

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут
(повна назва підрозділу)

Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок
(повна назва кафедри)



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Тепломасообмін
Heat and Mass Exchange

рівень вищої освіти бакалаврський

тип дисципліни обов'язкова

мова(и) викладання українська

Освітня програма «Теплоенергетика»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Робоча програма навчальної дисципліни «Тепломасообмін» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітня програма «Теплоенергетика»

Розробник: Димо Борис Васильович, канд. техн. наук, професор кафедри Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок (ТТ і СПУ).

« 02 » 05 2023 року.

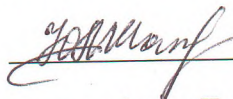


Димо Б.В.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Тепломасообмін» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Теплоенергетика» Шаповалов Юрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики.

Гарант освітньої програми

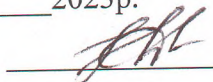


Шаповалов Ю.О.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Тепломасообмін» розглянуто на засіданні кафедри Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок

Протокол № 9 від « 11 » 05 2023р.

Завідувач кафедри

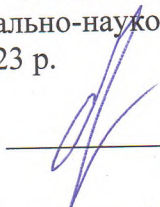


Б.В. Димо

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Тепломасообмін» розглянуто методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 9 від « 15 » травня 2023 р.

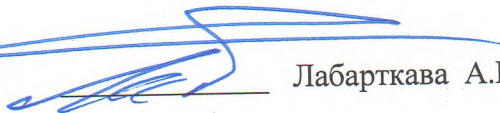
Голова



Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Тепломасообмін» погоджено з навчальним відділом

Начальник навчального відділу



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни «Тепломасообмін» затверджено Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 5 від « 18 » червня 2023 р.

Голова НМР НУК



Грузляков Є.І.

ЗМІСТ

Вступ	4
1.Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демон- стрування	13
7. Форми поточного та підсумкового контролю	13
8. Критерії оцінювання результатів навчання	16
9. Засоби навчання	16
10. Рекомендовані джерела інформації	17
Додаток	18

ВСТУП

Анотація

Розвиток науки і техніки, постійне удосконалення стаціонарних та транспортних теплоенергетичних установок вимагають високої кваліфікації фахівців, що проектують, будують та експлуатують ці установки. Все це неможливо без базових знань фізичних процесів, що відбуваються у теплоенергетичних установках.

Курс «Тепломасообмін» є складовою цієї підготовки і є обов'язковою дисципліною підготовки бакалаврів відповідно до освітньої програми «Теплоенергетика» спеціальності 144 «Теплоенергетика», галузі знань 14 «Електрична інженерія».

Курс передбачає вивчення основ теорії тепломасообміну, як сукупності процесів, що відбуваються у теплоенергетичних установках, зокрема закони та кількість співвідношення перенесення теплоти теплопровідністю, конвекцією, випромінюванням, при фазових перетвореннях теплоносіїв та процеси та розрахунки теплообмінних апаратів.

Ключові слова: тепломасообмін, теплопередача, теплопровідність, конвекція, випромінювання, кипіння, конденсація, теплообмінний апарат.

Abstract

The development of science and technology, the constant improvement of stationary and transport thermal power plants require highly qualified specialists who design, build and operate these plants. All this is impossible without a basic knowledge of the physical processes occurring in thermal power plants. The course «Heat and Mass Transfer» is a component of this training and is a mandatory discipline for bachelors in accordance with the educational program «Heat» specialty 144 «Heat», field of knowledge 14 «Electrical Engineering». The course involves studying the basics of the theory of heat and mass transfer as a set of processes occurring in thermal power plants, including the laws and the amount of heat transfer by convection, convection, radiation, phase transformations and processes and calculations of heat exchangers.

