

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної та прикладної механіки



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи
механіко-математичного факультету

Безущак О.О.

2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
MECHANICS OF COUPLED FIELDS IN MATERIAL
AND STRUCTURAL MEMBERS

для здобувачів освітньо-наукового рівня «доктор філософії»

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	третій (освітньо-науковий)
освітньо-наукова програма	«Прикладна математика»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна / заочна
Навчальний рік	2018/2019
Рік навчання	2
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	англійська
Форма заключного контролю	екзамен

Викладачі: професор Жук Ярослав Олександрович, д.ф.-м.н.

Пролонговано: на 2019/2020 н.р.
на 2020/2021 н.р.

Жук Ярослав (протокол № 15) 04 2019 р.
Жук Ярослав (протокол № 30) 03 2020 р.
№8

КИЇВ – 2018

Розробник: **Жук Ярослав Олександрович**, д. ф.-м. н., проф., завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки

ЗАТВЕРДЖЕНО

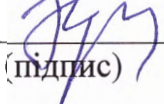
Завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки


Жук Я.О.
(підпис)

Протокол № 8 від « 12 » 02 20 18 р.

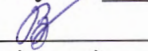
Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від « 14 » 02 2018 року № 6

Голова науково-методичної комісії  професор, д.ф.-м.н. Хусаїнов Д.Я.
(підпис)

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від « 20 » 03 2018 року № 7

Голова науково-методичної комісії  професор, д.ф.-м.н. Курченко О.О.
(підпис)

1. Discipline aim. The aim of the course «Mechanics of coupled fields in material and structural members» is to teach the PhD student of the basic notions of the mechanics of coupled fields, to describe and simulate the effects of thermo–electromechanical coupling under vibrations of structures and their members that are fabricated of the materials with complex composition as well to teach the how to build the correspondent theories capable to take account for couplings.

Мета дисципліни Метою курсу «Mechanics of coupled fields in material and structural members» є ознайомлення аспірантів із фундаментальними поняттями механіки зв'язаних полів в матеріалах і елементах конструкцій, описання і моделювання ефектів термо–електромеханічної зв'язаності при коливаннях конструкцій та їх елементів, виготовлених із матеріалів із складною структурою, а також з побудовою відповідних теорій, що враховують зв'язаність.

2. Preliminary demands to master or choice of the course discipline

- a. *To know:* basic notions and methods of theoretical mechanics, continuum mechanics, strength of materials, heat transfer and electrostatics as well the main solution techniques;
- b. *To be able to:* to find the relationship between physical and mathematical models of the phenomena and objects under investigation as well as between their models and natural analogues.

Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- a. *Знати:* основні поняття і методи теоретичної механіки, механіки суцільних середовищ, опору матеріалів, теплопереносу та електростатики і способи розв'язання конкретних механічних задач;
- b. *Вміти:* встановлювати співвідношення між фізичними та математичними моделями досліджуваних об'єктів і явищ та їх природними аналогами.

3. Synopsis of the course:

The course «Mechanics of coupled fields in material and structural members» is the discipline from the list of the student free choice. It provides the professional development of the student and is aimed to form the skills of application of the general techniques for modeling of the coupled thermo–electromechanical processes in materials and structural members under forced vibrations in the vicinity of resonance.

Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Mechanics of coupled fields in material and structural members» належить до переліку дисциплін вільного вибору. Вона забезпечує професійний розвиток, спрямована на формування навичок для застосування основних підходів до побудови моделей зв'язаних термо–електромеханічних процесів в матеріалах і елементах конструкцій, які спостерігаються за умов вимушених коливань в резонансній області

4. Objectives of study:

to obtain the knowledge, skills and the newest level competences in the solution of the problems of mechanics of coupled fields that corresponds to the PhD qualification level. In particular, to develop the skills to apply the theoretical and practical basics to simulate the coupled thermo–electromechanical response of the modern materials and structures as well as their members.

