

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В.І. ВЕРНАДСЬКОГО  
Навчально-науковий інститут  
муніципального управління та міського господарства  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики**

**ЗАТВЕРЖУЮ**  
Директор інституту  
**В. Б. Кисельов**  
3 вересня 2019 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
“ Математичне моделювання та  
оптимізація процесів тепломасообміну”**

**галузь знань:** 14 «Електрична інженерія»

**за спеціальністю:** 144 «Теплоенергетика»

**інститут:** навчально-науковий інститут муніципального  
управління та міського господарства

Київ - 2019 рік

**Робоча навчальна програма з дисципліни “Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну ”** складена для здобувачів другого рівня вищої освіти «Магістр» відповідно до програми підготовки фахівців за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» для денної (заочної) форм навчання.

Укладач: Омецинська Н.В., к.т.н., доцент кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики.

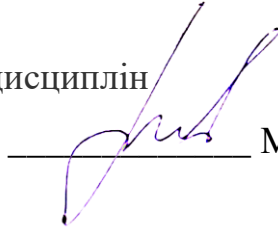
Робочу програму схвалено на засіданні кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики

Протокол від 28 серпня 2019 року №1

Завідувач кафедри

загальноінженерних дисциплін

та теплоенергетики



Медведєв М.Г.

## 1. Програма навчальної дисципліни

### Передумови для вивчення дисципліни

Попередні дисципліни	Наступні дисципліни
<i>Вища математика</i>	<i>Управління інноваційними проектами в теплоенергетиці</i>
<i>Комп'ютерні технології та програмування</i>	<i>Енергозбереження в теплопостачанні</i>
<i>Математичні методи та моделі теплоенергетичних процесів</i>	<i>Магістерська кваліфікаційна робота</i>
<i>Тепломасообмін</i>	
<i>Тепломасообмін будинків та енергозбереження будинків</i>	

**Метою викладання дисципліни** «Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну» є оволодіння студентами теоретичних знань, вмінь та практичних навичок застосування методів моделювання та оптимізації процесів тепломасообміну та пошук найбільш ефективних технологічних режимів їх роботи. Також пріоритетними завданнями є формування у студента таких компетенцій:

#### *Загальні компетентності (ЗК)*

- ЗК2. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми з фаху;
- ЗК10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з відповідних джерел.

#### *Фахові компетентності (ФК)*

- ФК1. Здатність до аналізу та синтезу перспективних напрямків розвитку технологій галузі
- ФК2. Здатність використовувати сучасні методи аналізу та розрахунків показників ефективності теплотехнологічного обладнання, обладнання водопідготовчих установок.

#### *Програмні результати навчання(РН)*

– РН7. Знати методи проведення досліджень та вміти аналізувати складність технічних систем, розуміти складність задач оптимізації цих систем та їх елементів, та вдосконалювати методики їх проведення.

– РН9. Знати методи дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатофункціональність для розв'язання наукових завдань в галузі професійної діяльності.

– РН10. Вміти застосовувати на практиці знання та компетенції в предметній області та розуміння потреб професії.

– РН14. Вміти застосовувати на практиці базові знання щодо проектування та експлуатації теплоенергетичних систем та установок

– РН17. Здатність застосовувати знання в галузі теплоенергетичних процесів, технології опрацювання режимної інформації та експлуатація устаткування.

– РН18. Вміти застосовувати раціональні технології функціонування теплоенергетичних систем традиційних та інноваційних на базі енергозберігаючих технологій, а також впровадженні інноваційних проектів законодавство ЄС в галузі електричної інженерії.

Для вивчення дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну» необхідні знання в області «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Основи наукових досліджень», «Дипломне проектування».

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен продемонструвати :

### **ЗНАННЯ:**

- які дозволяють аналізувати і опрацьовувати ідеї і думки (предметні знання);
- інженерної і наукової діяльності (володіння широкими й глибокими принциповими знаннями);
- методів самоосвіти;
- принципів наукової і дослідницької діяльності;

- які дозволяють аналізувати та об'єднувати різні частини цілого, враховуючи їх вплив на загальний результат.

