

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Робоча програма  
навчальної дисципліни  
"ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ  
ЧИСЕЛЬНОГО АНАЛІЗУ"**

**для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки"  
денної форми навчання**

**Харків. Вид. ХНЕУ, 2011**

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних систем.  
Протокол № 5 від 25.11.2010 р.

**Укладачі:** Задачин В. М.  
Конюшенко І. Г.

P58                   Робоча програма навчальної дисципліни "Додаткові розділи чисельного аналізу" для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки" денної форми навчання / укл. В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2011. – 28 с. (Укр. мов.)

Подано тематичний план навчальної дисципліни та її зміст за модулями й темами, вміщено плани лекцій та лабораторних занять, матеріал щодо закріплення знань (індивідуальні завдання, самостійна робота, контрольні запитання), методичні рекомендації щодо опанування відповідним обсягом знань та оцінювання знань студентів.

Рекомендовано для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки".

## Вступ

Навчальну дисципліну "Додаткові розділи чисельного аналізу" віднесено до групи освітньо-професійних дисциплін підготовки бакалаврів за напрямом "Комп'ютерні науки". Вона є важливою частиною циклу комп'ютерних дисциплін. Програму навчальної дисципліни розроблено відповідно до вимог галузевого стандарту вищої освіти на базі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра.

Вивчення навчальної дисципліни дозволяє студентам оволодіти знаннями в галузі практичних методів рішення математичних проблем, що виникають у процесі інженерної діяльності та моделювання фізичних систем, засвоїти способи розрахунків на сучасних комп'ютерах із застосуванням пакетів спеціальних прикладних програм.

Метою навчальної дисципліни є формування теоретичних знань з основ чисельного аналізу та математичного моделювання, засвоєння студентами основних чисельних методів і надбання навичок їх застосування для розв'язання математичних задач, що виникають при розробці комп'ютерних моделей різних систем. При цьому велика увага приділяється практичній роботі студентів на персональних комп'ютерах із застосуванням математичного пакета MATLAB.

Об'єктом вивчення навчальної дисципліни є типові математичні задачі, до яких зводиться рішення практичних проблем, що виникають при розробці інформаційних систем та систем моделювання. Предметом вивчення дисципліни є чисельні методи рішення типових математичних задач.

Навчальна дисципліна має тісний зв'язок з іншими теоретичними дисциплінами, що викладаються при підготовці бакалаврів за напрямом "Комп'ютерні науки", такими: як, "Чисельні методи", "Моделювання систем", "Системи штучного інтелекту", "Математичні методи дослідження операцій".

Структуру програми навчальної дисципліни наведено в табл. 1.

У процесі навчання студенти отримують необхідні знання під час проведення аудиторних занять – лекційних та лабораторних. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота студентів. Усі ці види занять розроблені відповідно до вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

### Структура програми навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна: підготовка бакалаврів	Галузь знань, напрям підготовки, спеціалізації, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 3: у тому числі: змістовних модулів – 1; самостійна робота; індивідуальні завдання	Назва галузі знань: "Інформатика та обчислювальна техніка"; назва напрямку: "Комп'ютерні науки"	Нормативна. Рік підготовки: 4. Семестр: 7
Кількість годин: усього – 108; за змістовними модулями: модуль 1 – 108 годин	Назви спеціалізацій: "Інформаційні управляючі системи і технології"; "Комп'ютерний еколого- економічний моніторинг"	Лекції (теоретична підготов- ка): кількість годин – 17. Лабораторні заняття: кількість годин – 17. Самостійна робота: кількість годин – 56. Індивідуальна робота: кількість годин – 18
Кількість тижнів викладання навчальної дисципліни: 17. Кількість годин на тиждень – 2	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Вид контролю: ПМК

## 1. Кваліфікаційні вимоги до студентів

**Необхідна навчальна база перед початком вивчення дисципліни.** З метою кращого засвоєння навчального матеріалу дисципліни студенти повинні до її початку опанувати знання та навички з дисциплін "Вища математика", "Чисельні методи в інформатиці", "Моделювання систем", вміти використовувати комп'ютерну техніку та сучасні математичні пакети для розв'язання математичних задач.

У свою чергу, знання з даної навчальної дисципліни дадуть студентам змогу оволодіти знаннями теоретичних та практичних методів розв'язання типових математичних задач, забезпечити успішне виконання курсових проектів, магістерських дипломних проектів, науково-дослідної роботи студентів.

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з літературою з питань чисельного аналізу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

**знати:**

загальні поняття, пов'язані з чисельними методами;

постановки типових математичних задач;

чисельні методи розв'язання лінійних систем великої розмірності;

методи обчислення власних значень і власних векторів матриці;

чисельні методи розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь;

чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь із частинними похідними;

чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь;

**вміти:**

проекувати, програмувати, тестувати й налагоджувати програми, реалізуючі чисельні методи розв'язання математичних задач;

розв'язувати математичні задачі з використанням математичного пакета MATLAB.

Після вивчення навчальної дисципліни студенти повинні отримати

**професійні компетенції:**

здатність розробляти концептуальні та теоретичні моделі розв'язуваних наукових проблем і задач;

знати методології та сучасні технології математичного моделювання;

знати та вміти планувати і проводити імітаційні експерименти;

знати ефективні чисельні методи та вміти їх застосовувати при розв'язанні практичних задач;

знати теоретичні особливості чисельних методів та можливості їх адаптації до інженерних задач;

здатність застосовувати сучасні математичні пакети при розв'язанні практичних задач.

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

При вивченні навчальної дисципліни студент має ознайомитися з програмою дисципліни, її структурою, формами й методами навчання, видами та методами контролю знань.

Тематичний план навчальної дисципліни складається з одного модуля.

