

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра механіки суцільних середовищ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи
механіко-математичного факультету

Безущак О.О.

«03» 2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
VARIATIONAL ALGORITHMS IN PROBLEMS OF
CONTINUUM MECHANICS

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 Лимарченко Олег Степанович, д.т.н.


Пролонговано: на 2019/2020 н.р. (прот. № «15» 04 2019 р.
на 2020/2021 н.р. (прот. № «30» 03 2020 р.)

КИЇВ – 2018

Розробник: **Лимарченко Олег Степанович**, д.т.н., проф., завідувач кафедри механіки суцільних середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО


Завідувач кафедри механіки суцільних середовищ


Лимарченко О.С.
(підпис)

Протокол № 9 від «12» 02 2018 р.

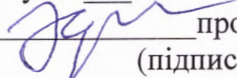
Схвалено науково-методичною комісією механіко–математичного факультету

Протокол від «20» 03 2018 року № 7

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

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)

1. Discipline aim. The objective of the course «Variational algorithms in problems of continuum mechanics» is to provide PhD students the basic techniques of formulation and solving problems of mathematical physics, and, in particular, problems of mechanics of continuum media. It will be shown how to transfer from the initial problem statement to the mathematical model, which can be studied by computer methods. The advantages of this approach will be shown by the applied problems of oscillations of liquid with a free surface.

Мета дисципліни Метою курсу «Variational algorithms in problems of continuum mechanics» є ознайомлення аспірантів з основними прийомами формулювання і розв'язання задач математичної фізики і, зокрема, задач механіки суцільного середовища. Буде показано як від початкової постановки можна перейти до математичної моделі, яку можна досліджувати комп'ютерними засобами. Переваги такого підходу будуть показані на прикладах задач про коливання рідини з вільною поверхнею

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

- a. *Know:* basic notions and methods of classical mechanics, continuum mechanics, mathematical physics and variational calculus as well as potentials of computer methods;
- b. *Be able to:* state correctly mathematical problems with different types of boundary conditions, analyze the physical meaning of main mathematical relations and the obtained solution.

Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- a. *Знати:* основні поняття і методи класичної механіки, механіки суцільних середовищ, математичної фізики і варіаційного числення, а також можливості комп'ютерних методів
- b. *Вміти:* коректно ставити математичні задачі з різними типами граничних умов, аналізувати фізичне значення основних математичних співвідношень і одержаних результатів.

3. Synopsis of the course:

The course «Variational algorithms in problems of continuum mechanics» 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 «Variational algorithms in problems of continuum mechanics» належить до переліку дисциплін вільного вибору. Вона забезпечує професійний розвиток, спрямована на формування навичок для застосування основних підходів до побудови моделей на основі варіаційних методів постановки і розв'язання прикладних задач механіки суцільного середовища.

4. Objectives of study:

to obtain knowledge, skills and the modern level of competences in the statement and solving of the problems of continuum mechanics by variational technique according to the PhD qualification level. In particular, to develop skills in the analysis of correctness of the statement of problems of mathematical physics, construction of the simplified mathematical models suitable for computational analysis of the system behavior.

Завдання (навчальні цілі):

одержати знання, вміння та навички (компетентності) на сучасному рівні в постановці і розв'язанні задач механіки суцільних середовищ на основі варіаційних методів відповідно

науково-освітньої кваліфікації «Доктор філософії». Зокрема, розвивати: здатність аналізувати коректність постановок задач математичної фізики, побудови спрощених математичних моделей придатних для комп'ютерного аналізу поведінки системи.

