

Черкаський державний технологічний університет
Факультет електронних технологій, автотранспорту та машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова вченої ради факультету
електронних технологій,
авто-транспорту та
машинобудування

_____ /Андрій ЧОРНИЙ

Протокол № 4 “26” 06 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА **навчальної дисципліни**

«Матмодельовання та оптимізація процесів тепломасообміну»

Шифр за ОПП - ОПП–3

підготовки здобувачів освітнього ступеня магістра

Спеціальність -	_____
	144 «Теплоенергетика»
Освітня програма -	_____
	Теплоенергетика

2025 - 2026 навчальний рік

1. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА

Прізвище, ім'я, по батькові	Плахотний Олександр Петрович
Науковий ступінь	доктор технічних наук
Вчене звання	доцент
Посада	доцент кафедри енерготехнологій
Місце роботи	ЧДТУ, кафедра енерготехнологій
Адреса кафедри	м. Черкаси, бул. Шевченка, 460, ЧДТУ, корпус 4, а. 313
Контактний телефон	096 309 97 63
Профайл викладача	https://energotex.chdtu.edu.ua/staff/plahotnyj-oleksandr-petrovych/
e-mail:	o.plahotny@chdtu.edu.ua
Профайл дисципліни	http://fktmd.moodle.chdtu.edu.ua/login/index.php
Розклад консультацій	https://energotex.chdtu.edu.ua/

2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Загальні характеристики		Навчальне навантаження з дисципліни	
			денна форма навчання	заочна форма навчання
<u>Галузь знань</u> 14 «Енергетична інженерія»	Обов'язкова		Курс підготовки:	
			1 -й	
<u>Спеціальність</u> 144 - Теплоенергетика	Загальна кількість кредитів ЄКТС	9	Семестр підготовки:	
	Загальна кількість годин	270	1, 2 -й	
<u>Освітня програма</u> Теплоенергетика	Кількість аудиторних годин	120	Лекції	
			52	
	Кількість годин самостійної роботи	150	Практичні, семінарські	
<u>Освітній рівень</u> магістерський	Мова навчання - українська		Лабораторні	
			34	
			Самостійна робота	
			150	
			Форма підсумкового контролю	
			залік, іспит	

3. МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання дисципліни	Набуття студентами знань по математичному моделюванню процесів тепломасообміну та їх практичне застосування на стадії підготовки магістерської випускної роботи і в професійній діяльності.
----------------------------	---

<i>Завдання вивчення дисципліни</i>	Ознайомити студентів з існуючими математичними моделями, методиками розрахунку теплофізичних процесів та технічних параметрів теплових об'єктів, підбором оптимальних теплових режимів та розробкою технічних рішень щодо удосконалення обладнання енергетичного об'єкту, виконання розрахунків очікуваних показників роботи удосконаленого об'єкту.
-------------------------------------	--

4. РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

№ з/п	Результати навчання
1	Вміти застосовувати передові досягнення електричної інженерії та суміжних галузей при проектуванні об'єктів і процесів теплоенергетики (ПР08)
2	Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її (ПР09).
3	Мати лабораторні / технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки(ПР11).

5. ПОСТРЕКВІЗИТИ

«Автоматизовані системи управління теплоенергетичними процесами», «Проектування та монтаж теплоенергетичних установок», переддипломна практика

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Математичний апарат оптимізації.
Тема 1. Застосування методів мат.моделювання для оптимізації діючого теплоенергетичного обладнання. Об'єкти дослідження та оптимізації. Критерій оптимізації. Аналітична оптимізація, числова оптимізація. Тема 2. Основні етапи побудови і використання мат.моделі. Фізична модель. Геометрична модель. Математична модель. Склад математичної моделі. Статична і динамічна складові моделі.
Змістовий модуль 2. Формалізація задач прийняття рішень в галузі.
Тема 3. Структуризація математичних моделей. Метод балансових рівнянь. Модульне та універсальне програмування.
Змістовий модуль 3. Моделювання детермінованих систем і процесів.
Тема 4. Стаціонарні та нестаціонарні мат.моделі. Динамічні моделі. Матричне представлення теплових схем. Матриця інцидентів, матриця видів потоків за енергоносіями, матриця процесів, матриця суміжності, матриця циклів. Тема 5. Лінійні та нелінійні моделі.