Навчальний процес здійснюється у таких формах: лекційні та лабораторні заняття, індивідуальне завдання, самостійна робота студента.

Структура залікового кредиту навчальної дисципліни наведена у табл. 2.

### Структура залікового кредиту навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин, відведених на:			
	лекції	лабораторні заняття	індивідуальну роботу	самостійну роботу
<b>Модуль 1. Методи чисельного аналізу</b>				
Тема 1. Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями	4	4	4	12
Тема 2. Обчислення власних значень і власних векторів матриці	2	2	2	8
Тема 3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференційних рівнянь	2	2	3	8
Тема 4. Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь	2	2	2	7
Тема 5. Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними	4	4	4	12
Тема 6. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь	3	3	3	9
Разом годин	17	17	18	56

## 3. Зміст навчальної дисципліни за модулями та темами

### Модуль 1. Методи чисельного аналізу

#### Тема 1. Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями

Поняття розрідженої матриці. Кодування розріджених матриць. Системи зі стрічковими матрицями. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності. Умови збіжності ітераційних методів. Перевизначені та недовизначені системи лінійних рівнянь. Псевдо-обернена матриця та її застосування.

#### Тема 2. Обчислення власних значень і власних векторів матриці

Поняття власного значення і власного вектора квадратної матриці. Метод ітерацій для пошуку максимального за модулем власного значення матриці. QR-алгоритм для пошуку всіх власних значень матриці. Перетворення подібності Гівенса та Хаусхолдера. Обчислення власних значень матриць спеціального типу.

### **Тема 3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференційних рівнянь**

Поняття багатокрокових методів розв'язання задачі Коші для системи звичайних диференційних рівнянь. Екстраполяційні методи Адамса – Башфорда і Адамса – Мултона. Метод прогнозу і корекції. Умови стійкості багатокрокових методів.

### **Тема 4. Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь**

Поняття жорсткої задачі Коші для системи звичайних диференційних рівнянь. Однокрокові та багатокрокові методи. Автоматичний вибір кроку і порядку методу. Об'єднані явно-неявні методи.

### **Тема 5. Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними**

Класифікація диференційних рівнянь із частинними похідними. Постановка задач для диференційних рівнянь із частинними похідними еліптичного, параболічного та гіперболічного типу. Метод кінцевих різниць. Ітераційні і прямі методи. Метод кінцевих елементів.

### **Тема 6. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь**

Класифікація інтегральних рівнянь. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь. Методи апроксимуючих функцій.

## **4. Плани лекцій**

### **Модуль 1. Методи чисельного аналізу**

#### **Тема 1. Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями**

1.1. Поняття розрідженої матриці. Види та кодування розріджених матриць.

1.2. Системи зі стрічковими матрицями. Метод прогону та метод LU-розкладання.

1.3. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності. Умови збіжності ітераційних методів.

1.4. Метод визначених величин.

1.5. Перевизначені та недовизначені системи лінійних рівнянь.

1.6. Псевдообернена матриця та її застосування.

**Література:** основна [1; 4 – 6]; додаткова [7; 9; 14].

## **Тема 2. Обчислення власних значень і власних векторів матриці**

- 2.1. Поняття власного значення і власного вектора квадратної матриці.
- 2.2. Обчислення власних значень матриць спеціального типу.
- 2.3. Метод ітерацій для пошуку максимального за модулем власного значення матриці. Умова збіжності методу.
- 2.4. QR-алгоритм для пошуку всіх власних значень матриці.
- 2.5. Перетворення подібності Гівенса та Хаусхолдера.
- 2.6. Застосування поліномів Штурма для пошуку власних значень трьохдіагональної матриці.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 9; 12 – 14].

## **Тема 3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь**

- 3.1. Поняття багатокрокових методів розв'язання задачі Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь.
- 3.2. Екстраполяційні методи Адамса – Башфорда і Адамса – Мулттона.
- 3.3. Метод прогнозу і корекції.
- 3.4. Умови стійкості багатокрокових методів.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

## **Тема 4. Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференціальних рівнянь**

- 4.1. Поняття жорсткої задачі Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь.
- 4.2. Однокроковий метод Рунге – Кутта.
- 4.3. Багатокрокові методи.
- 4.4. Автоматичний вибір кроку і порядку методу. Об'єднані явно-неявні методи.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 24].



## **Тема 5. Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними**

5.1. Класифікація диференційних рівнянь із частинними похідними.

5.2. Постановка задач для диференційних рівнянь із частинними похідними еліптичного, параболічного та гіперболічного типу.

5.3. Метод кінцевих різниць. Види сіток. Ітераційні і прямі методи.

5.4. Метод кінцевих елементів.

5.5. Загальні рекомендації щодо розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

## **Тема 6. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь**

6.1. Класифікація інтегральних рівнянь.

6.2. Прямі й ітераційні чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь.

6.3. Методи апроксимуючих функцій.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [10 – 12; 14; 17; 23; 24].

## **5. Плани лабораторних занять**

Лабораторні заняття – це організаційна форма навчального заняття, на якому студенти під керівництвом викладача використовують комп'ютерні інформаційні технології для розв'язання поставлених задач.

Лабораторні заняття проводяться з однією академічною групою, яка поділяється на дві підгрупи, що навчаються в двох комп'ютерних аудиторіях.

На кожному лабораторному занятті викладач оцінює теоретичну підготовку студентів до заняття, вміння застосовувати комп'ютерні інформаційні технології для розв'язання поставлених задач. Підсумкові оцінки за кожне лабораторне заняття вносяться у відповідний журнал. Отримані студентом оцінки за окремі лабораторні заняття враховуються при вис-тавленні модульної оцінки (практичний модульний контроль) з даної навчальної дисципліни. Перелік тем лабораторних робіт наведений в табл. 3.

