

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з науково-  
педагогічної роботи  
Антон ПАЙТЕЛЕЙМОНОВ



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

\_\_\_\_\_ р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Комп'ютерне моделювання в енергетичних системах**

рівень вищої освіти бакалавр

галузь знань 10 природничі науки

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма Прикладна фізика енергетичних систем

вид дисципліни за вибором

ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

2021/2022 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

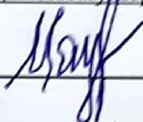
"30" 06 2021 року, протокол № с-2/21

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
Костянтин МЯГКОХЛІБ к.т.н., с.н.с., доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Протокол від "30" червня 2021 року, №6/21

Завідувач кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

 Юрій МАЦЕВИТИЙ

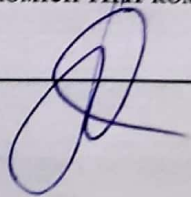
Програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником проектної групи)

Прикладна фізика енергетичних систем  Руслан СУХОВ

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2021 року, № \_\_\_\_\_

Голова науково-методичної комісії ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

 Ольга ЛІСІНА

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Комп’ютерне моделювання в енергетичних системах” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 105 — прикладна фізика і наноматеріали, освітня програма «Прикладна фізика енергетичних систем».

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з відомими числовими алгоритмами для розв’язання фізичних задач та оволодіння ними підходами до моделювання фізичних процесів, навичками використання сучасних типових числових методів та сучасних програмних середовищ. Курс „Комп’ютерне моделювання в енергетичних системах” є важливою складовою підвищення професійної та практичної підготовки та вдосконалення їх знань та умінь на старших курсах.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є створення практичної основи для розуміння студентами математичного апарату теоретичної та прикладної фізики.

1.3. Кількість кредитів — 5

1.4. Загальна кількість годин — 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна	
Вид кінцевого контролю (семестровий екзамен або залік)	
Семестровий залік	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
7-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
	год.
Лабораторні заняття	
32 год.	год.
Самостійна робота	
86 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

#### 1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з освітньо-науковою програмою «Прикладна фізика енергетичних систем» спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання (Р):

Р01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

Р02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

P03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

P04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

P05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

P06. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

P07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики

P8. Вільно спілкуватися

P9. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.

P10. Планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.

P11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

P12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

P13. Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**Знати:** основні підходи для створення комп'ютерних моделей в різних природничих науках, числових різницевоїх схем для розв'язання рівнянь фізики, хімії та біології та застосування імовірнісних методів до створення більш складних числових моделей для фізичних, хімічних та біологічних об'єктів, що можуть бути описані за допомогою числових комп'ютерних алгоритмів.

**Вміти:** самостійно будувати алгоритми розв'язків задач фізики, хімії та біології та створювати числові схеми для комп'ютерного моделювання фізичних, хімічних та біологічних об'єктів за допомогою кінцевих різниць та імовірнісних методів..

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### Розділ 1. Теорія математичного моделювання теплових процесів. Програмні засоби математичного моделювання.

Тема 1. Термінологія. Математична модель теплопровідності. Перетворення моделі. Загальна постановка крайової задачі теплофізики. Початкові та граничні умови.

Тема 2. Зворотне перетворення залежної змінної величини моделі теплопровідності. Дискретизація математичної моделі.

Тема 3. Програмні засоби моделювання методами скінченних різниць та об'ємів, граничних та скінченних елементів.

Тема 4. Вирішення двовимірної прямої задачі з урахуванням анізотропії теплофізичних властивостей.

**Розділ 2. Застосування математичного моделювання теплофізичних процесів. Теорія розв'язання обернених задач теплофізики засобами математичного моделювання.**

Тема 5. Моделювання теплових процесів, що виникають при шліфуванні. Тривимірне моделювання температурного поля при торцевому шліфуванні.

Тема 6. Прямі та обернені задачі теплофізики.

Тема 7. Вирішення оберненої задачі при вивченні теплопровідності керамічних матеріалів, теплофізичних властивостей аморфних металів та теплофізичних характеристик надтвердих матеріалів.