Використання теорії графів для побудови математичних моделей. Використання чисельних методів при вирішенні задач математичного моделювання.
Змістовий модуль 4. Моделювання стохастичних систем і процесів.
Тема 6. Ймовірносні методи та мат.моделі стохастичних систем та процесів. Варіаційні методи. Поняття про дисперсний аналіз. Статистичні методи ідентифікації мат.моделі. Тема 7. Статистична обробка результатів експериментів. Планування експерименту і його задачі. Повний факторний експеримент. Дробний факторний експеримент. Статистичний аналіз результатів.

7. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ теми	Назва модулів і тем	Форми організації навчання, кількість годин						Література, інформаційні ресурси
		Денна форма			Заочна форма			
		Лекції	Практичні, лабораторні роботи	Самостійна робота	Лекції	Практичні, лабораторні роботи	Самостійна робота	
Змістовий модуль 1. Математичний апарат оптимізації.								
1	Застосування методів мат.моделювання для оптимізації діючого теплоенергетичного обладнання.	4		25				1-3
2	Основні етапи побудови і використання мат.моделі.	4	8	24				1-3
Змістовний модуль №2. Формалізація задач прийняття рішень в галузі.								
3	Структуризація математичних моделей.	8	16	16				1-3
Змістовний модуль №3. Моделювання детермінованих систем і процесів.								
4	Стаціонарні та нестаціонарні мат.моделі. Динамічні моделі.	8	8	16				1,2
5	Стаціонарні та нестаціонарні мат.моделі. Динамічні моделі.	16	16	18				1,2
Змістовий модуль 4. Моделювання стохастичних систем і процесів.								
6	Ймовірносні методи та мат.моделі стохастичних систем та процесів.	4	8	25				1-3
7	Статистична обробка результатів експериментів.	8	12	26				3, 4
	Разом годин	52	68	150				

8. ПРАКТИЧНІ / СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ, ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Побудова і використання ізоморфних та гомоморфних мат.моделей.	4
2	Структуризація математичних моделей на прикладі моделей розглянутих в курсі “Тепломасообмін”.	6
3	Стаціонарні та нестаціонарні мат.моделі. Динамічні моделі.	6
4	Нелінійна модель плавлення стержня.	8
5	Статистичні моделі процесів.	4
6	Статистична обробка результатів експериментів.	6
	Разом	34

ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні етапи побудови і використання мат.моделі.	4
2	Структуризація математичних моделей.	2
3	Стаціонарні та нестаціонарні мат.моделі. Динамічні моделі.	12
4	Лінійні та нелінійні моделі.	4
5	Ймовірнісні методи та мат.моделі стохастичних систем та процесів.	4
6	Статистична обробка результатів експериментів.	8
	Разом	34

9. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Порядок підбору і побудови мат.моделі для конкретних видів теплоенергетичного обладнання.	24
2	Структуризація математичних моделей в залежності від виду теплопередачі.	16
3	Динамічні моделі. Побудова фазового простору.	16
4	Лінійні та нелінійні моделі. Види нелінійності та математичний апарат для їх розв’язку.	28
5	Приклади мат.моделей стохастичних систем та процесів.	46
6	Статистична обробка результатів теплотехнічних експериментів. Комп’ютерні пакети програм.	20
	Разом	150

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Пропонується побудувати в SolidWorks Flow Simulation розрахункову модель для визначення теплового поля в різних окремих простих елементах теплообмінників з рухомим теплоносієм. Індивідуальні завдання мають різні геометричні конфігурації труб та різні початкові та граничні умови. Найбільш підготовлені студенти проводять в SolidWorks Flow Simulation обчислювальний та оптимізаційний експерименти по дослідженням теплопередачі

теплообмінника в цілому певної вибраної марки. Отримані результати можуть бути використані при підготовці магістерської роботи.