## Перелік тем лабораторних робіт

№ п/п	Теми лабораторних робіт	Зміст лабораторних робіт	Кількість годин
1	2	3	4
1	Імітаційне моделювання в системі MATLAB	Вивчення можливостей математичного пакета MATLAB	2
2	Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності	Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями. Метод прогону та LU-розкладання для стрічкових матриць, метод простої ітерації, метод Гаусса –Зейделя	2
3	Чисельні методи знаходження власних чисел матриці	Обчислення власних значень матриці. Метод ітерацій. QR-алгоритм на базі перетворень Гівенса та Хаусхольдера	2
4	Чисельні багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь	Чисельні багатокрокові методи розв'язання систем диференціальних рівнянь і рівнянь вищих порядків. Метод прогнозу та корекції	
5	Чисельні неявні методи розв'язання жорстких систем звичайних диференціальних рівнянь	Розв'язання жорстких задач явними та неявними методами. Неявний метод Рунге – Кутта	
6	Розв'язання диференціальних рівнянь в частинних похідних	Розв'язання рівнянь із частинними похідними за допомогою пакета MATLAB	
7	Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь	Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь	

**Вимоги до оформлення звітів за результатами виконання лабораторних робіт.**

Титульна сторінка звіту повинна містити назву університету; назву кафедри; назву навчальної дисципліни; тему лабораторної роботи; прізвище й ініціали студента, номер академічної групи.

Звіт за результатами виконання лабораторних робіт має містити:

- 1) завдання до лабораторної роботи;
- 2) теоретичний матеріал, необхідний для її виконання;
- 3) результати виконання лабораторної роботи, а саме: тексти процедур, що реалізують чисельний метод, результат роботи записаних процедур на конкретних прикладах;
- 4) висновки за результатами виконання лабораторної роботи.

## 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання виконується самостійно при консультуванні викладачем протягом вивчення дисципліни відповідно до графіка навчального процесу.

Індивідуальне завдання виконується з метою систематизації, закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання та набуття практичних навичок їх застосування при розв'язанні математичних задач.

Індивідуальне завдання передбачає наявність таких елементів наукового дослідження: практичної значущості; комплексного системного підходу до вирішення завдань дослідження; теоретичного використання передових сучасних методологій і наукових розробок; наявність елементів творчості.

Практична значущість індивідуального завдання полягає в можливості застосування розробленого програмного модуля для розв'язання реальної математичної задачі, що може виникнути при розробці інформаційних систем та систем моделювання.

Реальною вважається робота, в якій спроектовано, запрограмовано, протестовано та налагоджено програмний модуль, що реалізує чисельний метод розв'язання математичної задачі в загальному вигляді. При цьому розроблене програмне забезпечення повинне супроводжуватись документацією про його застосування.

Застосування сучасної методології полягає в тому, що при розв'язанні поставленої задачі студент повинен використовувати відомості про новітню обчислювальну техніку й прогресивні способи обміну даними між модулями програми.

У процесі виконання індивідуального завдання, разом з теоретичними знаннями і практичними навичками за фахом, студент повинен продемонструвати здібності до науково-дослідної роботи й вміння творчо мислити, навчитися вирішувати науково-прикладні актуальні задачі.

### 6.1. Тематика індивідуальних завдань

Індивідуальне завдання з навчальної дисципліни полягає в розробці програмного модуля на мові C++, реалізуючого заданий чисельний метод розв'язання математичної задачі в загальному вигляді, та супроводжуючої документації про його застосування.

Тема індивідуального завдання: "Розробити програмний модуль на мові C++, реалізуючий <назва чисельного методу> для розв'язання <назва математичної задачі>".

Мета роботи: розробка програмного модуля на мові С++ для розв'язання типової математичної задачі конкретним чисельним методом.

Основні завдання:

спроєктувати програмний модуль розв'язання математичної задачі в загальному вигляді;

запрограмувати та налагодити програмний модуль;

протестувати програмний модуль на тестовій задачі;

розробити документацію про застосування програмного модуля.

## **6.2. Вимоги до змісту індивідуального завдання**

Індивідуальне завдання повинне містити такі розділи.

**Титульна сторінка.** Повинна містити назву університету; назву кафедри; назву навчальної дисципліни; тему індивідуального завдання; прізвище й ініціали студента, номер академічної групи; дату подання індивідуального завдання викладачеві на перевірку (день, місяць, рік).

**Зміст.** Повинен відтворювати назви розділів, параграфів тощо, які розкривають тему індивідуального завдання, із зазначенням номерів сторінок, на яких вони розміщені.

**Вступ.** У "Вступі" студентом розкривається актуальність теми індивідуального завдання та основні етапи її розробки.

**Основна частина.** Складається з 2 розділів.

Перший розділ повинен містити постановку математичної задачі в загальному вигляді, розв'язання якої реалізується в розробленому програмному модулі, та опис чисельного методу. У цьому розділі студент повинен визначити:

параметри математичної задачі в загальному вигляді, що визначають конкретну задачу (вхідні дані для модуля);

що є розв'язанням задачі (вихідні дані модуля);

опис чисельного методу.

Другий розділ повинен містити інформацію щодо опису розробленого програмного модуля, який включає:

перелік процедур, з яких складається розроблений програмний модуль, та їх призначення;

інструкцію про застосування програмного модуля з детальним описом вхідних та вихідних даних;

приклад розв'язання конкретної задачі з застосуванням програмного модуля.

**Висновки.** У висновках викладають перелік рекомендацій щодо практичного використання розробленого програмного модуля.

**Список літератури.** Літературні джерела потрібно розміщувати списком в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків. Відомості про джерела, які включені до списку, необхідно давати згідно з вимогами державного стандарту.

