

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
інформаційних систем.
Протокол № 1 від 22.08.2023 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи

Каріна НЕМАШКАЛО



МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ
робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань	12 "Інформаційні технології"
Спеціальність	121 "Інженерія програмного забезпечення"
Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Освітня програма	"Інженерія програмного забезпечення"

Статус дисципліни	вибіркова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська

Розробник:
к.ф.-м.н., доцент

підписано КЕП

Віктор ЗАДАЧИН

Завідувач кафедри
інформаційних систем

Дмитро БОНДАРЕНКО

Гарант програми

Олег ФРОЛОВ

Харків
2024

ВСТУП

Сучасний розвиток науки і обчислювальної техніки характеризується все більш зростаючим рівнем використання комп'ютерних моделей як для дослідження поведінки явищ і процесів, що оточують людину, так і для розв'язання практичних задач, пов'язаних з управлінням та прогнозуванням.

Вивчення дисципліни "Методи вирішення інженерних задач" передбачає набуття теоретичних знань та опанування практичними навичками стосовно основних методів вирішення інженерних задач, що виникають при розробці програмного забезпечення; засвоєння способів розрахунків на сучасних комп'ютерах із застосуванням пакетів спеціальних прикладних програм.

У процесі навчання здобувачі освіти отримують необхідні знання під час проведення аудиторних занять: лекційних та лабораторних. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота здобувачів освіти.

Метою викладання даної навчальної дисципліни є формування теоретичних знань з основ чисельного аналізу та дослідження операцій, засвоєння здобувачами освіти основних чисельних методів та надбання навичок їх застосування для вирішення математичних задач, що виникають при розробці програмного забезпечення. При цьому велика увага приділяється практичній роботі здобувачів освіти на персональних комп'ютерах із застосуванням математичних пакетів.

Об'єктом вивчення дисципліни є типові математичні задачі, до яких зводиться рішення проблем, що виникають при розробці інформаційних систем та систем моделювання.

Предметом вивчення дисципліни є загальновідомі чисельні методи розв'язання математичних задач та методи оптимізації.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
PH01	ЗК01, ЗК02, ЗК05, ЗК06, СК08
PH05	ЗК01, ЗК02, СК07, СК08, СК14

де, PH01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

PH05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

- ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
СК07. Володіння знаннями про інформаційні моделі даних, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних.
СК08. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.
СК14. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Чисельні методи

Тема 1. Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та задачі

1.1. Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та задачі.

Тема 2. Сутність чисельних методів. Загальні поняття.

2.1. Сутність чисельних методів. Загальні поняття.

2.2. Характеристики чисельних методів. Похибка рішення.

2.3. Арифметика з плаваючою точкою. Похибка округлення при розрахунках на комп'ютері з плаваючою комою.

Тема 3. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь

3.1. Постановка задачі. Прямі та ітераційні методи, їх відмінність.

3.2. Прямі методи розв'язання систем алгебраїчних лінійних рівнянь. Метод виключення Гауса. Метод Гауса з вибором головного елемента.

3.3. Ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних лінійних рівнянь. Метод простої ітерації, умови його збіжності. Метод Зейделя.

3.4. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності. Види розріджених матриць. Методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями.

Тема 4. Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь

4.1. Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь з одним невідомим. Постановка задачі. Метод дихотомії.

4.2. Чисельні методи розв'язання систем нелінійних рівнянь. Постановка задачі. Метод Ньютона, метод простої ітерації. Метод найменших квадратів.

Тема 5. Чисельні методи наближення функцій. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція

5.1. Постановка задач наближення функцій, їх відмінність.

5.2. Апроксимація функцій. Метод найменших квадратів для апроксимації функцій.

5.3. Інтерполяція функцій. Інтерполяція лінійна та квадратична. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Сплайн-інтерполяція.

Тема 6. Чисельне диференціювання функцій

6.1. Постановка задачі. Формули чисельного диференціювання функцій.

Тема 7. Чисельне інтегрування функцій

7.1. Постановка задачі. Формула трапецій. Формула Сімпсона.

Тема 8. Чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь. Задача Коши

8.1. Постановка задачі Коши. Постановка задачі Коші для диференціального рівняння n -го порядку та системи диференціальних рівнянь.

8.2. Однокрокові методи розв'язання задачі Коші. Метод Ейлера, методи Рунге-Кутта, їх порівняння.

8.3. Багатокрокові методи розв'язання задачі Коші. Метод Адамса–Башфорта, метод прогнозу та корекції, їх порівняння.

8.4. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Поняття жорсткої задачі Коши. Неявні методи Ейлера і Рунге–Кутта.

Тема 9. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь

9.1. Постановка крайової задачі. Постановка задачі для звичайних диференціальних рівнянь.

9.2. Чисельні методи розв'язання крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Метод кінцевих різниць.

Тема 10. Методи математичної фізики.

10.1. Постановка задач математичної фізики. Задача Діріхле, задача Неймана.

