m.html">http://kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/thermal-power-m.html</a>	Спеціальність 144 «Теплоенергетика»  Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»	Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: –		1-й	1-й
		Лекції	
		15 годин	6 годин
		Лабораторні роботи	
Загальна кількість годин – 90		–	–
		Практичні заняття	
		15 годин	6 годин
	Самостійна робота		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2, самостійної роботи здобувача вищої освіти – 4	Освітній рівень: <b>другий (магістерський)</b>	Вид контролю	
		Залік	
		<b>Форма контролю:</b> комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)	

## 2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Застосування PLM-технологій в проектуванні та експлуатації теплоенергетичних установок та систем» є формування у здобувачів згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 22.10.2020 № 1292, таких компетентностей:

1) інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми теплоенергетичної галузі у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

2) загальні компетентності:

ЗК2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

3) спеціальні (фахові) компетентності:

СК1. Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.

СК4. Здатність управляти робочими процесами та приймати ефективні рішення у сфері теплоенергетики, беручи до уваги соціальні, економічні, комерційні, правові, та екологічні аспекти.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: «Наукові основи управління проектами та програмами модернізації і реконструкції енергетичних об'єктів», «Методи аналізу енергоефективності будівель», «Маркетингові дослідження та управлінча економіка в енергетиці».

## 4. Очікувані результати навчання

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

ПР6. Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.

ПР11. Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.

ПР14. Планувати і реалізовувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів і систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці, оцінювати ефективність таких заходів.

## **5. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1**

#### **Змістовий модуль 1. Основи PLM-технологій та їх роль у теплоенергетиці.**

**Тема 1.** Вступ. Мета та задачі курсу. Концепція та принципи управління життєвим циклом продукту в теплоенергетиці.

Джерела інформації: [1], с. 7-25; [2], с. 1-32.

**Тема 2.** Структура та компоненти PLM-систем для теплоенергетичних об'єктів.

Джерела інформації: [1], с. 27-43; [2], с. 241-255; [3], с. 52-58.

**Тема 3.** Нормативно-правова база та стандарти застосування PLM-технологій в енергетичній галузі.

Джерела інформації: [1], с. 129-133; [2], с. 303-322; [3], с. 62-65.

#### **Змістовий модуль 2. Інтеграція CAD/CAM/CAE систем у проєктування теплоенергетичних установок.**

**Тема 4.** Основи 3D-моделювання та проєктування теплоенергетичних установок у CAD-системах.

Джерела інформації: [4], с. 50-66; [5], с. 15-32.

**Тема 5.** Застосування CAE-систем для аналізу та оптимізації теплових процесів.

Джерела інформації: [6], с. 6-22.

**Тема 6.** Інтеграція CAM-систем у виробничий процес теплоенергетичного обладнання.

Джерела інформації: [7], с. 15-22.

#### **Змістовий модуль 3. Цифрові двійники та оптимізація експлуатації теплоенергетичних систем.**

**Тема 7.** Концепція та технології створення цифрових двійників теплоенергетичних систем.

Джерела інформації: [8]; [9]; [10], с. 127-137.

**Тема 8.** Моніторинг та прогнозування роботи теплоенергетичних установок за допомогою цифрових двійників.

Джерела інформації: [11]; [12], с. 1-21.

**Тема 9.** Оптимізація режимів роботи та технічного обслуговування теплоенергетичних систем на основі даних PLM.

Джерела інформації: [13], с. 13-27, 103-138.



## Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л.	лаб.	пр.	с.р.		л.	лаб.	пр.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Модуль 1</b>										
<b>Змістовий модуль 1. Основи PLM-технологій та їх роль у теплоенергетиці</b>										
<b>Тема 1.</b> Вступ. Мета та задачі курсу. Концепція та принципи управління життєвим циклом продукту в теплоенергетиці.	10	1	–	–	9	10	–	–	–	10
<b>Тема 2.</b> Структура та компоненти PLM-систем для теплоенергетичних об'єктів.	10	2	–	3	5	10	1	–	2	7
<b>Тема 3.</b> Нормативно-правова база та стандарти застосування PLM-технологій в енергетичній галузі.	10	2	–	2	6	10	1	–	–	9
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>–</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>–</b>	<b>2</b>	<b>26</b>
<b>Змістовий модуль 2. Інтеграція CAD/CAM/CAE систем у проєктування теплоенергетичних установок</b>										
<b>Тема 4.</b> Основи 3D-моделювання та проєктування теплоенергетичних установок у CAD-системах.	10	1	–	–	9	10	–	–	–	10
<b>Тема 5.</b> Застосування CAE-систем для аналізу та оптимізації теплових процесів.	10	2	–	3	5	10	1	–	2	7
<b>Тема 6.</b> Інтеграція CAM-систем у виробничий процес теплоенергетичного обладнання.	10	2	–	2	6	10	1	–	–	9
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>–</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>–</b>	<b>2</b>	<b>26</b>

<b>Змістовий модуль 3. Цифрові двійники та оптимізація експлуатації теплоенергетичних систем</b>										
<b>Тема 7.</b> Концепція та технології створення цифрових двійників теплоенергетичних систем.	10	1	–	–	9	10	–	–	–	10
<b>Тема 8.</b> Моніторинг та прогнозування роботи теплоенергетичних установок за допомогою цифрових двійників.	10	2	–	3	5	10	1	–	2	7
<b>Тема 9.</b> Оптимізація режимів роботи та технічного обслуговування теплоенергетичних систем на основі даних PLM.	10	2	–	2	6	10	1	–	–	9
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>–</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>–</b>	<b>2</b>	<b>26</b>
<b>Разом</b>	<b>90</b>	<b>15</b>	<b>–</b>	<b>15</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>6</b>	<b>78</b>

Примітка: л. – лекції; лаб. – лабораторні заняття; пр. – практичні заняття; с.р. – самостійна робота здобувача

### **Теми практичних занять**

Метою практичних занять є доповнення лекційного матеріалу. На практичних заняттях здобувачі вищої освіти знайомляться з теоретичним матеріалом (відповідно до складу змістових модулів), що наводяться науково-педагогічним працівником (НПП), та практичним його застосуванням.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Ознайомлення з інтерфейсом PLM-системи та створення проекту теплоенергетичної установки.	3	–
2	Побудова 2D-креслення теплообмінника в САД-системі та його завантаження в PLM-середовище.	2	2
3	Створення та управління технічною документацією для котельної установки в PLM-системі.	3	–
4	Розробка простої імітаційної моделі роботи парового котла з використанням базових інструментів моделювання.	2	2
5	Аналіз даних про експлуатацію насосного обладнання та створення графіків в PLM-системі.	3	–
6	Організація спільної роботи над проектом модернізації теплову пункту з використанням інструментів PLM-системи.	2	2
<b>Разом</b>		<b>15</b>	<b>6</b>

## Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти передбачає проробку ним лекційного матеріалу, підготовку до проведення та захисту практичних робіт, опрацювання окремих питань тем змістових модулів, підготовку до модульних контролів знань, а також виконання модульних контрольних робіт.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Вплив PLM-технологій на ефективність управління життєвим циклом теплоенергетичних установок.	9	10
2	Основні найбільш критичні компоненти PLM-системи для теплоенергетичної галузі.	5	8
3	Міжнародні стандарти, які впливають на застосування PLM-технологій в енергетичному секторі України.	6	8
4	Переваги та недоліки різних САД-систем для 3D-моделювання теплоенергетичного обладнання.	9	10
5	Типи аналізу в САЕ-системах, які є найбільш актуальні для оптимізації теплових процесів в енергетичних установках.	5	8
6	Інтеграція САМ-систем для підвищення ефективності виробництва теплоенергетичного обладнання.	6	8
7	Процес створення цифрового двійника теплової електростанції та його потенційні переваги.	9	10
8	Основні параметри роботи теплоенергетичної установки, які найважливіше відстежувати за допомогою цифрового двійника.	5	8
9	Дані, отримані з PLM-системи, які можуть бути використані для оптимізації графіка технічного обслуговування теплоенергетичного обладнання.	6	8
<b>Разом</b>		60	78

