

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет

Кафедра теоретичної та прикладної механіки



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

Харитонов О.М.

«31» серпня 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СПЕЦІАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕРМОМЕХАНІКИ**

для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістерський)
освітньо-наукова програма	«Комп'ютерна механіка»
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: Жук Ярослав Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки

Пролонговано: на 20 21 / 20 22 н.р. О.М. Харитонов «31» серпня 20 21 р.
на 20 / 20 н.р. () « » 20 р.

КИЇВ – 2020

Розробники: Жук Ярослав Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичної та прикладної механіки



(Жук Я. О.)

Протокол № 1 від «28» серпня 2020 року

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від «31» серпня 2020 року № 1

Голова науково-методичної комісії  (проф. Олійник А.С.)

«31» серпня 2020 року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – Метою курсу «**Спеціальні питання термомеханіки**» є ознайомлення студентів із фундаментальними поняттями термомеханіки та основними математичними моделями, які використовуються при дослідженні термомеханічних процесів. Основною особливістю курсу є введення в математичні моделі досліджуваних середовищ внутрішніх параметрів стан, що дозволяє зв'язати макроскопічну поведінку матеріалу з процесами, які відбуваються на мікрорівні, і розширити можливості побудови адекватних математичних моделей достатньо складних і суттєво нестационарних термомеханічних процесів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- 1.** *Знати* дисципліни професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема основні поняття і методи теоретичної механіки, механіки суцільних середовищ, теорії тепломасопереносу, аналітичні методи механіки, методи математичного моделювання механічних систем і процесів.
- 2.** *Вміти:* виконувати постановку та розв'язувати задачі математичної фізики, механіки рідини, теорії пружності.
- 3.** *Володіти елементарними навичками:* застосування методів обчислювальної математики, математичної фізики та теорії диференціальних рівнянь.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «**Спеціальні питання термомеханіки**» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «**магістр**» галузі знань **11 Математика та статистика спеціальності 113 Прикладна математика** освітньої програми **Комп'ютерна механіка**

Дана дисципліна входить до групи дисциплін вільного вибору студента.

Викладається у **2 семестрі в обсязі – 90 год. (3 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 20 год., практичні – 8 год., консультації 2 – год, самостійна робота – 60 год.* У курсі передбачено **2 змістових модулі та підсумкова модульна контрольна робота.** Завершується дисципліна – **заліком.**

У програмі дисципліни вивчаються основні поняття, принципи і закони термомеханіки. Вводяться основні поняття термомеханіки, даються формулювання законів збереження як в механічній так і у термодинамічній трактовці. Формулюються принципи термомеханіки, що накладають обмеження на термомеханічні процеси. Курс також присвячений вивченню методики формулювання визначальних рівнянь поведінки матеріалу з використанням термодинамічного формалізму. Детально розбирається випадок застосування цього підходу до формулювання рівнянь лінійного термопружного середовища.

4. Завдання (навчальні цілі) – Досягнення складової інтегральної компетентності – здатності розв'язувати складні задачі та практичні проблеми у профільній діяльності, пов'язаній з основними проблемами термомеханіки. Досягнення основних *загальних (ЗК) і фахових (ФК) компетентностей*, зокрема:

- 1.** Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від прикладної математики (ЗК-1);
- 2.** Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);
- 3.** Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);
- 4.** Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);

5. Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
6. Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);
7. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики і комп'ютерної механіки та їх практичних застосувань (ФК-1);
8. Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
9. Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);
10. Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
11. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
12. Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
13. Володіння знаннями та здатність ініціювати й проводити наукові дослідження у спеціалізованій області прикладної математики (ФК-12).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	студент повинен знати:			до 50
1.1	Елементи фізичної термомеханіки. Газ. Рідина. Тверде тіло. Рівняння стану для твердих тіл. Пружні, в'язкопружні та пружно-в'язкопластичні тіла.	<i>Лекція, практичне заняття,</i>	<i>Активна робота на лекціях, усні відповіді, залік</i>	5%
1.2	Основні гіпотези, предмет і метод термомеханіки. Гіпотези, які приймаються для виведення феноменологічної макроскопічної теорії термомеханічної поведінки тіл.			6%
1.3	Термодинамічна система, термодинамічний процес. Параметри термодинамічного стану. Внутрішні параметри стану системи. Активні і реактивні змінні. Принципи термомеханіки, які використовують при формулюванні визначальних рівнянь. Принцип взаємності. Принцип причинності. Принцип рівноприсутності. Принцип об'єктивності. Принцип локальності. Принцип згасаючої пам'яті. Принцип допустимості.			5%
1.4	Закони термомеханіки. Нульовий закон термодинаміки. Закон збереження маси. Закон збереження кількості руху. Закон збереження моменту кількості руху. Закон збереження енергії (перший закон термодинаміки). Другий закон термодинаміки. Нерівність			6%

	Клаузіуса-Дюгема. Третій закон термодинаміки (закон Нернста)			
1.5	Визначальні параметри, термомеханічні процеси, реакція термомеханічної системи і визначальні рівняння як операторні рівняння. Вид визначальних рівнянь у випадку однорідного і нестаріючого матеріалу. Основні підходи до побудови визначальних рівнянь у термомеханіці. Середовища із внутрішніми параметрами стану.			6%
1.6	Вигляд нерівності Клаузіуса-Дюгема і дисипативної функції. Середовища із згасаючою пам'яттю. Інтегральний вигляд визначальних рівнянь. Похідна Гаю. Похідна Фреше. Локальний стан середовища. Локальна історія околу матеріальної точки. Формулювання II закону термодинаміки для середовища із згасаючою пам'яттю. Середовища швидкісного типу.			6%
1.7	Класична термопружність. Закон Дюамеля-Неймана. Закон теплопровідності Фур'є. Формулювання крайової задачі термопружності. Теорія температурних напружень			5%
1.8	Ефекти зв'язаності механічних і теплових полів. Термопружне середовище із внутрішніми параметрами стану. Термопружне середовище швидкісного типу.			6%
1.9	Механічну суть основних, найбільш важливих ефектів			5%
2	студент повинен вміти:			до 35
2.1	вільно володіти основними поняттями термомеханіки			5%
2.2	вільно володіти і оперувати законами і принципами термодинаміки необоротних процесів			5%
2.3	знати обмеження, які накладають закони та принципи термомеханіки на визначальні рівняння поведінки середовища			5%
2.4	володіти основами теорії визначальних рівнянь. Визначальні параметри, термомеханічні процеси, реакція термомеханічної системи і визначальні рівняння як операторні рівняння. Вид визначальних рівнянь у випадку однорідного і нестаріючого матеріалу	<i>Лекція, практичне заняття, самостійна робота</i>	<i>Модульна контрольні робота (60% правильних відповідей), оцінювання виконання завдань для самостійної роботи, залік</i>	5%
2.5	знати підходи до побудови визначальних рівнянь у термомеханіці			5%
2.6	знати основи класичної термопружності, закон Дюамеля-Неймана, закон теплопровідності Фур'є;			5%

	формулювання крайової задачі термопружності			
2.7	використовувати сучасні засоби програмування для розв'язування задач термомеханіки			5%
3	комунікація			до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	<i>Лекція, практичне заняття,</i>	<i>Активна робота на лекціях та практичних заняттях, усні відповіді</i>	5%
4	автономність та відповідальність			до 10
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів	<i>Самостійна робота</i>	<i>Оцінювання виконання завдань для самостійної роботи</i>	5%
4.2	самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації			5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркового дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	4.1	4.2	
	Програмні результати навчання (назва)																			
знання																				
Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці (ПРН-КС-1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Володіти основами правових, етичних відносин і психологічних особливостей поведінки (ПРН-КС-2)																	+	+	+	
Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формувати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів (ПРН-КС-3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач (ПРН-КС-5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
уміння																				
Уміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символьних алгоритмів (ПРН-КС-7)					+	+	+	+	+								+			
Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної механіки. (ПРН-КС-9)					+	+	+	+	+								+			
Виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку (ПРН-ЦМС-1)															+	+				+
Бути наполегливим у досягненні мети під час вирішення математичної проблеми (ПРН-ЦМС-2)													+	+	+			+	+	+
Здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи при цьому плагіату (ПРН-ЦМС-4)																		+	+	+
ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом (ПРН-ЦМС-5)																		+	+	+
Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов (ПРН-ЦМС-7)																		+	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1–РН1.9, РН3.1 – 10 балів/5 балів;
 2. Активна робота на практичних заняттях: РН2.1– РН2.7, РН3.1 – 10 балів/6 балів;
 3. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1– РН2.7, РН4.1, РН4.2 – 20 балів/12 бали;
 4. Підсумкова контрольна РН2.1–РН2.7 – 20 балів/12 балів;
- Разом має бути 60 балів/35 балів;