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 statements of variational principles of mechanics for problem statements and variational principles of mathematical physics for construction of applied models of continuum mechanics.	<i>Lectures, Individual work</i>	<i>Review defense, exam, active participation in lectures, oral answers, tutorial exercises</i>	20%
PH 1.2	To know: Criteria for analysis of correctness of mathematical statements of the boundary value problems.			
PH 1.3	To know: Main ideas of the variational methods of mathematical physics applicable for problems of continuum mechanics.			20%
PH 1.4	To know: General criteria for selection of the system of coordinate functions for the use of variational methods of mathematical physics in different geometrical domains. .			
PH 2.1	To know specific features of the free boundary problems, their manifestation by the exam[;e of oscillations of a liquid with a free surface.	<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 general principles of construction of a simplified model of finite dimension capable of studying the main properties of the initial continuum system.			20%
PH 2.3	To be able to formulate the problem of the combined motion of the structure with a liquid with a free surface.	<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 a dynamical system containing liquid with a free surface, prepare 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									
	РН 1.1	РН 1.2	РН 1.3	РН 1.4	РН 2.1	РН 2.2	РН 2.3	РН 3.1	РН 4.1	РН 4.2
ПРН-6. Gain the knowledge, skills and the modern level of competences in solving problems in the use of variational approaches in continuum mechanics that	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

correspond to the PhD qualification level; develop the skills to apply theoretical and practical basics to study problems of continuum mechanics by both analytical and computational methods.										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

7. Схема формування оцінки / The scheme of formation of evaluation.

7.1. Форми оцінювання здобувачів освітньо-наукового ступеня / Form of evaluation of competitors:

- оцінювання впродовж навчального періоду / evaluation during a studying period:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді / active work on lectures, verbal response : PH1.1, PH1.2, PH1.3, PH1.4– 10 балів (points)/6 бали (poiints);
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу / execution of tasks given for independent work: PH2.1, PH2.2 – 10 балів(roiints)/6 бали(roiints);
3. Реферат, захист реферату / Abstract, abstract defence: PH1.1, PH1.2, PH2.1, PH2.2 – 40 балів(roiints)/24 бали(roiints);

- підсумкове оцінювання / total evaluation: екзамен / exam.

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані / maximal number of points : 40 балів;
- результати навчання які будуть оцінюватись/ results of studying subject for evaluation: PH1.1, PH1.2, PH1.3, PH1.4;
- форма проведення і види завдань / foem of implementation and variants of tasks: усно–письмова форма / verbal / writing.

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.

For competitors of the educational / scientific degree, who score lesser points in total than the critical-estimated level, i.e., 20 points for participating in the exam it is necessary not to admit participation in the exam according to the decision of the department with recommendation to pass testing works and project defense before the exam retake.

Рекомендований мінімум / recommended minimum is – 36 балів (points).

7.2. Організація оцінювання / Organization of the evaluation:

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

Task performance, included into individual worl amd the module checkong woek according to schedular of the working prohram are obligatory.

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 здобувача час).

Part 1 includes themes 1 – 4, Part 2 includes themens 5 – 8. For exam it is obligatory to perform all testing works and paa the project defence before the date indicated by lecturer before the beginning of the examination session accotding to the academic plan. Rewriting and retaking of the defence of themes is not practiced. Passing of separate tasks of module themes is possible between writing module checking works (for example, the first theme is passed before passing of the next modele checking work in an arbitrary and convenient for lecturer and student time).

Терміни проведення форм оцінювання / Terms of performing of evaluation forms:

1. Захист реферату / defense of the abstract: до 10-го тижня навчального періоду / until the 10-th week of the studying period.

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

In the case of the absence because of the serious reason working out and repassing of testing works are done according to the “Statement on educational process organization”.

7.3. Шкала відповідності оцінок / Grading scale

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

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

For determination of the evaluation the work during semester is decisive. After completion of considering themes testing works and theoretical survey are done.

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). «Варіаційна постановка основних задач динаміки континуальних середовищ» / «Variational statement of main problems of dynamics of continuum media»				
1	<p>Тема 1. Вступ. Концепція розділення рухів. Сучасні схеми використання варіаційних підходів до прикладних задач.</p> <p>Theme 1. Introduction. The concept of motion separation. Modern scheme of the use of the variational approach in applied problems.</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Приклади різних типів розділення рухів</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>Examples of different types of motion separation.</p>	2		12
2	<p>Тема 2. Принцип Гамільтона для різних типів механічних систем. Основні ідеї оцінювання коректності постановок задач. Різниця в використанні кінематичних і динамічних граничних умов.</p> <p>Theme 2. The Hamilton principle for different types of mechanical systems. General ideas of verification of the correctness of the problem statement, differences in operation with kinematical and dynamical boundary conditions.</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Інші види варіаційних принципів, які використовуються в механіці і фізиці.</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>Other types of variational principles used in mechanics and physics.</p>	2		12
3	<p>Тема 3. Вивід рівнянь руху і граничних умов з принципу Гамільтона на прикладі коливань пружної балки.</p> <p>Theme 3. Derivation of motion equations and boundary conditions from the Hamilton principle by the example of oscillations of an elastic beam.</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Прямий метод. Еквівалентність варіаційних принципів і системи законів Ньютона.</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>Direct approach. Equivalence of the variational principles and the system of the Newton laws.</p>	2		12
4	<p>Тема 4. Особливості застосування варіаційного</p>	2	2	12

