

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**

«Тепломасообмін»

Шифр за ОПП - ОПП–12

підготовки здобувачів освітнього ступеня бакалавра

Спеціальність - _____
144 «Теплоенергетика»

Освітня програма - _____
Теплоенергетика

2025 - 2026 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Тепломасообмін**» підготовки здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», освітня програма Теплоенергетика - 11 стор.

Розробник:

Олександр Плахотний, д.т.н., доцент, професор кафедри енерготехнологій

(ПІБ, науковий ступень, вчене звання, посада НПП кафедри, що розробив програму)

Робоча програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри енерготехнологій

Протокол № 9 від « 25 » 06 20 25 року

Завідувач кафедри _____ / Геннадій КАЛЕЙНИКОВ /
підпис *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Обговорено та рекомендовано до затвердження методичною комісією факультету електронних технологій, автотранспорту та машинобудування

«26» 06 2025 р., протокол № 6

Голова методичної комісії ФЕТАМ _____ / Олександр ГАВРИШ /
підпис *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

ПОГОДЖЕНО:

Навчально-методичний відділ _____ /
_____ /
підпис *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*
« _____ » _____ 2025 р.

ПРОГРАМУ ПРОЛОНГОВАНО ДО « _____ » _____ 20 ____ р.

Завідувач кафедри _____ /
_____ /
підпис *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Навчально-методичний відділ _____ /
_____ /
підпис *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*
« _____ » _____ 20 ____ р.

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:	
			3, 4 -й	
<u>Спеціальність</u> 144 - Теплоенергетика	Загальна кількість кредитів ЄКТС	10	Семестр підготовки:	
	Загальна кількість годин	300	5-7 -й	
<u>Освітня програма</u> Теплоенергетика	Кількість аудиторних годин	152	Лекції	
			66	
	Кількість годин самостійної роботи	148	Практичні, семінарські	
			34	
<u>Освітній рівень</u> бакалаврський	Мова навчання - українська		Лабораторні	
			52	
			Самостійна робота	
			148	
			Форма підсумкового контролю	
			залік, іспити	

3. МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання дисципліни	Набуття студентами знань по теорії процесів тепломасообміну та їх практичне застосування в наступних спеціальних дисциплінах, на стадії курсового та дипломного проектування і в професійній діяльності.
----------------------------	--

Завдання вивчення дисципліни	Ознайомити студентів з методиками розрахунку теплофізичних процесів та технічних параметрів теплотехнологічної схеми енергооб'єктів, правилами складання теплового та матеріального балансу схеми та умов роботи енергооб'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	Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики (ПР04).
2	Розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановлені вимоги, які можуть включати обізнаність про технічні й нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти (ПР07).
3	Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її (ПР09).
4	Уміти проводити обчислювальні експерименти і знаходити оптимальні рішення при проектуванні теплотехнічного обладнання. Уміти застосовувати фізичні закони та проводити відповідні розрахунки при проектуванні новітніх видів теплових джерел енергії.

5. ПРЕРЕКВІЗИТИ

«Фізика», «Вища математика», «Інженерна та комп'ютерна графіка».

6. ПОСТРЕКВІЗИТИ

«Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка», «Теплофікація та теплові мережі», «Котельні установки промислових підприємств», «Теплотехнологічні процеси та установки», «Промислові теплові електричні станції».

7. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Поняття та визначення теорії тепломасообміну.
Тема 1. Основні положення теорії теплопровідності. Температурне поле. Градієнт температури. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності для газів, рідин, металів, твердих діелектриків. Диференційне рівняння теплопровідності. Крайові умови. Тема 2. Основи масообміну. Дифузія. Коефіцієнти дифузії в рідинах та газах. Закон Фіка. Диференційне рівняння масообміну. Граничні умови.

