

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра програмної інженерії та інформаційних технологій управління
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної комісії _____
(назва комісії)

(підпис) (ініціали та прізвище)

« _____ » _____ 20 _____ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КОМП'ЮТЕРНА МАТЕМАТИКА - 3

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань 12 Інформаційні технології
(шифр і назва)

спеціальність 126 Інформаційні системи та технології
(шифр і назва)

вид дисципліни професійна підготовка
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання денна
(денна / заочна)

Харків – 2017__ рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

КОМП'ЮТЕРНА МАТЕМАТИКА - 3

(назва дисципліни)

Розробники:

проф., к.т.н., доц.

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

Гужва В.О.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

програмної інженерії та інформаційних технологій

(назва кафедри)

Протокол від « 31 » серпня 2017 року № 1

Завідувач кафедри ПІТУ

(назва кафедри)

М.Д.Годлевський

(підпис)

(ініціали та прізвище)

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови НМК (для дисциплін загальної підготовки та дисциплін професійної підготовки за спеціальністю) або завідувача випускової кафедри (для дисциплін професійної підготовки зі спеціалізації, якщо РПНД розроблена не випусковою кафедрою)

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета навчальної дисципліни "Комп'ютерна математика - 3" є засвоєння основних особливостей чисельних методів, умови їх правильного використання; ознайомлення студентів з основними обчислювальними алгоритмами; навчання студентів основам аналізу алгоритмів; навчити студентів визначати класи складності алгоритмів.

Компетентності:

Загальні компетентності:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

Нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання

Класифікація компетентностей за НРК	Знання	Уміння	Комунікація	Автономія та відповідальність
2. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності і функціонування операційних систем і системного програмного	Знати методи розв'язання систем лінійних рівнянь, методи розв'язання нелінійних рівнянь, обчислювати власні значення і власні вектори матриці, методи інтерполяції та екстраполяції функцій, методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, методи інтегрування диференціальних	Застосовувати чисельні методи в інформатиці, а також при виконанні курсових та дипломних робіт, застосовувати отримані знання для чисельного моделювання виробничих та економічних процесів.	Здатність ефективно формувати комунікаційні стратегії в сфері організації обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення.	Самостійно здійснювати планування та диспетчеризацію задач, керувати пам'яттю, файлами, процесами, пристроями введення-виведення; обробляти переривання, використовуючи різні операційні системи та системне програмне

забезпечення.	рівнянь			забезпечення.
---------------	---------	--	--	---------------

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Математичний аналіз 1-2	Дослідження операцій
Лінійна алгебра	Теорія прийняття рішень

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (К, П, КР, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Залік	Екзамени
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	150 /5	64	86	32		32		2		+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 43% (%):

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
Змістовий модуль 1. Чисельні методи лінійної алгебри. Розв'язування нелінійних рівнянь. Обчислення власних значень і власних векторів матриці.				
	Л ПЗ СР	2 2 8	<p>Тема 1. Елементи теорії похибок. Похибки даних Обчислювальна похибка. Похибка апроксимації. Абсолютна та відносна похибка. Розповсюдження похибок.</p> <p>Тема 2. Чисельні методи лінійної алгебри. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь методом Гауса Схеми єдиного ділення та з вибором головного елемента. Схема Холецького. Ітераційні методи розв'язання лінійних рівнянь: методи Якобі і Гауса-Зейделя.</p> <p>Тема 3. Методи розв'язування нелінійних рівнянь. Аналітичний та графічний методи відділення коренів рівняння Уточнення коренів методами :половинного ділення, Ньютона, хорд, комбінованим методом хорд і дотичних, простої ітерації. Розв'язування систем нелінійних рівнянь.</p> <p>Тема 4 Обчислення власних значень і власних векторів. Методи: Лєверьє, Лєверьє-Фадєєва, Хессенберга. А.М. Данілевського, А.Н. Крилова, інтерполяції, ітераційний метод обчислення всіх власних значень</p>	
Змістовий модуль 2. Наближення функцій. Чисельні методи інтегрування функцій і диференційних рівнянь				
	Л ПЗ СР	4 4 8	<p>Тема 5. Наближення функцій. Чисельні методи інтегрування функцій і диференційних рівнянь Побудова емпіричних лінійних залежностей. Вибір форференцференмул для нелінійних залежностей. Інтерполяційна формула Лагранжа. Перша і друга формули Ньютона .Сплайн- інтерполяція. Інтерполяційні формули Гауса.</p> <p>Тема 6. Чисельне інтегрування функцій. Формули прямокутників, трапецій, Сімпсона, формула Ньютона-Котеса, формули Чебишева і Гауса.</p> <p>Тема 7 Чисельні методи диференціювання функцій Постановка задачі чисельного диференціювання</p>	