Key words: heat and mass transfer, heat transfer, thermal conductivity, radiation, boiling, condensation, heat exchanger.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, (освітня програма, освітній рівень)	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання (ДФН)	Заочна форма навчання (ЗФН)
Кількість кредитів – 6	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Обов’язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки	
Змістових модулів – 3		3-й	3-й
Електронний ресурс РПНД на сайті університету	Спеціальність 144 «Теплоенергетика» Освітня програма «Теплоенергетика»	Семестр	
Загальна кількість годин – 180		5-й	5-й
		Лекції	
		45	18
		Практичні	
		30	12
		Лабораторні	
		15	6
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6; самостійної роботи студента – 6	Освітній рівень перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
		90	144
		Вид контролю: ПМК, екзамен	
		Форма контролю – письмова	

2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Тепломасообмін» є формування знань про процеси передачі теплоти в твердих плах та у потоках газу та рідини, про процеси масообміну у двофазових середовищах та про принципи розрахунків переносу теплоти в елементах теплоенергетичних установок, відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

ЗК3 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК4 – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК7 – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ЗК9 – здатність приймати обґрунтовані рішення;

СК1 – здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних задач в теплоенергетичній галузі;

СК2 – здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін теплоенергетичної галузі;

СК8 – здатність використовувати наукову и технічну літературу та інші джерела ін.-формації у професійної діяльності в теплоенергетичній галузі.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами для вивчення дисципліни «Тепломасообмін» є курси: фізика, хімія, вища математика, технічна термодинаміка та гідрогазодинаміка.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни «Тепломасообмін» передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

РН3 – розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика».

РН9 – вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її.

РН11 – 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.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Теплоенергетика

Тема 1. Фізичні основи теплообміну, Стаціонарна теплопровідність

Лекція 1. Вступ до курсу тепломасообміну. Метод та предмет тепломасообміну. Значення та зміст дисципліни. Етапи розвитку та зв'язок з суміжними дисциплінами. Способи перенесення теплоти.

Література: [1] с. 3–6; [7] с. 4–7.

Лекція 2. Фізичний опис теплопровідності. Теплота, тепловий потік, температурне поле, градієнт температур. Закон Фур'є, коефіцієнт теплопровідності. Диференціальне рівняння процесу теплопровідності та крайові умови.

Література: [1] с. 5–24, [6] с. 6–13; [7] с. 8–12..

Лекція 3. Стаціонарна теплопровідність крізь стінки одно- та багатослойні. Температурне поле плоскої, циліндричної та сферичної стінок. Термічний опір теплопровідності стінок.

Література: [1] с. 24–34; [6] с. 45–50.

Тема 2. Стаціонарна теплопередача плоских, циліндричних та сферичних стінок. Методи інтенсифікації теплопередачі

Лекція 4. Стаціонарна теплопередача. Плоскі, циліндричні та сферичні стінки. Коефіцієнт теплопередачі та термічний опір теплопередачі. Рівняння теплопередачі. Теплова ізоляція, вибір матеріалу ізоляції.

Література: [1] с. 34–44; [7] с. 180–203..

Лекція 5. Інтенсифікація теплопередачі методами підвищення коефіцієнтів тепловіддачі та збільшення поверхні теплопередачі. Оребрення поверхні. Теплопровідність плоского ребра. Ефективність ребра. Коефіцієнт оребрення. Теплопровідність круглого ребра.

Література: [1] с. 45–54; [6] с. 58–60; [7] с. 279–292.

Лекція 6. Теплопередача оребрених стінок. Види оребрених стінок. Розрахунки теплопередачі оребрених стінок. Теплопровідність та теплопередача при наявності внутрішніх джерел теплоти.

Література: [1] с. 58–66; [6] с. 51–54; [7] с. 26–31.

Тема 3. Нестационарна теплопровідність

Лекція 7. Нестационарна теплопровідність (НСТ). Значення перехідних теплових процесів в енергетиці. Види НСТ та аналітична постановка задачі. Аналітичні рішення для плоских та циліндричних стінок (симетрична теплова задача). Аналіз рішення, критерії теплової

подібності для процесів НСТ. Визначення теплоти, що підводиться до тіл необмежених кінцевих розмірів. НСТ у тілах обмежених кінцевих розмірів.