Змістовий модуль 2. Аналітичні методи в задачах теплопровідності.
Тема 3. Теплопровідність при стаціонарному режимі. Передача тепла через одно- та багат шарову плоску стінки при граничних умовах I та III роду. Розподіл температур при передачі тепла через циліндричні стінки при граничних умовах I та III роду. Критичний діаметр ізоляції. Тема 4. Теплопровідність при нестационарному режимі. Теплопровідність тонкої пластини, довгого циліндра при граничних умовах III роду. Аналіз розв'язків. Особливі випадки. Способи інтенсифікації процесів теплопередачі. Зв'язок питань інтенсифікації теплопередачі з сучасними проблемами економії матеріальних та енергетичних ресурсів і підвищенням економічності виробництва. Теплопровідність в необмеженій плоскій стінці та круглому стержні при наявності внутрішніх джерел тепла. Використання розрахунків при конструюванні джерел енергії.
Змістовий модуль 3. Математичні моделі конвективного теплообміну. Елементи теорії моделювання.
Тема 5. Основні положення конвективного теплообміну. Тепловіддача в однофазних рідинах та при фазових і хімічних перетвореннях, при природній та вимушеній конвекції. Особливості теплообміну при ламінарному та турбулентному потоку рідини. Динамічний та тепловий пограничні шари. Система диференціальних рівнянь конвективного теплообміну, умови однозначності. Тема 6. Основи методу подібності та моделювання. Метод розмірностей. Пі-теорема. Приведення диференціальних рівнянь конвективного теплообміну до безрозмірного вигляду. Критерії подібності. Властивості подібних процесів. Три теореми подібності. Фізичний зміст критеріїв гідродинамічної та теплової подібностей.
Змістовий модуль 4. Наближені аналітичні методи в задачах конвективного теплообміну.
Тема 7. Загальні питання розрахунку конвективної тепловіддачі. Осереднення коефіцієнтів тепловіддачі. Осереднення температури рідини по довжині каналу. Середній температурний напір. Обробка і узагальнення дослідних даних на основі теорії подібності. Критеріальні рівняння. Межі застосування узагальнень. Тема 8. Тепловіддача при вимушеній течії рідини в трубах. Особливості течії та теплообміну в трубах. Тепловіддача при ламінарному і турбулентному режимах течії в гладких трубах круглого перерізу. Вплив шорсткості труб. Вплив форми поперечного перерізу труб на тепловіддачу.
Змістовий модуль 5. Тепловіддача при кипінні та конденсації, основні закономірності та методи розрахунків.
Тема 9. Теплообмін при конденсації пару. Плівкова та крапельна конденсація. Конденсація пару на вертикальній стінці при ламінарній течії плівки конденсату. Метод теоретичного розрахунку тепловіддачі. Вплив різних чинників на тепловіддачу. Тепловіддача при крапельній конденсації пару. Вплив перегріву та вологості пару на коефіцієнт тепловіддачі. Тема 10. Теплообмін при кипінні рідин. Умови виникнення кипіння. Ріст, відрив і рух пухирів пару. Мінімальний радіус центру пароутворення. Залежність коефіцієнта тепловіддачі від щільності теплового потоку і температурного напору при кипінні у великому об'ємі для області пухиркового режиму кипіння. Плівкове кипіння. Перша та друга кризи кипіння. Розрахункові формули теплообміну при кипінні у великому об'ємі.
Змістовий модуль 6. Основні закономірності теплового випромінювання, методи розрахунків теплообміну випромінюванням твердих тіл і газів.

Тема 11. Основні закони теплового випромінювання. Основні поняття променевого теплообміну. Природа теплового випромінювання. Щільність променевого потоку. Поглинальна, відбивна та пропускна здатність тіл. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла: Планка, Віна, Стефана-Больцмана, Кіргофа. Закон Стефана-Больцмана для сірого тіла. Закон Ламберта. Тема 12. Теплообмін випромінюванням між тілами. Види променевих потоків, їх взаємозв'язок. Методи визначення коефіцієнтів опромінювання. Теплообмін випромінюванням в замкненій системі, що складаються з двох сірих тіл. Застосування екранів. Зональний метод розрахунку теплообміну випромінюванням. Особливості теплообміну випромінюванням в поглинаючих середовищах.
Змістовий модуль 7. Теплообмінні апарати: основи проектного і перевірного розрахунків, гідромеханічний розрахунок.
Тема 13. Основи теплового і гідравлічного розрахунку теплообмінників, проектний та перевірений теплові розрахунки. Тема 14. Інженерна методика розрахунку тепломасообмінних апаратів. Рівняння теплового балансу та рівняння теплопередачі. Середньологарифмічний температурний напір, його визначення для основних схем руху теплоносіїв. Методика розрахунку тепломасообмінних апаратів по замкнутому ланцюгу розрахункових формул. Тема 15. Розрахунок теплових процесів в середовищі SolidWorks Flow Simulation. Основи методу кінцевих елементів – розрахункового апарату сучасних САПР. Основні етапи створення розрахункової моделі в SolidWorks Flow Simulation. Оптимізація процесу розрахунку. Візуалізація результатів. Обчислювальний експеримент.

