

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВОК**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор

з навчально-методичної роботи

 Олена ДЯГИЛЕВА

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

<i>З дисципліни</i>	<i><u>Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів</u></i>
<i>Факультет</i>	<i><u>Суднової енергетики</u></i>
<i>Ступінь вищої освіти</i>	<i><u>доктор філософії</u></i>
<i>Галузь знань</i>	<i><u>27 Транспорт</u></i>
<i>Спеціальність</i>	<i><u>271 Морський та внутрішній водний транспорт</u></i>
<i>Освітньо-наукова програма</i>	<i><u>«Управління судновими технічними системами і комплексами»</u></i>
<i>Курс</i>	<i><u>II</u></i>
<i>Форма навчання</i>	<i><u>очна/заочна</u></i>

Херсон – 2023

Робочу навчальну програму дисципліни «Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів» розробила згідно з освітньо-науковою програмою «Управління судновими технічними системами і комплексами» та навчальним планом підготовки докторів філософії. Галузь знань 27 Транспорт, спеціальність 271 «Морський та внутрішній водний транспорт», професор, доктор техн. наук Тулущенко Галина Яківна, 22 с.

Програму розглянуто та ухвалено на засіданні кафедри експлуатації суднових енергетичних установок

Протокол № 1 від 28 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри ЕСЕУ



Володимир САВЧУК

Гарант освітньої програми



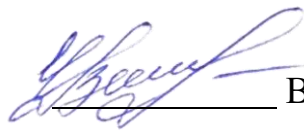
Володимир САВЧУК

Завідувач аспірантурою та докторантурою



Едуард АППАЗОВ

Завідувач відділу організаційно-методичного супроводу освітнього процесу



Валентина ЧЕРНЕНКО

Рада із забезпечення якості освітньої діяльності та якості освіти ХДМА

Протокол від 31 серпня 2023 року № 1

Позначення та скорочення:

ЄКТС – європейська кредитно-трансферна система;

Л – лекція;

ПЗ – практичне заняття;

СЗ – семінарське заняття;

СР – самостійна робота;

КР – контрольна робота;

Р – РЕФЕРАТ;

СКМ – система комп'ютерної математики.

1. Місце дисципліни в структурі освітньо-наукової програми

Дисципліна «Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів» належить до обов'язкових дисциплін циклу професійної підготовки. Для її вивчення необхідним є попереднє опанування дисципліни «Інформаційні технології в науковій діяльності».

Програма навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів» складена згідно з ОНП.

Вивчення навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів» направлене на формування компетентностей та результатів навчання, що представлено в табл. 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 Загальні та професійні компетентності відповідно до ОНП

№ з/п	Компетентність
1	ЗК12. Здатність використання комп'ютерних, інформаційних та комунікаційних технологій, що необхідні для проведення наукових досліджень
2	ЗК13. Здатність планувати та виконувати наукові дослідження зі стадії постановки задачі до оцінювання та розгляду результатів і отриманих даних
3	ПК1. Здатність формулювати наукову проблему, розробляти робочі гіпотези на основі наявних та здобутих нових цілісних знань в межах предметної області
4	ПК4. Здатність використовувати знання предметної області, положення фундаментальних наук, уміння визначати проблемне поле та формулювати наукові та науково-практичні задачі
5	ПК5. Уміння планувати, організовувати та здійснювати оригінальні наукові дослідження актуальних задач в предметній області
6	ПК7. Володіння навичками системного аналізу
7	ПК8. Здатність використовувати математичні методи дослідження та оптимізації при забезпеченні управління СТСіК
8	ПК11. Наукове та прикладне супроводження етапів життєвого циклу СТСіК
9	ПК12. Здатність у рамках власного дослідження зробити оригінальний науковий внесок у теорію і практику досліджуваної проблематики

У результаті вивчення дисципліни аспіранти **повинні знати**:

- види комп'ютерного моделювання та їх особливості;
- математичні моделі основних видів фізичних та хімічних процесів, які супроводжують функціонування суднових енергетичних установок та комплексів;
- основні етапи розробки комп'ютерної моделі процесу, що моделюється;
- прийоми тестування програмних модулів.

Таблиця 1.2 Програмні результати навчання, якими повинен оволодіти здобувач відповідно до ОНП

№ з/п	Програмний результат навчання
1	ПРН01 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження в межах предметної галузі і дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, розробляти стратегічні плани щодо сфер застосування науково-дослідних розробок
2	ПРН17 Рекомендувати необхідні інструменти для реалізації дослідницьких та проектних функцій.
3	ПРН19 Трансформувати теоретичні знання у практичну площину.
4	ПРН 20 Узагальнити та дослідити на теоретичному рівні отримані практичні результати.
5	ПРН21 Вирішувати задачі інноваційного характеру за допомогою сучасних програмних та технічних засобів.
6	ПРН24 Застосувати принцип доцільності при виборі дослідницьких інструментів.
7	ПРН34 Застосувати методи моделювання для розв'язання задач оптимізації.

