

Національна академія наук України

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора  
з наукової роботи



Робоча програма навчальної дисципліни

**Термопружний стан  
елементів енергетичного обладнання**  
(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 144 Теплоенергетика

спеціалізація Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

2019/2020 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 18 жовтня 2018 року, протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
Аврамов Костянтин Віталійович, д-р техн. наук, професор  
Чернобривко Марина Вікторівна, к-т техн. наук, с.н.с.

Програму схвалено на засіданні відділу  
Моделювання та ідентифікації теплових процесів

Протокол від 07.09.2018 року № 2  
Завідувач відділу Моделювання та ідентифікації теплових процесів

  
(підпис)

Мацевитий Ю. М.  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою  
«Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія»

Протокол від 13.09.2018 року № 13

Голова НТПР \_\_\_\_\_

  
(підпис)

Русанов А.В.  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Термопружний стан елементів енергетичного обладнання” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 Теплоенергетика (спеціалізація «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика»)

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння концептуально-методологічного базиса й прийомів чисельного дослідження задач нестационарної теплопровідності та квазістатичної термопружності задля конструкційних елементів енергетичного обладнання.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є практична реалізація можливостей чисельного дослідження задач нестационарної теплопровідності та термопружності, що істотно підвищує ефективність наукових досліджень й інженерних розробок в галузі енергетики.

Здобувачі вищої освіти ступеня доктора філософії мають досягти таких результатів навчання:

- знати основні методи дослідження температури та термонапружень в задачах теплофізики з використанням чисельних досліджень на ПК;
- знати методики аналізу чисельних результатів;
- вміти використовувати теоретичний матеріал для розв’язання практичних задач;
- вміти аналізувати результати чисельних досліджень і робити висновки щодо теплофізичних процесів, які відбуваються в елементах енергетичного обладнання.

#### 1.3. Кількість кредитів 3

#### 1.4. Загальна кількість годин 90

#### 1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова	
Вид підсумкового контролю - залік	
Рік підготовки	1-й
Семестр	1-й
Лекції	30 год.
Практичні, семінарські заняття	
Індивідуальні заняття	.
Самостійна робота	60 год.

#### 1.6. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу студенти повинні:

*Знати:* основні методи дослідження температури та термонапружень в задачах теплофізики з використанням чисельних досліджень на ПК; методики аналізу чисельних результатів.

*Вміти:* використовувати теоретичний матеріал для розв’язання практичних задач; аналізувати результати чисельних досліджень і робити висновки щодо теплофізичних процесів, які відбуваються в елементах енергетичного обладнання.

*Розуміти:* властивості та можливості методів і алгоритмів моделювання, ідентифікації, і оптимізації.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### Розділ 1. Термодинамічні основи термопружності

#### Тема 1. Загальні положення

Начальні зауваження. Деформація. Рівняння руху. Робота деформації.

#### Тема 2. Класична термодинаміка

Короткий огляд основних понять і положень класичної термодинаміки. Термодинаміка термопружної деформації. Співвідношення між напруженнями та деформаціями. Деформації, викликані тепловим розширенням.

#### Тема 3. Термопружність

Загальна постановка задачі термопружності. Класифікація задач термопружності.

### Розділ 2. Нестационарні задачі теплопровідності.

#### Тема 4. Основні закони і задачі теплопровідності

Начальні зауваження. Загальна постановка задачі. Застосування методу інтегрального перетворення Лапласа для розв'язання задач нестационарної теплопровідності. Загальні зауваження щодо застосування систем автоматизованого проектування до чисельного розв'язання задач нестационарної теплопровідності та візуалізації одержаних чисельних результатів.

#### Тема 5. Температурне поле. Тепловий удар

Миттєве джерело тепла у просторі. Тепловий удар на поверхні напівпростору. Тепловий удар на поверхні необмеженої пластини. Нестационарне плоске осесиметричне температурне поле диска та довгого циліндра.

#### Тема 6. Теплопровідність прямокутної пластини та пустотілого циліндру

Нестационарна теплопровідність прямокутної пластини при конвекційному теплообміні. Нестационарна теплопровідність пустотілого циліндру при конвекційному теплообміні.

### Розділ 3. Квазістатичні задачі термопружності

#### Тема 7. Постановка та загальний розв'язок задачі

Постановка квазістатичні задачі термопружності. Загальний розв'язок квазістатичної задачі термопружності в переміщеннях. Загальний розв'язок квазістатичної задачі термопружності в напруженнях.