Тема 8. Термінологія та інші загальні питання теорії вирішення обернених задач. Види постановок обернених задач теплопровідності. Коректність та єдиність розв'язку.

**3. Структура навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		о	лк	п	лб	інд		ср	о	лк	п	лб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Теорія математичного моделювання теплових процесів. Програмні засоби математичного моделювання.</b>												
1. Термінологія. Математична модель теплопровідності. Перетворення моделі. Загальна постановка крайової задачі теплофізики. Початкові та граничні умови.	19	4	4			11						
2. Зворотне перетворення залежної змінної величини моделі теплопровідності. Дискретизація математичної моделі.	19	4	4			11						
3. Програмні засоби моделювання методами скінченних різниць та об'ємів, граничних та скінченних елементів.	19	4	4			11						
4. Вирішення двовимірної прямої задачі з урахуванням анізотропії теплофізичних властивостей.	19	4	4			11						
<b>Разом – Розділ 1</b>	<b>76</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>44</b>						
<b>Розділ 2. Застосування математичного моделювання теплофізичних процесів. Теорія розв'язання обернених задач теплофізики засобами математичного моделювання.</b>												
5. Моделювання теплових процесів, що виникають при шліфуванні. Тривимірне моделювання температурного поля при торцевому шліфуванні.	19	4	4			11						
6. Прямі та обернені задачі теплофізики.	19	4	4			11						

7. Вирішення оберненої задачі при вивченні теплопровідності керамічних матеріалів, теплофізичних властивостей аморфних металів та теплофізичних характеристик надтвердих матеріалів.	18	4	4			10							
8. Термінологія та інші загальні питання теорії вирішення обернених задач. Види постановок обернених задач теплопровідності. Коректність та єдиність розв'язку.	18	4	4	4		10							
<b>Разом – Розділ 2</b>	<b>74</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>42</b>							
<b>УСЬОГО ГОДИН</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>86</b>							

#### 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Запис початкових та граничних умов у конкретних випадках. Дискретизація математичної моделі у конкретних випадках.	8
2	Ознайомлення з програмними засобами моделювання методом скінченних різниць.	8
3	Аналіз результатів моделювання теплових процесів, що виникають в енергетичних системах.	8
4	Вивчення видів постановок обернених задач теплопровідності на конкретних прикладах. Класифікація конкретних методів розв'язання обернених задач теплопровідності.	8
Разом		32

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення способів перетворення моделі за допомогою рекомендованої літератури. Застосування перетворення Кірхгофа для розрахунку температур у багатошаровій стінці.	22
2	Вивчення зворотного перетворення залежної змінної величини моделі теплопровідності на конкретних прикладах.	21
3	Вивчення методу спрощення математичного моделювання нестационарних теплових процесів за допомогою інтегрального перетворення Гудмена. Детальне вивчення методу скінченних елементів.	22
4	Аналіз результатів вирішення оберненої задачі при вивченні теплофізичних властивостей металів та теплофізичних характеристик матеріалів які використовуються в енергетичних системах.	21
Разом		86

#### 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено

#### 7. Методи навчання

Для проведення лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний та(або) метод проблемного викладання.

Практичні, семінарські заняття проводяться за репродуктивним або частково-пошуковим методами.

Якщо за якихось непередбачуваних обставин вводиться дистанційне навчання може використовуватися дослідницький метод або комбінації методів.

## 8. Методи контролю

На заняттях проводяться опитування та розв'язання задач. По закінченні теми проводиться експрес контроль. Поточний контроль засвоєння матеріалу включає:

оцінку відповідей та роботи на практичних заняттях (експрес контрольні роботи та тестові завдання проводяться з метою перевірки якості роботи студента на практичних заняттях в аудиторії). Тривалість експрес-контролю 10 хвилин. Кожен експрес-контроль містить 2 завдання.