Завдання (навчальні цілі):

набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у розв'язанні задач механіки зв'язаних полів, відповідно науково-освітньої кваліфікації «Доктор філософії». Зокрема, розвивати: здатність застосовувати теоретичні та практичні основи

моделювання зв'язаної термо– електромеханічної поведінки сучасних матеріалів, конструкцій та їх елементів.

5. Results of learning / Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (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			
PH 1.1	To know: Basic principles of thermodynamics, First and Second Laws of thermodynamics. Entropy. Clausius-Duhem inequality.	<i>Lectures, Individual work</i>	<i>Review defense, exam, active participation in lectures, oral answers, tutorial exercises</i>	20%
PH 1.2	To know: Thermodynamic framework for constitutive modeling. Inelastic materials. Internal variables. Choice of evolution laws.			
PH 1.3	To know: Heat equation. Properties of state functions at thermodynamical equilibrium. Restrictions imposed by the Second Law on the evolution equations for internal parameters.			20%
PH 1.4	To know: Basic equation of coupled thermo-electromechanics. Equations of electrostatics, heat equations.			
PH 2.1	To be able to correctly chose the evolution equations for internal variables, formulate the coupled problem of thermo-plasticity under harmonic loading and solve it	<i>Lectures, Tutorials, Individual work</i>	<i>Review defense, exam, active participation in lectures, oral answers, tutorial exercises</i>	20%
PH 2.2	To be able to formulate the coupled problem of thermoviscoelasticity under harmonic loading and solve it.			20%
PH 2.3	To be able to formulate the coupled problem of thermo–electromechanics under harmonic loading and solve it.	<i>Tutorials, Individual work</i>	<i>Review defense</i>	5%
PH3.1	Validate the own approach to the problem, discuss with colleagues the aspects of the model developing and simulation of the material and structural thermomechanical response to cyclic (particularly harmonic) loading, compose the report			5%
PH4.1	Demonstration of the authority, innovativeness, high level of self-determination, academic and professional virtue, consistent devotion to the development of new ideas or processes in progressive contexts in the frame of professional and scientific activity			5%
PH4.2	Demonstrate responsibility towards the work, incur a liability of the quality of work			5%

6. Correspondence between learning results and program study results / Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання (з опису освітньої програми)	Результати навчання дисципліни									
	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 1.4	PH 2.1	PH 2.2	PH 2.3	PH 3.1	PH 4.1	PH 4.2
ПРН-6. Gain the knowledge, skills and the newest level competences in the solution of the problems in the field of mechanics of coupled fields that corresponds to the PhD qualification level; develop the skills to apply the theoretical and practical basics to simulate the coupled	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

thermo– electromechanical response of the modern materials and structures as well as their members										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання здобувачів освітньо-наукового ступеня:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4– 10 балів/6 бали;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2 – 10 балів/6 бали;
3. Реферат, захист реферату: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2 – 40 балів/24 бали;

- підсумкове оцінювання: екзамен.

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4;
- форма проведення і види завдань: усно–письмова форма.

Для здобувачів освітньо-наукового ступеня, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – 20 балів для одержання іспиту за рішенням кафедри не допустити до складання іспиту із рекомендацією здати контрольні роботи та захистити проект до повторного складання іспиту.

Рекомендований мінімум – 36 балів.

7.2. Організація оцінювання:

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, та модульних контрольних робіт за графіком робочої програми.

У частину 1 входять теми 1 - 4, у частину 2 – теми 5 – 8. Обов'язковим для екзамену є виконання усіх контрольних робіт та захист проекту до вказаної викладачем дати, перед початком екзаменаційної сесії, згідно навчального плану. Переписування чи перескладання тем не практикується. Дозволяється здача окремих завдань модульних тем у проміжках між написанням модульних контрольних робіт (наприклад, перша тема здається до здачі наступної модульної контрольної роботи у будь-який зручний для викладача та студента час).

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Захист реферату: до 10-го тижня навчального періоду.

У випадку відсутності з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольні роботи здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу».

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

При визначенні оцінки визначальною є робота в семестрі. Після завершення розгляду тем проводяться письмові контрольні роботи та теоретичне опитування.

