Національна академія наук України

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора

_____

“27” ____ 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теорія теплофікаційних турбін ТЕЦ

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки докторів філософії

зі спеціальності G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика)

2025 / 2026 навчальний рік

Робочу програму навчальної дисципліни «Теорія теплофікаційних турбін ТЕЦ» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика» підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика).

Розробник:
Бабак Микола Юрійович, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., ст. наук. співроб.

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 25 вересня 2025 року, протокол № 9.

Програму схвалено на розширеному засіданні відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів в енерготехнологічному обладнанні.

Протокол № 4 від 22.09.2025 р.

В. о. завідувача відділу

_____ Орлова Н. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія».

Протокол № 6 від 25.09.2025 р.

Заступник голови НТПР _____

_____ Костіков А. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування обізнаності про режими відпущення теплоти від теплофікаційних турбоустановок ТЕЦ; оволодіння методами: розрахунку теплових схем теплоелектроцентралей, визначення раціональних режимів їх функціонування; формування практичних умінь і навичок щодо постановки задач з енергозбереження на енерговузлах; розробки комп'ютерного інструментарію для їх розв'язання та використання останнього при вирішенні практичних задач.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання, що забезпечує дисципліна.

Загальні компетентності (ЗК)	ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК2. Здатність працювати в міжнародному контексті. ЗК3. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.
Фахові компетентності (ФК)	ФК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах. ФК2. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень з теплоенергетики. ФК3. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті з теплоенергетики. ФК4. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень. ФК5. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації. ФК6. Здатність розробляти математичні моделі, що адекватно описують теплофізичні та термодинамічні процеси в досліджуваних об'єктах. ФК7. Здатність застосовувати сучасні методи і програмні засоби для розв'язання задач тепломасообміну і термодинаміки в об'єктах отримання, перетворення та споживання теплової енергії. ФК8. Здатність проводити обчислювальні експерименти з обробкою розрахункових даних, аналізувати та інтерпретувати теплофізичні дані, які отримано розрахунковим та/або експериментальним шляхом.
Програмні результати навчання (ПРН)	ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

	ПРН2. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми теплоенергетики державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях. ПРН4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямах. ПРН5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми. ПРН6. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів. ПРН9. Ефективно використовувати сучасні програмні засоби для моделювання, ідентифікації і оптимізації тривимірних нелінійних теплофізичних процесів в об'єктах отримання, перетворення і споживання енергії.

Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова освітня компонента	
Кількість кредитів	3
Рік підготовки	1-й
Семестр	2-й
Загальна кількість годин	90
Лекції	24 год.
Практичні, семінарські заняття	6 год.
Індивідуальні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	залік

2. Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітні компоненти, що передують вивченню:
Немає.
Освітні компоненти, які розвивають результати навчання за цією дисципліною:
ВБ7. Когенераційні установки.

3. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу аспіранти повинні:

Знати: Особливості режимів відпущення теплоти від теплофікаційних турбоустановок ТЕЦ, виходячи з їх типу; засоби енергозбереження та основні методи визначення раціональних режимів функціонування обладнання теплоцентралі.

Вміти: Моделювати теплові схеми ТЕЦ, ставити задачі з енергозбереження на теплоцентралі, розробляти програмні засоби для їх розв'язання, отримувати з використанням останніх необхідні раціональні рішення.

Розуміти: Принципи раціональної експлуатації енергетичного устаткування ТЕЦ в опалювальний та міжопалювальний сезони при забезпеченні споживачів енергією в можливих об'ємах та при припустимих дозах шкідливих викидів у навколишнє середовище.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теплофікаційні турбіни ТЕЦ.

Тема 1. Загальна інформація про стан джерел теплової і електричної енергії та теплопостачання в Україні.

Тема 2. Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії.

Термодинамічні властивості води та водяної пари. Теплові цикли паротурбінних установок. Проміжний перегрів пари. Органічний цикл Ренкіна.

Тема 3. Тепловий баланс і коефіцієнт корисної дії теплових електростанцій.

Основні енергетичні показники ТЕЦ. Розрахунок показників роботи ТЕЦ на заданому навантаженні.