	ПЗ СР	4 13	<p>функцій .</p> <p>Формули чисельного диференціювання, які отримані з використанням першого інтерполяційного многочлена Ньютона. Формули чисельного диференціювання, які отримані з використанням інтерполяційного многочлена Стирлінга.</p> <p>Похибки, які виникають при чисельному диференціюванні. Похибка відсікання. Похибка округлення. Вибір оптимального кроку чисельного диференціювання</p>	
	Л ПЗ СР	4 4 8	<p><u>8 Чисельні методи інтегрування звичайних диференційних рівнянь</u></p> <p>Метод Пікара. Інтегрування за допомогою степеневих рядків. Метод Ейлера та його модифікації. Методи Рунге-Кутта, другого і четвертого порядків. Екстраполяційний метод Адамса.</p>	
Разом (годин)		150		

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	18
2	Самостійна робота: Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	18
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	20
4	Виконання індивідуального завдання:	20
5	Інші види самостійної роботи	10
	Разом	86

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання

(вид індивідуального завдання)

Модуль 1.Чисельні методи розв'язування систем лінійних рівнянь, нелінійних рівнянь, обчислення власних значень і власних векторів матриці.

Тема1

1. Похибки вихідних даних.
2. Похибки вхідних даних.
3. Абсолютна та відносна похибка.
4. Похибки алгебраїчної суми.
5. Похибки добутку.
6. Похибки частки.
7. Похибки вирахування функції.
8. Похибки вирахування ступеня.
- 9 Похибки вирахування кореня.

Література: основна [1]; додаткова [6-9].

Тема 2. Чисельні методи лінійної алгебри

1. Основні поняття і визначення.
2. Розв'язати систему лінійних рівнянь методом Гауса. (схема єдиного ділення)
3. Розв'язати систему лінійних рівнянь методом Гауса (схема з вибором головного елемента)
4. Розв'язати систему лінійних рівнянь за допомогою схеми Холецького.
5. Вирахувати визначник методом Гауса.
6. Вирахувати зворотну матрицю методом Гауса.
7. Розв'язати систему лінійних рівнянь методом простої ітерації (метод Якобі).
8. Розв'язати систему лінійних рівнянь методом Гауса-Зейделя.

Література: основна [1–5]; додаткова [6-9].

Тема 3. Чисельні методи розв'язування нелінійного рівняння.

1. Аналітичний метод відділення коренів рівняння.
2. Графічний метод відділення коренів рівняння.
3. Уточнення коренів методом половинного ділення.
4. Уточнення коренів методом Ньютона.
5. Модифікації методу Ньютона.
6. Метод хорд.
7. Комбінований метод Ньютона і метод хорд.
8. Метод Стефенса
9. Метод простої ітерації.
10. Розв'язування систем нелінійних рівнянь методом Ньютона.

Література: основна [1–5]; додаткова [6-9].

Тема 4 Обчислення власних значень і власних векторів матриці

1. Метод характеристичного рівняння матриці.
2. Метод Левр'є.
3. Метод Левр'є-Фадеева.
4. Метод Хессенберга.
5. Метод А.М. Данілевського.
6. Метод А.Н. Крилова.
7. Ітераційний метод обчислення всіх власних значень.
8. Степеневий метод обчислення найбільшого по модулю власного значення і відповідного власного вектора.
9. Метод інтерполяції.
10. Визначення першого власного значення методом ітерації.

Література: основна [1-5]; додаткова [6-9]

Модуль 2. Наближення функцій. Чисельні методи диференціювання

функцій Чисельні методи інтегрування функцій і диференційних рівнянь.

Тема 5. Наближення функцій.

1. Постановка задачі інтерполювання функцій.
2. Побудова емпіричних лінійних функцій.
3. Інтерполяційний многочлен Лагранжа.
4. Перша інтерполяційна формула Ньютона
5. Друга інтерполяційна формула Ньютона.
6. Сплайн-інтерполяція.
7. Багатовимірні інтерполяція.
8. Інтерполяційні формули Гауса.

Тема 6 Чисельні методи диференціювання функцій.

1. Постановка задачі чисельного диференціювання функцій.
2. Формули чисельного диференціювання, які отримані з використанням інтерполяційного многочлена Ньютона.
3. Формули чисельного диференціювання, які отримані з використанням інтерполяційного многочлена Стирлінга.
4. Похибки, які виникають при чисельному диференціюванні.
5. Вибір оптимального кроку чисельного диференціювання.

