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
_____ Слобдян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Математичне моделювання в наукових дослідженнях
Mathematical modeling in scientific research

рівень вищої освіти	магістрський
тип дисципліни	вибіркова
мова(и) викладання	українська

Миколаїв 2022

Робоча програма навчальної дисципліни «**Математичне моделювання в наукових дослідженнях»** .

" 30 " 06 2022 року. 16 с.

Розробник: Пацурковський Павло Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» розглянуто на засіданні кафедри Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок
Протокол № 8 від « 01 » 07 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Димо Б.В.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» розглянуто методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту
Протокол № 2 від « 22 » 09 2022 р.

Голова _____ Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» погоджено з навчальним відділом

Начальник навчального відділу _____ Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» затверджено Навчально-методичною радою НУК
Протокол № 7 від « 28 » 09 2022 р.

Голова НМР НУК _____ Слободян С.О.

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 7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування..... 10
7. Форми поточного та підсумкового контролю 10
8. Критерії оцінювання результатів навчання 13
9. Засоби навчання 14
10. Рекомендовані джерела інформації 14

Додаток 16

ВСТУП

Анотація

Стрімкий розвиток науки і техніки, розробка нових технологій та оптимізація конструкцій теплоенергетичного обладнання вимагають високоякісної підготовки студентів.

Дисципліна «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» є вибірковою дисципліною підготовки магістрів.

Даний курс формує базові знання з основ дослідження енергетичного устаткування, використання чисельних методів для розв'язання диференційних рівнянь процесів теплообміну, гідро- та газодинаміки, розробки та реалізації математичних моделей елементів енергетичного устаткування, а також їх подальшого дослідження.

Курс передбачає ознайомлення з основними принципами та підходами, покладеними в основу наукових досліджень енергетичного устаткування, що дозволяють проводити дослідження впливу конструктивних змін на показники енергоефективності та масогабаритні показники.

Ключові слова: математичне моделювання, теплоенергетичне обладнання, оптимізація, енергоефективність, теплообмін.

Abstract

The rapid development of science and technology, the development of new technologies and optimization of thermal power equipment designs require high-quality students education.

The discipline "Mathematical modeling in scientific research" is an optional discipline for master's degree students.

This course forms basic knowledge of the basics of power equipment research, using of numerical methods for solving differential equations of heat exchange processes, hydro- and gas dynamics, development and implementation of mathematical models of power equipment elements, as well as their further research.

The course includes studying the main principles and approaches that form the basis of scientific research of energy equipment, which allow to conduct research on the impact of structural changes on energy efficiency, weight and dimensional indicators.

Keywords: mathematical modeling, thermal energy equipment, optimization, energy efficiency, heat exchange.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>Денна форма навчання (ДФН)</td><td>Заочна форма навчання (ЗФН)</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Галузь знань:</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="8">Спеціальність:

Освітня програма:</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання:
-</td><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 150</td><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4;
самостійної роботи студента – 6</td><td rowspan="3">Освітній рівень:
другий (магістерський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>130 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: залік</td></tr>
<tr><td colspan="3">Форма контролю: письмова.</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета вивчення навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» полягає в формуванні у студентів здатності застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в енергетиці, застосуванні та удосконаленні математичних та комп'ютерних моделей, наукових і технічних методів та сучасного комп'ютерного програмного забезпечення для розв'язання інженерних задач в теплоенергетиці.

3. Передумови для вивчення дисципліни

4. Очікувані результати навчання

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

- розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.

- аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач енергетики.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Денна форма навчання

Змістовий модуль 1. Математичні моделі теплообмінних процесів та методи розв'язання крайових задач теплообміну.

Тема 1. Основи математичного моделювання теплообмінних процесів.

Лекція 1. Вступ. Предмет та об'єкт вивчення дисципліни. Основні етапи математичного моделювання. Основні поняття теорії математичного моделювання та оптимізації.

Література: [1] с. 10-21, [3] с. 6-20.

Лекція 2. Класифікація математичних моделей. Структура та компоненти математичної моделі теплотехнічного устаткування. Рівняння теплового і матеріального балансу.