### **УМІННЯ:**

- отримувати, класифікувати та використовувати інформацію для інженерної та інноваційної діяльності, аналізувати стан існуючих систем, планувати та впроваджувати зміни для їх вдосконалення, розробляти нові системи;
- розв'язувати складні наукові та практичні задачі і проблеми, що потребують оновлення та інтеграції знань, в умовах неповної або недостатньої інформації та суперечливих вимог;
- розробляти, з використанням сучасних комп'ютерних методів та засобів, оптимальні конструкції та експлуатаційні режими роботи теплоенергетичного і теплотехнологічного обладнання;
- застосовувати сучасні програмні засоби для роботи в комп'ютерних мережах, створювати бази даних і використовувати internet-ресурси для рішення поставлених інженерних задач.

На вивчення навчальної дисципліни заплановано

*180 години 6 кредитів ECTS.*

*Мова навчання: українська мова.*

**Консультативну допомогу здобувачі вищої освіти можуть отримати у науково-педагогічних працівників кафедри, які безпосередньо проводять заняття або звернувшись з письмовим запитом на електронну пошту за адресою [kaf\\_zidte@tnu.edu.ua](mailto:kaf_zidte@tnu.edu.ua).**

## **Структура навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Мета, об'єкти дослідження та оптимізації.**

*Тема 1.1. Критерії оптимізації. Поетапна оптимізація.*

*Тема 1.2. Види моделей.*

### **Розділ 2. Принципи розробки математичних моделей.**

*Тема 2.1. Склад математичної моделі.*

*Тема 2.2.* Методи розробки математичних моделей.

### **Розділ 3. Метод балансових рівнянь.**

*Тема 3.1.* Ієрархія балансових рівнянь.

*Тема 3.2.* Модульне програмування.

*Тема 3.3.* Універсальне програмування.

### **Розділ 4. Матричне представлення теплових схем.**

*Тема 4.1.* Види матриць та їх складання на підставі теплової схеми.

*Тема 4.2.* Метод розриву потоків як інструмент зниження рівня ітеративності задачі.

### **Розділ 5. Теорія графів для розробки математичних моделей.**

*Тема 5.1.* Загальні поняття та визначення теорії графів.

*Тема 5.2.* Правило складання графу на підставі системи рівнянь.

*Тема 5.3.* Еквівалентні перетворення графу. Граф Кенігу.

*Тема 5.4.* Методи спрощення та визначення схемної функції графу.

### **Розділ 6. Класифікація методів оптимізації.**

*Тема 6.1.* Використання чисельних методів для рішення задач математичного моделювання.

## 2.Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів -денна форма: 6,0 -заочна форма: 6,0	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Цикл дисциплін, що формують фахові компетентності	
	144 «Теплоенергетика»		
Кількість розділів – 6	144 «Теплоенергетика»	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин –денна форма: 180 год. –заочна форма: 180 год.		1-й	1-й
		Семестр	
		1-й	1-й
	Ступінь вищої освіти: другий (магістерський)	Лекції	
		30 год.	8 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		30 год.	12 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		-	-
		<b>Самостійна робота</b>	
		120 год.	160 год.
		<b>в т.ч. індивідуальні завдання:</b>	
		.	-
<b>Вид контролю:</b>			
екзамен	екзамен		