Література: основна [1–5]; додаткова [6–9].

Тема 7. Чисельне інтегрування функцій.

1. Формула прямокутників.
2. Формула трапецій.
3. Формула Сімпсона.
4. Узагальнена формула Ньютона-Котеса.
5. Обчислення інтегралів методом Монте-Карло.
6. Формула Чебишева.
7. Формула Гауса.

Література: основна [1–5]; додаткова [6–9].

ТЕМА.8. Чисельні методи інтегрування звичайних диференційних рівнянь

1. Постановка задачі.
2. Метод послідовних наближень (Метод Пікара)
3. Інтегрування диференційних рівнянь за допомогою степеневих рядків.
4. Інтегрування диференційних рівнянь методом Ейлера.
5. Методи Рунге-Кутта другого і четвертого порядків інтегрування диференційних рівнянь.

6. Екстраполяційний метод Адамса інтегрування диференціальних рівнянь.

Література: основна [1-5]; додаткова [6-9]

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При викладанні навчальної дисципліни для активізації навчального процесу передбачено застосування сучасних навчальних технологій, таких, як: проблемні лекції; робота в малих групах; семінари-дискусії; кейс-метод; ділові ігри.

Проблемні лекції спрямовані на розвиток логічного мислення студентів. Коло питань теми лекції обмежується двома-трьома ключовими моментами, увага студентів концентрується на матеріалі, що не знайшов широкого відображення в підручниках, використовується досвід закордонних навчальних закладів з роздаванням студентам під час лекцій друкованого матеріалу та виділенням головних висновків з питань, що розглядаються. При викладанні лекційного матеріалу студентам пропонуються питання для самостійного розмірковування. При цьому лектор задає запитання, які спонукають студента шукати розв'язання проблемної ситуації. Така система примушує студентів сконцентруватися і почати активно мислити в пошуках правильної відповіді.

На початку проведення проблемної лекції необхідно чітко сформулювати проблему, яку необхідно вирішити студентам. При викладанні лекційного матеріалу слід уникати прямої відповіді на поставлені запитання, а висвітлювати лекційний матеріал таким чином, щоб отриману інформацію студент міг використовувати при розв'язанні проблеми.

Міні-лекції передбачають викладення навчального матеріалу за короткий проміжок часу й характеризуються значною ємністю, складністю логічних побудов, образів, доказів та узагальнень. Міні-лекції проводяться, як правило, як частина заняття-дослідження. На початку проведення міні-лекції за вказаними темами лектор акцентує увагу студентів на необхідності представити викладений лекційний матеріал у так званому структурно-логічному вигляді. На розгляд виносяться питання, які зафіксовані у плані лекцій, але викладаються вони стисло. Лекційне заняття, проведене у такий спосіб, пробуджує у студента активність та увагу при сприйнятті матеріалу, а також спрямовує його на використання системного підходу при відтворенні інформації, яку він одержав від викладача. Проблемні лекції та міні-лекції доцільно поєднувати з такою формою активізації навчального процесу, як робота в малих групах.

Робота в малих групах дає змогу структурувати лекційні або лабораторні заняття за формою і змістом, створює можливості для участі кожного студента в роботі за темою заняття, забезпечує формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування. Після висвітлення проблеми (при використанні проблемних лекцій) або стислого викладання матеріалу (при використанні міні-лекцій) студентам пропонується об'єднуватися у групи по 5-6

осіб та презентувати наприкінці заняття своє бачення та сприйняття матеріалу.

Презентації – виступи перед аудиторією, що використовуються для представлення певних досягнень, результатів роботи групи, звіту про виконання індивідуальних завдань. Однією з позитивних рис презентації та її переваг при використанні в навчальному процесі є обмін досвідом, який здобули студенти при роботі у певній малій групі.

Практичні заняття (з елементами семінарської дискусії) - форма навчального заняття, при якому студенти під керівництвом викладача шляхом розв'язування практичних задач досліджують підтвердження теоретичних положень навчальної дисципліни, набувають практичних навичок у роботі з обчислювальною технікою, оволодівають методикою експериментальних досліджень у конкретній предметній області.

З метою підвищення якості навчального процесу кожний студент по кожній темі дисципліни отримує індивідуальне домашнє завдання, при виконанні якого необхідно розв'язувати задачу у відповідній предметній області, що вивчається. Кожен студент працює самостійно, оформляє звіт за результатами чисельних розрахунків, захищає цей звіт перед викладачем. Результати виконання індивідуального домашнього завдання оцінюються викладачем.