Література: [1] с. 66–68; [6] ; с. 60–76; [7] с. 204–207.

Лекція 8. Регулярний тепловий процес. Регулярний тепловий режим та його математичний опис. Темп охолодження. Теореми Кондрат'єва. Застосування теорії регулярного режиму до визначення коефіцієнтів тепловіддачі та теплофізичних властивостей. Методи рішення задач теплопровідності.

Література: [1] с. 90–95; [7] с. 224–227.

Змістовий модуль 2. Конвективний теплообмін

Тема 4. Фізичний та математичний опис конвективного теплообміну

Лекція 9. Конвекція теплоти. Фізичний опис процесу. Фактори, що впливають на конвекцію. Види конвекції. Система диференціальних рівнянь конвективного теплообміну енергії, руху (Нав'є-Стокса), суцільності та тепловіддачі. Крайові умови.

Література: [1] с. 109–123, [6] с. 14–26; [7] с. 36–42.

Лекція 10. Основні положення теорії теплової подібності. Умови та теореми теплової подібності. Числа подібності, методи їх отримання та фізичний зміст. Узагальнення дослідних даних на основі теорії подібності. Методи експериментального визначення та осереднення коефіцієнтів тепловіддачі. Одержання рівнянь подібності. Теплове

модельовання та методи аналогів процесів. Сучасні прикладні пакети CFD-модельовання, процесів конвективного теплообміну.

Література: [1] с. 129–149; [6] с. 28–44; [7] с. 43–63, с. 255–262.

Тема 5. Вільна конвекція теплоти

Лекція 11. Вільна конвекція. Основні фактори, що впливають. Характер руху рідини. Аналітична постановка задачі та їх рішення. Критеріальні рівняння для розрахунку тепловіддачі при вільній конвекції на стінках та горизонтальних трубах. Вільна конвекція в прошарках. Еквівалентна теплопровідність, критеріальні рівняння вільної конвекції в прошарках.

Література: [1] с. 201–210; [6] с.175–184; [7] с. 87–93.

Тема 6. Вимушена конвекція. Задачі зовнішнього та внутрішнього обтікання

Лекція 12. Вимушена конвекція при повздовжньому обтіканні стінок. Гідродинамічний та тепловий граничні шари. Режими руху. Інтегральне співвідношення. Аналітична постановка задачі та її рішення.

Література:

Лекція 13. Основи гідродинамічної теорії теплообміну. Ламінарна течія, перехід до турбулентного режиму. Критеріальні рівняння.

Література: [1] с. 155–173; [6] с. 158–168; [7] с. 64–72.

Лекція 14. Теплообмін конвекцією у трубах і каналах. Особливості руху і теплообміну в каналах. Режими руху. Критеріальні рівняння тепловіддачі в трубах і каналах. Тепловіддача в каналах некруглої форми та зігнутих трубах..

Література: [1] с. 173–192; [6] с.185–190; [7] с. 73–86.

Лекція 15. Теплообмін при поперечному обтіканні труб та пучків труб Поперечне обтікання круглого циліндра. Зміна характеру течії та інтенсивності тепловіддачі по периметру циліндра. Розрахункові критеріальні залежності. Основні типи пучків. Характер руху в пучках. Емпіричні формули для розрахунку тепловіддачі і гідравлічного опору пучків труб.

Література: [1] с. 192–200; [6] с.192–197; [7] с.93–101.

Змістовий модуль 3. Тепломасообмін при фазових перетвореннях. Випромінювання теплоти. Теплообмінні апарати

Тема 7. Тепломасообмін при фазових перетвореннях

Лекція 16. Теплообмін при конденсації пара. Види процесу конденсації: плівкова та краплинна, об'ємна та поверхнева. Термічний опір. Конденсація на вертикальній поверхні. Задача Нуссельта. Конденсація на трубах і зовні труб. Режими конденсації. Вплив різних факторів на конденсацію пари. Критеріальні рівняння.