- підсумкове оцінювання: залік.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1–РН1.9, РН2.1–РН2.7.
- форма проведення і види завдань: письмово-усна робота.

7.2. Організація оцінювання:

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та додатково скласти домашні завдання. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 20 балів, тобто, якщо оцінка студента на заліку є нижчою від мінімального порогового рівня (20 балів), то бали за залік не додаються до семестрової оцінки;

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка» (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

форма заліку – письмово-усна. Білет на залік складається із 2 завдань: одного теоретичного і однієї задачі. Кожне завдання оцінюється від 0 до 15 балів. Додатково від 0 до 10 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Завдання для самостійного виконання на 9-му тижні навчального періоду.
2. Підсумкова контрольна на 13-му тижні навчального періоду.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Практичн і заняття	Самостійна робота
<i>Змістовий модуль 1</i>				
1	Фізичні основи і математичні моделі термомеханіки			16
2	Елементи фізичної термомеханіки	4	2	6
3	Основи термодинаміки необоротних процесів	6	2	14
<i>Змістовий модуль 2</i>				
4	Теорія визначальних рівнянь	6	2	12
5	Лінійне термопружне середовище	4	2	12
	Всього	20	8	60

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **20 год.**

Практичні заняття – **8 год**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Богданов В.Л., Жук Я.О., Богданова О.С. Основи експериментальних методів механіки деформівного твердого тіла. Навчальний посібник. – Київ: Академперіодика, 2016. – 280с.
2. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Математические модели термомеханики –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 168с.
3. Карнаухов В.Г. Связанные задачи термовязкоупругости. – К.: Наук. думка, 1982. – 260 с.
4. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. – 1970. – 240 с.
5. Пальмов В.А. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа: учеб.пособие. – СПб.: Изд-во политех. ун-та, 2008. – 108с.
6. Пальмов В.А. Фундаментальные законы природы в механике деформируемых тел: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2008. – 141 с.
7. Пальмов В.А. Теория определяющих уравнений в нелинейной термомеханике деформируемых тел: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2008. – 113 с.
8. Пальмов В.А. Определяющие уравнения термоупругих, термовязких и термопластических материалов: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2008. – 137 с.
9. Фомин В Л. Механика континуума для инженеров. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. – 116с.
10. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. – М.: Атомиздат, 1972. – 599с.

Додаткові:

1. Карнаухов В.Г., Сенченков И.К. Термодинамическая теория сред дифференциального типа с внутренними переменными // Прикл. механика. – 1979. – Т. 15, № 8. – С. 19–27.
2. Карнаухов В.Г., Сенченков И.К. Обобщенные модели термомеханического поведения вязкоупругих материалов с учетом взаимодействия механических и тепловых полей // Прикл. механика. – 2000. – Т. 36, № 1. – С. 53–77.
3. Lubliner J. On fading memory in materials of evolutionary type // Acta Mech. – 1969. – Vol. 8, № 1–2. – P. 75–81.
4. Lubliner, J. On the structure of the rate equations of materials with internal variables // Acta Mechanica. – 1973. – Vol. 17, № 1–2. – P.109–119.
5. Ottosen N.S., Matti Ristinmaa, M. The Mechanics of Constitutive Modeling. – Elsevier Science, 2005. – 745.