Аспіранти **повинні вміти:**

- здійснювати аналіз задачі, вибрати та обґрунтувати вибір математичної схеми методу моделювання;
- будувати математичні моделі фізичних, хімічних та іншої природи процесів на базі класичних методів;
- створювати комп'ютерні моделі та оцінювати їх адекватність і ефективність;
- проводити обчислювальний експеримент на моделі;
- коректно інтерпретувати одержані результати.

Аспіранти **повинні отримати навички:**

- практичної роботи в програмних середовищах систем комп'ютерної математики (на прикладі систем Maple, MATLAB);
- використання програмних комплексів, які реалізують методи скінченних елементів (на прикладі програмного комплексу ElCut, Ansys);
- застосування спеціалізованих програмних модулів для розв'язання задач нелінійної багатокритеріальної оптимізації (на прикладі програмного модуля Direct Search, надбудови до табличного процесора Excel «Пошук розв'язків»).

2. Зміст навчальної дисципліни

Сучасні тенденції в освіті вимагають підготовки науковців нового покоління, які здатні до інноваційної діяльності, оновлення знань, проектування особистісного та професійного зростання.

При такому підході важливим є посилення міждисциплінарних зв'язків математичних, фізичних та інформаційних дисциплін, з одного боку, та дисциплін, що забезпечують глибоке знання предметної галузі, обраної аспірантом для досліджень, з іншого боку.

Дисципліна «Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів» в даній ситуації здатна виступати як ефективний метод затребуваного посилення міждисциплінарних зв'язків при підготовці майбутніх науковців.

Таблиця 2.1 – Опис навчальної дисципліни для денної форми навчання

Термін вивчання дисципліни		Обсяг дисципліни		Розподіл академічних годин за видами занять					Контроль знань		
Курс	Семестр (тільки для денної ф.н.)	Всього академічних годин	Кредити ECTS	Аудиторні заняття				Самостійна робота	Вид індивідуального завдання	Залік	Іспит
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Семінарські заняття				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	4	90	3	28	14			48	-	-	+

Таблиця 2.1 – Опис навчальної дисципліни для заочної форми навчання

Термін вивчання дисципліни		Обсяг дисципліни		Розподіл академічних годин за видами занять					Контроль знань		
Курс	Семестр (тільки для денної ф.н.)	Всього академічних годин	Кредити ECTS	Аудиторні заняття				Самостійна робота	Вид індивідуального завдання	Залік	Іспит
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Семінарські заняття				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	4	90	3	6	6			78	-	-	+

3. Структура навчальної дисципліни

Таблиця 3 – Зміст та опис дисципліни

№ з/п	Назва розділів та тем	Обсяг годин								
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання				
		Лекція	ЛЗ	ПЗ	СР	Лекція	ЛЗ	ПЗ	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Методологічні питання моделювання процесів і систем Поняття про математичне й комп'ютерне моделювання. Методи побудови математичних моделей систем і процесів. Класифікація та опис математичних моделей.	2			1					2
2	Математичні моделі на основі звичайних диференціальних рівнянь Моделювання фізичних процесів за допомогою звичайних диференціальних рівнянь. Аналітичні та наближені методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.	2			1					2
3	Моделювання коливальних процесів на основі точних методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.				2					2
4	Моделювання коливальних процесів на основі наближених методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.				2					3
5	Математичні моделі на основі систем звичайних диференціальних рівнянь.	2			1					3
6	Моделювання фізичних процесів, що описуються системами звичайних диференціальних рівнянь, в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.				2					2
7	Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних. Рівняння математичної фізики та їх класифікація. Види граничних та крайових задач.	2			1	2				2
8	Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних еліптичного виду та методи їх розв'язання.	2			1					3
9	Моделювання стаціонарного розподілу температури в плоскій пластині на основі аналітичних методів розв'язання задачі Діріхле та Неймана в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.			2	2					3
10	Моделювання стаціонарного розподілу напружень в стержнях з різними перерізами на основі аналітичних				2					2