Література: [1] с. 226–256; [6] с.250–259; [7] с.128–148.

Лекція 17. Теплообмін при кипінні рідини. Механізм процесу кипіння. Бульбашкове і плівкове, об'ємне та поверхнєве кипіння. Процес кипіння у великому об'ємі та недогрітої рідини. Розрахунки процесу кипіння. Залежність густини теплового потоку та коефіцієнта тепловіддачі від температурного напору. Перша та друга криза кипіння. Емпіричні та критеріальні рівняння для розрахунку процесів кипіння. Процес кипіння у вертикальних та горизонтальних парогенеруючих каналах. Розрахунки тепловіддачі.

Література: [1] с. 257–283; [6] с.260–273; [7] с. 106–127.

Лекція 18. Тепломасообмін. Основні поняття та закони тепломасообміну. Перенесення маси дифузією. Концентраційна, термо- та бародифузія. Диференціальні рівняння та крайові

умови. Тепло- і масовіддача в парогазових сумішах (вологе повітря). Потрійна аналогія процесів руху і перенесення теплоти і маси та її використання у теплових розрахунках..

Література: [1] с. 282–301; [6] с. 148–153.

Тема 8. Випромінювання

Лекція 19. Основні положення та фізичний опис випромінювання. Види променистих потоків та оптичні властивості тіл. Поверхнева густина теплового потоку та яскравість випромінювання. Закони випромінювання: Планка, Віна, Стефана-Больцмана, Кірхгофа та Ламберта.

Література: [1] с. 312–326; [6] с.273–286; [7] с. 149–160.

Лекція 20. Розрахунки процесу випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами. Кутові коефіцієнти. Екранування. Особливості процесу в поглинаючих та випромінюючих середовищах – газах та парах. Променистий теплообмін між газовою середовищем та стінкою. Складний теплообмін. Рівняння та критерії для розрахунку випромінювання.

Література: [1] с. 326–375; [6] с.286–296; [7] с. 161–179.

Тема 9. Теплові та гідравлічні розрахунки в теплообмінних апаратах

Лекція 21. Класифікація та типи теплообмінних апаратів. Рекуперативні, регенеративні, контактні та акумулятори теплоти. Основні рівняння для розрахунку теплообмінників, теплоенергетичного балансу та теплопередачі.

Література: [1] с. 379–383; [6] с.302–304; [7] с. 228–243.

Лекція 22. Методи теплових розрахунків. Конструктивний та повірочний розрахунки. Схеми течії теплоносіїв та визначення середньої різниці температур теплоносіїв. Розрахунки кінцевих значень температур теплоносіїв. Інтенсифікація теплопередачі в теплообмінних апаратах та оцінка їх ефективності. Основи гідромеханічного розрахунку теплообмінних апаратів.

Література: : [1] с. 383–399; [6] с.304–312; [7] с. 243–254.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		лек	пр	лаб	с/р		лек	пр	лаб	с/р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Модуль 1

Змістовний модуль 1. Теплопровідність

Тема 1. Фізичні основи теплообміну. Стационарна теплопровідність	18	6	2	–	10	18	2	2	–	14
Тема 2. Стационарна теплопередача плоских, циліндричних та сферичних стінок. Методи інтенсифікації, теплопередачі	24	6	4	2	12	24	2	2	1	19
Тема 3. Нестационарна теплопровідність	18	4	4	2	8	18	2	2	1	13
Разом за змістовним модулем	60	16	10	4	30	60	6	6	2	46

Змістовний модуль 2. Конвективний теплообмін

Тема 4. Фізичний та математичний опис конвективного теплообміну	14	4	2	–	8	10	2	–	–	8
Тема 5. Вільна конвекція	16	2	4	4	6	14	2	2	1	9
Тема 6. Вимушена конвекція. Задачі зовнішнього та внутрішнього обтікання	30	8	4	2	16	36	2	2	1	31
Разом за змістовним модулем	60	14	10	6	30	60	6	4	2	48

Змістовний модуль 3. Тепломасообмін при фазових перетвореннях.

