

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
КОРАБЛЕБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля



"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з науково-педагогічної роботи
Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

PROGRAM OF THE DISCIPLINE

Основи теплопередачі у композиційних матеріалах

Basics of heat transfer in composite materials

рівень вищої освіти: *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни: *обов'язкова*

мова викладання: *українська*

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G "Інженерія, виробництво та будівництво" спеціальності G12 "Авіаційна та ракетно-космічна техніка".

«28» 04 2025 року. – 13 с.

Розробник:

Юреско Т.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми
кандидат технічних наук, доцент



Наталя СОЛОМОНЮК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» розглянуто на засіданні кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля

Протокол № 9 від 13.05 2025 року.

Завідувач кафедри, д.т.н., професор



Леонтій КОРОСТИЛЬОВ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» розглянуто Навчально-методичною комісією Кораблебудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 6 від 20.05 2025 року.

Голова НМК КННІ, к.т.н., доцент



Олексій ЯСТРЕБА

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» погоджено з навчальним відділом.

Голова відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від 25.06 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

ЗМІСТ

	Вступ	4
1	Опис навчальної дисципліни.....	5
2	Мета вивчення навчальної дисципліни.....	5
3	Передумови для вивчення дисципліни.....	6
4	Очікуванні результати навчання	6
5	Програма навчальної дисциплін	6
6	Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	9
7	Форми поточного та підсумкового контролю	10
8	Критерії оцінювання результатів навчання	11
9	Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	11
10	Рекомендовані джерела інформації	11

ВСТУП

Анотація

Курс орієнтований на знайомство здобувачів з теорією тепломасопереносу, методиками розрахунків, що використовуються в технологіях композиційних матеріалів та дозволяє описати процеси, пов'язані з тепловою енергією.

Після вивчення дисципліни здобувач знатиме основні теплотехнічні характеристики матеріалів, основні рівняння теорії теплопровідності та тепломасопереносу, теорію поширення теплових потоків, особливості поведінки матеріалів у високо енергетичних теплових потоках, перспективні склади композицій, що використовуються як теплоізоляційні матеріали.

Здобувач набуває навичок складання розрахункових схем теплового процесу, зможе обирати та обґрунтовувати методи розрахунку температур та теплових потоків, вибрати перспективні теплоізоляційні матеріали, проводити експерименти по визначенню теплофізичних характеристик матеріалу.

Ключові слова: закон теплопровідності Фур'є, коефіцієнт теплопровідності, тепловий потік, кількість теплоти, теплоізоляційний матеріал.

Abstract

The course is aimed at introducing students with the theory of heat and mass transfer; calculation methods used in the technologies of composite materials and allows them to describe processes related to thermal energy.

After studying the discipline, the student will know the basic thermal characteristics of materials, the basic equations of the theory of heat conduction and heat and mass transfer, the theory of heat flow propagation, the peculiarities of the behaviour of materials in high-energy heat flows, promising compositions used as thermal insulation materials.

The applicant acquires the skills of drawing up calculation schemes of the thermal process, will be able to choose and justify methods for calculating temperatures and heat fluxes, select promising thermal insulation materials, and conduct experiments to determine the thermal and physical characteristics of the material.

Keywords: *Fourier's law of heat conduction, heat conduction coefficient, heat flux, heat quantity, heat-insulating material.*

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» (0716 Motor vehicles, ships and aircraft)	Професійної підготовки
Модулів – 1		Рік підготовки:
Змістових модулів – 3		3-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»	Семестри
		5-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: -	Освітня програма «Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів»	Лекції
		30 год.
Загальна кількість годин – 90		Практичні
		15 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи – 3	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лабораторні
		-
		Самостійна робота
		45 год.
		Індивідуальні завдання: -
		Форма контролю - комбінована:
		екзамен

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» є формування у здобувачів відповідно до освітньо-професійної програми наступних компетентностей:

ІК Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі і проблеми у сфері розробки, виробництва та сертифікації авіаційної та ракетно-космічної техніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

К08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

К11. Здатність використовувати положення динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки (відповідно до спеціалізації).

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є «Вища математика І», «Вища математика ІІ», «Вища математика ІІІ», «Фізика І», «Фізика ІІ», «Хімія».

4. Очікувані результати навчання

Вивчення дисципліни «Основи теплопередачі у композиційних матеріалах» передбачає формування у студентів таких результатів навчання:

ПР12. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

5 Програма навчальної дисципліни **Денна форма навчання**

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Теплопровідність

Тема 1. Температура. Температурне поле.

Лекція 1 Температура. Теплова енергія. Методи визначення температури. Температурне поле. Ізотермічні лінії, ізотермічні поверхні та їх властивості. Лінії теплового току. Градієнт температурного поля. Напруженість температурного поля.

Література: [1] стор. 1...15, [4] стор. 15...20.

Тема 2. Закон теплопровідності Фур'є.

Лекція 2 Вивід рівняння теплопровідності Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності, його властивості. Теплова провідність. Термічний опір. Питомий тепловий потік.