10.2. Чисельні методи розв'язання задач математичної фізики. Метод кінцевих різниць. Метод кінцевих елементів.

Змістовий модуль 2. Методи оптимізації

Тема 11. Постановка та класифікація задач оптимізації, загальні поняття

11.1. Загальна постановка задачі оптимізації, загальні поняття. Поняття цільової функції та допустимої множини.

11.2. Класифікація задач оптимізації. Математичне програмування. Безумовна та умовна оптимізація. Лінійне та нелінійне програмування.

Тема 12. Чисельні методи пошуку екстремуму функцій однієї змінної

12.1. Постановка задачі пошуку екстремуму функцій однієї змінної.

12.2. Чисельні методи пошуку екстремуму функції однієї змінної. Метод дихотомії. Метод золотого січення.

Тема 13. Методи безумовної оптимізації

13.1. Постановка задачі безумовної оптимізації. Необхідні умови мінімуму 1-го і 2-го порядків функції кількох змінних. Загальна схема чисельних методів рішення задачі безумовної оптимізації.

13.2. Чисельні методи безумовної оптимізації. Градієнтні методи. Метод сполучених градієнтів. Метод Ньютона. Квазі-ньютонівські методи. Методи випадкового пошуку.

Тема 14. Методи нелінійного програмування

14.1. Постановка задачі нелінійного програмування. Необхідні умови мінімуму.

14.2. Чисельні методи нелінійного програмування. Метод штрафних

функцій. Метод модифікованої функції Лагранжа.

Тема 15. Методи лінійного програмування

15.1. Постановка задачі лінійного програмування. Приклади прикладних задач, які зводяться до задачі лінійного програмування.

15.2. Чисельні методи лінійного програмування. Симплекс-метод.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять

Назва теми	Зміст
Тема 3.	Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод виключення Гауса. Метод ітерацій
Тема 4.	Чисельні методи розв'язання рівнянь та систем нелінійних рівнянь. Метод Ньютона, метод простої ітерації. Метод найменших квадратів
Тема 5.	Чисельні методи наближення функцій. Апроксимація функцій. Інтерполяція функцій
Тема 8.	Чисельні методи розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Методи Ейлера, Рунге-Кута. Багатокрокові методи
Тема 9.	Чисельні методи розв'язання крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Метод кінцевих різниць
Теми 12, 13.	Чисельні методи знаходження екстремуму функцій однієї змінної. Метод золотого січення. Методи безумовної оптимізації. Градієнтні методи. Метод сполучених градієнтів. Метод Ньютона
Тема 14.	Методи нелінійного програмування. Метод штрафних функцій. Метод модифікованої функції Лагранжа
Тема 15.	Розв'язання задач лінійного програмування

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Перелік самостійної роботи

Назва теми	Зміст
Тема 2 – 15	Вивчення лекційного матеріалу
Тема 3 – 5, 8, 9, 12-15	Підготовка до лабораторних занять
Тема 2 – 15	Підготовка до екзамену

Кількість годин лекційних та лабораторних занять, а також годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

Словесні (лекція (Тема 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 15), проблемна лекція (Тема 3, 8), лекція-візуалізація (Тема 13)).

Наочні (демонстрація (Тема 2-15)).

Лабораторна робота (Тема 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 14, 15), кейс-метод (Тема 10, 15).

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних та лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю **екзамен (іспит):** максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти **екзамен (іспит) – 35 балів.**

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти.

Семестровий контроль проводиться у формі семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

Поточний контроль: захист лабораторних робіт (40 балів), письмові контрольні роботи (20 балів).

Семестровий контроль: Екзамен (40 балів).

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність «Інженерія програмного забезпечення»
Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення»
Семестр V
Навчальна дисципліна «Методи вирішення інженерних задач»

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

Завдання 1.

Розв'язати чисельно систему рівнянь $\begin{cases} \sin x_1 = -2x_2 + 2 \\ \cos x_1 = -x_2 + 1.5 \end{cases}$
($x^0 = (0; 0)$)

Сформулювати математичну задачу в загальній формі та перелічити чисельні методи її вирішення.

Завдання 2.

Залежність (H-Q-характеристика насоса) створюваного насосом напору (H) від витрати води (Q) описується функцією $H = H_F - S_F Q^\beta$ (H_F, S_F, β – параметри залежності). У результаті проведення натурних експериментів отримані наступні дані:

Q, м ³ /год	5	20	30	35
H, м вод. ст.	209	194	165	142

Оцінити значення напору, який буде створювати насос при витраті води $Q=32$ м³/год. Побудувати графік залежності.

Завдання 3.

Підприємство випускає комбінований корм для тварин, що виробляється з 3 видів зернових культур: кукурудзи, пшениці та ячменю. Оцініть якою повинна бути суміш, щоб ціна корму була мінімальна, калорійність 100 грамів корму була не менше 353 ккал і зміст протеїну був не менше 22.1 %, якщо відомі такі дані:

Назва культури	Ціна за 1 кг, грн....	Калорійність 100 грамів, ккал	Зміст протеїну, %
Кукурудза	5.1	300	21
Пшениця	5.4	400	23
Ячмень	5.25	360	22

«__» _____ 20__ р.