№ з/п	Назва розділів та тем	Обсяг годин							
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Лекція	ЛЗ	ПЗ	СР	Лекція	ЛЗ	ПЗ	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	методів розв'язання задачі Діріхле та Неймана в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.								
11	Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних параболічного виду та методи їх розв'язання.	2			1				3
12	Моделювання термодинамічних процесів на основі розв'язання рівнянь параболічного виду методом Фур'є в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.				2				2
13	Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних гіперболічного виду та методи їх розв'язання.	2			1				3
14	Моделювання хвильових процесів на основі розв'язання рівнянь гіперболічного виду методами д'Аламбера і Фур'є в програмних середовищах СКМ Maple, MATLAB.				2				2
15	Основи методу скінченних елементів і його застосування в інженерних розрахунках. Основні поняття методу скінченних елементів. Локальна та глобальна матриці жорсткості. Прогностична оцінка точності отримуваних розв'язків.	2			1	2			2
16	Види скінченних елементів. Їх апроксимаційні властивості, межі застосування.	2			2	2			2
17	Огляд програмного забезпечення, що реалізує метод скінченних елементів.	4			1				5
18	Моделювання стаціонарного температурного поля в плоскій пластині складної геометричної форми методом скінченних елементів в ПК ElCut.			2	2			2	2
19	Моделювання нестационарного розподілу температури в плоскій пластині складної геометричної форми методом скінченних елементів в ПК ElCut.			2	2			2	2
20	Чисельне моделювання напружено-деформованого стану деталей та конструкцій в середовищі Ansys.			2	4			2	4
21	Моделювання потоку рідин та газів в середовищі Ansys.			2	4				6
22	Методи оптимізації. Лінійне програмування. Види задач лінійного програмування. Спеціалізовані програмні модулі для розв'язання задач лінійного програмування.	2			1				3

№ з/п	Назва розділів та тем	Обсяг годин								
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання				
		Лекція	ЛЗ	ПЗ	СР	Лекція	ЛЗ	ПЗ	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	Розв'язання задач лінійного програмування за допомогою надбудови «Пошук розв'язків» табличного процесора Excel.			2	2					4
24	Основні задачі нелінійного програмування. Градієнтні методи та їх реалізація в табличному процесорі Excel. Спеціалізовані програмні модулі для розв'язання задач нелінійного програмування.	2			2					4
25	Розв'язання задач пошуку локальних екстремумів в задачах нелінійної оптимізації за допомогою спеціалізованих команд СКМ Maple.			2	2					4
26	Особливості реалізації методів багатопараметричної полімодальної оптимізації.	2			2					4
27	Розв'язання задач пошуку глобальних екстремумів в задачах нелінійної полімодальної оптимізації за допомогою спеціалізованого пакету Direct Search.				2					2
Всього		28		14	48	6		6		78

4. Рейтингова система для оцінювання успішності здобувачів рівня PhD

Таблиця 4.1 – Оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів рівня PhD

Максимальна кількість балів, які мають змогу набрати здобувачі рівня PhD за кожний тематичний модуль					Всього за семестр
Методологічні питання моделювання процесів і систем	Математичні моделі на основі звичайних диференціальних рівнянь	Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних	Основи методу скінченних елементів і його застосування в інженерних розрахунках	Методи оптимізації	
2	10	15	13	10	50

Можливе часткове оцінювання видів діяльності аспірантів очної форми навчання в залежності від якості виконання завдань (табл. 4.2).

Оцінювання активності роботи **на лекціях**, та оцінювання конспекту лекцій, для **аспірантів очної форми** навчання відбувається за наступними критеріями:

- якщо в конспекті наявні основні теоретичні положення теми, що вивчається, наведені приклади розв'язання типових задач, на питання по лекційному матеріалу здобувач відповідає без помилок, тоді він отримує 1 бал;
- якщо за час лекції здобувач нічого не конспектував, але на питання по лекційному матеріалу відповідає без помилок, він отримує 0,5 балів;
- якщо відсутній конспект матеріалу лекції та відповіді на запитання не надаються, здобувач отримує 0 балів.

Наступними елементом оцінювання навчальної діяльності є виконання **практичних робіт**. Для аспірантів очної форми навчання передбачено 7 практичних робіт, кожна з яких оцінюється в 5 балів:

- якщо аспірант правильно виконав практичну роботу та надав повні відповіді на запитання при її захисті, він отримує 5 балів;
- якщо аспірант правильно виконав практичну роботу, але не надав повних відповідей на поставлені запитання – 4 бал;
- якщо аспірант правильно виконав практичну роботу та надає помилкові відповіді – 3 бали.

Виконання **індивідуальних завдань з тем, які винесені на самостійне опанування** оцінюється аналогічно до виконання аудиторних практичних робіт.

Проходження тесту на платформі LMS Moodle оцінюється в підсумку за всі правильні відповіді в 8 балів. Оцінювання відповідей на кожне запитання тесту залежить від кількості запитань в тесті та їх складності. Ці відомості наведені в коментарях до тестів на платформі LMS Moodle.