Випромінювання теплоти. Теплообмінні апарати

Тема 7. Теплообмін при фазових перетвореннях	24	6	4	2	12	25	2	2	1	20
Тема 8. Випромінювання	16	4	2	2	8	13	2	–	1	10
Тема 9. Теплові та гідравлічні розрахунки в теплообмінних апаратах	20	5	4	1	10	22	2	–	–	20
Разом за змістовним модулем	60	15	10	5	30	60	6	2	2	50
Усього годин за модулем 1	180	45	30	15	90	180	18	12	6	144

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Основні поняття та визначення дисципліни. Методика проведення практичних занять та поточного модульного контролю. Література: [2] с. 9–18; [4] с. 3–5	2	2
2	Вирішення типових задач зі стаціонарної теплопровідності та теплопередачі. Література: [4] с. 6–11	2	2
3	Контрольна робота зі стаціонарної теплопровідності (КР1). Література: [4] с. 11–13	2	
4	Контрольна робота зі стаціонарної теплопередачі (КР2). Література: [4] с. 14–17	2	
5	Вирішення типових задач з обчислення, внутрішніх джерел теплоти та нестационарної теплопровідності. Література: [4] с. 17–21, с. 24–26	2	2
6	Контрольна робота з обчислення, внутрішніх джерел теплоти та нестационарної теплопровідності (КР3). Література: [2] с. 79–82; [4] с. 21–24, с. 26–28, с. 37–39	2	–
7	Поточний модульний контроль (ПМК1) за змістовним модулем 1	2	–
8	Вирішення типових задач з теорії теплової подібності та вільної конвекції. Література: [4] с. 39–43, с. 66–70	2	2
9	Контрольна робота з теорії теплової подібності та вільної конвекції (КР4). Література: [4] с. 43–47	2	–
10	Вирішення типових задач з вимушеної конвекції. Література: [4] с. 47–63	2	2
11	Контрольна робота з вимушеної конвекції (КР5). Література: [4] с. 63–65; [2] с. 69–73	2	–
12	Поточний модульний контроль (ПМК2) за змістовним модулем 2.	2	–
13	Вирішення типових задач з теплообміну при фазових перетвореннях. Література: [4] с. 72–80, с. 82–86; [2] с. 75–78	2	2
14	Контрольна робота з теплообміну при фазових перетвореннях (КР6). Література: [4] с. 80–82, с. 86–87	2	–
15	Поточний модульний контроль (ПМК3) за змістовним модулем 3	2	–
Разом		30	12

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки. Методика виконання лабораторних робіт. Вимоги до форми представлення звіту. Література: [5] с. 3–4	2	–
2	Лабораторна робота № 1. Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих тіл методом плоского шару. Література: [5] с. 4–10	2	1
3	Лабораторна робота № 2. Визначення коефіцієнта теплопровідності, теплопровідності та тепловіддачі методом регулярного режиму. Література: [5] с. 10–19	2	1
4	Лабораторна робота № 3.1. Вивчення тепловіддачі вертикальної пластини до вільного потоку повітря. Література: [5] с. 19–31	2	1
5	Лабораторна робота № 3.2. Вивчення тепловіддачі вертикального циліндра до вільного потоку повітря. Література: [5] с. 31–34	2	1
6	Лабораторна робота № 5. Дослідження тепловіддачі при конденсації водяної пари на поверхні горизонтальної труби. Література: [5] с. 35–42	3	1
7	Лабораторна робота № 6. Визначення інтегрального ступеня чорноти твердого тіла калометричним методом. Література: [5] с. 42–57	2	1
Разом		15	6