Кількість балів за експрес контрольні роботи:

- експрес контроль №1 (теми 1,2) – 25 балів;
- експрес контроль №2 (тема 3,4) – 25 балів;
- експрес контроль №3 (тема 5,6) – 25 балів;
- експрес контроль №4 (тема 7,8) – 25 балів;
- Загалом (100 балів).

Відсутність студента на занятті або невиконання експрес-контролю приносить студенту 0 балів.

У навчальному процесі використовуються такі види контролю: поточний, розрахунково-графічні роби, рубіжний, підсумковий.

Поточний контроль проводиться викладачами на всіх видах аудиторних занять. Основне завдання поточного контролю – перевірка рівня підготовки студентів до виконання конкретної роботи. Основна мета поточного контролю – забезпечення зворотного зв'язку між викладачами та студентами у процесі навчання, забезпечення управління навчальною мотивацією студентів. Інформація, одержана при поточному контролі, використовується як викладачами - для коригування методів і засобів навчання, так і студентами – для планування самостійної роботи.

Контроль виконання розрахунково-графічної роботи (ваговий бал - 30) проводиться у вигляді обговорення результатів виконання кожного із завдань. Максимальна кількість балів за правильність виконання обчислень – 10 балів; невиконання розрахункового завдання приносить студенту 0 балів. Максимальна кількість балів за відповіді на питання 20 балів. Максимальна кількість балів за кожне виконане й здане розрахункове завдання 30 балів.

Рубіжний контроль – це контроль знань студентів після вивчення логічно завершеної частини навчальної програми дисципліни. Цей контроль може бути тематичним або календарним і проводиться у формі контрольної роботи, тестування, виконання розрахункового або розрахунково-графічного завдання, курсового проекту (роботи) та ін.

Підсумковий контроль забезпечує оцінку результатів навчання студентів певного освітньо-кваліфікаційного рівня на проміжних або заключному етапах їх навчання. Він включає семестровий контроль і державну атестацію студентів.

Залік (диференційний залік) – це вид підсумкового контролю, при якому засвоєння студентом навчального матеріалу з дисципліни оцінюється на підставі результатів поточного контролю (тестування, поточного опитування, виконання

індивідуальних завдань та певних видів робіт на практичних, семінарських або лабораторних заняттях) протягом семестру. Семестровий залік планується за відсутністю екзамену і не передбачає обов'язкової присутності студентів на заліковому заході.

Семестровий контроль з певної дисципліни проводиться відповідно до навчального плану у вигляді семестрового екзамену, диференційованого заліку в терміни, встановлені графіком навчального процесу та в обсязі навчального матеріалу, визначеному робочою програмою дисципліни. Форма проведення семестрового контролю (усна, письмова, комбінована, тестування тощо), зміст і структура екзаменаційних білетів (контрольних завдань) та критерії оцінювання визначаються рішенням циклової комісії.

Державна атестація студентів проводиться державною екзаменаційною комісією після закінчення навчання за певним освітньо-кваліфікаційним рівнем. Основним завданням державної атестації є встановлення відповідності рівня якості підготовки випускників вимогам стандартів вищої освіти. За результатами позитивної атестації видається диплом державного зразка про здобуття відповідного освітнього рівня та отриману кваліфікацію. Нормативні форми державної атестації (захист дипломного проекту або роботи, державний екзамен тощо) визначається навчальним планом згідно з вимогами відповідної ОПП.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Сума	
Розділ 1		Розділ 2		Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	100
T1-T2	T3-T4	T5-T6	T7-T8			
25	25	25	25	–	–	

### Критерії оцінювання навчальних досягнень

#### Загальні критерії оцінювання

I рівень оцінювання (задовільно). Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлюється початковими уявленнями про предмет вивчення. Студент відтворює основний навчальний матеріал, здатний виконувати завдання за зразком, володіє елементарними вміннями навчальної діяльності.

II рівень - достатній (добре). Студент знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями, вміє робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь повна, правильна, логічна, обґрунтована.