Таблиця 4.2 – Бальні оцінки для елементів контролю за семестр для здобувачів наукового ступеня очної форми навчання

Елементи навчальної діяльності	Кількість занять	Максимальний бал за вид роботи	Всього за семестр, бали
Активність роботи на лекціях, ведення конспекту лекцій	14	1	14
Виконання практичних робіт та захист їх протоколів	7	5	35
Виконання індивідуальних завдань з тем, які винесені на самостійне опанування	7	5	35
Проходження тесту на платформі LMS Moodle	2	8	16
Всього			100
Заохочувальні бали (наукова робота):			
<ul style="list-style-type: none"> Підготовка статті до публікації в науковому виданні з використанням опанованих методів комп'ютерного моделювання 	1	10	10
<ul style="list-style-type: none"> Написання реферату 	1	3	3
<ul style="list-style-type: none"> Підготовка презентацій 	1	3	3
Всього максимум за семестр			до 16

Підготовка статті до публікації в науковому виданні оцінюється наступним чином:

- підготовка статті, де викладені результати власних досліджень з використанням опанованих методів моделювання, що отримала підтвердження прийняття до друку у вітчизняному фаховому виданні або рецензованому іноземному видання – 10 балів;
- підготовка статті, де викладені результати власних досліджень без суттєвого використання методів комп'ютерного моделювання – 8...10 балів;
- підготовка статті, де викладені результати аналізу досліджень інших науковців з використанням методів комп'ютерного моделювання, але за темою свого наукового дослідження – 6...8 балів;
- підготовка статті, де викладені результати аналізу досліджень інших науковців з використанням методів комп'ютерного моделювання, але не за темою свого наукового дослідження – 4...6 балів;
- підготовка оглядової статті, де описані методи комп'ютерного моделювання – 2...4 бали.

Написання реферату оцінюється наступним чином:

- написання реферату, де викладені результати власних досліджень з використанням опанованих методів моделювання – 3 бали;

– написання реферату, де викладені результати аналізу інших дослідників, але за темою свого наукового дослідження та використанням методів комп’ютерного моделювання – 2 бали;

– написання реферату, де описані методи комп’ютерного моделювання – 1 бал.

Аспірант має підготувати **презентації** за темою свого наукового дослідження. Підготовка презентацій оцінюється наступним чином:

– підготовка презентації, з наданням повної відповіді на всі питання – 3 бали;

– підготовка презентації, з наданням неповних або помилкових відповідей на частину питань – 2 бали;

– підготовка презентації, з наданням неповних або помилкових відповідей на всі питання – 1 бал.

Можливе часткове оцінювання видів діяльності **аспірантів заочної форми** навчання в залежності від якості виконання завдань (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Бальні оцінки для елементів контролю за семестр для здобувачів наукового ступеня заочної форми навчання

Елементи навчальної діяльності	Кількість занять	Максимальний бал за вид роботи	Всього за семестр, бали
Активність роботи на лекціях, ведення конспекту лекцій	3	1	3
Самостійне опанування теоретичного матеріалу з окремих тем програми	11	1	11
Виконання практичних робіт та захист їх протоколів	3	5	15
Виконання індивідуальних завдань з тем, які винесені на самостійне опанування	11	5	55
Проходження тесту на платформі LMS Moodle	2	8	16
Всього			100
Заохочувальні бали (наукова робота):			
• Підготовка статті до публікації в науковому виданні з використанням опанованих методів комп’ютерного моделювання	1	10	6
• Написання реферату	1	3	3
• Підготовка презентацій	1	3	3
Всього максимум за семестр			до 16

Оцінювання активності роботи **на лекціях** (які проводяться під час аудиторних занять) та оцінювання конспекту лекцій, для **аспірантів заочної форми навчання** відбувається за наступними критеріями:

- якщо в конспекті наявні основні теоретичні положення теми, що вивчається, наведені приклади розв'язання типових задач, на питання по лекційному матеріалу здобувач відповідає без помилок, тоді він отримує 1 бал;
- якщо за час лекції здобувач нічого не конспектував, але на питання по лекційному матеріалу відповідає без помилок, він отримує 0,5 балів;
- якщо відсутній конспект матеріалу лекції та відповіді на запитання не надаються, здобувач отримує 0 балів.

Оцінювання якості самостійного опанування теоретичного матеріалу з окремих тем програми для **аспірантів заочної форми навчання** відбувається за наступними критеріями:

- якщо в конспекті наявні основні теоретичні положення теми, що винесена на самостійне опанування, наведені приклади розв'язання типових задач, на питання по лекційному матеріалу здобувач відповідає без помилок, тоді він отримує 1 бал;
- якщо конспект теми відсутній, але на питання з цієї теми здобувач відповідає без помилок, він отримує 0,5 балів;
- якщо відсутній конспект теми та відповіді на запитання не надаються, здобувач отримує 0 балів.

Наступними елементом оцінювання навчальної діяльності є виконання **практичних робіт**. Для аспірантів заочної форми навчання передбачено 3 практичних роботи під час аудиторних занять, кожна з яких оцінюється в 5 балів:

- якщо аспірант правильно виконав практичну роботу та надав повні відповіді на запитання при її захисті, він отримує 5 балів;
- якщо аспірант правильно виконав практичну роботу, але не надав повних відповідей на поставлені запитання – 4 бали;
- якщо аспірант правильно виконав практичну роботу та надає помилкові відповіді – 3 бали.