**Додатки.** У додатки включається роздруківка тексту програмного модуля.

## **7. Самостійна робота студентів**

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з вітчизняною та закордонною спеціальною літературою. Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Основні види самостійної роботи, запропоновані студентам:

вивчення лекційного матеріалу;

робота з рекомендованою літературою;

вивчення окремих тем або питань, що передбачені для самостійного опрацювання;

вивчення основних термінів та понять з галузі чисельного аналізу;

підготовка до лабораторних занять;

підготовка до проміжного та підсумкового контролю;

контрольна перевірка кожним студентом особистих знань за питаннями для самостійного поглибленого вивчення та самоконтролю;

виконання індивідуального завдання;

робота над доповіддю.

### **Питання для самостійного опрацювання**

#### **Модуль 1. Методи чисельного аналізу**

##### **Тема 1. Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями**

##### **Питання для самостійного поглибленого вивчення**

1. Основні групи методів розв'язання систем лінійних рівнянь та їх характеристики.

2. Проблеми, що пов'язані з розв'язанням систем лінійних рівнянь великої розмірності.

3. Поняття розрідженої матриці. Види та кодування розріджених матриць.

4. Прямі методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності зі стрічковими матрицями.

5. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності. Умови збіжності ітераційних методів.

6. Поняття перевизначеної та недовизначеної системи лінійних рівнянь.

7. Поняття псевдооберненої матриці та її застосування.

### **Теми доповідей**

1. Огляд практичних задач, що приводять до розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності.

2. Способи зберігання чисел в ЕОМ та арифметика з плаваючою крапкою.

**Література:** основна [1; 4 – 6]; додаткова [7; 9; 14].

## **Тема 2. Обчислення власних значень і власних векторів матриці**

### **Питання для самостійного поглибленого вивчення**

1. Методи пошуку максимального за модулем власного значення матриці.

2. QR-алгоритм для пошуку всіх власних значень матриці.

3. Перетворення подібності Гівенса та Хаусхолдера і їх застосування.

### **Теми доповідей**

1. Огляд чисельних методів пошуку власних значень матриці.

2. Огляд практичних задач, що приводять до пошуку власних значень матриці.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 9; 12 – 14].

## **Тема 3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь**

### **Питання для самостійного поглибленого вивчення**

1. Інтерполяційний багаточлен Ньютона та його застосування.

2. Багатокрокові методи розв'язання задачі Коші.

3. Умови стійкості багатокрокових методів.

## **Теми доповідей**

1. Огляд практичних задач, що приводять до розв'язання задачі Коші для систем звичайних диференційних рівнянь.

2. Огляд чисельних методів розв'язання задачі Коші для систем звичайних диференційних рівнянь.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

### **Тема 4. Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь**

#### **Питання для самостійного поглибленого вивчення**

1. Постановка задачі Коші для системи звичайних диференційних рівнянь у загальному вигляді.

2. Чисельні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь.

3. Автоматичне регулювання кроку і порядку чисельного методу при розв'язанні жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь.

4. Процедури для об'єднання явних та неявних методів при розв'язанні жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь.

## **Теми доповідей**

1. Огляд практичних задач, що приводять до розв'язання жорсткої задачі Коші для системи звичайних диференційних рівнянь.

2. Огляд розрахункових процедур математичного пакета MATLAB, призначених для розв'язання жорстких задач Коші для систем звичайних диференційних рівнянь.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

### **Тема 5. Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними**

#### **Питання для самостійного поглибленого вивчення**

1. Постановка задач для диференційних рівнянь із частинними похідними еліптичного, параболічного та гіперболічного типу.

2. Види крайових умов у задачах для диференційних рівнянь із частинними похідними.

3. Метод кінцевих різниць. Види сіток. Ітераційні і прямі методи.

4. Метод кінцевих елементів.

## Теми доповідей

1. Огляд практичних задач, що приводять до розв'язання диференціальних рівнянь із частинними похідними еліптичного, параболічного та гіперболічного типу.

2. Різноманітність різницевих схем у методі кінцевих різниць та методи їх розв'язання.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

## Тема 6. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь

### Питання для самостійного поглибленого вивчення

1. За якими критеріями проводиться класифікація інтегральних рівнянь?
2. Прямі й ітераційні чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь.
3. Метод Гальоркіна для розв'язання інтегральних рівнянь.

## Теми доповідей

1. Огляд практичних задач, що приводять до розв'язання інтегральних рівнянь.

2. Порівняльні характеристики чисельних методів розв'язання інтегральних рівнянь.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [10 – 12; 14; 17; 23; 24].

## 8. Контрольні запитання для самодіагностики

### Тема 1. Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями

1. Назвіть основні групи методів розв'язання систем лінійних рівнянь та їх характеристики.

2. Дайте перелік проблем, які пов'язані з розв'язанням систем лінійних рівнянь великої розмірності.

3. Як кодуються розріджені матриці? Для чого це робиться?

4. Які прямі методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності зі стрічковими матрицями ви знаєте?

5. Які ітераційні методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності ви знаєте? Які умови їх збіжності?

6. Які системи лінійних рівнянь є перевизначеними, або недовизначеними?

7. Що називається псевдооберненою матрицею та її застосування?

**Література:** основна [1; 4 – 6]; додаткова [7 – 9; 14].



## **Тема 2. Обчислення власних значень і власних векторів матриці**

1. Поняття власного значення і власного вектора квадратної матриці.
2. Як можна відшукати максимальне та мінімальне за модулем власне значення матриці?
3. У чому є ідея QR-алгоритму для пошуку всіх власних значень матриці?
4. Де застосовуються перетворення подібності Гівенса та Хаусхолдера?
5. Як можна відшукати власні значення діагональної, трикутної та блоково-трикутної матриці?
6. Як можна відшукати власні значення симетричної трьохдіагональної матриці?

