

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Декан факультету комп'ютерних і інформаційних технологій  
"30" 2024 р.



Проректор з навчально-педагогічної роботи  
"08" 2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту новітніх освітніх технологій  
"08" 2024 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни "Чисельні методи"

Ступінь вищої освіти - бакалавр

Галузь знань - 12 "Інформаційні технології"

Спеціальність 124 "Системний аналіз"

Освітньо-професійна програма "Системний аналіз"

Кафедра економічної кібернетики та інформатики

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Лабораторні (год.)	Індив. робота (год.)	Тренінг (год.)	Самост. робота (год.)	Всього (год.)	Іспит (сем.)
ДФН	II	3	30	30	4	8	78	150	3
ЗФН	II	3	8	4			138	150	4

Тернопіль – ЗУНУ 2024

30.08.2024  
*[Signature]*

Робочу програму складено на основі освітньо-професійних програм підготовки бакалавра галузі знань 12 “Інформаційні технології” спеціальності 124 “Системний аналіз” затверджених Вченою радою ЗУНУ, протокол №10 від 23.06.2023 р., зі змінами (протокол №11 від 26.06.2024 р.).

Робочу програму розробив к.т.н., доцент Андрій МУШАК.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри економічної кібернетики та інформатики, протокол № 1 від “28” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри



Леся БУЯК

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності Системний аналіз, протокол № 1 від “30” серпня 2024 р.

Керівник групи  
забезпечення спеціальності  
д.т.н., проф.



Роман ПАСІЧНИК

Гарант ОП



Роман ПАСІЧНИК

# СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## "Чисельні методи"

### 1. Опис дисципліни "Чисельні методи"

Дисципліна – Чисельні методи	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 5	Галузь знань 12 “Інформаційні технології”	Статус дисципліни: обов’язкова Мова навчання: українська
Кількість залікових модулів - 5	Спеціальність 124 "Системний аналіз"	Рік підготовки 2 Денна: семестр 3 Заочна: семестр 3, 4
Кількість змістових модулів - 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: Денна 30 год. Заочна 8 год. Лабораторні заняття: Денна 30 год. Заочна 4 год.
Загальна кількість годин - 150		Самостійна робота: денна - 78 год., заочна – 138 год. Тренінг 8 год. Індивідуальна робота: 4 год.
Тижневих годин 10 год, з них аудиторних - 4 год.		Вид підсумкового контролю – іспит

### 2. Мета й завдання вивчення дисципліни "Чисельні методи"

#### 2.1. Мета викладання дисципліни

Метою викладання дисципліни “Чисельні методи” є створення міцного фундаменту математичної освіти; навчання студента основним методам теорії алгоритмів; розвиток навичок творчого дослідження математичних задач; навчання методам розв’язку математично формалізованих задач.

#### 2.2. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни «Чисельні методи»:

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K04. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

K13. Здатність працювати в міжнародному контексті.

K17. Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем.

K18. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

K19. Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.

K20. Здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, виокремлювати в них стохастичні та невизначені показники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними.

K22. Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних.

K23. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань.

K24. Здатність організовувати роботу з аналізу та проектування складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмного забезпечення.

K26. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них.

### **2.3. Програмні результати навчання**

ПР01. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.

ПР03. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів та використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів.

ПР09. Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.

### **2.4. Передумови для вивчення дисципліни**

Дисципліна “Чисельні методи” опирається на такі дисципліни математичного циклу, як: “Вища математика”, “Дискретна математика”, “Теорія ймовірностей та математична статистика”.

### **3. Програма дисципліни "Чисельні методи"**

#### **Змістовий модуль 1**

##### **Тема 1. Етапи розв'язування задач на ЕОМ. Математичне моделювання**

Методи розв'язування математичних задач. Чисельні методи. Структура похибки розв'язку задачі. Похибки функції. Оборнена задача теорії похибок. Представлення чисел в ЕОМ. Стійкість. Коректність.