Тема 4. Базові режими роботи ТЕЦ. Особливості конструкції теплофікаційних турбін. Регулююча поворотна діафрагма частини низького тиску теплофікаційної турбіни.

Турбіни з одним та двома регульованими відборами пари. Турбіни з протитиском. Конструкція поворотної діафрагми ЦНТ турбіни. Особливості роботи парової турбіни на тепловому навантаженні з мінімальною витратою пари у конденсатор.

Розділ 2. Компоненти теплової схеми ТЕЦ. Розрахунок цієї схеми.

Тема 5. Регенеративна система теплофікаційної турбіни.

Регенеративні підігрівачі низького та високого тиску. Розрахунок регенеративної система теплофікаційної турбоустановки на заданому навантаженні.

Тема 6. Деаератори. Випарники.

Призначення і принцип дії деаераторної установки. Класифікація деаераторів.

Розділ 3. Підігрів сітьової води на ТЕЦ. Опалювальне навантаження.

Тема 7. Використання тепла пари, що поступає у конденсатор.

Шляхи зменшення витрат теплоти у конденсаторі. Використання вбудованих пучків у конденсаторах теплофікаційних турбін. Абсорбційний тепловий насос для утилізації енергії води охолоджуючої конденсатор.

Тема 8. Призначення та роль мережевих підігрівачів. Ступінчатий підігрів мережевої води.

Особливості конструкції теплофікаційної установки, типи мережевих підігрівачів. Система циркуляції мережевої води на ТЕЦ. Переваги та недоліки використання одно- та двохступінчатого підігріву мережевої води.

Тема 9. Опалювальне навантаження ТЕЦ.

Температурний графік роботи ТЕЦ. Відпуск теплоти від енергоблоків ТЕЦ для опалювання та гарячого водопостачання.

Розділ 4. Вибір раціональних режимів експлуатації парових турбін ТЕЦ.

Тема 10. Характеристики режимів роботи та основи експлуатації електростанцій.

Класифікація режимів роботи теплофікаційних турбін. Діаграми режимів турбін ТЕЦ. Забезпечення надійності та економічності – основні принципи експлуатації.

Тема 11. Методи математичного моделювання для вдосконалення теплових схем та режимів роботи теплофікаційних турбін.

Вдосконалення характеристик теплофікаційних турбоустановок з тепловими схемами різної складності у тому числі шляхом вирішення оптимізаційних задач.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.*
Розділ 1. Теплофікаційні турбіни ТЕЦ							
Тема 1. **Загальна інформація про стан джерел теплової і електричної енергії та теплопостачання в Україні.**	4	2	-	-	-	-	4
Тема 2. **Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії.**	4	2	-	-	-	-	4
Тема 3. **Тепловий баланс і коефіцієнт корисної дії теплових електростанцій.**	6	2	2	-	-	-	4
Тема 4. **Особливості конструкції теплофікаційних турбін. Регулююча поворотна діафрагма.**	4	2	-	-	-	-	4
Разом за розділом 1:	18	8	2	-	-	-	16
Розділ 2. Компоненти теплової схеми ТЕЦ. Розрахунок цієї схеми.							
Тема 5. **Регенеративна система теплофікаційної турбіни.**	12	2	4	-	-	-	12
Тема 6. **Деаератори. Випарники.**	4	2	-	-	-	-	4
Разом за розділом 2:	16	4	4	-	-	-	16
Розділ 3. Підігрів мережевої води на ТЕЦ. Опалювальне навантаження.							
Тема 7. **Шляхи зменшення втрат енергії у конденсаторі. Використання вбудованих пучків у конденсаторі теплофікаційних турбін.**	4	**2**					4
Тема 8. **Призначення та роль мережевих підігрівачів. Ступінчатий підігрів мережевої води.**	4	**2**	-	-	-	-	4
Тема 9. **Опалювальне навантаження ТЕЦ.**	6	2	-	-	-	-	8
Разом за розділом 3	14	6	-	-	-	-	16
Розділ 4. Вибір раціональних режимів експлуатації парових турбін ТЕЦ							
Тема 10. **Характеристики режимів роботи та основи експлуатації електростанцій**	4	2	-	-	-	-	4
Тема 11. **Методи математичного моделювання для вдосконалення теплових схем та режимів роботи теплофікаційних турбін**	8	4	-	-	-	-	8
Разом за розділом 4	12	6	-	-	-	-	12
Усього годин	90	24	6	-	-	-	60

* с.р. – самостійна робота.

Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	**Розрахунок показників роботи ТЕЦ на заданому навантаженні.**	2
2	**Розрахунок теплової схеми теплофікаційної турбоустановки ПТ-60/75-130/12. Аналіз теплових схем методом коефіцієнтів цінності теплоти.**	4
	Разом	6

6. Самостійна робота

Метою самостійної роботи є навчитися користуватися навчально-методичними матеріалами, бібліотечними фондами, базами даних наукової літератури і інформаційними джерелами і іншими інформаційними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки. Види самостійної роботи аспіранта: опрацювання лекційного матеріалу; опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення; виконання завдань для самостійної роботи, відвідування консультацій; підготовка до підсумкового контролю.

Теми для самостійного вивчення

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Класифікація, основні характеристики котельних агрегатів, їх водний режим і забезпечення якості пари.	4
2	Матеріальний і тепловий баланси котлів. ККД котла і витрата палива.	6
3	Енергетичне паливо. Склад, об'єми та ентальпії продуктів згоряння. Екологічні вимоги до шкідливих викидів від котлів.	6
4	Типова конструкція парової теплофікаційної турбіни, способи регулювання її потужності.	4
5	Загальна інформація про електричне обладнання ТЕЦ: генератори струму, трансформатори.	4
6	Насоси: живильні, конденсатні, циркуляційні, мережеві. Схеми підключення. Особливості конструктивного виконання та розрахунку продуктивності.	4
7	Екологічний податок за викиди в атмосферне повітря.	2
	Разом	30

Завдання для самостійної роботи*

1. На базі графіка теплопостачання 150 /70 ºС розробити програмну процедуру для визначення нормативних температур зворотної та прямої мережевої води від температури зовнішнього повітря.
2. Розробити з використанням Microsoft Office Excel алгоритм і комп'ютерні засоби з визначення величини шкідливих викидів у атмосферне повітря при спалюванні у котлі ТЕЦ кам'яного вугілля з Донбасу.
3. Розробити з використанням Microsoft Office Excel алгоритм і комп'ютерні засоби, які дають змогу оцінювати термін окупності енергозберігаючого технічного рішення, що пропонується впровадити на ТЕЦ, якщо відомі інвестиції, що очікуються, та вартості

енергоносіїв (електроенергії, палива, технічної та хімічно очищеної води) при зміні станційних витрат, яка передбачається у розмірі 10 % від інвестицій.

4. З використанням прямих та зворотних програмних процедур ІЕМС НАН України з визначення параметрів перегрітої, насиченої пари та води розробити програмні засоби для одновимірного розрахунку течії пари у проточній частині турбіни по відсіках.

5. На базі одновимірного розрахунку течії пари у проточній частині турбіни по відсіках розробити програмні засоби з визначення параметрів пари у відборах турбіни, насиченої пари у відповідних підігрівачах, що приєднуються до відборів, та водяного конденсату. Таблиці даних, які служать базою для розрахунку теплової схеми парової турбіни.

6. На базі двовимірної сплайн-інтерполяції розробити програмні засоби з метою визначення характеристик теплової машини, зміна параметрів якої задається двовимірними залежностями.

7. Розробити алгоритм з визначення витрати пари з теплофікаційного відбору турбіни в опалювальний період при заданій температурі зовнішнього повітря, керуючись особливостями режиму її роботи, тиском пари у цьому відборі і тепловим навантаженням (витратою мережевої води).

* за бажанням здобувача він може сам скласти перелік завдань для самостійної роботи, адаптувавши їх під своє наукове дослідження, за умови узгодження переліку і змісту завдань з викладачем і науковим керівником

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні аспірантами самостійної роботи. Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із програмними продуктами для розв’язання задач з розрахунку теплових схем турбоустановок.

8. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється шляхом опитування та перевірки виконання завдань для самостійної роботи.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді екзамену.