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 9; 12 – 14].

## **Тема 3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь**

1. У чому різниця однокрокових та багатокрокових методів розв'язання задачі Коші для систем звичайних диференціальних рівнянь?
2. Які багатокрокові методи розв'язання задачі Коші ви знаєте? У чому їх відмінність?
3. Укажіть умови стійкості багатокрокових методів.

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

## **Тема 4. Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференціальних рівнянь**

1. Які задачі Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь називаються жорсткими?
2. Які методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференціальних рівнянь ви знаєте? У чому їх відмінність?
3. Як можна автоматично регулювати крок і порядок методу при розв'язанні жорстких задач для систем звичайних диференціальних рівнянь? Для чого це робиться?
4. У чому суть об'єднання явних та неявних методів при розв'язанні жорстких задач для систем звичайних диференціальних рівнянь?

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

## **Тема 5. Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними**

1. Які постановки задач для диференційного рівняння із частинними похідними еліптичного, параболічного та гіперболічного типу ви знаєте?
2. Сформулюйте види (та назви) крайових умов у задачах для диференційного рівняння із частинними похідними.
3. У чому ідея методу кінцевих різниць?
4. Які види сіток застосовуються в методі кінцевих різниць?
5. У яких випадках у методі кінцевих різниць застосовуються ітераційні або прямі методи?
6. У чому ідея методу кінцевих елементів?

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 17].

## **Тема 6. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь**

1. За якими критеріями проводиться класифікація інтегральних рівнянь?
2. У чому різниця між прямими й ітераційними чисельними методами?
3. Які прямі методи розв'язання інтегральних рівнянь ви знаєте?
4. Які ітераційні методи розв'язання інтегральних рівнянь ви знаєте?
5. У чому суть методів апроксимуючих функцій? Які методи апроксимуючих функцій ви знаєте та чим вони відрізняються?

**Література:** основна [1 – 6]; додаткова [10 – 12; 14; 17; 23; 24].

## **9. Індивідуально-консультативна робота**

Індивідуально-консультативна робота здійснюється за графіком індивідуально-консультативної роботи у формі: індивідуальних занять, консультацій, перевірки виконання індивідуальних завдань, перевірки та захисту завдань, що винесені на поточний контроль тощо.

Індивідуально-консультативна робота з теоретичної частини дисципліни проводиться у вигляді:

індивідуальних консультацій (запитання – відповідь стосовно проблемних питань теоретичного матеріалу дисципліни);

групових консультацій (розгляд теоретичних положень, які важко піддаються осмисленню).

Індивідуально-консультативна робота з практичної частини дисципліни проводиться у вигляді:

індивідуальних консультацій (розгляд практичних завдань, стосовно яких виникли запитання);

групових консультацій (розгляд типових задач, які викликають утруднення у студентів).

Індивідуально-консультативна робота для комплексної оцінки засвоєння матеріалу за програмою дисципліни проводиться у вигляді:

індивідуального захисту студентами виконаних лабораторних робіт;

захисту студентами індивідуальних завдань;

підготовки доповідей для виступу на науковому семінарі;

підготовки доповідей для виступу на науковій конференції.

## 10. Методики активізації процесу навчання

При викладанні навчальної дисципліни "Додаткові розділи чисельного аналізу" для активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів передбачено застосування сучасних навчальних технологій, таких, як: проблемні лекції, міні-лекції, презентації тощо.

Розподіл форм та методів активізації процесу навчання за розділами навчальної дисципліни наведено у табл. 4.

Таблиця 4

### Розподіл форм та методів активізації процесу навчання за темами навчальної дисципліни

Тема	Практичне застосування навчальних технологій
1	2
Тема 1. Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями	Міні-лекція "Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності"
Тема 2. Обчислення власних значень і власних векторів матриці	Міні-лекція "Обчислення власних значень і власних векторів матриці"
Тема 3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференційних рівнянь	Міні-лекція "Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференційних рівнянь"
Тема 4. Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь	Міні-лекція "Неявні методи розв'язання жорстких задач для систем звичайних диференційних рівнянь"
Тема 5. Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними	Міні-лекція "Розв'язання диференційних рівнянь із частинними похідними"
Тема 6. Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь	Міні-лекція "Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь"

**Проблемні лекції** спрямовані на розвиток логічного мислення студентів і характеризуються тим, що коло питань теми обмежується двома-трьома ключовими моментами та виділенням головних висновків з питань,

що розглядаються. При читанні лекцій студентам даються запитання для самостійного розмірковування, проте лектор сам відповідає на них, не чекаючи відповідей студентів. Система питань у ході лекції відіграє активізуючу роль, примушує студентів сконцентруватися і почати активно мислити в пошуках правильної відповіді.

**Міні-лекції** передбачають викладення навчального матеріалу за короткий проміжок часу й характеризуються значною ємністю інформації, складністю логічних побудов та їх узагальнень. Лекційний матеріал представляється у так званому структурно-логічному вигляді, зафіксовані у плані лекції питання викладаються стисло. Більш детальне вивчення матеріалу вноситься на самостійне опрацювання. Міні-лекції проводяться, як правило, як частина заняття-дослідження.

**Робота в малих групах** використовується з метою активізації роботи студентів при проведенні семінарських і практичних занять. Це так звані групи психологічного комфорту, де кожен учасник відіграє свою особливу роль і певними своїми якостями доповнює інших. Використання цієї технології дає змогу структурувати практично-семінарські заняття за формою і змістом, створює можливості для участі кожного студента в роботі за темою заняття, забезпечує формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування.