8. 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. Поняття та визначення теорії тепломасообміну.								
1	Основні положення теорії теплопровідності.	6	4	10				1, 3, 4
2	Основи масообміну	8	8	14				1, 3
Змістовний модуль №2. Аналітичні методи в задачах теплопровідності.								
3	Теплопровідність при стаціонарному режимі	8	8	4				1, 3, 4
4	Теплопровідність при нестационарному режимі.	8	8	14				3, 4
Змістовний модуль №3. Математичні моделі конвективного теплообміну. Елементи теорії								

моделювання.								
5	Основні положення конвективного теплообміну.	6	8	8				3, 4
6	Основи методу подібності та моделювання.	8	4	16				4
Змістовий модуль 4. Наближені аналітичні методи в задачах конвективного теплообміну.								
7	Загальні питання розрахунку конвективної тепловіддачі.	6	8	8				2, 4
8	Тепловіддача при вимушеній течії рідини в трубах.	6	6	16				2, 4
Змістовий модуль 5. Тепловіддача при кипінні та конденсації, основні закономірності та методи розрахунків.								
9	Теплообмін при конденсації пару.	6	4	12				3, 4
10	Теплообмін при кипінні рідин.	8	8	12				3, 4
Змістовий модуль 6. Основні закономірності теплового випромінювання, методи розрахунків теплообміну випромінюванням твердих тіл і газів.								
11	Основні закони теплового випромінювання.	6	8	8				3, 4
12	Теплообмін випромінюванням між тілами.	8	8	10				3, 4
Змістовий модуль 7. Теплообмінні апарати: основи проектного і перевірного розрахунків, гідромеханічний розрахунок.								
13	Основи розрахунку теплообмінників.	4	4	2				4, 5, 6
14	Інженерна методика розрахунку тепломасообмінних апаратів.	6	4	6				4, 5, 6
15	Розрахунок теплових процесів в середовищі SolidWorks Flow Simulation.	8	12	22				4, 5, 6
	Разом годин	66	86	148				

9. ПРАКТИЧНІ / СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ, ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна)	Кількість годин (заочна)
1	Вклад вітчизняних вчених в розвиток дисципліни, що вивчається. Загальний аналіз їх наукових праць.	2	
2	Застосування математичних моделей теорії масопереносу для визначення кількісних показників перенесення забруднюючих домішок в атмосфері. Значення охорони	2	

	навколишнього середовища в сучасних умовах на прикладі Черкас.		
3	Обговорення результатів та аналіз розрахунків теплопередачі при стаціонарному режимі і граничних умовах I та III роду. Критична товщина ізоляції. Розрахунки для сучасних будівельних теплоізолюючих матеріалів.	2	
4	Обговорення результатів чисельних експериментів по дослідженню впливу форми поперечного перерізу труби, оребреності та ін. на її теплопередачу.	2	
5	Обговорення результатів та проблем при тепловому розрахунку окремих елементів теплообмінних апаратів.	2	
6	Різновиди задач та математичних моделей для звичайних, неідеальних та неньютонівських рідин, які можуть бути побудовані та розраховані в SolidWorks Flow Simulation	4	
	Разом	14	

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна)	Кількість годин (заочна)
1	Теплопровідність при стаціонарному режимі і граничних умовах I та III роду.	2	
2	Конвективний теплообмін. Теорія подібності. Практичні розрахунки.	4	
3	Тепловіддача при зміні агрегатного стану речовини.	2	2
4	Розрахунок окремих вузлів теплообмінних апаратів.	4	2
5	Теплопровідність при нестаціонарному режимі в обмеженому стержні при граничних умовах першого та другого роду.	2	
6	Вплив форми поперечного перерізу труби, оребреності та ін. на її теплопередачу.	6	2
	Разом	20	6

ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна)	Кількість годин (заочна)
1	Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих матеріалів методом труби.	4	
2	Тепловіддача горизонтальної та вертикальної труб при вільному русі повітря.	4	
3	Тепловіддача в обмеженому об'ємі при вільному русі повітря.	6	
4	Тепловіддача при вимушеному русі повітря в трубі	4	
5	Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндра повітрям.	6	

6	Визначення ступеня чорноти тіла радіаційним методом.	4	
7	Побудова в САПР SolidWorks окремих вузлів теплообмінних апаратів	8	
8	Порядок завдання умов теплової задачі в SolidWorks	4	
9	Розрахунок в MathCAD теплового поля стержня з граничними умовами третього роду.	4	
10	Порівняння розрахунків теплового поля стержня в MathCAD та SolidWorks.	8	
	Разом	52	10

10. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна)	Кількість годин (заочна)
1	Вклад вітчизняних вчених в розвиток дисципліни, що вивчається. Загальний аналіз їх наукових праць.	16	
2	Критична товщина ізоляції. Розрахунки для сучасних будівельних теплоізолюючих матеріалів.	20	
3	Перенесення забруднюючих домішок в атмосфері. Значення охорони навколишнього середовища в сучасних умовах на прикладі Черкас.	18	
4	Вплив конвекційної складової на перенесення забруднень в атмосфері.	8	
5	Застосування методів подібності та розмірностей до процесів масообміну на конкретних прикладах.	20	
6	Розрахунки процесів тепловіддачі при зміні агрегатного стану речовини.	16	
7	Методи кількісного моделювання джерел теплового випромінювання	8	
8	Розрахункові методики планування виробничих приміщень із застосуванням джерел теплового випромінювання	16	
9	Види розрахункових моделей в SolidWorks	28	
10	Розрахунок задач для неідеальних та неньютонівських рідин в SolidWorks	28	
	Разом	178	

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.

Індивідуальні завдання для студентів складаються з двох етапів. На першому етапі при вивченні теми 8: “ Тепловіддача при вимушеній течії рідини в трубах” пропонується побудувати в SolidWorks Flow Simulation розрахункову модель для визначення теплового поля в різних окремих простих елементах теплообмінників з рухомих теплоносієм. Індивідуальні завдання мають різні геометричні конфігурації труб та різні початкові та граничні умови. Бажано щоб ці елементи були частиною того теплообмінного апарату, який буде розраховуватися студентом в подальшому при роботі над виконанням курсового завдання чи бакалаврської роботи.

На другому етапі найбільш підготовлені студенти проводять в SolidWorks Flow Simulation обчислювальний експеримент по дослідженню теплопередачі теплообмінника

вцілому певної вибраної марки. Отримані результати можуть бути використані при підготовці бакалаврської випускної роботи.

КУРСОВА РОБОТА.

Курсова робота на тему: “Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів”.

Семестр 7, видача завдання – на 3 тижні, кількість тижнів для виконання – 14, захист на заліковому 18 тижні.

Курсова робота має чотири варіанти завдань, приблизно однакової складності:

1. Розрахунок теплообмінника типу “труба в трубі”.
2. Розрахунок двоходового трубчатого повітропідігрівача.
3. Тепловий розрахунок економайзера.
4. Тепловий розрахунок пароперегрівача.

Виконання роботи складається з двох етапів:

1. Розрахунок теплообмінного апарату по ланцюгу інженерних формул. Трудомісткість – 1/3 всього обсягу завдання. Контрольний термін виконання – 8-й тиждень.
2. Точний розрахунок того ж теплообмінного апарату в САПР SolidWorks. Трудомісткість – 2/3 всього обсягу завдання. Контрольний термін виконання – 16-й тиждень.

Методичне забезпечення

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

11. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ

11.1 Методи контролю

1. Вхідний контроль у вигляді тестових питань з вищої математики, фізики, інформатики та обчислювальних методів проводиться на першому тижні.

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

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

4. Контроль виконання етапів курсової роботи проводиться згідно календарного плану та безпосередньо відображається в семестровому рейтингу студента. Остаточна робота над курсовим завданням оцінюється по результатам захисту її студентом.

