

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет

Кафедра механіки суцільних середовищ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
навчальної роботи

Харитонов О.М.

2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ВАРІАЦІЙНІ МЕТОДИ В ОБЧИСЛЮВАЛЬНІЙ МЕХАНІЦІ

для студентів

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

Форма навчання денна
Навчальний рік 2020/2021
Семестр 2
Кількість кредитів ECTS 5
Мова викладання, навчання та оцінювання українська
Форма заключного контролю іспит

Викладачі: Лимарченко Олег Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри механіки суцільних середовищ

Пролонговано: на 21/2022 н.р. (Харитонов О.М.) «31» серпня 2021 р.
на 20/20 н.р. () « » 20 р.

КИЇВ – 2020

Розробник: Лимарченко Олег Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри механіки суцільних середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

Лимарченко (Лимарченко О.С.)

Протокол № 1 від «26» серпня

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від «31» серпня 2020 року № 1

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

«31» серпня 2020 року

1. Мета дисципліни – Метою курсу «*Варіаційні методи в обчислювальній механіці*» є оволодіння основними прийомами побудови спрощених моделей механічних систем на основі сукупного використання варіаційних формулювань задач механіки, варіаційних методів математичної фізики і концепції розділення рухів. Особливістю курсу є побудова комп'ютерно-орієнтованих математичних моделей механічних систем мінімальної розмірності, які одночасно гомогенізують математичну структуру вихідних моделей складових компонент механічної системи.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати:* дисципліни професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема основні поняття і методи аналітичної механіки, механіки суцільних середовищ, аналітичних методів механіки, методів нелінійної механіки, математичного моделювання механічних систем і процесів.
2. *Вміти:* аналізувати і розв'язувати задачі механіки рідини, теорії пружності, включаючи задачі взаємодії різних середовищ.
3. *Володіти елементарними навичками:* застосування методів обчислювальної математики, математичної фізики, теорії диференціальних рівнянь, варіаційного числення і нелінійної механіки.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «*Варіаційні методи в обчислювальній механіці*» 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 обов'язкових дисциплін. В курсі дисциплін «*Варіаційні методи в обчислювальній механіці*» включено опис основних принципів використання ідей концепції розділення рухів до варіаційних формулювань задач механіки дискретних та континуальних систем, яка включає в себе варіаційні методи математичної фізики, методи модальної, частотної та амплітудної декомпозиції рухів, емпіричні методи. Для широкого класу задач механіки це дозволяє побудувати дискретні моделі вихідних континуальних систем, які відносно просто реалізуються на комп'ютері, мають практичне застосування в наукових дослідженнях і в інженерній практиці.

Викладається у 2 семестрі в обсязі – **150 год. (5 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 40 год., лабораторних – 8 год., консультації – 2 год, самостійна робота – 100 год.* У курсі передбачено **2 змістових модулі і модульний колоквиум.** Завершується дисципліна – **іспитом.**

4. Завдання (навчальні цілі):

Формування здатності формулювати і розв'язувати складні задачі механіки і прикладної математики та практичні проблеми у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій і характеризується комплексністю та/або невизначеністю умов, а саме: будувати наближені моделі механічних систем на основі підходів аналітичної механіки і варіаційних принципів з використанням ідей концепції розділення рухів; набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у механіці та математиці, відповідно до освітнього рівня «Магістр». Зокрема, професійне оволодіння компетентностями:

- 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 (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 (формується розробником)			
	Студент повинен знати:			
РН 1.1	Основні властивості просторів Гільберта в класи функцій, що використовуються для побудови наближених розв'язків для різних геометричних областей.	<i>Лекція, лаборатор не заняття</i>	<i>Активна робота на лекції, усні відповіді, колоквіум, іспит</i>	5%
РН 1.2	Метод найменших квадратів, його недоліки для задач механіки.			5%
РН 1.3	Методи Релея і Трефця.			5%
РН 1.4	Метод Гальоркіна і його узагальнення			10%
РН 1.5	Метод Канторовича			10%
РН 1.6	Критерії контролю точності у варіаційних алгоритмах розв'язання задач механіки. Цілеспрямований характер апроксимації.			10%
	Студент повинен вміти:			
РН 2.1	Критерії редукції скінчено вимірних моделей.	<i>Лекція, лаборатор не заняття, самостійна робота</i>	<i>Активна робота на лекціях, лабораторних заняттях, усні відповіді, колоквіум, іспит</i>	10%
РН 2.2	Внесення додаткових спрощуючих гіпотез і емпіричних залежностей до схеми розв'язання задачі.			15%