**Семінари-дискусії** передбачають обмін думками і поглядами учасників з приводу даної теми, а також розвивають мислення, допомагають формувати погляди і переконання, виробляють вміння формулювати думки й висловлювати їх, вчать оцінювати пропозиції інших людей, критично підходити до власних поглядів.

**Мозкові атаки** – це метод розв'язання завдань за дуже обмежений час. Сутність його полягає в тому, щоб висловити якнайбільшу кількість ідей за невеликий проміжок часу, обговорити їх і здійснити їх селекцію.

**Презентації** – виступи перед аудиторією – використовуються для представлення певних досягнень (оригінальне розв'язання задач того чи іншого типу і виконання індивідуальних завдань) з метою обміну досвідом.

**Кейс-метод** (метод аналізу конкретних ситуацій) дає змогу наблизити процес навчання до реальної практичної діяльності спеціалістів і передбачає розгляд виробничих, управлінських та інших ситуацій, складних конфліктних випадків, проблемних ситуацій, інцидентів у процесі вивчення навчального матеріалу.

**Рольові ігри** (інсценізації) – форма активізації студентів, за якої вони задіяні в процесі інсценізації певної виробничої ситуації у ролі безпосередніх учасників подій.

**Модерація** – це метод, який допомагає групам розглядати теми, проблеми, задачі зосереджуючись на змісті цілеспрямовано і ефективно

при самостійній участі кожного у вільній колегіальній атмосфері. Модерація як спосіб проведення обговорення швидко призводить до конкретних результатів, дає можливість усім присутнім брати участь у процесі вироблення рішень, відчуваючи при цьому свою повну відповідальність за результат.

## **11. Система поточного та підсумкового контролю знань студентів**

У процесі навчання студенти отримують необхідні знання під час лекційних занять, виконуючи лабораторні роботи, самостійно працюючи з літературою та виконуючи індивідуальні завдання.

Система оцінювання знань, вмінь та навичок студентів передбачає виставлення оцінок за всіма формами проведення занять згідно з програмою навчальної дисципліни (лекційні та лабораторні заняття, самостійну роботу і виконання індивідуальних завдань).

### **Порядок поточного оцінювання знань студентів**

Поточне оцінювання здійснюється під час проведення лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Об'єктами поточного контролю є:

активність та результативність роботи студента протягом семестру над вивченням програмного матеріалу дисципліни;

відвідування занять;

виконання індивідуального завдання;

виконання завдань проміжного контролю;

виконання модульного контрольного завдання.

Перевірка та оцінювання знань студентів проводиться у таких формах:

оцінювання знань студента під час проведення контролю підготовленості студентів лабораторного заняття;

оцінювання виконання лабораторних робіт;

оцінювання виступів з доповіддю;

оцінювання виконання індивідуального завдання;

проведення проміжного контролю;

проведення поточно-модульного контролю.

### **Контроль систематичного виконання самостійної роботи та активності на лабораторних заняттях**

Оцінювання проводиться за 12-бальною шкалою за такими критеріями: розуміння, ступінь засвоєння теорії та методології проблем, що розглядаються;

ступінь фактичного засвоєння матеріалу навчальної дисципліни;

ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються;

вміння поєднувати теорію з практикою при побудові моделей складних систем;

логіка, структура, стиль викладу матеріалу в письмових роботах, у процесі захисту виконаних завдань і при виступах в аудиторії, вміння обґрунтовувати свою позицію, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки.

Оцінка "відмінно" (10 – 12 балів) ставиться за умови відповідності письмового виконання індивідуального завдання студентом, або його усної відповіді всім зазначеним критеріям. Відсутність тієї або іншої складової знижує оцінку на відповідну кількість балів.

При оцінюванні індивідуальних завдань увага також приділяється якості, самостійності, своєчасності виконання і здачі виконаних завдань викладачеві (згідно з графіком навчального процесу). Якщо якась із вимог не буде виконана, то оцінка може бути знижена (на розсуд викладача).

**Критерії оцінювання знань студента під час проведення контролю підготовленості студентів до виконання лабораторних робіт:**

1) розуміння, ступінь засвоєння теоретичного і практичного матеріалу досліджуваної теми;

2) ступінь вивчення матеріалів рекомендованої літератури, сучасної літератури з досліджуваної теми;

3) вміння застосовувати теоретичні знання при розв'язанні практичних завдань з використанням комп'ютерної техніки;

4) логіка, структура, стиль викладення матеріалу, вміння робити обґрунтовані висновки з питань, що викладаються в роботі.

**Оцінювання виконання лабораторних робіт**

Оцінювання якості виконання лабораторних робіт проводиться у формі захисту звітів.

**Під час захисту звітів з лабораторних робіт оцінюється:**

1) якість виконання індивідуальних завдань до лабораторної роботи;

2) ступінь самостійності виконання лабораторної роботи;

3) обґрунтованість прийнятих у роботі технічних рішень;

4) повнота й глибина аналізу;

5) наявність і повнота викладення результатів виконання лабораторної роботи;

6) наявність обґрунтованих висновків за отриманими результатами;

7) якість оформлення звіту.

## **Оцінювання виступу студента з доповіддю**

Доповідь є додатковою частиною самостійної роботи студента над навчальною дисципліною. Мета доповіді – поглиблення теоретичних знань, набутих студентами в процесі вивчення дисципліни.

Підготовка доповіді має сприяти глибшому засвоєнню студентами навчальної дисципліни, спонукає ґрунтовно вивчати чисельні методи розв'язання математичних задач з застосуванням спеціальних наукових видань вітчизняних та закордонних авторів.