### Виконання модульних контрольних робіт.

#### Виконання контрольної роботи (для здобувачів заочної форми навчання)

Під час поточного модульного контролю здобувачі вищої освіти заочної форми навчання виконують три модульні контрольні роботи, які представляють собою письмові відповіді на два питання із кожного модуля. Контрольна робота виконується у години самостійної роботи здобувачів після пророблення і засвоєння всього навчального матеріалу дисципліни.

Варіант питань обирається здобувачами із таблиці або задається НПП індивідуально. У відповідях мають бути продемонстровані знання здобувачів з навчальної дисципліни, його вміння відбирати і узагальнювати матеріал, супроводжуючи його необхідними схемами, графіками, формулами і

поясненнями, обґрунтовувати свої висновки і пропозиції, логічно викладати думки, грамотно, ясно і дохідливо оформлювати текстовий матеріал.

№ варіанту	Змістовний модуль 1		Змістовний модуль 2		Змістовний модуль 3	
	Питання 1	Питання 2	Питання 3	Питання 4	Питання 5	Питання 6
1	1	15	1	15	1	15
2	2	16	2	16	2	16
3	3	17	3	17	3	17
4	4	18	4	18	4	18
5	5	19	5	19	5	19
6	6	20	6	20	6	20
7	7	21	7	21	7	21
8	8	22	8	22	8	22
9	9	23	9	23	9	23
10	10	24	10	24	10	24
11	11	25	11	25	11	25
12	12	26	12	26	12	26
13	13	27	13	27	13	27
14	14	28	14	28	14	28
15	15	29	15	29	15	29
16	16	30	16	30	16	30
17	17	6	17	6	17	6
18	18	7	18	7	18	7
19	19	8	19	8	19	8
20	20	9	20	9	20	9
21	21	10	21	10	21	10
22	22	11	22	11	22	11
23	23	12	23	12	23	12
24	24	13	24	13	24	13
25	25	14	25	14	25	14
26	26	15	26	15	26	15
27	27	16	27	16	27	16
28	28	17	28	17	28	17
29	29	18	29	18	29	18
30	30	11	30	11	30	11

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

Методи навчання:

для всіх видів занять:

- робота з літературою – опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної освіти;
- пояснення – словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;
- дискусія – обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її обстоювати;

для лекційних занять:

- лекція – усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;
- відеометод – використання відеоматеріалів для активізації наочно-чуттєвого сприймання; забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості;

для практичних занять:

- практична робота – метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом виконання вимірювань та досліджень при виконанні практичних завдань;
- інструктаж – ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця.

Засобами оцінювання і методами демонстрування результатів навчання є:

- звіти з виконання практичної роботи та письмовий контроль результатів;
- усні відповіді на практичних заняттях;
- поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);
- анкетування здобувачів ЗВО для оцінки рівня розуміння пройденого матеріалу та задоволеності навчальним процесом;
- залік.

## **7. Форми поточного та підсумкового контролю**

Досягнення здобувача оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку.

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний залік надається здобувачу, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

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 виконання завдань практичних робіт.

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

### **Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів та їх оцінювання**

#### **Критерії оцінювання практичних робіт**

Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, розв'язано всі задачі для самостійного опрацювання за варіантом без помилок.
4	Студент розв'язує задачі після консультації викладача; відповідає на запитання; в цілому правильно вирішує задачі для самостійного опрацювання за варіантом.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією, відповідає на запитання; виконує завдання з незначними помилками.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу під керівництвом викладача; дає відповіді не на всі запитання.
0	Робота не виконувалася.