##### **Тема 2. Чисельні методи розв'язування задач з однією змінною**

Відокремлення коренів. Метод поділу відрізка навпіл. Метод дотичних. Метод хорд. Комбінований метод. Метод ітерації.

##### **Тема 3. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь**

Деякі поняття матричної алгебри. Представлення лінійної системи в матричній формі. Розв'язання систем лінійних рівнянь в матричній формі. Метод Крамера. Метод Гауса. Матричний метод. Ітераційні методи.

##### **Тема 4. Розв'язування задач лінійного програмування**

Постановка задачі математичного програмування. Системи лінійних нерівностей. Задача лінійного програмування. Геометричний зміст. Геометрична інтерпретація. Загальні відомості про симплекс-метод.

#### **Змістовий модуль 2**

##### **Тема 5. Інтерполяція функції**

Задача наближеної функції. Інтерполяційні многочлени Ньютона і Лагранжа. Оцінка похибки інтерполяції. Екстраполяція й оборнена інтерполяція. Інтерполяція функції за допомогою сплайнів.

##### **Тема 6. Методи обробки експериментальних даних**

Задача найкращого наближення. Рівномірне наближення. Середньоквадратичне наближення. Метод найменших квадратів наближення функції, заданої таблично. Побудова емпіричних формул, визначення параметрів залежності. Згладжування табличних функцій.

##### **Тема 7. Чисельне диференціювання**

Некоректність задачі чисельного диференціювання. Використання інтерполяційних поліномів для побудови формул чисельного диференціювання. Оцінка погрішності чисельного диференціювання

##### **Тема 8. Чисельне інтегрування функцій**

Задача чисельного інтегрування. Побудова квадратурних формул. Оцінка похибки чисельного інтегрування. Квадратурні формули Ньютона-Котеса. Формули прямокутників, трапецій, Сімпсона. Наближене обчислення кратних інтегралів

## Тема 9. Розв'язування звичайних диференціальних рівнянь

Чисельні методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Постановка задачі Коші. Метод Ейлера. Метод Рунге – Кутта. Оцінка точності. Крайові задачі. Метод кінцевих різностей. Рівняння другого порядку та методи їх вирішення

### 4. Структура залікового кредиту дисципліни "Чисельні методи" (денна форма навчання)

	Кількість годин				Тренінг	Кон- трольні заходи
	Лекції	Лабора- торні заняття	Само- стійна робота	Індиві- дуальна робота		
Змістовий модуль 1 – Методи лінійної та нелінійної алгебри						
Тема 1. Етапи розв'язування задач на ЕОМ. Математичне моделювання	2	3	8		3	Поточне опитування
Тема 2. Чисельні методи розв'язування задач з однією змінною	2	3	8			
Тема 3. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь	4	3	8			
Тема 4. Розв'язування задач лінійного програмування	4	4	9	1		
Змістовий модуль 2 – Методи наближення функцій						
Тема 5. Інтерполяція функції	2	3	9	2	5	Поточне опитування
Тема 6. Методи обробки експериментальних даних	4	4	9			
Тема 7. Чисельне диференціювання	4	3	9			
Тема 8. Чисельне інтегрування функцій	4	3	9	1		
Тема 9. Розв'язування звичайних диференціальних рівнянь	4	4	9			
Разом	30	30	78	4	8	

### (заочна форма навчання)

	Кількість годин		
	Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1			
Тема 1. Етапи розв'язування задач на ЕОМ. Математичне моделювання			9
Тема 2. Чисельні методи розв'язування задач з однією змінною	2		9
Тема 3. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь			20
Тема 4. Розв'язування задач лінійного програмування			20
Тема 5. Інтерполяція функції	2	2	20
Змістовий модуль 2			
Тема 6. Методи обробки експериментальних даних	2		20

Тема 7. Чисельне диференціювання			20
Тема 8. Чисельне інтегрування функцій	2	2	20
<b>Разом</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>138</b>

## **5. Тематика практичних занять**

### **Лабораторне заняття 1.**

#### **Прямі алгоритми для розв'язування лінійних алгебраїчних рівнянь**

1. Алгоритм Гауса з вибором головного елемента для розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь і обчислення визначників.
2. Знаходження обернених матриць

### **Лабораторне заняття 2.**

#### **Ітераційні методи для розв'язування лінійних алгебраїчних рівнянь**

1. Ітераційні методи розв'язування лінійних алгебраїчних рівнянь.
2. Метод простих ітерацій і метод Зейделя.