Першим етапом написання тексту доповіді є вибір теми. Студенти обирають тему доповіді за власним розсудом але відповідно до тематики доповідей, визначеної кафедрою інформаційних систем. За погодженням з викладачем студент може підготувати доповідь на іншу тему, якої немає у цьому переліку.

Після вибору теми студент повинен розробити й викласти в письмовій формі план доповіді. План доповіді слід розробляти після ознайомлення з літературними джерелами, які висвітлюють ті чи інші питання і проблеми з теми дослідження. План має включати лише ті питання, які безпосередньо стосуються теми і дають змогу повно і глибоко розкрити її.

Титульний аркуш доповіді повинен містити: назву університету; назву кафедри; назву навчальної дисципліни; тему доповіді; прізвище, ініціали студента, номер академічної групи; дату представлення доповіді (день, місяць, рік).

За титульним аркушем іде детальний план доповіді, в якому треба виділити вступ, два – три розділи основного змісту, висновки, список використаної літератури, додатки.

Складні таблиці, які не вміщуються в тексті, а також інші допоміжні матеріали включаються в додатки до роботи. При цьому в тексті на них робляться відповідні посилання.

Усі сторінки доповіді нумеруються в правому верхньому куточку сторінки, при цьому номери сторінок починають проставлятися на першому аркуші після вступу.

У кінці доповіді дається повний список використаних джерел. Його необхідно скласти у певному порядку: спочатку наводяться законодавчі та нормативні акти, довідники, загальна і спеціальна література за алфавітом.

Доповідь має бути підготовлена і представлена аудиторії не пізніше зазначеної в навчальному плані дати.

Підготовка доповіді і виступ з нею перед аудиторією оцінюється за критеріями:

самостійності виконання;

логічності та деталізації плану;  
повноти й глибини розкриття теми;  
кількості використаних джерел (не менше десяти);  
використання статистичної інформації та відображення практичного досвіду;

наявності конкретних пропозицій і прогнозів з обов'язковим поси-  
ланням на використані літературні джерела;  
якості оформлення;

якості представлення доповіді перед аудиторією, а власне вміння  
подати підготований матеріал і логічність його викладу, вміння зацікавити  
аудиторію, вміння відповідати на поставлені питання за досліджуваною темою.

Підготовка якісної доповіді може бути додатковою умовою отримання  
студентом позитивної підсумкової оцінки з даної навчальної дисципліни.

### **Критерії оцінювання виконання індивідуального завдання**

Індивідуальне завдання оцінюється за такими критеріями:

самостійність виконання;

логічність та послідовність викладення матеріалу щодо постановки  
математичної задачі та опису чисельного методу;

логічність при проектуванні програмного продукту;

якість програмування, налагодження та тестування програмного мо-  
дуля, реалізуючого чисельний метод;

якість документації по використанню розробленого програмного продукту;

використання додаткових літературних джерел;

якість оформлення.

### **Проміжний контроль**

Проміжний модульний контроль рівня знань передбачає виявлення  
опанування студентом матеріалу лекційного модуля та вміння застосову-  
вати його для розв'язання практичних завдань і проводиться у вигляді  
контрольних робіт, які включають теоретичні та практичні завдання.

### **Проведення поточно-модульного контролю**

Поточно-модульний контроль здійснюється та оцінюється за двома  
складовими: практичний модульний контроль і теоретичний модульний  
контроль. Оцінка за практичну складову модульного контролю виставля-  
ється за результатами оцінювання знань студента під час лабораторних  
занять, виконання індивідуального завдання та проміжного контролю  
згідно з графіком навчального процесу. Оцінка за теоретичну складову  
включає оцінку за лекційне модульне завдання і оцінку за виступ з доповіддю.

Лекційний модульний контроль здійснюється у письмовій формі за  
відповідними білетами.

Таким чином, після вивчення тем 1 – 6 студенти денної форми  
виконують завдання до модуля 1.



Завдання теоретичного модульного контролю містять 4 запитання, два з яких оцінюють знання щодо основних понять чисельного аналізу, а 2 – знання чисельних методів розв'язання математичних задач.

### Зразок лекційного модульного завдання

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра інформаційних систем

Спеціалізації: "Інформаційні управляючі системи і технології",

"Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг"

Навчальна дисципліна: Додаткові розділи чисельного аналізу

Лекційний модуль 1

1. Чисельні методи розв'язання систем лінійних рівнянь з стрічковими матрицями. Постановка задачі, ідеї методів та їх характеристики.
2. Визначення та властивості оберненої матриці.
3. Багатокрокові методи розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь. Метод Адамса – Башфорда.
4. Сформулюйте постановку задачі Неймана для рівняння Пуассона.

Оцінювання знань студента під час виконання завдань для теоретичного модульного контролю проводиться за 12-бальною шкалою, максимум по 3 бали за кожне питання.

Відповідь на кожне теоретичне питання оцінюється від 0 до 3 балів згідно з такою шкалою:

3 бали	Сформульована загальна математична постановка задачі. Якщо потрібно, вказана ідея чисельного методу(ів), приведені відповідні формули та характеристики методу(ів)
2 бали	Сформульована загальна математична постановка задачі. Якщо потрібно, приведені відповідні формули та характеристики методу(ів)
1 бал	Сформульована загальна математична постановка задачі
0 балів	Не сформульована загальна математична постановка задачі

Для підведення підсумків роботи студентів з навчальної дисципліни виставляється загальна оцінка, яка враховує оцінки з кожного виду контролю протягом семестру.