#### **Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань у формі тестування**

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
<b>Бал</b>	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

### Критерії оцінювання підсумкового контролю та заліку

Бал	Критерії оцінювання
40	Здобувач вільно володіє теоретичним матеріалом дисципліни, самостійно та без помилок розв'язує поставлені задачі.
30	Здобувач добре володіє теоретичним матеріалом дисципліни, за допомогою викладача розв'язує поставлені задачі.
20	Здобувач володіє теоретичним матеріалом дисципліни, за допомогою викладача розв'язує поставлені задачі, допускає незначні помилки.
10	Здобувач достатньо володіє теоретичним матеріалом дисципліни, за допомогою викладача розв'язує поставлені задачі, допускає помилки.
0	Здобувач не володіє теоретичним матеріалом дисципліни, не розв'язує задачі.

### Узагальнюючі результати поточного контролю знань

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання практичних робіт	6 роб. × 5 бали = 30 балів	3 роб. × 5 бали = 15 балів
Поточний модульний контроль	3 МКР × 10 балів = 30 балів	–
Виконання контрольних робіт	–	3 КР × 15 балів = 45 балів
<b>Всього</b>	<b>60</b>	<b>60</b>

### 8. Критерії оцінювання результатів навчання

№ змістового модуля і теми	Вид роботи	Кількість балів		
		денна форма	заочна форма	
ЗМ 1	T2	Практична робота № 1	5	–
	T3	Практична робота № 2	5	5
	T1-T3	Поточний модульний контроль № 1	10	–
ЗМ 2	T5	Практична робота № 3	5	–
	T6	Практична робота № 4	5	5
	T4-T6	Поточний модульний контроль № 2	10	–
ЗМ 3	T8	Практична робота № 5	5	–
	T9	Практична робота № 6	5	5
	T7-T9	Поточний модульний контроль № 3	10	–
		Контрольні роботи	–	45
Підсумковий контроль		Залік	40	
<b>Разом</b>			<b>100</b>	

## 9. Засоби навчання

Засобами навчання є бібліотечні фонди (підручники, навчальні посібники, в т.ч. електронні з електронної бібліотеки кафедри), а також мультимедійні засоби.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Google Classroom, Google Meet, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber тощо). Технічні засоби навчання: мультимедійний проєктор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

## 10. Рекомендовані джерела інформації

1. Saaksvuori, A. Immonen, A. Product Lifecycle Management, Springer-Verlag, 2004. ISBN 3540403736 (eBook).

2. Stark J. Product Lifecycle Management. Third Edition. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London © Springer International Publishing Switzerland 2016 ISBN 978-3-319-24436-5 (eBook).

3. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. 280 с.

4. Кобалава Г. О. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Системи автоматизованого проєктування в теплохладотехніці» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузь знань 14 «Електрична інженерія», спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування» (освітня програма «Холодильні машини і установки»), спеціальність 144 «Теплоенергетика» (освітні програми: «Теплоенергетика», «Енергетичний менеджмент») / Г. О. Кобалава, К. В. Луняка. Миколаїв : НУК, 2023. 76 с.

5. Кукліна О. Ю. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Комп'ютерна графіка»: 3D-моделювання в системі AutoCAD / О. Ю. Кукліна, В. Б. Мазуренко. Миколаїв : НУК, 2021. 48 с.

6. Баранюк О. В. CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки засобами програмного комплексу: монографія / О. В. Баранюк, М. В. Воробйов, А. Ю. Рачинський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 164 с.

7. Литвиненко О. А., Бойко Ю. І., Яновський В. А. (2020). CAD-CAM технології проєктування та виготовлення деталей на верстатах з ЧПК. Технічна інженерія, 1(85), 15–22. [https://doi.org/10.26642/ten-2020-1\(85\)-15-22](https://doi.org/10.26642/ten-2020-1(85)-15-22)

8. <https://speka.media/shho-take-technologieya-cifrovix-dviinikiv-i-yak-vona-pracyuje-rbmoro>



9. <http://www.konferenciaonline.org.ua/ru/article/id-1448/>

10. Shcheglov V. Методи та технології розроблення цифрових двійників для гарантоздатних систем індустриального інтернету речей / V. Shcheglov, O. Morozova // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2022. Т. 4 (70). С. 127-137.

11. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/cifrovoj-dvojnik-digital-twin>

12. Цифрові двійники для промислового застосування. An Industrial Internet Consortium White Paper. Version 1.0, 2020-02-18

13. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолюк О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с.

14. Скиба О.П., Пік А.І. Тривимірне моделювання засобами пакета Автокад: Методичні вказівки. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Полюя, 2014. 72 с.

15. Namad M.M. Autocad 2021 3D modeling. ISBN: 978-1-68392-525-5 Publisher: David Pallai Mercury learning and information. 2021 – 401 p. (ebook).

16. Остапук Н. Г. Основи систем автоматизованого проектування: конспект лекцій. Любешів: Любешівський технічний коледж Луцького НТУ, 2016. 42 с.

17. Щербина В. Ю. Конструкторське проектування обладнання: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 83 с.

### Інформаційні ресурси

1. Сайт ХННІ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua>

2. Репозиторій НУК: <http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/>

3. Електронні інформаційні ресурси НБУВ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>.

4. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>.

5. Херсонська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олесея Гончара [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.lib.kherson.ua>.

Розробник:

к.т.н., доцент, в.о. завідувача

кафедри теплотехніки ХННІ НУК



Кобалава Г.О.

**Перелік питання до поточного модульного контролю  
з дисципліни «Застосування PLM-технологій в проєктуванні та  
експлуатації теплоенергетичних установок та систем»**

**Змістовий модуль 1**

1. Що таке PLM-технології та яка їх основна мета?
2. Які ключові етапи життєвого циклу продукту охоплюють PLM-технології?
3. Як PLM-технології впливають на ефективність роботи теплоенергетичних підприємств?
4. Назвіть основні компоненти типової PLM-системи.
5. Які переваги надає впровадження PLM-технологій у теплоенергетичній галузі?
6. Як PLM-технології сприяють скороченню часу виведення нових продуктів на ринок?
7. Яким чином PLM-системи забезпечують управління даними про продукт?
8. Що таке цифровий двійник і яка його роль у контексті PLM?
9. Як PLM-технології сприяють покращенню співпраці між різними відділами теплоенергетичного підприємства?
10. Які основні виклики виникають при впровадженні PLM-систем у теплоенергетиці?
11. Як PLM-технології допомагають у забезпеченні якості продукції?
12. Яким чином PLM-системи підтримують процес прийняття рішень в теплоенергетичних проєктах?
13. Які міжнародні стандарти регулюють застосування PLM-технологій?
14. Як PLM-технології сприяють оптимізації ланцюжка поставок у теплоенергетичній галузі?
15. Яка роль PLM-систем у забезпеченні відповідності нормативним вимогам?
16. Як PLM-технології допомагають у керуванні змінами в проєктах теплоенергетичних установок?
17. Які основні модулі включає типова PLM-система для теплоенергетики?
18. Як PLM-технології сприяють зниженню витрат на розробку та виробництво?
19. Яким чином PLM-системи забезпечують інтеграцію з ERP та CRM системами?
20. Які переваги надає використання PLM-технологій для управління конфігурацією продукту?
21. Як PLM-технології допомагають у плануванні та контролі проєктів в теплоенергетиці?

22. Яким чином PLM-системи сприяють повторному використанню знань та досвіду?
23. Які типи даних зазвичай зберігаються та обробляються в PLM-системах теплоенергетичних підприємств?
24. Як PLM-технології допомагають у забезпеченні екологічної відповідності продукції?
25. Яка роль PLM-систем у процесі модернізації існуючих теплоенергетичних установок?
26. Як PLM-технології сприяють підвищенню енергоефективності виробничих процесів?
27. Які особливості має впровадження PLM-систем на малих та середніх теплоенергетичних підприємствах?
28. Яким чином PLM-технології підтримують процес технічного обслуговування та ремонту обладнання?
29. Як PLM-системи забезпечують захист інтелектуальної власності в теплоенергетичних проектах?
30. Які тенденції розвитку PLM-технологій найбільш актуальні для теплоенергетичної галузі?