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Мета, об'єкти дослідження та оптимізації.</b>												
Тема 1.1. Критерії оптимізації. Поетапна оптимізація.	9	2	2	-	5	6	5	0,5	0,5	-	-	4
Тема 1.2. Види моделей.	9	2	2	-	5	6	6	0,5	0,5	-	-	4
<b>Розділ 2. Принципи розробки математичних моделей.</b>												
Тема 2.1. Склад математичної моделі.	9	2	2	-	5	6	11,5	0,5	1	-	-	10
Тема 2.2. Методи розробки математичних моделей.	9	2	2	-	5	6	11,5	0,5	1	-	-	10
<b>Розділ 3. Метод балансових рівнянь.</b>												
Тема 3.1. Ієрархія балансових рівнянь.	16	4	2	-	10	4	18	0,5	1	-	-	16
Тема 3.2. Модульне програмування.	16	2	4	-	10	4	18	0,5	1	-	-	16
Тема 3.3. Універсальне програмування.	14	2	2	-	10	4	75	1	1	-	-	16
<b>Розділ 4. Матричне представлення теплових схем.</b>												
Тема 4.1. Види матриць та їх складання на підставі теплової схеми.	14	2	2	-	10	5	11,5	0,5	0,5	-	-	10
Тема 4.2. Метод розриву потоків як інструмент зниження рівня ітеративності задачі.	14	2	2	-	10	6	11,5	0,5	0,5	-	-	10
<b>Розділ 5. Теорія графів для розробки математичних моделей.</b>												
Тема 5.1. Загальні поняття та визначення теорії графів.	14	2	2	-	10	2	12	0,5	1	-	-	10
Тема 5.2. Правило складання графу на підставі системи	14	2	2	-	10	4	12	0,5	1	-	-	10



рівнянь.												
Тема 5.3. Еквівалентні перетворення графу. Граф Кенігу.	14	2	2	-	10	4	11,5	0,5	1	-	-	14
Тема 5.4. Методи спрощення та визначення схемної функції графу.	14	2	2	-	10	4	5	0,5	1	-	-	15
<b>Розділ 6. Класифікація методів оптимізації.</b>												
Тема 6.1. Використання чисельних методів для рішення задач математичного моделювання.	14	2	2	-	10	4	-	1	1	-	-	15
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>120</b>	<b>65</b>	<b>180</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>160</b>

#### 4. Плани семінарських занять

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Розгляд складних тепловикористовуючих установок, розділення їх на складові елементи, складання балансових рівнянь Література: [1,2,5]. Завдання на СРС: визначити основні складові частини об'єктів дослідження, навести приклади, проаналізувати склад об'єктів.
2	Моделювання циклу Ренкіна, виявлення залежності початкових та кінцевих параметрів циклу на його ефективність. Література: [4,7,9]. Завдання на СРС: здійснити практичні розрахунки, отримати значення критеріїв оптимізації, проаналізувати якісні показники.
3	Моделювання циклу з проміжним перегрівом пару, вибір оптимальних параметрів промперегріву. Література: [9,10]. Завдання на СРС: здійснити дослідження впливу тиску проміжного перегріву пари на критерій оптимізації, проаналізувати результати, вибрати оптимальне значення
4	Математичне моделювання теплообмінника. Література: [8,11,12]. Завдання на СРС: навести дослідження теплообміну в ТОА з різними початковими даними, здійснити вибір критерію оптимізації та визначити оптимальне його значення.
5	Загальні положення термoeкономiчної оптимізації. Література: [4,5,11,13]. Завдання на СРС: дослідити комплексний вплив критерію оптимізації енергoекологічних показників роботи установок, навести приклад.
6	Математичне моделювання процесів теплообміну в теплотехнічних пристроях. Література: [10-13]. Завдання на СРС: на підставі конкретного типу теплообмінника провести оптимізацію його роботи за приведеними витратами.
7	Використання методу балансових рівнянь для створення математичної моделі. Література: [9,11]. Завдання на СРС: створити систему рівнянь для математичної моделі парагенератора чи конденсатора на підставі даного методу.
8	Використання теорії графів для створення математичної моделі. Література: [6-8]. Завдання на СРС: на підставі системи рівнянь створити орієнтований граф за відповідними правилами.

## 5. Завдання самостійної роботи

Самостійна робота студентів – це форма організації навчального процесу, за якої заплановані завдання виконуються студентами самостійно під методичним керівництвом викладача.