Виконання **індивідуальних завдань з тем, які винесені на самостійне опанування** оцінюється аналогічно до виконання аудиторних практичних робіт.

Проходження тесту на платформі LMS Moodle оцінюється в підсумку за всі правильні відповіді в 8 балів. Оцінювання відповідей на кожне запитання тесту залежить від кількості запитань в тесті та їх складності. Ці відомості наведені в коментарях до тестів на платформі LMS Moodle.

Підготовка статті до публікації в науковому виданні оцінюється наступним чином:

– підготовка статті, де викладені результати власних досліджень з використанням опанованих методів моделювання, що отримала підтвердження прийняття до друку у вітчизняному фаховому виданні або рецензованому іноземному видання – 10 балів;

– підготовка статті, де викладені результати власних досліджень без суттєвого використання методів комп'ютерного моделювання – 8...10 балів;

– підготовка статті, де викладені результати аналізу досліджень інших науковців з використанням методів комп'ютерного моделювання, але за темою свого наукового дослідження – 6...8 балів;

– підготовка статті, де викладені результати аналізу досліджень інших науковців з використанням методів комп'ютерного моделювання, але не за темою свого наукового дослідження – 4...6 балів;

– підготовка оглядової статті, де описані методи комп'ютерного моделювання – 2...4 бали.

Написання **реферату** оцінюється наступним чином:

– написання реферату, де викладені результати власних досліджень з використанням опанованих методів моделювання – 3 бали;

– написання реферату, де викладені результати аналізу інших дослідників, але за темою свого наукового дослідження та використанням методів комп'ютерного моделювання – 2 бали;

– написання реферату, де описані методи комп'ютерного моделювання – 1 бал.

Аспірант має підготувати **презентації** за темою свого наукового дослідження. Підготовка презентацій оцінюється наступним чином:

– підготовка презентації, з наданням повної відповіді на всі питання – 3 бали;

– підготовка презентації, з наданням неповних або помилкових відповідей на частину питань – 2 бали;

– підготовка презентації, з наданням неповних або помилкових відповідей на всі питання – 1 бал.

5. Засоби діагностики та питання для проведення підсумкового контролю знань

Для перевірки знань у здобувачів вищої освіти при вивченні дисципліни «Комп'ютерне моделювання систем та процесів суднових енергетичних систем і комплексів» використовуються:

- експрес-опитування на лекціях;
- виконання та захист практичних робіт;
- екзамен.

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про організацію освітнього процесу Херсонської державної морської академії».

5.1. Питання для підготовки до підсумкового контролю знань

1. Яку структуру мають звичайні лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами?
2. Які фізичні процеси можуть описуватися звичайними лінійними диференціальними рівняннями зі сталими коефіцієнтами?
3. Яку структуру має загальний розв'язок звичайного лінійного диференціального рівняння зі сталими коефіцієнтами?
4. Як формулюється задача Коші для звичайного лінійного диференціального рівняння зі сталими коефіцієнтами?
5. Як корені звичайного лінійного однорідного диференціального рівняння зі сталими коефіцієнтами впливають на структуру його розв'язку?
6. Яке перетворення називається перетворенням Лапласа?
7. Яка функція може бути оригіналом?
8. Як початкові умови враховуються в операторному методі?
9. Яка основна ідея операторного методу?
10. Які методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь входять до бібліотеки методів команди `dsolve` СКМ Maple?
11. Які графічні команди використовуються СКМ Maple для візуалізації коливальних процесів?
12. Які задачі називаються стаціонарними та нестаціонарними?
13. Які існують види граничних задач?
14. Як формулюються граничні умови першого роду?
15. Як формулюються граничні умови другого роду?
16. Як формулюються граничні умови третього роду?
17. Як формулюються граничні умови четвертого роду?
18. Які рівняння відносять до рівнянь математичної фізики?
19. Які існують види рівнянь математичної фізики?
20. Як виконується класифікація рівнянь математичної фізики?
21. Назвіть типові фізичні або хімічні процеси, які моделюються за допомогою кожного виду рівнянь математичної фізики.