#### Тема 8. Варіаційні принципи

Варіаційні принципи термопружності. Рівняння Лагранжа. Формули Кастільяно. Узагальнення теореми про взаємність робіт для задач термопружності.

#### Тема 9. Плоска задача термопружності

Особливості плоскої задачі термопружності. Температурні напруження, що з'явилися під впливом двовимірного температурного поля: плоский деформований стан, плоский напружений стан.

#### Тема 10. Термопружність пластин та оболонок обертання

Особливості задачі термопружності для пластин. Основні рівняння термопружності пластин, основні положення та закони. Загальні положення теорії оболонок обертання. Основні рівняння термопружності осесиметричної деформованої оболонки обертання.

## 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.
<b>Розділ 1. Термодинамічні основи термопружності</b>						
Тема 1. Загальні положення	6	2				4
Тема 2. Класична термодинаміка	6	2				4

Тема 3. <i>Термопружність</i>	6	2					4
Разом за розділом 1	18	6					12
<b>Розділ 2. Нестационарні задачі теплопровідності.</b>							
Тема 4. <i>Основні закони і задачі теплопровідності</i>	12	4					8
Тема 5. <i>Температурне поле. Тепловий удар</i>	12	4					8
Тема 6. <i>Теплопровідність прямокутної пластини та пустотілого циліндру</i>	12	4					8
Разом за розділом 2	36	12					24
<b>Розділ 3. Квазістатичні задачі термопружності</b>							
Тема 7. <i>Постановка та загальний розв'язок задачі</i>	12	4					8
Тема 8. <i>Варіаційні принципи</i>	12	4					8
Тема 9. <i>Плоска задача термопружності</i>	6	2					4
Тема 10. <i>Термопружність пластин та оболонок обертання</i>	6	2					4
Разом за розділом 3	36	12					24
<i>Усього годин</i>	90	30					60

#### 4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Начальні зауваження. Деформація. Рівняння руху. Робота деформації.	4
2	Короткий огляд основних понять і положень класичної термодинаміки. Термодинаміка термопружної деформації.	4
3	Співвідношення між напруженнями та деформаціями. Деформації, викликані тепловим розширенням.	4
4	Загальна постановка задачі теплопровідності. Застосування методу інтегрального перетворення Лапласа для розв'язання задач нестационарної теплопровідності.	8
5	Загальні зауваження щодо застосування систем автоматизованого проектування до чисельного розв'язання задач нестационарної теплопровідності та візуалізації одержаних чисельних результатів.	8
6	Тепловий удар на поверхні необмеженої пластини. Нестационарне плоске осесиметричне температурне поле диска та довгого циліндра.	8
7	Температурні напруження у циліндрі та диску при плоскому осесиметричному температурному полі.	8
8	Температурні напруження у циліндрі та диску при плоскому антисиметричному температурному полі.	8
9	Температурні напруження в круглій пластині постійної та лінійно змінної товщини при осесиметричному температурному полі.	4
10	Температурні напруження в циліндричній оболонці.	4
	Разом	60

### 5. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється методом усного опитування. На заняттях оцінюється здатність здобувача вищої освіти приймати участь у науковій дискусії. Підсумковий контроль проводиться у формі заліку.

### 6. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										Індивідуальні завдання	Разом	Залік	Сума
Розділ 1			Розділ 2			Розділ 3							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10				
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		50	50	100

T1, T2 ... – теми розділів.

### 7. Шкала оцінювання

**Від 50 до 100 балів – заліковано**

**Від 1 до 49 балів - незаліковано**

### 8. Рекомендована література

1. А.Д. Коваленко Термоупругость. – Киев: "Вища школа", 1975. – 216 с.
2. Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике. – М.: Наука, 1970.
3. Теплопроводность твердых тел: справочник / Под ред. А.С. Охотина. – М.: Наука, 1984.

### Допоміжна література

4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: "Наука", 1966.- 724 с.
5. Мацевитый Ю.М. Обратные задачи теплопроводности. Т. 1. Методология. – Киев: "Наукова думка", 2002. – 408 с.
6. Э. Мелан, Г. Паркус Термоупругие напряжения вызываемые стационарными температурными полями. - М. 1958, Госиздат физ.-мат. лит.-ры. – 167 с.
7. Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов. М. : "Высш. шк. ", 1979. - 431 с.

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

1. Мережа Internet.
2. Бібліотека ППМаш НАН України.