	<p>принципу Гамільтона у випадку неконсервативних механічних систем.</p> <p>Theme 4. Specific features of the application of the Hamilton principle in the case of non-conservative mechanical systems.</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Випадки некоректної постановки граничних умов в задачі про коливання балки.</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>Cases of the incorrect statement of boundary conditions for the problem of beam oscillations.</p>			
<p>Part 2 (Частина 2). «Варіаційні методи розв'язання динамічних задач» / «Variational methods of solving of dynamical problems»</p>				
5	<p>Тема 5. Загальна схема і специфіка використання методів найменших квадратів, Рітца, Релея, Трефця.</p> <p>Theme 5. The general scheme of the use and specific features of least-square, Ritz, Rayley and Treftz methods,</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Недоліки методу найменших квадратів.</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>Defects of the lear-square method. .</p>	2		12
6	<p>Тема 6. Загальна схема використання методу Галеркіна і методів близьких до методу Галеркінв (Петрова, вейвлет, скінченого елемента).</p> <p>Theme 6. The general scheme of the use of the Galerkin method, methods close to the Galerkin method (Petrov. wavelet, finite-element methods).</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Основні властивості просторів Гільберта, енергетичні скалярний добуток, норма, збіжність.</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>General properties of the Hilbert spaces. Energetic scalar product, norm and convergence.</p>	2		12
7	<p>Тема 7. Загальна схема вибору координатних функцій для реалізації варіаційних методів математичної фізики, допоміжна спектральна задача.</p> <p>Theme 7. The general scheme of the selection of coordinate functions for implementation of the variational methods of mathematical physics, auxiliary spectral problems.</p> <p><i>Самостійна робота.</i></p> <p>Задача про малі коливання рідини в резервуарі.</p> <p><i>Individual work:</i></p> <p>The problem about linear oscillations of liquid in a reservoir/</p>	2	2	12
8	<p>Тема 8. Основні ідеї методу модальної декомпозиції (варіант методу Канторовича). Структура розв'язуючої системи рівнянь.</p> <p>Theme 8. General ideas of the modal decomposition</p>	2		12

method (a variant of the Kantorovich method). Structure of the resolving system of equations. <i>Самостійна робота.</i> Приклади розв'язуючих систем рівнянь і передбачення властивостей систем. <i>Individual work:</i> Examples of the resolving system of equations and prediction the system properties.			
<i>Захист реферату / Review defense .</i>	2		
ПІДСУМОК / 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. Н.А. Кильчевский, Курс теоретической механики, т. 2, Наука, Москва, 1977
2. М.О. Кільчевський, Г.Д. Нечипоренко, Л.М. Шальда, Основи аналітичної механіки, Наукова думка, Київ, 1975
3. О.С. Лимарченко, Дж. Матараццо, В.В. Ясинский, Динамика вращающихся конструкций с жидкостью, Гнозис, Киев, 2002.
4. Limarchenko, O.S., Timokhin, A.P. Specific Features of the Dynamic Behavior of a Straight Pipeline for Supercritical Velocities of the Flow of Liquid. Journal of Mathematical Sciences (United States), 2017, 223(3), pp. 293-297

Additional / Додаткові:

5. Ф.Р. Гантмахер, Лекции по аналитической механике, Наука, Москва, 1966.
6. А. Парс, Аналитическая динамика, Наука, Москва, 1971.