**Загальна модульна оцінка** є середнім арифметичним з двох оцінок – за теоретичну і практичну складові модуля. Теоретична складова полягає у виконанні проміжних і поточно-модульної контрольних робіт та виступів з доповідями. При виставленні оцінки за практичну складову враховуються поточні оцінки, які студент отримує під час лабораторних занять та оцінки за виконання індивідуального завдання.

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни згідно з Методикою переведення показників успішності знань студентів Університету в систему оцінювання за шкалою ECTS конвертується в підсумкову оцінку за шкалою ECTS (табл. 5).

Таблиця 5

**Переведення показників успішності знань студентів ХНЕУ  
в систему оцінювання за шкалою ECTS**

Відсоток	Оцінка за шкалою ECTS		Оцінка за бальною шкалою, що використовується в ХНЕУ	Оцінка за національною шкалою
10	Відмінне виконання	A	12 – 11	відмінно
25	Вище середнього рівня	B	10	
30	Взагалі робота правильна, але з певною кількістю помилок	C	9 – 7	добре
25	Непогано, але зі значною кількістю недоліків	D	6	задовільно
10	Виконання задовольняє мінімальні критерії	E	5 – 4	
–	Потрібне повторне перескладання	FX	3	незадовільно
–	Повторне вивчення дисципліни	F	2 – 1	

## 12. Рекомендована література

### 12.1. Основна

1. Бахвалов Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов. – М. : Наука, 2000. – 286 с.
2. Волков Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. – М. : Высшая школа, 1987. – 311 с.
3. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович. – М. : Наука, 1994. – 664 с.
4. Самарский А. А. Введение в численные методы / А. А. Самарский. – М. : Наука, 1997. – 239 с.
5. Турчак Л. И. Основы численных методов / Л. И. Турчак. – М. : Наука, 1997. – 320 с.
6. Фельдман Л. П. Чисельні методи в інформатиці / Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О. А. Дмитрієва. – К. : Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с.

### 12.2. Додаткова

7. Барахнин В. Б. Введение в численный анализ / В. Б. Барахнин, В. П. Шапеев. – Новосибирск, 1997. – 111 с.

8. Боглаев Ю. П. Вычислительная математика и программирование / Ю. П. Боглаев. – М. : Высшая школа, 1990. – 544 с.
9. Демидович Б. П. Численные методы анализа / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. – М. : Наука, – 1967. – 368 с.
10. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М. : Наука, 1966. – 664 с.
11. Заварыкин В. М. Численные методы / В. М. Заварыкин, В. Г. Житомирский, М. П. Лапчик . – М. : Просвещение, 1990. – 176 с.
12. Калиткин Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – М. : Наука, 1978. – 512 с.
13. Копченова Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Н. В. Копченова, И. А. Марон . – М. : Наука, 1972. – 367 с.
14. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики / Г. И. Марчук. – М. : Наука, 1989. – 608 с.
15. Ортега Дж. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений / Дж. Ортега, У. Пул. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
16. Ракитин В. И. Практическое руководство по методам вычислений с приложением программ для персональных компьютеров / В. И. Ракитин, В. Е. Первушин. – М. : Высшая школа, 1998. – 383 с.
17. Самарский А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М. : Наука, 1989. – 432 с.
18. Сборник задач по методам вычислений / под ред. П. И. Монастырного. – М. : Наука, 1994. – 320 с.
19. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок / Дж. Тейлор. – М. : Мир, 1985. – 272 с.
20. Федоренко Р. П. Введение в вычислительную физику / Р. П. Федоренко. – М. : Изд. МФТИ, 1994. – 528 с.
21. Фурунжиев Р. И. Применение математических методов и ЭВМ: Практикум : учебное пособие для вузов / Р. И. Фурунжиев, Ф. М. Бабушкин, В. В. Варавко. – Мн. : Выш. шк., 1988. – 191 с.
22. Шикин Е. В. Кривые и поверхности на экране компьютера. Руководство по сплайнам для пользователей / Е. В. Шикин, А. И. Плис. – М. : ДИАЛОГ – МИФИ, 1996. – 240 с.

### **12.3. Ресурсы мережі Internet**

23. [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru).
24. [www.model.exponenta.ru](http://www.model.exponenta.ru).

## Зміст

Вступ.....	3
1. Кваліфікаційні вимоги до студентів .....	4
2. Тематичний план навчальної дисципліни .....	5
3. Зміст навчальної дисципліни за модулями та темами .....	6
4. Плани лекцій .....	7
5. Плани лабораторних занять .....	9
6. Індивідуальні завдання .....	10
6.1. Тематика індивідуальних завдань .....	11
6.2. Вимоги до змісту індивідуального завдання .....	11
7. Самостійна робота студентів.....	12
8. Контрольні запитання для самодіагностики .....	16
9. Індивідуально-консультативна робота .....	18
10. Методики активізації процесу навчання.....	18
11. Система поточного та підсумкового контролю знань студентів ..	20
12. Рекомендована література .....	25
12.1. Основна .....	25
12.2. Додаткова .....	26
12.3. Ресурси мережі Internet.....	26

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Робоча програма  
навчальної дисципліни  
**"ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ  
ЧИСЕЛЬНОГО АНАЛІЗУ"**

для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки"  
денної форми навчання

Укладачі: **Задачин Віктор Михайлович**  
**Конюшенко Ірина Григорівна**

Відповідальний за випуск **Пономаренко В. С.**

Редактор **Онопко О. М.**

Коректор **Мартовицька-Максимова В. А.**

План 2011 р. Поз. № 202.

Підп. до друку Формат 60 J 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.

Ум.-друк. арк. 1,75. Обл.-вид. арк. 2,19. Тираж прим. Зам. №

---

Видавець і виготівник — видавництво ХНЕУ, 61001, м. Харків, пр. Леніна, 9а

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи  
Дк № 481 від 13.06.2001 р.*