Мета СРС – засвоєння в повному обсязі навчальної програми та формування у студентів загальних і професійних компетентностей.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин денна	Навчальна діяльність	Результат
1	Критерії оптимізації. Поетапна оптимізація. Визначення моделі та її види. Література: [2,4-5] Завдання на СРС: приклади моделей геометричної, фізичної та математичної.	10	Письмовий аналіз літератури; Вивчення матеріалу	Конспект, розв'язок завдань
2	Склад математичної моделі. Методи розробки математичних моделей. Література: [2,7]. Завдання на СРС: основні особливості статичної та динамічної складових математичних моделей.	10	Письмовий аналіз літератури; Вивчення матеріалу	Конспект, доповідь
3	Ієрархія балансових рівнянь. Література: [2,5]. Завдання на СРС: скласти ієрархічну послідовність балансових рівнянь теплоенергетичної або іншої складної системи.	10	Письмовий аналіз літератури; Вивчення матеріалу	Конспект, розв'язок завдань
4	Види матриць та їх складання на підставі теплової схеми. Література: [2,4,5]. Завдання на СРС: основні властивості матриці процесів для фізичного моделювання.	10	Письмовий аналіз літератури; Вивчення матеріалу	Конспект, розв'язок завдань
5	Загальні поняття та визначення теорії графів. Правило складання графу на підставі системи рівнянь Література: [2,6]. Завдання на СРС: навести власний приклад складання графу з шести гілок.	10	Письмовий аналіз літератури; Вивчення матеріалу	Конспект, розв'язок завдань
6	Використання чисельних методів для рішення задач математичного моделювання. Література: [5]. Завдання на СРС: особливості декомпозиційно-топологічних методів.	15	Письмовий аналіз літератури; Вивчення матеріалу	Конспект, розв'язок завдань
Разом		65		

## **6.Індивідуальні завдання**

Індивідуально – консультативна робота здійснюється у формі консультацій, перевірки й захисту завдань, що винесені на поточний контроль. Консультація – форма навчального заняття, під час якого студенти отримують відповіді на конкретні запитання або пояснення певних теоретичних положень та їх практичного застосування. Консультації проводяться у продовж семестру за розкладом консультацій на кафедрі, а також у період сесії перед екзаменом за розкладом консультацій, що складений деканатом та затверджений у відповідному порядку.

### **Методи навчання**

**Лекції:** докладне викладення навчального матеріалу із застосуванням мультимедійного проектору, оглядові лекції з використанням опорного конспекту, лекції-дискусії.

**Практичні заняття:** вирішення багатоваріантних задач на основі розрахунків на прикладі найпростіших завдань, розв'язання тестових завдань, представлення студентами доповідей за індивідуальними темами, написання модульних контролів, робота над індивідуальними завданнями.

**Самостійна робота студента:** форми, обсяги та види безпосередньо пов'язані із методикою і організацією аудиторної роботи, із станом забезпечення студента дидактичними і навчально-методичними матеріалами. Самостійне вивчення певного теоретичного матеріалу, підготовка до практичних робіт, самоаналіз навчальної роботи, виконання ОДЗ. Навчання студентів з дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну» потребує використання активних форм навчання, які наближують навчальний процес до реальних виробничих ситуацій.

При викладанні лекційного матеріалу передбачено поєднання таких форм і методів навчання, як лекції – бесіди і лекції-візуалізації.

**Лекція – бесіда** забезпечує безпосередній контакт викладача з аудиторією і дозволяє привернути увагу студентів до найбільш важливих питань теми лекції, визначити у процесі діалогу особливості сприйняття навчального матеріалу студентами, завдяки чому лектор може оперативно вносити корективи у викладання лекції. У свою чергу, студенти мають можливість обмірковувати поставлені запитання, робити самооцінку рівня своєї підготовки, дійти самостійно до певних висновків і узагальнень.

**Лекція-візуалізація** являє собою візуальну форму подачі лекційного матеріалу технічними засобами навчання або аудіовідеотехніки (відео-лекція). Читання такої лекції зводиться до розгорнутого або короткого коментування візуальних матеріалів, що переглядають.

**Навчальна дискусія** застосовується для закріплення знань, які були отримані на лекції, для придбання нових позицій, поглядів, переконань, підвищення інтересу до питань, які розглядалися, посилення мотивації тощо. Дискусія дозволяє визначити власну позицію, встановити різноманіття підходів, точок зору в результаті обміну ними, підвести до багатостороннього бачення предмету дискусії.

**Робота в малих групах** (по 5-6 студентів) сприяє структуруванню лекційного матеріалу, активізації пізнавальної діяльності, розвитку вміння роботи в колективі тощо.