22. Який метод може застосовуватися для аналітичного розв'язання диференціального рівняння в частинних похідних параболічного типу?
23. Опишіть основну ідею методу Фур'є.
24. Як обираються базисні функції в методі Фур'є в залежності від граничних умов?
25. Які переваги та недоліки методу Фур'є?
26. Які методи можуть застосовуватися для наближеного розв'язання диференціального рівняння в частинних похідних параболічного типу?
27. Який метод може застосовуватися для аналітичного розв'язання диференціального рівняння в частинних похідних гіперболічного типу?
28. Які методи можуть застосовуватися для наближеного розв'язання диференціального рівняння в частинних похідних гіперболічного типу?
29. Які методи можуть застосовуватися для аналітичного розв'язання диференціального рівняння в частинних похідних еліптичного типу?
30. Які методи можуть застосовуватися для наближеного розв'язання диференціального рівняння в частинних похідних еліптичного типу?
31. Опишіть основну ідею методу Бубнова-Гальоркіна.
32. Як обираються базисні функції в методі Бубнова-Гальоркіна в залежності від граничних умов?
33. Які переваги та недоліки методу Бубнова-Гальоркіна?
34. Наведіть приклади функціоналів, що мінімізуються в методі Бубнова-Гальоркіна, для граничних задач з диференціальними рівняннями в частинних похідних конкретних типів.
35. Опишіть основну ідею методу Рітца.
36. Як обираються базисні функції в методі Рітца в залежності від граничних умов?
37. Які переваги та недоліки методу Рітца?
38. Наведіть приклади функціоналів, що мінімізуються в методі Рітца, для граничних задач з диференціальними рівняннями в частинних похідних конкретних типів.
39. Який існує зв'язок між методами Бубнова-Гальоркіна та Рітца?
40. Який існує зв'язок між методами Бубнова-Гальоркіна та Фур'є?
41. Опишіть основну ідею методу скінченних елементів.
42. Які існують види скінченних елементів за геометричною формою?
43. Які існують обмеження на геометричну форму елементів, що використовуються в методі скінченних елементів?
44. Які існують види скінченних елементів за степенями поліноміальних базисних функцій?
45. Які функції називаються базисними в методі скінченних елементів?
46. Які функції можуть використовуватися в якості базисних в методі скінченних елементів?
47. Як будується локальна матриця жорсткості скінченного елемента?
48. Як будується глобальна матриця жорсткості в методі скінченних елементів?
49. Опишіть основну ідею методу триангуляції замкнених областей?

50. Як класифікуються скінченні елементи стосовно наявності та відсутності внутрішніх вузлів?
51. Як виконується операція конденсації в методі скінченних елементів?
52. Як оцінюються апроксимаційні властивості скінченних елементів?
53. Що таке слід матриці жорсткості?
54. Як обчислюється число Грама для матриці жорсткості?
55. Як число Грама матриці жорсткості елемента впливає на точність розв'язку?
56. Як обчислюється число обумовленості матриці жорсткості?
57. Як число обумовленості матриці жорсткості елемента впливає на точність розв'язку?
58. Які Ви знаєте комерційні програмні продукти, що реалізують метод скінченних елементів?
59. Яке Ви знаєте вільне програмне забезпечення, що реалізує метод скінченних елементів?
60. Яким рівнянням описується плоске стаціонарне теплове поле?
61. Як в диференціальному рівнянні враховується наявність або відсутність джерела тепла в досліджуваній області?
62. Як в диференціальному рівнянні враховується наявність або відсутність стоку в досліджуваній області?
63. Яку структуру має рівняння, що описує процес дифузії?
64. Яку структуру має рівняння мілкої води?
65. Яку структуру має рівняння Буссінеска?
66. Яким рівнянням описується кручення пружного призматичного стержня?
67. Як враховується наявність осової симетрії у досліджуваній області в методі скінченних елементів?
68. Як враховуються граничні умови при побудові матриці жорсткості в методі скінченних елементів?
69. Які рівняння входять до складу рівнянь Нав'є-Стокса?
70. Що таке число Рейнольдса?
71. Як величина числа Рейнольдса впливає на аналітично точний розв'язок рівнянь Нав'є-Стокса для плоского потоку?
72. Які задачі відносяться до задач лінійного програмування?
73. Які існують форми запису задач лінійного програмування?
74. Як перейти від задачі пошуку умовного максимуму до задачі пошуку умовного мінімуму?
75. Які Ви знаєте методи розв'язання задач лінійного програмування?
76. Яка основна ідея симплекс-методу?
77. Як обчислюються оцінки стовпців матриці в симплекс-методі?
78. Як обчислюються оцінки рядків матриці в симплекс-методі?
79. Які особливості мають симплекс-таблиці для задач з нескінченною множиною розв'язків?
80. Які особливості мають симплекс-таблиці для задач з відсутністю розв'язку?