### **Лабораторне заняття 3.**

#### **Наближені методи для розв'язування нелінійних алгебраїчних рівнянь**

1. Нелінійні алгебраїчні та трансцендентні рівняння і методи їх розв'язування.
2. Метод половинного ділення, метод хорд,
3. Метод дотичних, метод Ньютона

### **Лабораторне заняття 4.**

#### **Наближені методи для розв'язання систем нелінійних рівнянь**

1. Методи розв'язування систем нелінійних алгебраїчних та трансцендентних рівнянь.
2. Розв'язування систем нелінійних рівнянь: простої ітерації Зейделя, Ньютона-Рафсона.

### **Лабораторне заняття 5.**

#### **Інтерполяція функцій**

1. Інтерполяційний поліном Лагранжа
2. Скінченні та розділенні різниці, інтерполяційний поліном Ньютона.
3. Інтерполяція сплайнами.

### **Лабораторне заняття 6.**

#### **Чисельне інтегрування**

1. Обчислювальні методи знаходження визначених інтегралів.
2. Квадратурні формули прямокутників, трапецій та Сімпсона.

3. Оцінка похибок наближених методів.

### **Лабораторне заняття 7.**

#### **Наближені методи для диференціальних рівнянь**

1. Наближені методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Початкові і крайові задачі.
2. Методи Ейлера та Адамса для розв'язування диференціальних рівнянь.
3. Метод Рунге-Кутти.
4. Жорсткі диференціальні рівняння, Метод Гіра.
5. Розв'язування диференціальних рівнянь в часткових похідних методом сіток.
6. Метод скінчених елементів для рівнянь в часткових похідних.

### **Лабораторне заняття 8.**

#### **Методи оптимізації**

1. Одновимірна оптимізація.
2. Методи Фібоначі, золотого перетину, дихотомії.
3. Оптимізація багатовимірних функцій.
4. Методи градієнтного і координатного спуску.
5. Математичне програмування.
6. Чисельні методи розв'язання задач нелінійного програмування.

### **Лабораторне заняття 9.**

#### **Ефективне застосування систем комп'ютерної алгебри**

1. Стандартні математичні пакети Matlab, Mathcad, Mathematica, Maple, Linpack, Derive.
2. Розв'язання типових задач в середовищі пакетів.

### **6. Тематика самостійної роботи студентів**

1. Внесок вітчизняних науковців у розвиток теорії алгоритмів та методів обчислень.
2. Рекурсивні функції. Нормальні алгоритми Маркова.
3. Алгоритмічна система Поста. Теорема Поста.
4. Алгоритмічна система Тюрінга. Машина Тюрінга.
5. Методи розробки алгоритмів Метод приватних цілей. Евристичний підхід. Рекурсія в порівнянні з ітерацією.
6. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми. Складність алгоритмів.
7. Алгоритми з поліноміальною та експоненціальною складністю. Приклади
8. NP-складні задачі. Задача комівояжера.
9. Похибки обчислень в наближених методах. Усувні і неусувні похибки. Похибки заокруглення.