Методичне забезпечення

Тепломасообмін. Практикум./ Укл. Плахотний О.П./ - Черкаси, 2012.- 42 с

10. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ

10.1 Методи контролю

1. Контроль засвоєння лекційного матеріалу проводиться у вигляді усного опитування на практичних заняттях при розгляді конкретних задач з відповідних тем.

2. Контроль за виконанням завдань на самостійну роботу студентів здійснюється шляхом надання можливості виступу на практичних заняттях з доповіддю по результатам виконаної роботи та загальному обговоренні та аналізі отриманих результатів.

10.2 Питання на залік, іспит

1. Чому на сучасному етапі розвитку теплоенергетичного обладнання актуальним стає застосування методів математичного моделювання процесів тепломасопереносу?
2. Які задачі допомагає вирішувати математичне моделювання процесів тепломасопереносу?
3. Поясніть методику проведення обчислювального експерименту на ЕОМ з застосуванням математичної моделі.
4. Ізоморфні та гомоморфні математичні моделі та проблема адекватності математичної моделі реальному фізичному процесу.
5. Приведіть основні етапи побудови та використання математичної моделі.
6. Поняття структуризації математичних моделей. Структуровані, неструктуровані та слабо структуровані математичні моделі.
7. Структура математичної моделі. Вхідні, вихідні параметри, збурюючі чинники, керовані параметри.
8. Детерміновані та стохастичні математичні моделі. Навести конкретні приклади.
9. Стаціонарні та нестаціонарні математичні моделі. Навести приклади.
10. Чим стаціонарна математична модель відрізняється від статичної моделі? Який математичний апарат лежить в основі побудови стаціонарної та статичної моделей?
11. Які змінні та співвідношення між ними використовуються при побудові динамічних математичних моделей?
12. В яких випадках в динамічну модель вводять вектор спостережних змінних?
13. Що таке фазовий простір, фазова траєкторія при побудові і дослідженні динамічної математичної моделі?
14. На прикладі динамічної моделі задачі про теплову дію концентрованого джерела енергії поясніть порядок структуризації змінних і параметрів, що визначають хід теплового процесу.
15. Лінійні та нелінійні математичні моделі. Навести конкретні приклади.
16. Принцип суперпозиції для лінійних математичних моделей тепломасообмінних процесів.
17. Які методи розв'язку нелінійних задач тепломасопереносу Ви знаєте?

Друге питання в білеті містить завдання на розрахунок теплового поля в мат.моделі про плавлення стержня (задача Стефана) в системі MathCAD.

10.3 Критерії оцінювання

Для студентів денної форми навчання	
Критерії оцінювання знань	Кількість балів

	максимум
Змістовий модуль №1	
Теоретична частина. Питання №1.	10, 10
Практичне розрахункове завдання.	10
Всього за змістовим модулем №1	30
Змістовий модуль №2	
Теоретична частина. Питання №1	10, 10
Практичне розрахункове завдання.	10
Всього за змістовим модулем №2	30
Залік	40
Разом	100
Змістовий модуль №3	
Теоретична частина. Питання №1.	10, 10
Практичне розрахункове завдання.	10
Всього за змістовим модулем №3	30
Змістовий модуль №4	
Теоретична частина. Питання №1.	10, 10
Практичне розрахункове завдання.	10
Всього за змістовим модулем №4	30
Іспит	40
Разом	100

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I. Навч. посіб., Вінниця: ВНТУ, 2021, 113 с.
2. Обертюх Р. Р., Слабкий А. В Теоретичні основи теплотехніки: Електронний навчальний посібник 2-ге вид., перероб. та доп. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 180 с
3. Константінов С.М. Теплообмін: Підручник.- К.: ВПІ ВПК “Політехніка”: Інпрес, 2005.- 304 с.
4. Ратушняк Г. С., Анохіна К. В. Будівельна теплофізика. Практикум, Вінниця : ВНТУ, 2021. 51 с.