Література: [1], стор. 20...27.

Лекція 3 Рівняння теплопровідності Фур'є в одно вимірному, двох вимірному, три вимірному просторі. Рівняння теплового балансу.

Література: [1], стор. 30...38; [4], стор. 8...15.

Тема 3. Диференційне рівняння теплопровідності. Стаціонарний і нестаціонарний режим.

Лекція 4 Вивід диференційного рівняння теплопровідності. Коефіцієнт температуропровідності. Теплоінерційні, теплонеінерційні матеріали.

Література: [1], стор.45...62; [3], стор.40...63; [6], стор.10...28.

Лекція 5 Диференційне рівняння теплопровідності для стаціонарного температурного поля. Диференційне рівняння теплопровідності в сферичних та циліндричних координатах.

Література: [1], стор.32...40; [2] стор.62...72, [5], стор.249 – 268.

Лекція 6 Диференційне рівняння теплопровідності в для нестаціонарного температурного поля. Випадки нестаціонарної теплопровідності.

Література: [3], стор.55...68; [4], стор. 69...97.

Змістовий модуль 2. Конвекція. Масоперенос

Тема 4. Конвективна теплопередача.

Лекція 7 Основи теорії конвективного теплообміну. Математичний опис процесу конвекції. Граничні умови третього роду. Рівняння Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.

Література: [1], стор.73...90; [2], стор.108...120.

Лекція 8 Основні положення теорії подібності. Визначення конвективної частини коефіцієнта тепловіддачі. Критеріальне рівняння Нуссельта.

Література: [1], стор.73...90; [2], стор.108...120, [5], стор. 289 – 291.

Лекція 9 Тепловіддача при русі у об'єктах різних форм. Властивості матеріалів та потоків рідини та газу. Тепловіддача при вимушеній течії.

Література: [1], стор.90...106; [5], стор. 293 - 298

Лекція 10 Тепловіддача при конденсації. Тепловіддача при кипінні.

Література: [1], стор.107...120; [2], стор.123...140; [5], стор.300 – 305.

Тема 5. Масоперенос.

Лекція 11 Масоперенос. Закони масопереносу. Коефіцієнт концентрації.

Література: [1], стор.121...142; [2], стор.140...152.

Змістовий модуль 3. Випромінювання.

Тема 6. Теплопередача випромінюванням.

Лекція 12 Складові коефіцієнта теплопередачі випромінюванням. Абсолютно чорні та абсолютно білі тіла. Ступінь чорноти. Визначення коефіцієнта теплопередачі випромінюванням. Вплив на випромінювання теплоти.

Література: [1], стор.143...155; [2], стор.170...181; [5], стор. 331 – 337.

Лекція 13 Визначення коефіцієнта теплопередачі випромінюванням. Вплив на випромінювання теплоти.

Література: [1], стор.156...170; [2], стор.182...188.

Лекція 14 Обопільне опромінення. Теплообмін між паралельними пластинами.

Література: [1], стор.171...185; [2], стор.188...193; [5], стор. 342 – 344.

Лекція 15 Випромінювання напівпрозорого середовища. Гази. Продукти згорання.

Література: [1], стор.186...200; [2], стор.193...198.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
лекції		практ.	лаб.	с.р.	
Модуль 1.					
Змістовий модуль 1. Теплопровідність					
Тема 1. Температура. Температурне поле.	6	2	2	–	2
Тема 2. Закон теплопровідності Фур'є.	10	4	2	–	4
Тема 3. Диференційне рівняння теплопровідності. Стаціонарний і нестационарний режим.	14	6	2	–	6
Разом за ЗМ1	30	12	6	–	12
Змістовий модуль 2. Конвекція. Масоперенос.					
Тема 4. Конвективна теплопередача.	20	8	4	–	8
Тема 5. Масоперенос.	10	2	1	–	7
Разом за ЗМ2	30	10	5	–	15
Змістовий модуль 3. Випромінювання.					
Тема 6. Теплопередача випромінюванням.	15	8	4	–	3
Разом за ЗМ3	15	8	4	–	3
Підготовка до екзамену	15	–	–	–	15
Усього годин по дисципліні	90	30	15	–	45

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Денна форма навчання		
1	Розрахунки теплопровідності твердих тіл методом плоского шару.	2
2	Розрахунки температурного поля в задачах теплопровідності у циліндричних твердих тілах. Критичний діаметр теплопровідності.	2
3	Розрахунки температурного поля в задачах з нестационарної теплопровідності. Визначення коефіцієнту теплопровідності	2
4	Визначення типу потоку при течії рідини або газу вздовж різних об'єктів.	2
5	Розрахунки конвективної складової коефіцієнту тепловіддачі за критеріальним рівнянням Нуссельта.	2
6	Розрахунки на масоперенос.	1
7	Розрахунки кількості теплоти з використанням законів випромінювання.	2
8	Розрахунки теплообміну між двома твердими тілами.	2
	Всього	15

Самостійна робота

Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних та практичних занять; самостійне поглиблення знання за темами дисципліни.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лекцій	10
2	Підготовка до практичних занять	20
3	Підготовка до екзамену	15
	Разом	45

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

Методи навчання:

- для всіх видів навчання: робота з літературою; пояснення; дискусія; демонстрування.
- для лекційних занять: лекція; бесіда; ілюстрування; відеометод.
- для практичних занять: вправа; практична робота, графічна перевірка.

Методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;
- контрольні тестові роботи програмованого типу (перелік запитань і можливі варіанти відповідей).

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюється за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки при захисті звітів практичних робіт і оцінки заключного екзамену.

Питома вага заключного екзамену складає 40 балів в загальній системі оцінок (3 усних питання по 10 балів та 1 задача - 10 балів). Право здавати заключний екзамен надається студенту, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів.

Підсумкова оцінка за навчальний курс в семестрі є сумою проміжних оцінок і екзамену.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувача із зазначеної теми.

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

Форми контролю результатів навчальної дисципліни студентів та їх оцінювання

Практичні роботи	Критерії оцінювання
7–8	Робота виконана у встановлений термін, самостійно, чітко сформований процес виконання дослідів або розв'язування завдання. Застосовувалися коректні методи отримання результатів, виконаний їх аналіз.
5–6	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконав завдання після консультації викладача. Робота виконана в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат.
4	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконав роботу під керівництвом викладача. Отримані результати містять помилки, аналіз результатів відсутній.
0	Робота не виконувалась.

Екзамен	Критерії оцінювання
35 -40	Завдання виконане у встановлений термін, самостійно, чітко сформоване розв'язання питань. Застосовувалися коректні методи для виконання завдань.
30-34	Завдання виконане у встановлений термін. Завдання виконане в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат
25-29	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконав завдання після консультації викладача. Завдання виконане в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат

Екзамен	Критерії оцінювання
15-24	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконав завдання під керівництвом викладача. Отримані результати містять помилки, аналіз результатів відсутній.
0	Завдання не виконувалося.

Сумарна кількість балів по формах проміжного контролю

Форма контролю	Максимальна кількість балів
	Денна форма
Виконання практичних робіт	4·7 балів + 4· 8 балів = 60
Всього	60

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Змістові модулі, теми		Денна форма навчання	
		Вид роботи	Кількість балів
Модуль 1			
ЗМ1	T1	ПР 1	7
	T2	ПР 2	7
	T3	ПР 3	7
	T3	ПР 4	7
ЗМ2	T4	ПР 5	8
	T5	ПР 6	8
ЗМ3	T6	ПР 7	8
		ПР 8	8
Семестровий контроль		екзамен	40
Разом за семестр			100

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Технічні засоби

- Мультимедіа- та проекційна апаратура;
- Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережі;
- Програмне забезпечення для підтримки дистанційного навчання,
- Бібліотечні фонди (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Константинов С.М., Теплообмін: Підручник. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2005. – 304 с.

2. Василенко С. М., Українець А. І., Олішевський В. В. Основи тепломасообміну: Підручник – К.: НУХТ, 2004. – 250 с.
3. Лабай В.Й. Тепломасообмін. Підручник для ВНЗ. Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
4. Гільчук А. В., Халатов А. А., Доник Т. В. Теорія теплопровідності. Підручник для студ. КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 131 с.
5. Константинов С. М., Луцик Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: навч. посіб. для студ. вищ. техн. навч. закл. М-во освіти і науки України, Нац.техн.ун-т України "Київ. Політехн.ін-т". – Київ: Освіта України, 2009. – 544 с.
6. Нестационарна теплопроводность : навч.посіб./ С.В.Юшко, О.Є.Борщ, Г.І.Токар – Х.: НТУ «ХПІ», 2012.– 112 с

Допоміжна література

1. Акмен Р.Г. Тепло- та масообмін. Текст лекцій. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 148 с.
2. Братута Е.Г., Павленко А.М., Кошлак А.В., Круглякова О.В.
3. Пористі теплоізоляційні матеріали. Монографія. – Х.: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. – 107 с.
4. Погорелов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навчальний посібник для вузів. – Львів : «Новий світ – 2000», 2006. – 144 с
5. Rajendra Karwa. Heat and mass transfer. Second edition – Springer, 2020. – 1147 p
6. Charles H. Forsberg. Heat Transfer Principles and Applications – Academic Press, 2020. – 545 p.

Інформаційні ресурси

1. Нестационарна теплопроводность. Сайт доступу:
https://studref.com/363088/agropromyshlennost/nestatsionarnaya_teploprovodnost_neogranichennoy_plastiny_granichnyh_usloviyah_roda
2. Тепломасообмін в прикладах і задачах.
3. Сайт доступу:
https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/chepurnij_tplomasoob/12.htm
4. Steam tables calculator [Електронний ресурс]. –
<https://www.steamtablesonline.com/steam97web.aspx?lang=ua>.

Розробник
К.Т.Н., доцент



Юреско Т.А.