- 10.Прямий і зворотній аналіз похибок заокруглення. Лема Дж.Х.Уілкінсона для врахування похибок заокруглення. Концепція В.Воєводіна для обчислень в околі машинного нуля.
- 11.Розв'язування лінійних алгебраїчних рівнянь. Алгоритми відсічених систем. Алгоритм Штрассена. Обчислення визначників. Знаходження обернених матриць.
- 12.Прямий і зворотній аналіз похибок заокруглення. Розв'язування лінійних алгебраїчних рівнянь. Число обумовленості системи.
- 13.Ітераційні методи розв'язування лінійних алгебраїчних рівнянь. Однокрокові і багатокрокові ітераційні методи.
- 14.Обчислення значень математичних функцій. Схема Горнера для обчислення значень многочленів.
- 15.Обчислення значень аналітичних функцій. Ітераційний метод обчислення значень функцій.
- 16.Нелінійні алгебраїчні та трансцендентні рівняння. Методи розв'язування їх за допомогою ланцюгових дробів.
- 17.Методи розв'язування систем нелінійних алгебраїчних та трансцендентних рівнянь матричними гіллястими ланцюговими дробами.
- 18.Інтерполяція. Скінченні та розділенні різниці, інтерполяційний поліном Ньютона.
- 19.Інтерполяція сплайнами. Інтерполяція R-функціями і Ur-функціями.
- 20.Інтерполяція Wewlet-функціями.
- 21.Чисельне інтегрування. Обчислювальні методи знаходження визначених інтегралів. Квадратурні формули Ньютона-Котеса. Оцінка похибок наближених методів.
- 22.Обчислювальні методи знаходження визначених інтегралів. Метод Монте-Карло.
- 23.Наближені методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Початкові і крайові задачі. Методи Рунге-Кутти 4-го і 5-го порядків. Нелінійні явні формули для диференціальних рівнянь.
24. Жорсткі диференціальні рівняння, Метод Гіра. Дробово-лінійні формули для жорстких диференціальних рівнянь.
- 25.Розв'язування диференціальних рівнянь в часткових похідних рівнянь. Крайові задачі для диференціальних рівнянь. Розв'язування диференціальних рівнянь з розривними коефіцієнтами методом сіток. Метод скінчених елементів.
- 26.Розв'язування диференціальних рівнянь в часткових похідних рівнянь. Метод скінчених елементів і його застосування для крайових задач з областями складної форми.
- 27.Наближені методи для інтегральних рівнянь. Рівняння Фредгольма першого і другого роду та методи для їх розв'язання, аналіз їх стійкості.

28. Одновимірна оптимізація. Параметрична оптимізація
29. Оптимізація багатовимірних функцій. Градієнтні методи. Метод Шора.
30. Математичне програмування. Комп'ютерні методи розв'язання задач нелінійного програмування.
31. Розв'язування систем нелінійних рівнянь за допомогою методів оптимізації.
32. Математичний пакет Matlab і його можливості. Області застосування пакета.
33. Математичний пакет Mathematica і його можливості. Склад пакета і області його застосування
34. Пакет комп'ютерної алгебри Maple і його застосування для символьних перетворень, області його застосування

### **7. Організація і проведення тренінгу**

**Тематика:** Комплексний підхід до застосування чисельних методів.

#### **Порядок проведення:**

- Побудова та дослідження дискретних динамічних моделей.
- Дослідження необхідних і достатніх умов стабільності дискретних динамічних моделей.
- Побудова траєкторій розвитку основних макроекономічних показників моделі.
- Представлення результатів моделювання у вигляді короткого звіту.

### **8. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

У процесі вивчення дисципліни «Чисельні методи» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- оцінювання результатів тренінгу;
- підсумкова контрольна робота;
- іспит.

### **9. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю**

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Чисельні методи» визначається як середньозважена величина залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10 %	10%	10 %	10%	5 %	15 %	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінг	Самостійна робота	Іспит
Оцінка визначається як середнє арифметичне	Виконання модульного завдання, складається	Оцінка визначається як середнє арифметичне	Виконання модульного завдання, складається	Оцінка за виконання завдання (звіт)	Оцінка за виконання самостійного завдання (презентація або звіт)	Два теоретичні запитання (по 30 балів),

з отриманих оцінок за перший змістовий модуль (теми 1-4)	із однієї практичної задачі (теми 1-4)	з отриманих оцінок за другий змістовий модуль (теми 5-9)	із однієї практичної задачі (теми 5-9)			одне практичне завдання (40 балів)
--	--	--	--	--	--	------------------------------------

Оцінювання здійснюється шляхом опитування не рідше як один раз на два заняття.