## **Змістовий модуль 2**

1. Що таке CAD, CAM та CAE системи і яка їх роль у проектуванні теплоенергетичних установок?
2. Які переваги надає інтеграція CAD/CAM/CAE систем у PLM-середовище?
3. Як CAD-системи використовуються для 3D-моделювання теплоенергетичного обладнання?
4. Які основні функції CAE-систем при аналізі теплових процесів?
5. Яким чином CAM-системи оптимізують виробництво теплоенергетичного обладнання?
6. Які типи аналізу можна проводити за допомогою CAE-систем в теплоенергетиці?
7. Як забезпечується обмін даними між CAD, CAM та CAE системами?
8. Які переваги надає параметричне моделювання в CAD-системах для проектування теплоенергетичних установок?
9. Як використовуються CAE-системи для оптимізації конструкції теплообмінників?
10. Яким чином CAM-системи допомагають у плануванні виробництва теплоенергетичного обладнання?
11. Які особливості має проектування котельних установок у CAD-системах?
12. Як проводиться термічний аналіз за допомогою CAE-систем?
13. Яким чином CAM-системи сприяють зменшенню відходів при виробництві?
14. Які переваги надає використання бібліотек стандартних елементів у CAD-системах?

15. Як CAE-системи допомагають у прогнозуванні ресурсу роботи теплоенергетичного обладнання?
16. Яким чином інтеграція CAD/CAM/CAE систем впливає на скорочення часу розробки нових продуктів?
17. Які типи симуляцій можна проводити в CAE-системах для аналізу роботи парових турбін?
18. Як CAM-системи допомагають у оптимізації використання матеріалів?
19. Які переваги надає використання хмарних технологій у CAD/CAM/CAE системах?
20. Як проводиться аналіз напружень та деформацій в теплоенергетичному обладнанні за допомогою CAE-систем?
21. Яким чином CAD-системи підтримують колективну роботу над проектом?
22. Які особливості має проектування трубопровідних систем у CAD-системах?
23. Як CAE-системи використовуються для моделювання процесів горіння в котельних установках?
24. Яким чином CAM-системи допомагають у контролі якості виробництва?
25. Які переваги надає використання генеративного дизайну в CAD-системах для оптимізації конструкцій?
26. Як проводиться гідродинамічний аналіз за допомогою CAE-систем?
27. Яким чином CAD/CAM/CAE системи сприяють зменшенню кількості помилок при проектуванні та виробництві?
28. Які особливості має проектування систем охолодження в CAD-системах?
29. Як CAE-системи використовуються для оптимізації енергоефективності теплоенергетичних установок?
30. Яким чином інтеграція CAD/CAM/CAE систем сприяє впровадженню інновацій у теплоенергетичній галузі?

### **Змістовий модуль 3**

1. Що таке цифровий двійник і яка його роль у теплоенергетиці?
2. Які основні компоненти включає в себе цифровий двійник теплоенергетичної системи?
3. Як цифрові двійники сприяють оптимізації роботи теплоенергетичних установок?
4. Які типи даних використовуються для створення цифрового двійника?
5. Яким чином цифрові двійники допомагають у прогнозуванні відмов обладнання?
6. Як цифрові двійники інтегруються з PLM-системами?
7. Які переваги надає використання цифрових двійників для моніторингу роботи теплоенергетичних систем?