81. Чим відрізняються задачі пошуку умовного та безумовного екстремуму?
82. Які інструменти табличного процесора Excel використовуються для розв'язання задач лінійного програмування?
83. Які команди СКМ Maple використовуються для розв'язання задач лінійного програмування?
84. Які інструменти табличного процесора Excel використовуються для розв'язання задач нелінійного програмування?
85. Які команди СКМ Maple використовуються для розв'язання задач нелінійного програмування?
86. Поняття про цілочислове лінійне програмування.
87. В чому полягає основна ідея методу Гоморі?
88. В чому полягає основна ідея методу віток та границі?
89. Які евристичні методи розв'язання задач цілочисельного програмування Ви знаєте?
90. Опишіть основну ідею методу найшвидшого спуску.
91. Опишіть основну ідею методу покоординатного спуску Гаусса-Зейделя.
92. Опишіть основну ідею методу спряжених градієнтів.
93. Як для градієнтних методів доцільно обирати початкову точку?
94. Коли в градієнтних методах виникає зациклювання?
95. Які ви знаєте способи запобігання зациклюванню градієнтних методів?
96. У чому полягає основна ідея методу множників Лагранжа?
97. Як формулюється необхідна умова існування екстремуму в точці для функції кількох аргументів?
98. Опишіть методи розв'язання ЗЛП, що реалізуються командою NLPSolve в СКМ Maple?
99. Опишіть методи розв'язання ЗЛП, що реалізуються командою QPSolve в СКМ Maple?
100. Яке призначення пакету «Пошук розв'язків» в табличному процесорі Excel?

6. Рекомендована література

Основна література:

1. Арутюнян Н. Х., Абрамян Б. Л. Кручение упругих тел. М.: Физматгиз, 1963. 686 с.
2. Бабаков И. М. Теория колебаний. М. Наука, 1968. 560 с
3. Березин И. С., Жидков Н. А. Методы вычислений. Т. 1. М.: Наука, 1966. 632 с.
4. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний. М: Высшая школа, 1972, 416 с.
5. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1981. 512с.
6. Гончаров В. Л. Теория интерполирования и приближения функций. М.: Гостехиздат, 1954. 358 с.
7. Комеч А.И. Практическое решение уравнений математической физики. М.: Изд-во МГУ, 1986. 160 с.
8. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. М.: Высшая школа, 1970. 712 с.
9. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977. 456 с.
10. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. К.: Либідь, 2001. 334 с.
11. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Физматгиз, 1961. 400 с.
12. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем. Минск: Издательство «Дизайн ПРО», 2004. 640 с.
13. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.
14. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина. М.: Мир, 1980. 352 с.
15. Bender Edward A. An Introduction to Mathematical Modeling (Dover Books on Computer Science). Mineola, New York: Dover Publications, INC, 2000. 272 с.
16. Heinz, Stefan. Mathematical Modeling. Springer Science & Business Media, 2011. 460 p.
17. Аттетков А. В., Галкин С. В., Зарубин В. С. Методы оптимизации. М.: издательство МГТУ им. Баумана, 2003. 440 с.
18. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. М.: Мир, 1984. 428 с.
19. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.
20. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. 318 с.
21. Коннор Дж., Бреббиа К. Метод конечных элементов в механике жидкости. М.: Судостроение, 1979. 246 с.
22. Корнеев В. Г. Схемы метода конечных элементов высоких порядков точности. Л.: изд-во Лен. ун-та, 1977. 208 с.
23. Ляшенко И. Н. Линейное и нелинейное программирование. К.: Вища школа, 1975. 456 с.
24. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977. 456 с.

25. Митчелл Э., Уэйт Р. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными. М.: Мир, 1981. 216 с.
26. Молчанов И. Н., Николенко Л. Д. Основы метода конечных элементов. К.: Наукова думка, 1989. 272 с.
27. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов: Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 304 с.
28. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.: Мир, 1976. 464 с.
29. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Машиностроение, 1976, 320 с.
30. Пановко Я. Г., Губанова И. И. Устойчивость и колебания упругих систем. М.: Наука, 1979. 384 с.
31. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов: Пер. с англ. М.: Мир, 1977. 350 с.
32. Сьярле Ф. Метод конечных элементов для эллиптических задач. М.: Мир, 1980. 512 с.
33. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967. 444 с.
34. Шабров Н. Н. МКЭ в расчетах деталей тепловых двигателей. Л.: Машиностроение, 1983. 212 с.
35. **A**ddy P. Introduction to Optimization Methods. London: Chapman and Hall, 1975.
36. Fletcher R. Practical Methods of Optimization. New Jersey: John Wiley & Sons, 2000. 450 p.
37. Singiresu Rao. The Finite Element Method in Engineering. Elsevier. 2005. 686 p.
38. Swanson C. A. Comparison and Oscillation Theory of Linear Differential Equations. New York: Academic Press, 1968. 236 p.
39. Velten Kai. Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers. New Jersey: Wiley-VCH, 2009 362 с.
40. Wenyu Sun, Ya-Xiang Yuan. Optimization Theory and Methods. Berlin: Springer, 2006. 688 p.
41. **Y**oshida Norio. Oscillation Theory of Partial Differential Equations. World Scientific, 2008. 340 p.
42. **Z**hu Bofang. The Finite Element Method: Fundamentals and Applications in Civil, Hydraulic, Mechanical and Aeronautical Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, 2018.