Література: [2] с. 54-57, [3] с. 6-20, с. 42-48, [4] с. 380-394.

Лекція 3. Математичні моделі найпростіших типів теплообмінних апаратів. Основні закони та рівняння теплообмінних процесів.

Література: [1] с. 138-144, [3] с. 20-29.

Тема 2. Математичні основи чисельних методів рішення задач теплообміну.

Лекція 4. Основи регресійного і кореляційного аналізу баз даних фізичних величин.

Література: [1] с. 71-80, [5] с. 5-16, [6] с. 17-23, [7] с. 6-7, [9] с. 12-29.

Лекція 5. Апроксимація експериментальних та графічних даних.

Література: [5] с. 7-16, [6] с. 24-33, [8] с. 22-33, [13] с. 67-71.

Лекція 6. Крайові умови.

Література: [1] с. 138-141, [4] с. 22-41.

Тема 3. Теорія подібності в дослідженні процесів тепло- та масообміну.

Лекція 7. Фізичне моделювання.

Література: [1] с. 27-30, [4] с. 129-143.

Лекція 8. Основи теорії подібності. Критерії подібності.

Література: [1] с. 30-37, [4] с. 129-143.

Тема 4. Чисельні методи розв'язання диференційних рівнянь теплообміну.

Лекція 9. Метод скінченних об'ємів.

Література: [2] с. 27-41.

Лекція 10. Метод скінченних елементів.

Література: [2] с. 46-54.

Лекція 11. Метод скінченних різниць.

Література: [2] с. 18-24, [6] с.34-41.

Змістовий модуль 2. Оптимізація роботи енергетичного устаткування.

Тема 5. Оптимізація роботи теплообмінних апаратів.

Лекція 12. Основні поняття оптимізації роботи теплоенергетичного обладнання.

Література: [1] с. 160-165, [7] с. 33-38.

Лекція 13. Методологічні основи оптимізації. Критерій оптимальності.

Література: [1] с. 160-181.

Лекція 14. Методи пошуку екстремуму (оптимізації) функції.

Література: [1] с. 165-197.

Лекція 15. Методи створення та оптимізації алгоритму теплового розрахунку теплообмінного апарату.

Література: [1] с. 198-231, [6] с. 56-72.

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 (М1)										
Змістовий модуль 1. Математичні моделі теплообмінних процесів та методи розв'язання крайових задач теплообміну.										
Тема 1. Основи математичного моделювання теплообмінних процесів.	20	6	2	-	12	17	2	-	-	15
Тема 2. Математичні основи чисельних методів рішення задач теплообміну.	30	6	6	-	18	30	2	2	-	26
Тема 3. Теорія подібності в дослідженні процесів тепло- та масообміну.	25	4	6	-	15	26	2	2	-	22
Тема 4. Чисельні методи розв'язання диференційних рівнянь теплообміну.	30	6	6	-	18	32	2	4	-	26
Разом за змістовим модулем 1	**105**	**22**	**20**	**-**	**63**	**105**	**8**	**8**	**-**	**89**
Змістовий модуль 2. Оптимізація роботи енергетичного устаткування.										
Тема 5. Оптимізація роботи теплообмінних апаратів.	8	8	10	-	27	45	2	2	-	41
Разом за змістовим модулем 2	**45**	**8**	**10**	**-**	**27**	**45**	**2**	**2**	**-**	**41**
Усього годин за М1	**150**	**30**	**30**	**-**	**90**	**150**	**10**	**10**	**-**	**130**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Інтерполяція та екстраполяція баз даних фізичних величин. Апроксимація експериментальних та графічних даних. Метод найменших квадратів.	4	1
2	Теорія подібності теплових процесів	2	1
3	Чисельне розв'язання диференціальних рівнянь теплообміну в частинних похідних	6	2
4	Чисельне розв'язання крайових задач теплообміну	6	2
5	Математичне моделювання теплообмінних апаратів	6	2
6	Оптимізація процесів теплообміну	6	2
	Разом	**30**	**10**

Самостійна робота

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	15	5
2	Підготовка до практичних занять	30	20
3	Підготовка до заліку	15	30
4	Виконання контрольної роботи	30	75
	Разом	**90**	**130**

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 комп'ютерному класі Старого навчального корпусу НУК. Результати цієї роботи проявляються при захисті студентом практичних робіт та складанні заліку.