**Мозкова атака.** Суть цього методу полягає в тому, що для обговорення конкретної проблеми збирається група студентів, котра ділиться на дві підгрупи: генератори ідей і критики. Генератори ідей висловлюють всі ідеї з вирішення даної проблеми, які тільки спадають на думку.

## 7.Засоби оцінювання

Контроль знань студентів є важливим показником якості навчання. Основним завданням контролю знань студентів є оцінка отриманих ними теоретичних знань та практичних навичок з даного курсу. Об'єктивна оцінка знань та вмінь стимулює самостійну роботу студента та є основою будь-якої форми методу навчання. Поточний контроль здійснюється викладачем на семінарських заняттях шляхом опитування, проведення тестування та виконанням контрольної роботи. Питання, що виносяться на розгляд пропонуються відповідно до планів практичних занять. Підсумковий контроль здійснюється у письмовій формі. Оцінювання результатів навчальної діяльності студентів здійснюється в межах 100 бальної шкали. Основою для такого контролю є: усне та письмове опитування, тестування, перевірка практичних і контрольних робіт. В загальну кількість балів по даному курсу включаються бали, які студент може отримати:

- виконання семінарських завдань;
- виконання самостійної роботи;
- виконання контрольної роботи;
- складання екзамену.

## 8. Критерії та система оцінювання результатів навчання

Розділи						Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Розділ 4	Розділ 5	Розділ 6	<b>60 балів</b>
10 балів	10 балів	10 балів	10 балів	10 балів	10 балів	
Підсумковий контроль						<b>40 балів</b>
Максимальна сума балів						<b>100 балів</b>

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	відмінно	A	відмінне виконання
80-89	добре	B	вище середнього рівня
75-79		C	загалом хороша робота
66-74	задовільно	D	непогано
60-65		E	виконання відповідає мінімальним критеріям
30-59	незадовільно	FX	необхідне перескладання
0-29		F	необхідне повторне вивчення курсу

Оцінка «**відмінно**» - всі завдання виконано в повному обсязі, виявлено вміння студента творчо застосовувати отримані з фахових предметів знання, пов'язані з особливостями професійної діяльності. Студент сумлінно виконував всі завдання, удосконалював на практиці свої знання зі спеціальності, навички етичної поведінки в офіційно-діловій сфері.

Оцінка «**добре**» - завдання виконані правильно, але недостатньо повно. Студент виконував завдання, удосконалював на практиці свої знання зі спеціальності.

Оцінка «**задовільно**» - завдання виконано з помилками. Виконано не всі завдання, але значна їх частина, або були допущені неточності.

Оцінка «незадовільно» - більшість завдань невиконані.

**9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна (не передбачено)**

## **10. Рекомендовані джерела інформації**

### **Основні**

1. Левенталь Т.Б., Попырин Л.С., Оптимизация теплоэнергетических установок.: М. Энергия, 1970, с.359.
2. Попырин Л.С., Самусев В.И., Этельштейн В.В., Автоматизация математического моделирования теплоэнергетических установок.: М. Наука, 1981,с.236
3. Бер В. Техническая термодинамика, М. Мир, 1963, с.370.
4. Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена. М. Мир, 1988, с.544.
5. Зиков А.А. Основы теории графов. М. Наука, 1987, с.384.
6. Сумарський А.А. Введение в численные методы. М.Наука, 1982, с.272.
7. Шепен П., Коспар М., Гардан Н. та ін. Математика й САПР. М. Мир, 1988, с.204.

### **Додаткова література:**

1. Зиков А.А. Основы теории графов. М. Наука, 1987, с.384.
2. Солодов А.П., Цветков Ф.Ф., Єлісеєв А.В. та ін. Практикум по теплопередаче. М. Энергоатомиздат, 1986, с.296.
3. Сумарський А.А. Введение в численные методы. М.Наука, 1982, с.272.
5. Шепен П., Коспар М., Гардан Н. та ін. Математика й САПР. М. Мир, 1988, с.204.

### **Інформаційні ресурси:**

1. Офіційний сайт Національної бібліотеки ім. Вернадського –



[www.biblvnad.org.ua](http://www.biblvnad.org.ua).