11.2 Питання на іспити

1. Поняття про процеси переносу тепла – теплопровідність, конвекція, теплообмін випромінюванням.
2. Фізична суть теплопровідності в різних матеріалах. Коефіцієнт теплопровідності.
3. Основні характеристики середовища при розповсюдженні теплових потоків.
4. Поняття про температурне поле, його характеристики. Закон Фур'є.
5. Тепловий баланс. Рівняння енергії, його фізичний зміст при різних станах речовини.
6. Вигляд рівняння теплопровідності в загальній (нелінійній) формі. Поступове його спрощення до лінійної форми.
7. Виведення лінійного диференційного рівняння теплопровідності. Вигляд рівняння для різних систем координат.
8. Математична постановка красивих задач теплопровідності. Види граничних умов.
9. Граничні умови першого та другого роду. Їх фізичний зміст.
10. При яких фізичних процесах на границі тіла ставлять граничні умови третього та четвертого родів.
11. Задача про розподіл тепла в плоскій стінці з граничними умовами першого роду.
12. Поняття про обчислювальний експеримент як засіб дослідження температурних полів при теплопереносі.

13. Задача про розподіл температурного поля при передачі теплоти через циліндричну стінку.
14. Задача про проходження теплового потоку крізь стінку з граничними умовами третього роду. Термічний опір багатошарової стінки.
15. Критичний діаметр циліндричної стінки з граничними умовами третього роду. Вибір теплової ізоляції для покриття циліндричних труб.
16. Схема застосування методу інтегральних перетворень Фур'є для розв'язку задач теплопровідності. Показати на конкретному прикладі.
17. Знайти розподіл поля температур в одновірному нерухомому середовищі, якщо його початкова температура задана функцією $\phi(x)$.
18. Визначити розподіл температури в тонкоплівочному елементі при дії на нього нерухомого джерела тепла загального вигляду.
19. Розподіл поля температур в тонкоплівочному елементі при дії на нього нерухомого смугового джерела тепла.
20. Задача про нагрівання тонкоплівочного елементу рухомим джерелом енергії загального вигляду.
21. Поле температур при нагріванні тонкоплівочного елементу з рухомим джерелом енергії гаусовського типу.
22. Задача про охолодження вузького прямокутного елементу.
23. Задача про нагрівання вузького прямокутного елементу рухомим джерелом енергії у загальному вигляді.
24. Розподіл поля температур при нагріванні вузького прямокутного елементу рухомим джерелом енергії, що описується функцією Гауса.
25. Характерні параметри та закони, що описують процеси масообміну.
26. Визначити розподіл компонента в масовому потоці в одновірному нерухомому середовищі, якщо заданий початковий розподіл компонента.
27. Визначити розподіл компонента в масовому потоці, що рівномірно рухається в одновірному середовищі.
28. Розрахувати розподіл компонента в глибину тіла при дифузії в нього домішок від постійно діючого нерухомого джерела маси загального вигляду.
29. Задача про дифузію домішок в глибину тіла при дії смугового нерухомого джерела маси.
30. Задача про розподіл тепла в обмеженому стержні, на границях якого підтримуються задані значення температур.

1. Види теплообміну, їх фізична сутність.
2. Порядок побудови математичної моделі теплообміну.
3. Порядок побудови математичної моделі масопереносу.
4. Визначення геометричних параметрів тіла та розмірності задачі теплопровідності.
5. Нелінійні задачі теплопровідності, методи лінеаризації.
6. Межі застосування математичних моделей теплопровідності в твердих тілах.
7. Математичні моделі конвективного теплообміну.
8. Комплексні математичні моделі складних випадків конвективного теплообміну.
9. Теплообмін випромінюванням. Основні поняття, кількісний опис.
10. Початкові та граничні умови для крайових задач теплопровідності. Їх фізичний зміст.
11. Аналітичні та чисельні методи розв'язку задач тепломасопереносу та фізичні процеси, що їм відповідають.
12. Алгоритм розрахунку задач теплопровідності по методу кінцевих елементів.
13. Види кінцевих елементів, що застосовуються в методі кінцевих елементів та особливості генерації розрахункової сітки.
14. Побудова системи алгебраїчних рівнянь в методі кінцевих елементів, її особливості, методи розв'язку.