PH 2.3	Приклади побудови дискретних моделей континуальних систем		<i>Доповідь по завданню, активна робота на лабораторних заняттях</i>	15%
	Комунікація:			
PH 3.1	Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом;	<i>Лабораторне заняття</i>	<i>Активна робота на лекціях, лабораторних заняттях, усні відповіді</i>	3%
PH 3.2	Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов.			2%
	Автономність та відповідальність:			
PH 4.1	Самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації	<i>Самостійна робота</i>	<i>Доповідь по завданню, виконання завдань, винесених на самостійну роботу</i>	3%
PH 4.2	Виробляти критичне відношення до існуючих варіантів інтерпретації принципів побудови механічних моделей і формулювання їх основних властивостей в сучасних практиках професійної і корпоративної діяльності; формувати власні підходи до вирішення даної проблематики			3%
PH 4.3	Усвідомлювати відповідальність за достовірність, об'єктивність отриманих висновків стосовно проведених досліджень і пояснень щодо аналізу професійних і корпоративних підходів			4%

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН3.2 – 18 балів/11 балів;
 2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН4.1–РН4.3 – 6 балів/3 бали;
 3. Колоквіум РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН2.3 – 12 балів/7 балів;
 4. Доповідь по завданню РН1.5, РН1.6, РН2.3, РН4.1–РН4.3 – 9 балів/5 балів;
 6. Розв'язання задач на лабораторних заняттях: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН3.1, РН3.2 – 15 балів/9 балів;
- Разом має бути 60 балів/35 балів;

- підсумкове оцінювання: іспит.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН2.1, РН2.2, РН2.3;
- 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 іспиті є нижчою від мінімального порогового рівня (20 балів), то бали за іспит 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 іспиту – письмово-усна. Білет іспиту складається із 3 завдань, перші два з яких є теоретичними, третє – задача. Кожне завдання оцінюється від 0 до 10 балів. Додатково від 0 до 10 балів студент отримує за усне опитування. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Завдання для самостійного виконання на 7-му тижні навчального періоду.
2. Колоквіум на 9-му тижні навчального періоду.
3. Доповідь по завданню на 12-му тижні навчального періоду.

7.3. Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1				
1	Концепція розділення рухів. Амплітудна, фазова, частотна, масштабна декомпозиції.	4		16
2	Варіаційні методи математичної фізики	6	2	6
3	Переваги методу Канторовича для побудови механічних моделей	6	2	24
	Всього	16	4	46
Змістовий модуль 2				
4	Критерії контролю точності побудованих моделей	8	2	10
5	Приклади застосування варіаційних методів для розв'язання практичних задач	16	2	44
	Всього	24	4	54
	Всього	40	8	100

Загальний обсяг **150 год.**, в тому числі:

Лекцій – **40 год.**

Лабораторні заняття – **8 год**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **100 год.**

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Михлин С.Г., Вариационные методы в математической физике, Наука, Москва, 1966.
2. Лимарченко О.С., Матараццо Дж., Ясинский В.В., Динамика вращающихся конструкций с жидкостью, Гнозис, Киев, 2002.
3. Глазунов Ю.Т., Вариационные методы, Изд-во «Регулярная и хаотическая динамика», Москва, 2007.
4. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А., Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний, Наука, Москва, 1974.
5. Канторович Л.В., Крылов В.И., Приближенные методы высшего анализа, Физматгиз, Москва–Ленинград, 1962.

Додаткові:

1. Бабаков И.М., Теория колебаний, Наука, Москва, 1968.
2. Вабищевич П.Н., Численные методы решения задач со свободной границей, МГУ, Москва, 1987.
3. Коздоба Л.А., Методы решения нелинейных задач теплопроводности, Наука, Москва, 1975