Додаткова література:

43. Бицадзе А.В., Калиниченко Б.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. М.: Наука, 1977. 224 с.
44. Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике. М.: Наука, 1980. 668 с.
45. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. М.: Наука, 1967. 368 с.
46. Єчкало Ю. В. Використання сучасних інформаційних технологій при вивченні механічних коливань. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія:*

Педагогічна. 2005. № 11. С. 198–202. DOI: <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2005-11.198-202> 099968

47. Крилик Л. В., Богач І. В., Прокопова М. О. Обчислювальна математика. Інтерполяція та апроксимація табличних даних: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 111 с.
48. Смирнов М.М. Задачи по уравнениям математической физики. М.: Наука, 1968. 112 с.
49. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука. Под ред. Э. И. Григолюка. М.: Машиностроение, 1985. 427 с.
50. Shampine L. F., Corless R. M. Initial Value Problems for ODEs in Problem Solving Environments. *J. Comp. Appl. Math*, 2000. Vol. 125. Issue 1–2. P. 31–40.
51. Барвінський А. Ф., Олексів І. Я., Крупка З. І. та ін. Математичне програмування: Навчальний посібник. Львів: Національний університет «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «Інтелект+» Інститут післядипломної освіти) «Інтелект – Захід», 2004. 448 с.
52. Бех О. В., Городня Т. А., Щербак А. Ф. Математичне програмування: Навчальний посібник. Львів: «Магнолія 2006», 2007. 200 с.
53. Бех О. В., Городня Т. А., Щербак А. Ф. Збірник задач з математичного програмування : Навчальний посібник. Львів: «Магнолія 2006», 2007. 200 с.
54. Вітлінський В. В., Наконечний С. І., Терещенко Т. О. Математичне програмування: Навч.-метод. посібник для самост.вивч. дисц. К.: КНЕУ, 2001. 248 с.
55. Григорків В. С., Григорків М.В. Оптимізаційні методи та моделі. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 400 с.
56. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. Пер. с англ. Г.Н. Андрианова и др. Общ. ред. и предисл. Н.Н. Воробьева. М.: Прогресс, 1966. 600 с
57. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. М.: Наука, 1967. 368 с.
58. Еременко С. Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых твердых тел. Харьков: Основа, 1991. 272 с.
59. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. М.: Едиториал УРСС, 2003. 272 с.
60. Кучма М. І. Математичне програмування : приклади і задачі : Навчальний посібник. Львів: «Новий Світ-2000», 2007. 344 с.
61. Мазаракі А. А., Толбатов Ю. А. Математичне програмування в Excel: Навч. посібник. К.: Четверта хвиля, 1998. 208 с.
62. Наконечний С. І., Савіна С. С. Математичне програмування: Навчальний посібник. К.: КНЕУ, 2003. 452 с.
63. Прохоренко В.П. SolidWorks / Практическое руководство. М.: ООО, "Бином-Пресс", 2004. 448 с.
64. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.

65. Секулович М. Метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1993. 664 с.
66. Сильвестр П., Феррари Р. Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров-электриков: Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 229 с.
67. Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. ANSYS для инженеров: Справочное пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. 512 с.
68. Шайдуров В. В. Многосеточные методы конечных элементов. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1989. 288 с.
69. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. М.: ДМК Пресс, 2001. 448 с.

Интернет-джерела:

70. Gebreselasie Daniel. Mechanics and Oscillations. URL: <https://bookboon.com/en/university-physics-i-notes-and-exercises-ebook>
71. Jones D. S. Electrical and Mechanical Oscillations. URL: <https://www.abebooks.co.uk/book-search/title/electrical-and-mechanical-oscillations/author/d-s-jones/>
72. Kovaleva Agnessa. Optimal Control of Mechanical Oscillations. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Optimal_Control_of_Mechanical_Oscillations.html?id=OMDqCAAAQBAJ&redir_esc=y
73. Stone Michael. Methods of Mathematical Physics I. URL: <https://www.mobt3ath.com/uplode/book/book-20264.pdf>
74. Symes William W. Partial Differential Equations of Mathematical Physics. URL: [https://www.freebookcentre.net/physics-books-download/Partial-Differential-Equations-of-Mathematical-Physics-\(PDF-105p\).html](https://www.freebookcentre.net/physics-books-download/Partial-Differential-Equations-of-Mathematical-Physics-(PDF-105p).html)
75. A high level multiphysics finite element software. URL: <https://freefem.org/>
76. Examples for Finite Element Method. URL: <https://dictionary.cambridge.org/ru/%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C/%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/finite-element-method>
77. Introduction to Finite Element Analysis. URL: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/introduction-finite-element-analysis/content-section-1.5>
78. Optimization Method. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/optimization-method>
79. Optimization Theory, Methods, and Applications in Engineering. URL: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2014/319418/>