III рівень - високий (відмінно). Студент здатний самостійно здійснювати основні види навчальної діяльності. Знання студента є глибокими, міцними, узагальненими; студент вміє застосовувати знання творчо, його навчальна діяльність позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію.

Вивчення дисципліни у вищих навчальних закладах I-II рівнів акредитації повинно дати не тільки певну суму знань, а й підготувати студентів для освоєння обраної професії та допомоги формувати світогляд.



Складовими навчальних досягнень студентів є вміння відтворювати отриману інформацію, знаходити нову, оцінювати її та застосовувати в стандартних і не стандартних ситуаціях.

Тому потрібно оцінювати:

- 1) рівень володіння теоретичними знаннями;
- 2) рівень вмінь використовувати теоретичні знання під час розв'язування задач;
- 3) рівень володіння практичними уміннями та навичками, які виявляються під час виконання практичних робіт;
- 4) оцінювання творчих робіт студентів (рефератів, експериментальних робіт, особливо пов'язаних з майбутньою професією).

#### I Оцінювання рівня теоретичних знань.

Відповідь з теорії може складатися:

- 1) з викладу теоретичного матеріалу;
- 2) формування правил, законів, закономірностей;
- 3) із завдань на вибір правильної відповіді

При оцінюванні відповідей з теорії враховується:

- 1) обсяг відтвореної інформації та її співвідношення до обсягу повної інформації з даного питання;
- 2) обсяг додаткової інформації, здобутої студентом, та доцільність її використання;
- 3) частота допомоги викладача;
- 4) кількість похибок (помилки, недоліків, неточностей) у відповіді;
- 5) логічний зв'язок відтвореної інформації.

#### II Оцінювання рівня вмінь використовувати знання при розв'язанні практичних задач

У процесі оцінювання задача розбивається на окремі логічні кроки та операції; кожному з яких залежно від їх складності та значущості дається певна кількість балів або їх частина.

При оцінюванні вмінь та знань студента треба користуватися такими критеріями та характеристиками рівнів.

Середній рівень (задовільно) передбачає вміння розв'язувати задачі репродуктивного характеру, тобто за готовою логічною схемою знайти вірне рішення.

Достатній рівень (добре) передбачає розв'язування задач на 4-6 логічних кроків репродуктивного характеру, розв'язання яких потребує практичного застосування набутих знань з обґрунтуванням процесу міркувань без допомоги викладача.

Високий рівень (відмінно) передбачає розв'язання стандартних задач оригінальним способом або самостійне розв'язання нестандартних задач на 4 та більше кроків.

#### Критерії оцінювання знань студентів на заліку

Характеристики критеріїв оцінювання знань	За державною (національною) шкалою	За 100 бальною шкалою
Характеризується знаннями суттєвих ознак, понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними. Студент самостійно засвоює знання у стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, синтезом, узагальненням, порівнянням, абстрагуванням), уміє робити висновки, виправляти допущені помилки. навчальна діяльність позначена уміннями самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації,	Зараховано	50-100

явища, факти, виявляти і відстоювати особистісну позицію.		
Незнання значної частини навчального матеріалу, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння застосувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач.	Не зараховано з можливістю повторного складання заліку	25-49
Незнання значної частини навчального матеріалу, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння орієнтуватися при розв'язанні практичних задач, незнання основних фундаментальних положень.	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни	1-24

#### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

#### 10. Рекомендована література

##### Основна

1. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1966. – 724 с.
2. Мацевитый Ю. М. Обратные задачи теплопроводности. Т. 1. Методология. – Киев: Наук. думка, 2002. – 408 с.

##### Допоміжна

1. Каслоу Х. С., Егер Д. К. Теплопроводность твердых тел. – М.: Наука, 1964. – 488 с
2. Демидович Б. П., Марон И. А., Шаталова Э. З. Численные методы анализа. – М.: Физматгиз, 1967. – 368 с.

#### 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотеки ХНУ ім. В. Н. Каразіна та ІТМаш НАН України.