Екзаменатор

к.ф.-м.н., доц. Задачин В..М.

Зав. кафедрою

к.т.н., доц. Бондаренко Д.О.

Критерії оцінювання

Екзаменаційний білет складається з трьох завдань: перше – стереотипне, друге та третє - евристичні. Підсумкова оцінка за іспит є сумою оцінок за кожне завдання (максимум 40 балів). Кожне завдання оцінюється згідно наступної шкали.

Для завдання 1 (максимум 10 балів).

10 балів	Завдання виконане в повному обсязі. Зроблена перевірка отриманих результатів на коректність. Отримані правильні відповіді, є пояснення до виконання завдання, зроблені висновки. Сформульована математична постановка задачі.
8 балів	Завдання виконане в повному обсязі. Зроблена перевірка отриманих результатів на коректність. Отримані правильні відповіді, але не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична постановка задачі.
7 балів	Завдання виконане, отримані результати, але не перевірені на коректність, не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична постановка задачі.
5 балів	Завдання виконане не повністю, не отримані результати, не приведені пояснення до виконання завдання та висновки.
4 балів	Завдання не виконане. Є написана програма, але вона не працює.
2 балів	Завдання не виконане. Є фрагмент написаної програми.
0 балів	Завдання не виконане.

Для завдання 2 (максимум 15 балів).

15 балів	Завдання виконане в повному обсязі. Зроблена перевірка отриманих результатів на коректність. Отримані правильні відповіді, є пояснення до виконання завдання, зроблені висновки. Сформульована математична модель.
13 балів	Завдання виконане в повному обсязі. Зроблена перевірка отриманих результатів на коректність. Отримані правильні відповіді, але не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична модель.
12 балів	Завдання виконане, отримані результати, але не перевірені на коректність, не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична модель.
10 балів	Завдання виконане не повністю, не отримані результати, не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична модель.
4 балів	Завдання не виконане. Не сформульована математична модель. Є написана програма, але вона не працює.
2 балів	Завдання не виконане. Не сформульована математична модель. Є фрагмент написаної програми.
0 балів	Завдання не виконане.

Для завдання 3 (максимум 15 балів).

15 балів	Завдання виконане в повному обсязі. Зроблена перевірка отриманих результатів на коректність. Отримані правильні відповіді, є пояснення до виконання завдання, зроблені висновки. Сформульована математична модель.
13 балів	Завдання виконане в повному обсязі. Зроблена перевірка отриманих результатів на коректність. Отримані правильні відповіді, але не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична модель.
12 балів	Завдання виконане, отримані результати, але не перевірені на коректність, не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична модель.
10 балів	Завдання виконане не повністю, не отримані результати, не приведені пояснення до виконання завдання та висновки. Сформульована математична модель.
4 балів	Завдання не виконане. Не сформульована математична модель. Є написана програма, але вона не працює.

2 балів	Завдання не виконане. Не сформульована математична модель. Є фрагмент написаної програми.
0 балів	Завдання не виконане.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Задачин В.М., Конюшенко І.Г. Навчальний посібник «Чисельні методи» – Харків: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 190 с.
<http://www.repository.hneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/8310>

2. Задачин В.М. Моделювання систем та методи оптимізацій: методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів галузі знань 12 "Інформаційні технології" першого (бакалаврського) рівня: [Електронне видання] – Харків: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 210 с.
<http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22458>

3. Гончаров О. А. Чисельні методи розв’язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 142 с.

4. Методи оптимізації та дослідження операцій : навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с.

Додаткова

5. Chasnov J.R. Numerical Methods for Engineer: Lecture Notes for Coursera – The Hong Kong University Science and Technology, 2020. - 217 p.

6. Michael V. K., Jingzhi L. Partial Differential Equations: Theory, Numerical Methods and Ill-Posed Problems – Nova Publishing, 2022. – 347 p.

7. Методи оптимізації та дослідження операцій: навчальний посібник / О. О. Ємець. - Полтава : ПУЕТ, 2019. - Ч. 1. - 245 с.

8. Методи оптимізації та дослідження операцій: навчальний посібник / О. О. Ємець. - Полтава : ПУЕТ, 2019. - Ч. 2. - 139 с.

Інформаційні ресурси

9. Introduction to Mathematical Optimization : with Python – <https://indrag49.github.io/Numerical-Optimization/>

10. Colaboratory – <https://colab.research.google.com/>

11. Numerical Programming with Python – <https://python-course.eu/numerical-programming/>

12. Statistics with R – http://zoonek2.free.fr/UNIX/48_R/all.html

13. The Comprehensive R Archive Network – <http://cran.r-project.org>

14. Сайт персональних навчальних систем ХНЕУ ім. С. Кузнеця – <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=9021>