Самостійна робота Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	45	90
2	Підготовка до лабораторних занять	12	12
3	Підготовка до практичних занять	15	15
4	Підготовка до поточного модульного контролю	12	-
5	Підготовка до екзамену	6	7
6	Виконання домашньої контрольної роботи	-	20
Разом		90	144

Самостійна робота включає в себе проробку основної та додаткової літератури, що вказано в переліку, та літератури з інших дисциплін, потрібної для освоєння базових знань з дисципліни. Для покращення засвоєння отриманих знань кожним студентом виконуються практичні роботи.

Самостійна робота проводиться вдома або в спеціалізованій аудиторії для самостійної роботи кафедри в Старому навчальному корпусі НУК. Результати цієї роботи проявляються при виконанні студентом контрольних практичних робіт, захисті лабораторних робіт, складанні тестів поточного модульного контролю, виконанні домашньої контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання) та складанні екзамену.

6. МЕТОДИ НАВЧАННЯ, ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ДЕМОНСТРУВАННЯ

Методи навчання: робота з літературою; пояснення; демонстрування; лекція; бесіда; ілюстрування; відеометод; лабораторна робота; інструктаж; фронтальне опитування.

Засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування: усні відповіді; контрольні роботи; екзамен; розрахунково-графічна робота; завдання на лабораторному обладнанні, реальних об'єктах тощо.

7. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту. У кожного компонента своя частина в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (виконання та захист лабораторних і практичних робіт, виконання трьох тестів поточного модульного контролю за матеріалами 1^{го}, 2^{го} та 3^{го} змістовних модулів для студентів денної форми навчання; виконання та захист лабораторних і практичних робіт та контрольної роботи для студентів заочної форми навчання).

Студенти денної та заочної форми навчання складають заключний іспит. Питома вага іспиту в загальній системі оцінок – **40 балів**.

Право здавати заключний іспит дається студенту, який з кожного виду поточного модульного контролю набирає не менше 60 % від максимальної кількості балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту.

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 студентів та їх оцінювання

Лабораторна робота

Бал	Критерії оцінювання
3	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів
2	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та невеликі помилки
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточ-

	ності у висновках та помилки
0	Робота не виконувалася

Практична робота

Бал	Критерії оцінювання
3	Студент самостійно виконав практичну роботу та добре володіє матеріалом відповідно до теми практичного заняття
2	Практичну роботу виконано в основному вірно, студент має уявлення про базовий матеріал відповідно до теми практичного заняття
1	Практична робота виконана з суттєвими помилками, студент має уявлення про базовий матеріал відповідно до теми практичного заняття
0	Робота не виконувалася

Поточний модульний контроль у формі тесту (для денної форми)

Поточний модульний контроль передбачає виконання трьох тестів (ПМК1, ПМК2, ПМК3) за матеріалами 1^{го}, 2^{го} та 3^{го} змістовних модулів. Кожен тест включає десять контрольних запитань (задач). Контрольні запитання та задачі мають однакову вагомість. Розрахунок отриманих студентом під час тестового контролю балів, які зараховуються до загального рейтингу поточного семестрового контролю, що складає 60 балів, виконується згідно даних, наведених в таблиці.

Кількість нарахованих балів поточного модульного контролю (тестування)

Вид тесту		Кількість вірних відповідей							
		9 - 10	8	7	6	5	4	3	< 3
ПМК1	3 3	8	6	5	4	3	2	1	0
ПМК2	3 3	8	6	5	4	3	2	1	0
ПМК3	3 3	8	6	5	4	3	2	1	0

Максимальна кількість балів за поточний модульний контроль складає 24 бала.