9. Схема нарахування балів

Поточнийе контроль та самостійна робота												Екза-мен	Сума
Розділ 1				Розділ 2		Розділ 3			Розділ 4		Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11			
8	8	8	6	8	6	8	6	8	6	8	80	20	100

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання

Бали поточного контролю за кожною темою складаються з оцінювання відповідей під час усного опитування щодо засвоєння лекційного матеріалу (1 – розуміння окремих положень, 2 – розуміння окремих математичних методів, 3 – досконале засвоєння математичних методів, 4 – вміння адаптувати засвоєні методи для розв’язання комплексних задач теплообміну), оцінювання ступені опрацювання матеріалу тем для самостійного вивчення (1 – часткове розуміння матеріалу, 2 – досконале розуміння матеріалу) та оцінювання виконання завдання для самостійної роботи (1 – вміння вибрати

математичний метод для розв'язання поставленої задачі; 2 – розробка методики розв'язання поставленої задачі, 3 – часткове застосування розробленої методики; 4 – повне застосування методики з отриманням частково помилкових результатів, 5 – вирішення поставленої задачі в цілому, 6 – повне вирішення поставленої задачі з творчим аналізом отриманих результатів)

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка для екзамену
90 – 100	відмінно
70–89	добре
50–69	задовільно
1–49	незадовільно

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Конспект лекцій у вигляді презентацій.
Перелік завдань і методичні матеріали для самостійної роботи.

Основна література

1. Закон України про енергозбереження. – Київ, 1995. – 12 с.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Інформаційно-аналітичний бюлетень. Відомості Міністерства палива та енергетики України. Спеціальний випуск. – Київ, 2012. – 118 с.
3. Чепурний, М. М. Основи технічної термодинаміки / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. – Вінниця: «Поділля-2000», 2004. – 352 с.
4. Конспект лекцій по дисципліні «Джерела теплопостачання та теплові мережі» для студентів за напрямом навчання 6.050601 «Теплоенергетика»/ Укл. Клімов Р.О. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський Державний Технічний Університет, 2016. – 103 с.
5. Конспект лекцій з дисципліни «Теплові електричні станції» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» / Укл. Глущенко О.Л., Соколовська І.Є. - Кам'янське, Дніпродзержинський Державний Технічний Університет, 2017. - 108 с.
6. Резидент Н. В. Експлуатація промислового теплоенергетичного устаткування. Частина ІІ. Експлуатація промислових паротурбінних установок : навчальний посібник / Н. В. Резидент, С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 100 с.
6. Гічов Ю. О. Теплові електростанції та проблеми перетворення енергії. Частина ІІ: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 61 с.
7. Когенераційні технології в малій енергетиці: монографія / В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андреєв та ін.; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 454 с.
9. Клименко В.В. Енергозбереження в теплотехнологічних процесах та установках: навчальний посібник / В. В. Клименко, В. І. Кравченко, Р. В. Телюта. – Кропивницький: ПП Ексклюзив-Систем, 2020. — 219 с.
8. Теплові та атомні електростанції і установки: навчальний посібник / М. С. Бондаренко, О. С. Єлеонська – Миколаїв: Видавництво НУК, 2022. –131 с.

Допоміжна література

1. Удосконалення та оптимізація моделей, процесів, конструкцій та режимів роботи енергетичного обладнання АЕС, ТЕС та опалювальних котелень: монографія / О.В. Єфімов, Л.В. Гончаренко, Т.В. Потаніна та ін. –Харків: «Підручник НТУ «ХПІ», 2013. – 268 с.

2. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». Практичний посібник / За ред. Г. Гелетуха. – К.: «Поліграф плюс», 2015. – 72 с.
2. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення : монографія / О. С. Полянський, О. В. Дьяконов, О. С. Скрипник та ін. – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 136 с.
4. Теплозабезпечення великих міст України: поточний стан і напрями модернізації: кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, Є. І. Котлярова. – Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. – 340 с.

Інформаційні ресурси

1. Мережа Internet.

2. ЖелєзнаТетяна Кращі приклади виробництва теплової енергії з агробіомаси в Україні та ЄС. Проєкт AgroBioHeat: Сприяння впровадженню систем опалення на агробіомасі в сільських регіонах Європи. UABIO. Звіт 6.3 – Матеріали для тренінгу. Відповідальна організація CIRCE. 2021. – 31 с.

3. Бібліотека Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України.