8. STRUCTURE OF THE DISCIPLINE. THEMATIC PLAN OF LECTURES AND TUTORIALS (СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ)

№	Lecture title (Назва лекції)	Кількість годин Amount of hours		
		Лекції Lectures	Практ. Tutorials	Самостійна робота Individual work
Part 1 (Частина 1). «Basic principles of thermodynamics and mechanics»				
1	Theme 1. Introduction. Temperature. Absolute temperature. Heat and heat flow. State variables and state functions -Introduction to the First Law. First law of thermodynamics. <i>Individual work:</i> Ideal gases. Reversible and irreversible processes.	2		12
2	Theme 2. Introduction to the Second Law. Second Law of thermodynamics. Thermodynamic temperature scale. Entropy - Clausius's inequality. Maximum entropy at thermodynamic equilibrium. The Second Law and the Clausius-Duhem inequality. <i>Individual work:</i> Efficiency of various heat engines. The Carnot process. Various approaches to thermodynamics	2		12
3	Theme 3. Thermodynamic framework for constitutive modeling. Thermo-elastic materials. Inelastic materials - Internal variables. Choice of evolution laws. Fulfillment of the mechanical dissipation inequality. <i>Individual work:</i> Direct approach. Onsager approach. Potential approach	2		12
4	Theme 4. Heat equation. Properties of state functions at thermodynamical equilibrium. <i>Individual work:</i> Restrictions imposed by the Second Law on the evolution equations for internal parameters	2	2	12
Part 2 (Частина 2). «Coupled thermo-electromechanics»				
5	Theme 5. Piezoeffect. Piezoceramics. Electro-statics. Equations of electrostatics. Electroelasticity. Equations of electroelasticity. <i>Individual work:</i> Plane problem of electroelasticity. Axisymmetric problem of electroelasticity.	2		12
6	Theme 6. Thermo-plasticity. Change of material parameters with temperature. Equations of thermo-plasticity. Specific heat. <i>Individual work:</i> Solution of coupled thermo-plasticity. Thermal field equations. Mechanical field equations.	2		12
7	Theme 7. Thermo-viscoelasticity. Cyclic loading. Complex moduli concept. Problem statement of resonant vibrations and dissipative heating of	2	2	12

	viscoelastic solid under harmonic loading. <i>Individual work:</i> Solution of coupled thermo-viscoelasticity. Thermal field equations. Mechanical field equations.			
8	Theme 8. Coupled problem of thermo-electromechanics. Problem statement in the case of harmonic loading. Cyclic response. Amplitude–frequency characteristics. Temperature–frequency characteristics. <i>Individual work:</i> Example. Vibration and dissipative heating of the beam with piezoelectric sensors and actuators	2		12
<i>Review defense</i>		2		
TOTAL		18	4	96

Total duration / загальний об’єм 120 hours, namely:

Lectures/Лекцій – **18 hours,**

Tutorials/Практичні – **4 hours.**

Consultations/Консультації - **2 hours.**

Individual work – **96 hours.**

9. Recommended sources / Рекомендовані джерела

Main / Основні:

1. Ottosen N.S., Ristinmaa M. The mechanics of constitutive modeling. – Elsevier, 2005. – 745 p.
2. Ziegler H. An Introduction to Thermomechanics. – Elsevier, 1983. – 355 p.
3. Tzou H.S. Piezoelectric Shells: Distributed Sensing and Control of Continua. – Kluwer, 1993. – 496 p.
4. Wilmanski K. Thermomechanics of continua. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998. – 276 p.
5. Maugin G.A. The Thermomechanics of Plasticity and Fracture. – Cambridge University Press, 1992. – 350 p.

Additional / Додаткові:

6. Carslaw H. S., Jaeger J. C. Conduction of Heat in Solids. – Oxford University Press, 1959. – 510 p.
7. Parkus H. Thermoelasticity. –Springer-Verlag Wien, 1976. – 119 p.
8. Hashemi M., Zhuk Y. A. Thermomechanical Stability and Thermal Fatigue Failure of Nanocomposite Structural Elements under Static and Cyclic Loading. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 208 p.