### Шкала оцінювання:

За шкалою Університет	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90-100	Відмінно	A (відмінно)
85-89	Добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	Задовільно	D(задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

### 10. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Інтегрований пакет для математиків MathCad, середовище програмування Python	1-9
2.	Мультимедійний проектор	1-9
3.	Проекційний екран	1-9
4.	Комунікаційне програмне забезпечення - браузер	1-9

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

#### Основна література

- Чисельні методи: Навчальний посібник. / Волонтир Л.О, Зелінська О.В., Потапова Н.А., Чіков І.А. Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 322 с.
- Дзісь В.Г., Левчук О.В., Дячинська О.М. Прикладна математика на основі MathCAD: Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 378с.
- Шевчук О. Ф., Найко Д.А. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 382 с.
- Андруник В.А., Висоцька В.А., Пасічник В.В., Чирун Л.Б., Чирун Л.В. Чисельні методи в комп'ютерних науках: навчальний посібник. – Том 1 // за науковою редакцією проф. Пасічника В.В. – Львів: Видавництво «Новий світ – 2000», 2020. – 470 с.
- Литвинов А. Л. Чисельні методи: теорія і практика: навч. посіб. / А. Л. Литвинов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім.

О. М. Бекетова, 2022. – 166 с.

6. 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.

7. Андруник В.А. Чисельні методи в комп'ютерних наука : навчальний посібник. – Том 2 // за науковою редакцією проф. Пасічника В.В. – Львів: Новий Світ – 2000, 2020. – 536 с.

8. Полтораченко Н. І. Практикум із чисельних методів : навч. посіб. / Н. І. Полтораченко, С. А. Теренчук, Ю. Н. Убайдуллаєв. – Київ: КНУБА, 2023. – 160 с.

9. Чисельні методи в задачах механіки: метод. посіб. Ч. 2: Механіка суцільного середовища. Розв'язання граничних задач. Навчально-методичний посібник / уклад. Г. М. Зражевський. – Київ: Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2020. – 111 с.

10. Мушак А.Я. Методичні рекомендації для проведення самостійної роботи та тренінгу з дисципліни «Чисельні методи» для студентів спеціальності 124 «Системний аналіз» денної та заочної форм навчання. – Тернопіль: ЗУНУ, 2024. – 22 с.

11. Мушак А.Я. Методичні вказівки для проведення практичних занять з дисципліни «Чисельні методи» для студентів спеціальності 124 «Системний аналіз» денної та заочної форм навчання. – Тернопіль: ЗУНУ, 2024. – 28 с.

12. Мушак А.Я. Чисельні методи (конспект лекцій) для студентів спеціальності 124 «Системний аналіз» денної та заочної форм навчання. – Тернопіль: ЗУНУ, 2024. – 80 с.

#### Додаткова література

13. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень / Р. Н. Кветний, І. В. Богач, О.Р. Бойко, О.Ю. Софіна, О.М. Шушуна. – [Електронний ресурс] – режим доступу: [http://posibnyky.vntu.edu.ua/k\\_m/index.htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/index.htm)

14. Москвіна С.М. Комп'ютерні методи дослідження та аналіз даних. – К.: ВНТУ, 2020. – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/met/zmist.htm>

15. Григор'єва Т. І. Чисельні методи: методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів фахової передвищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» [Електронне видання]. / Григор'єва Т. І. Циклова комісія «Комп'ютерна інженерія» Фахового коледжу Міжнародного гуманітарного університету. – Одеса, 2023. – 22 с.

16. Вища математика. Числові методи: методичні рекомендації до самостійної роботи для студентів технічних спеціальностей / уклад.: І. О. Ластівка, В. К. Репета, О. Д. Глухов. – К.: НАУ, 2020. – 56 с.

17. Ладогубець Т. С. Чисельні методи оптимізації. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. за освітньою програмою «Наука про дані та математичне моделювання» спец. 113 Прикладна математика / Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов, А. М. Губський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – 2-ге вид., переробл. та допов. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 125 с. – Назва з екрана.