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

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

Засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування: усні відповіді; практичні роботи, залік.

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 заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (виконання контрольної роботи та практичних робіт, а також складання конспекту за матеріалами 1-го та 2-го змістових модулів для студентів денної та заочної форми навчання).

Студенти виконують та захищають 5 практичних робіт у встановлений термін. Максимальна кількість балів за практичну роботу становить 6 балів з урахуванням правильності та якості оформлення звіту та висновків, а також відповідей на запитання викладача стосовно тематики роботи. Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів.

Студенти денної та заочної форм навчання мають підготувати конспект лекцій за темами дисципліни. Максимальна оцінка студента за конспект лекцій 30 балів.

Студенти денної та заочної форми навчання складають залік. Питома вага заліку в загальній системі оцінок – **40 балів**. Залік проводиться в письмовій формі. Заліковий білет включає **4 запитання**. Максимальна кількість балів, яку набирає студент за відповідь на одне питання – 10 балів.

Право здавати залік 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 заліку. Якщо сумарна кількість балів з поточного модульного контролю становить менше 60%, студент має повторно виконати практичні роботи та скласти конспект лекцій.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Кількість балів	**Критерії оцінювання практичних занять**
5	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу самостійно згідно методичних вказівок; чітко формулює мету роботи та основні положення теорії; застосовує коректні методи обробки отриманих результатів та комп'ютерні програми; у висновках надає коректну інтерпретацію результатів; звіт відповідає вимогам до оформлення практичних робіт. Студент правильно відповідає на 90…100 % контрольних запитань.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно методичних вказівок, іноді після консультацій викладача; правильно формулює мету роботи та основні положення теорії; в цілому правильно складає звіт та робить висновки; відповідає на 74…89 % контрольних запитань.
3	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно методичних вказівок, складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки; відповідає на 60…73 % контрольних запитань.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу після консультацій викладача; складає звіт, що містить значні неточності у висновках та помилки; відповідає на 35…59 % контрольних запитань.
0…1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу після консультацій викладача; складає звіт, що містить значні неточності у висновках та помилки; відповідає менше ніж на 35% контрольних запитань.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів (6 робіт по 5 балів).

Кількість балів	**Критерії оцінювання контрольної роботи**
25…30	Контрольна робота виконана у встановлений термін без помилок або з незначною помилкою. Відповіді на питання правильні, повні, логічні,

	містять аналіз, систематизацію, узагальнення, аргументовані висновки.
20…25	Контрольна робота виконана у встановлений термін з декількома незначними помилками. Відповіді на питання переважно правильні та повні.
15…20	Контрольна робота виконана у встановлений термін зі значною кількістю дрібних помилок. Відповіді на питання переважно правильні
10…15	Контрольна робота виконана з порушенням встановлених термінів з однією грубою помилкою та значною кількістю дрібних помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
0…10	Контрольна робота виконана з порушенням встановлених термінів зі значною кількістю грубих помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів.

Кількість балів	**Критерії оцінювання конспекту лекцій**
25…30	Питання лекцій теми розкриті повністю, матеріал лекцій містить відповідні ілюстративні матеріали: рисунки, принципові схеми, таблиці і формули.
20…25	Питання більшості лекцій теми розкриті повністю, але деякі потребують незначного доопрацювання, матеріал лекцій містить відповідні ілюстративні матеріали: рисунки, таблиці, схеми і формули.
15…20	Питання значної кількості лекцій теми розкриті не повністю і потребують доопрацювання, деякі лекції не містять відповідні рисунки, таблиці, схеми і формули.
10…15	Питання більшості лекцій теми розкриті не повністю і потребують доопрацювання, лекції не містять відповідні рисунки, таблиці, схеми і формули.
0…10	Питання переважної більшості лекцій теми не розкриті, повна відсутність рисунків, таблиць, схем і формул.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів.
Кількість балів	**Критерії оцінювання заліку**
10	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
8…9	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
6…7	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок.
3…5	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0…2	Відповідь на питання неповна або відсутня, не підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (4 *питання по 10 балів*).