Письмова відповідь (1 питання – 4 бали)

Кількість балів	Критерії оцінювання
4	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки
3	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок
2	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок
0	Відповідь на питання відсутня

Контрольна робота (для заочної форми)

Контрольна робота для студентів заочної форми навчання включає п'ять задач та три запитання за матеріалам 1^{го}, 2^{го} та 3^{го} змістовних модулів. Максимальна кількість балів, яку набирає студент за правильну вирішену задачу, складає 3 бали та за правильну відповідь на запитання 3 бали.

Вирішення задач контрольної роботи (1 задача – 3 бали)

Кількість балів	Критерії оцінювання
3	Задача вирішена правильно, підтверджена відповідними розрахунками у вигляді формул, ілюстративного матеріалу, включає аналіз та необхідні висновки
2	Задача вирішена за правильним алгоритмом, всі формули записані вірно, є ілюстративний матеріал, необхідний аналіз та висновки. Але внаслідок допущеної незначної помилки відповідь у числах не співпадає з контрольної
1	Хід рішення задачі в цілому вірний, але припущена велика кількість дрібних та грубих помилок
0	Відсутнє вирішення задачі

Письмова відповідь на запитання контрольної роботи (1 питання – 3 бали)

Кількість балів	Критерії оцінювання
3	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки
2	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок
1	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок
0	Відповідь на питання відсутня

Поточний контроль (максимальна кількість балів)

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання та захист практичних робіт <i>Практичних занять у формі контрольних робіт всього 6, інші не оцінюються. Виконано</i>	6×3 бали = 18 балів	6×3 бали = 18 балів
Виконання та захист лабораторних робіт	6×3 бали = 18 балів	6×3 бали = 18 балів
Поточний модульний контроль	3×8 балів = 24 бали	
Виконання контрольних робіт	–	1КР×24 бали = 24 бали
Всього	60	60

Підсумковий контроль у формі письмового екзамену

Підсумковий контроль складається з письмової відповіді на 4 контрольних питання. Максимальна кількість балів, яку набирає студент за відповідь на одне питання – 10 балів.

Письмова відповідь (1 питання – 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки
8	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок
6	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок
4	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок
0	Відповідь на питання відсутня

8. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

№ змістовного модуля і теми		Денна форма		Заочна форма	
		Види роботи	Кількість балів	Види роботи	Кількість балів
ЗМ1	Т1	Лабораторна робота № 1	3	Лабораторна робота № 1	3
		Практична робота № 1	3	Практична робота № 1	3
	T2	Контрольна робота № 2	3	Практична робота № 2	3
	T3	Лабораторна робота № 2	3	Лабораторна робота № 3	3
		Практична робота № 3	3	Практична робота № 3	3
		ПМК № 1	8	—	
ЗМ2	T4	Лабораторна робота № 3.1	3	Лабораторна робота № 3.1	3
	T5	Контрольна робота № 4	3	Практична робота № 4	3
		Лабораторна робота № 3.2	3	Лабораторна робота № 3.2	3
		ПМК № 2	8	—	
ЗМ3	T6	Контрольна робота № 5	3	Практична робота № 5	3
	T7	Лабораторна робота № 5	3	Лабораторна робота № 5	3
		Контрольна робота № 6	3	Практична робота № 6	3
	T8	Лабораторна робота № 6	3	Лабораторна робота № 6	3
	T9				
		ПМК № 3	8	—	
—		—	—	Контрольна робота	24
Пі дсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Разом			100		100

9. ЗАСОБИ НАВЧАННЯ

Засоби навчання складаються з лабораторного обладнання спеціалізованої лабораторії «Тепломасообмін», зразків та макетів теплообмінного обладнання, яке застосовується в галузі теплоенергетики, включаючи діючу котельну установку, макети ядерних енергетичних установок, графічні засоби (плакати, схеми, креслення), технічні засоби (відеозаписи), комп'ютер та мережа, проекційне обладнання, програмне забезпечення (для здійснення дистанційного навчання, розрахунків на практичних заняттях). Очні лекційні та практичні заняття відбуваються на кафедрі Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок НУК в кабінеті котлів та аудиторії самостійної підготовки студентів, а лабораторні роботи – в лабораторії «Тепломасообмін».