Додаткова

1. Константінов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник.- К.: “Золоті ворота”, 2012.- 592 с.
2. Філоненко О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель. Навчальний посібник / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – 328 с.
3. Пономарчук І. А., Анохіна К. В. Опалення. Практикум. Навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2020. 61 с.

12. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

13. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

В учбовому процесі при викладанні дисципліни “Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну” використовуються лекційне мовлення в класичному варіанті, діалогове спілкування зі студентами, обговорення та підведення підсумків самостійної роботи на практичних заняттях, засоби ознайомлення з елементами практичних експериментів на лабораторних роботах, методи обробки експериментальних даних та їх аналіз. Для кращого засвоєння матеріалу впроваджуються мультимедійні лекції в комп’ютерних класах з проектором. Перевага надається практичній роботі студентів з сучасними розрахунковими пакетами програм для моделювання процесів тепломасопереносу та проведення чисельних експериментів по оптимізації роботи теплообмінних апаратів та теплоенергетичного обладнання.

14. ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ

Протягом здійснення освітнього процесу студент та викладач керуються наступними нормативними документами ЧДТУ <https://chdtu.edu.ua/normative/regulations>.

1. Положенням про організацію контролю та оцінювання якості навчання студентів у Черкаському державному технологічному університеті.

2. Положенням про організацію освітнього процесу у Черкаському державному технологічному університеті

3. Кодексом академічної доброчесності Черкаського державного технологічного університету

4. Положенням про академічну мобільність здобувачів вищої освіти Черкаського державного технологічного університету

5. Положенням про перевірку академічних і наукових робіт на плагіат у Черкаському державному технологічному університеті

6. Положенням про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти у Черкаському державному технологічному університеті

Основним критерієм оцінювання є виконання практичних завдань, лабораторних робіт та РГР.

Відпрацювання запізнених завдань та пропусків занять здійснюється у календарні терміни, визначені ЗВО. У разі неможливості присутності бути присутнім на відпрацюванні, студент, за узгодженням з викладачем та ЗВО, надсилає електронний звіт з виконання лабораторної роботи на Moodle сторінку дисципліни та, у разі необхідності, здійснює захист звіту шляхом відео зв'язку.

Складання іспиту передбачає обов'язкову присутність студента. Підсумкова кількість балів за навчальну дисципліну оцінюється у формі рейтингового балу, максимальне значення якого рівне 100, за розширеною шкалою та в системі ECTS. Підсумковий рейтинговий бал є простою сумою рейтингових балів за результатами рейтингового контролю, виконання практичних, лабораторних, РГР, модульних робіт, складання іспиту. Подання апеляцій з боку студентів здійснюється за допомогою формальної процедури.

Запорука успішного опанування дисципліни студентом є:

- вчасне виконання лабораторних завдань, передбачених силабусом (термін виконання завдань доводиться студентам і контролюється в системі дистанційного навчання (СДН) ЧДТУ Moodle). Лабораторні роботи та завдання для самостійного виконання студентом, виконані вчасно і прикріплені в СДН ЧДТУ в особистому кабінеті студента, не потребують роздрукування;

- самостійна робота над лекційним матеріалом, лабораторними завданнями та підготовка до навчальних занять;

- своєчасне виконання модульного контролю для виявлення рівня опанування навчального матеріалу. За результатами контролю студенту надається консультація для додаткового опрацювання матеріалу;

- активна робота на лабораторних заняттях. Виконання лабораторних занять безпосередньо в аудиторії / лабораторії, що забезпечує допомогу викладача в усуненні проблемних питань з опанування технічних та програмно-прикладних засобів в процесі проведення експериментальних розрахунків;
- ознайомлення з усіма доступними лекційними, методичними та інформаційними ресурсами, які надано в СДН ЧДТУ;
- надання студентом правдивої та актуальної інформації, щодо електронної адреси з метою організації дистанційного консультування та комунікації в СДН ЧДТУ (за необхідністю).