Поточний та підсумковий контроль

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Поточний модульний контроль		
Виконання та захист практичних робіт	5*6 балів = 30	5*6 балів = 30
Контрольна робота	30 балів	–
Конспект лекцій	–	5*6 балів = 30
Підсумковий контроль		
Залік	4*10 балів = 40	4*10 балів = 40
Всього	**100**	**100**

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	Т1	Практична робота №1	5
	Т2	Практична робота №2	5
	Т3	Практична робота №3	5
	Т4	Практична робота №4	5
		Практична робота №5	5
ЗМ 2	Т5	Практична робота №6	5
Поточний контроль		Контрольна робота	30
Підсумковий контроль		Залік	40
Сума			**100**

		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	Т1	Практична робота №1	5
	Т2	Практична робота №2	5
	Т3	Практична робота №3	5
	Т4	Практична робота №4	5
		Практична робота №5	5

ЗМ 2	Т5	Практична робота №6	5
ЗМ 1	Т1	Конспект лекцій	6
	Т2	Конспект лекцій	6
	Т3	Конспект лекцій	6
	Т4	Конспект лекцій	6
ЗМ 2	Т5	Конспект лекцій	6
Підсумковий контроль		Залік	40
Сума			100

Шкала оцінювання ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90-100	**A**
82-89	**B**
74-81	**C**
64-73	**D**
60-63	**E**
35-59	**FX**
0-34	**F**

9. Засоби навчання

Як наочний матеріал на заняттях використовуються: слайди з диференціальними рівняннями, що описують основні процеси, які мають місце в теплообмінних апаратах, рисунки з результатами моделювання процесів, що протікають в теплообмінному обладнанні. Лекційні заняття проводяться на кафедрі технічної теплофізики та суднових паровиробних установок НУК, а лабораторні – в комп'ютерному класі.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Мисюра Т. Г. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології [Електронний ресурс]: курс лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання – К.: НУХТ, 2020. – 234 с.

2. Панов Є. М., Карвацький А. Я., Шилович І. Л. Математичне моделювання складного теплообміну повітряних регенераторів. Монографія. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 103 с.

3. Риндюк Д.В. Математичне моделювання теплових процесів в енергетиці та промисловості. Частина 1» [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. третього рівня вищої освіти (PhD) спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 69 с.

4. Богач І. В., Краковецький О. Ю., Крилик Л. В. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь засобами MathCAD : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 106 с.

5. Лейбович Л. І., Пацурковський П. А. Розрахунки термодинамічного циклу в Mathcad // Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт. – Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2019. – 44 с.

6. Лейбович Л.І. Математичні методи та моделі розрахунків процесів теплообміну. Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2012. – 102 с.

7. Лейбович Л.І. Практикум по математичному моделюванню та оптимізації процесів теплообміну. – Миколаїв: НУК, 2008. – 44 с.

Допоміжна література

1. Юшко С.В., Борщ О.Є., Юшко М.А. Стаціонарна теплопровідність: навчальний посібник. – Х.: НТУ «ХПІ», 2011. – 80 с.

2. Худолей Г.М. Математичне моделювання та застосування ЕОМ у хімічній технології : конспект лекцій. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 183 с.

3. Гершанік В. І. Числові методи вирішення задач енергетики: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 96 с.

ДОДАТОК

Результати перегляду робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях»

Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	Разом		

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	Разом		

Зміни до робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання в наукових дослідженнях» розглянуто на засіданні кафедри технічної теплофізики та суднових паровиробних установок.

Протокол №___ від «___»_____20 р.

Завідувач кафедри _____ Б.В. Димо