Під час дистанційної роботи кожному студенті надається в електронному вигляді конспект лекцій, практикум для проведення практичних занять та лабораторний практикум, а також всі необхідні засоби поточного та підсумкового контролю.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. **Исаченко, В. П.** Теплопередача. – 4^е изд. [Текст] / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. **Димо, Б. В.** Теплофізичні основи суднової енергетики [Текст] : навч. посібник / Б. В. Димо, В. В. Кузнецов, О. А. Єпіфанов. – Миколаїв : НУК, 2019. – 120 с.
3. **Краснощеков, Е. А.** Задачник по теплопередаче. – 4^е изд. [Текст] / Е. А. Краснощеков, А. С. Сукомел. – М. : Энергия 1980. – 288 с.
4. **Димо, Б. В.** Практикум з тепломасообміну [Текст] : навч. посібник / Б. В. Димо. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 136 с.
5. **Єпіфанов, О. А.** Збірник лабораторних робіт з курсу «Тепломасообмін» [Текст] / О. А. Єпіфанов, Б. В. Димо, А. П. Шевцов. – Миколаїв : НУК, 2007. – 56 с.
6. **Федоровский, К. Ю.** Теплопередача [Текст] : учебник / К. Ю. Федоровский. – Севастополь : СевНТУ, 2012. – 302 с.
7. **Михеев, М. А.** Основы теплопередачи [Текст] / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. : Энергия, 1973. – 320 с.
8. **Погорелов, А. І.** Тепломасообмін (основи теорії та розрахунку) [Текст] : навч. посібник для ВУЗів / А. І. Погорелов. – Львів : «Новий світ – 2000», 2006. – 144 с.
9. **Константінов, С. М.** Тепломасообмін [Текст] : підручник / С. М. Константінов. – К. : ВПУ ВПК «Політехніка». Інрес, 2005. – 304 с.
10. **Приходько, М. А.** Термодинаміка та теплопередача [Текст] : навч. посібник / М. А. Приходько, М. А. Герасімчук, Г. Г. Герасімов [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://ep3.nuw.edu.ua/id/eprint/1847>. – Рівне : НУВ ГП, 2008. – 250 с.

Допоміжна література

11. **Алабовский, А. И.** Техническая термодинамика и теплопередача [Текст] : учебное пособие для ВУЗов. 3^е изд. дополн. / А. И. Алабовский, И. А. Недужий. – К. : Вища школа, 1990. – 255 с.
12. **Бажан, П. И.** Справочник по теплообменным аппаратам [Текст] / П. И. Бажан, К. Е. Каневец, В. М. Селиверстов. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.
13. **Кулиниченко, В. Р.** Справочник по теплообменным расчетам [Текст] / В. Р. Кулиниченко. – К. : Техника, 1990. – 165 с.
14. **Хинш, Л. И.** Тепломасообмен [Текст] : учебное пособие в 2^х ч. Ч. 1 / Л. И. Хинш. – Мариуполь : ПГТУ, 2002. – 258 с.
15. **Хинш, Л. И.** Тепломасообмен [Текст] : учебное пособие в 2^х ч. Ч. 2 / Л. И. Хинш. – Мариуполь : ПГТУ, 2002. – 128 с.

11. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В INTERNET

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського (Електронний ресурс). Режим доступу: <https://nbuv.gov.ua>.
2. Наукова бібліотека НУК ім. адм. Макарова. Режим доступу: <https://ua.lib.nuos.edu.ua>.
3. <https://ua.wikipedia.org>.
4. <https://www.teplo-polis.com.ua>.
5. <https://www.youtube.com>.
6. <https://ep3.nuwm.edu.ua>.