8. Як цифрові двійники допомагають у плануванні технічного обслуговування?
9. Які алгоритми машинного навчання використовуються в цифрових двійниках?
10. Яким чином цифрові двійники сприяють підвищенню енергоефективності?
11. Як цифрові двійники допомагають у оптимізації режимів роботи теплоенергетичних установок?
12. Які виклики виникають при впровадженні цифрових двійників у теплоенергетиці?
13. Як забезпечується безпека даних при використанні цифрових двійників?
14. Яким чином цифрові двійники сприяють зниженню експлуатаційних витрат?
15. Як цифрові двійники використовуються для моделювання нештатних ситуацій?
16. Які параметри роботи теплоенергетичної установки найважливіше відстежувати за допомогою цифрового двійника?
17. Як цифрові двійники допомагають у оптимізації споживання палива?
18. Яким чином цифрові двійники сприяють подовженню життєвого циклу обладнання?
19. Як цифрові двійники використовуються для навчання персоналу?
20. Які технології інтернету речей (IoT) застосовуються в цифрових двійниках теплоенергетичних систем?
21. Як цифрові двійники допомагають у оптимізації виробництва електроенергії?
22. Яким чином цифрові двійники сприяють зменшенню викидів у навколишнє середовище?
23. Як цифрові двійники використовуються для оптимізації розподілу теплової енергії?
24. Які методи візуалізації даних застосовуються в цифрових двійниках?
25. Як цифрові двійники допомагають у прийнятті рішень щодо модернізації обладнання?
26. Яким чином цифрові двійники сприяють підвищенню надійності теплоенергетичних систем?
27. Як цифрові двійники використовуються для оптимізації режимів роботи котельних установок?
28. Які переваги надає використання цифрових двійників для моделювання роботи парових турбін?
29. Як цифрові двійники допомагають у оптимізації водно-хімічного режиму теплоенергетичних установок?
30. Яким чином цифрові двійники сприяють розробці нових, більш ефективних теплоенергетичних систем?

## **Орієнтовний перелік рекомендованих тем рефератів, доповідей на конференціях та для наукових досліджень\***

1. Інтеграція PLM-технологій у процес модернізації теплових електростанцій: виклики та перспективи.
2. Роль цифрових двійників у підвищенні енергоефективності теплоенергетичних систем.
3. Застосування машинного навчання в PLM-системах для прогнозування відмов теплоенергетичного обладнання.
4. Оптимізація життєвого циклу парових турбін за допомогою PLM-технологій.
5. Використання CAE-систем для моделювання та оптимізації процесів горіння в котельних установках.
6. Вплив PLM-технологій на скорочення часу розробки нових теплоенергетичних установок.
7. Застосування генеративного дизайну в CAD-системах для оптимізації конструкцій теплообмінників.
8. Інтеграція IoT-технологій з PLM-системами для моніторингу роботи теплоенергетичного обладнання.
9. Роль PLM-технологій у забезпеченні екологічної безпеки теплоенергетичних об'єктів.
10. Використання віртуальної реальності в PLM-системах для навчання персоналу теплоенергетичних підприємств.
11. Оптимізація ланцюжка поставок теплоенергетичного обладнання за допомогою PLM-технологій.
12. Застосування технологій доповненої реальності в технічному обслуговуванні теплоенергетичних установок.
13. Роль PLM-систем у забезпеченні кібербезпеки теплоенергетичних об'єктів.
14. Використання хмарних технологій у PLM-системах для теплоенергетичної галузі.
15. Оптимізація водно-хімічного режиму теплоенергетичних установок за допомогою цифрових двійників.
16. Застосування PLM-технологій для підвищення надійності роботи атомних електростанцій.
17. Роль PLM-систем у впровадженні концепції "Індустрія 4.0" в теплоенергетичній галузі.
18. Використання PLM-технологій для оптимізації процесів технічного обслуговування та ремонту теплоенергетичного обладнання.
19. Застосування технологій великих даних (Big Data) в PLM-системах для аналізу роботи теплоенергетичних установок.
20. Роль PLM-технологій у розробці та впровадженні інноваційних методів виробництва теплової енергії.

\*Передбачається щорічна зміна рекомендованих тем рефератів.