15. Основні методи візуалізації результатів розрахунку по методу кінцевих елементів в середовищі САПР.
16. Схема розробки власних розрахункових програм на основі методу кінцевих елементів при дослідженні новітніх фізичних процесів.
17. Рекуперативні, регенеративні та змішувальні теплообмінники. Фізичні принципи їх дії.
18. Конструктивний та перевірочний розрахунки теплообмінника. Вихідні дані, методи розрахунку, мета.
19. Кількісне визначення загальної кількості теплоти, що передається від гарячого теплоносія до холодного в теплообміннику.
20. Рівняння теплового балансу фізичного процесу теплообміну в теплообміннику.
21. Визначення температурних натисків для різних видів руху теплоносіїв в теплообмінниках.
22. Визначення коефіцієнтів теплопередачі для різних конструктивних елементів теплообмінників.
23. Визначення коефіцієнтів тепловіддачі між теплоносіями та стінками при розрахунку теплообмінників.
24. Визначення числа Рейнольдса для теплоносіїв та вплив його значення на подальші теплові розрахунки теплообмінника.
25. На які теплофізичні параметри впливає форма перетину труб та розташування труб у пучку при розрахунку теплообмінника?
26. Розрахунок кількості теплоти, що передається випромінюванням при омиванні труб теплообмінника високотемпературним потоком газу.
27. Визначення конструктивних характеристик теплообмінного апарату.
28. Розрахунок нестационарного температурного поля в стержні, на кінцях якого підтримуються задані температури. Порівняти результати розрахунків в MathCAD та SolidWorks Flow Simulation.
29. Визначення впливу форми поперечного перерізу стержня на швидкість розповсюдження температури по розрахункам в SolidWorks Flow Simulation.
30. Розрахунок в SolidWorks Flow Simulation температурного поля циліндричної труби, всередині якої знаходиться потік рідини.

11.3 Критерії оцінювання

Для студентів денної форми навчання	
Критерії оцінювання знань	Кількість балів максимум
Змістовий модуль №1	
Теоретична частина. Питання №1, №2	10, 10
Практичне завдання №1	10
<i>Всього за змістовим модулем №1</i>	30
Змістовий модуль №2	
Теоретична частина. Питання №1, №2	10, 10
Практичне завдання №1	10
<i>Всього за змістовим модулем №2</i>	30
Іспит	40
Разом	100
Змістовий модуль №3	
Теоретична частина. Питання №1, №2	10, 10
Практичне завдання №1	10

<i>Всього за змістовим модулем №3</i>	30
Змістовий модуль №4	
Теоретична частина. Питання №1, №2	10, 10
Практичне завдання №1	10
<i>Всього за змістовим модулем №4</i>	30
Залік	40
Разом	100
Змістовий модуль №5	
Теоретична частина. Питання №1	10
Практичне завдання №1	5
<i>Всього за змістовим модулем №5</i>	15
Змістовий модуль №6	
Теоретична частина. Питання №1	5
Практичне завдання №1	10
<i>Всього за змістовим модулем №6</i>	15
Змістовий модуль №7	
Захист курсової роботи	30
<i>Всього за змістовим модулем №7</i>	30
Іспит	40
Разом	100

12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І. Навч. посіб., Вінниця: ВНТУ, 2021, 113 с.
2. Лабай В. Й. Тепломасообмінні процеси в системах ТГВ Підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021, 340 с
3. Василенко С.М. та ін. Основи тепломасообміну /за ред. Гулого К.М./ - К., 2004. – 250 с.
4. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник.- К.: ВПІ ВПК “Політехніка”: Інпрес, 2005.- 304 с.
5. Лабай В. Й. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 228 с
6. Константинов С.М., Луцик Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну. Навч. посіб. - К.: “Освіта України”, 2009.- 544 с.

Додаткова

1. Обертюх Р. Р., Слабкий А. В Теоретичні основи теплотехніки: Електронний навчальний посібник 2-ге вид., перероб. та доп. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 180 с.
2. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник.- К.: “Золоті ворота”, 2012.- 592 с.

13. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <https://www.teplota.org.ua/> - книги та довідники з теплоенергетики, теплотехніки та

термодинаміки, креслення котлів та теплообмінників.

14. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

В учбовому процесі при викладанні дисципліни “Тепломасообмін” використовуються лекційне мовлення в класичному варіанті, діалогове спілкування зі студентами, обговорення та підведення підсумків самостійної роботи на семінарських 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.

15. 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).