Ділові та рольові ігри – форма активізації студентів, за якої вони задіяні в процесі інсценізації певної виробничої ситуації у ролі безпосередніх учасників подій. Наприклад, при проведенні лабораторного заняття за темою "Дослідження організації пам'яті в захищеному режимі" слід поділити аудиторію на групи, кожній з яких дати завдання використовуючи різноманітні алгоритми розподілу пам'яті визначити ступінь ефективності використання фізичної пам'яті комп'ютера.

Кейс-метод – метод аналізу конкретних ситуацій, який 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.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Система оцінювання знань, вмінь та навичок студентів передбачає виставлення оцінок за усіма формами проведення занять. Перевірка та оцінювання знань студентів може проводитись у таких формах:

1. Оцінювання роботи студентів у процесі практичних занять.
2. Проведення проміжного контролю.
3. Проведення модульного контролю.

Загальна модульна оцінка складається з поточної оцінки, яку студент отримує під час практичних занять та оцінки за виконання модульної контрольної роботи.

Загальна оцінка з дисципліни визначається як середнє арифметичне модульних оцінок.

Порядок поточного оцінювання знань студентів

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

- 1) активність та результативність роботи студента протягом семестру над вивченням програмного матеріалу дисципліни; відвідування занять;
- 2) виконання проміжного контролю;
- 3) виконання модульного контрольного завдання.

Контроль систематичного виконання самостійної роботи та активності на практичних заняттях

Оцінювання проводиться за 5-бальною шкалою за такими критеріями:

- 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії та методології проблем, що розглядаються;
- 2) ступінь засвоєння матеріалу дисципліни;
- 3) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються;
- 4) уміння поєднувати теорію з практикою при розгляді виробничих ситуацій, розв'язанні задач, проведенні розрахунків при виконанні завдань, винесених для самостійного опрацювання, та завдань, винесених на розгляд в аудиторії;
- 5) логіка, структура, стиль викладу матеріалу в письмових роботах і при виступах в аудиторії, вміння обґрунтовувати свою позицію, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки.

Оцінка "відмінно" ставиться за умови відповідності виконаного завдання

студента або його усної відповіді до всіх п'яти зазначених критеріїв.

Відсутність тієї чи іншої складової знижує оцінку на відповідну кількість балів.

При оцінюванні практичних завдань увага приділяється також їх якості та самостійності, своєчасності здачі виконаних завдань викладачу (згідно з графіком навчального процесу). Якщо якась із вимог не буде виконана, то оцінка буде знижена.

Проміжний модульний контроль

Проміжний модульний контроль рівня знань передбачає виявлення опанування студентом матеріалу лекційного модуля та вміння застосовувати його для вирішення практичної ситуації і проводиться у вигляді тестування. При цьому тестове завдання може містити як запитання, що стосуються суто теоретичного матеріалу, так і запитання, спрямовані на вирішення невеличкого практичного завдання.

Тестове завдання містить запитання одиничного і множинного вибору різного рівня складності. Для оцінювання рівня відповідей студентів на тестові завдання використовуються такі критерії оцінювання:

- оцінка "відмінно" (12 – 10 балів) – виставляється у випадку, якщо студент правильно відповів на 24 – 20 тестових запитань;
- оцінка "дуже добре" (9 балів) – 19 – 18 правильних відповідей;
- оцінка "добре" (8 – 7 балів) – 17 – 14 правильних відповідей;
- оцінка "задовільно" (6 балів) – 13 – 12 правильних відповідей;
- оцінка "достатньо" (5 – 4 балів) – 11 – 8 правильних відповідей;
- оцінка "незадовільно" (3 бали) – 7 – 6 правильних відповідей;
- оцінка "незадовільно" (2 – 1 бали) – 5 – 0 правильних відповідей.

Тести для проміжного контролю обираються із загального переліку тестів за відповідними модулями.

Проведення модульного контролю

Модульний контроль здійснюється та оцінюється за двома складовими: лекційний (теоретичний) модуль та практичний модуль.

Теоретичний модульний контроль проводиться у письмовій формі після того як розглянуто весь теоретичний матеріал. Після вивчення тем 1 – 4 (модуль 1) студенти денної форми навчання виконують – завдання до модуля 1. Відповідно, після вивчення тем 5 – 8 (модуль 2) – завдання до модуля 2.

Практичний модульний контроль проводить після виконаних практичних завдань у межах кожного з двох модулів з практичних занять.

Теоретичне модульне завдання оцінюється за 12-бальною системою відповідно до кваліфікаційних вимог до бакалаврів напряму підготовки 6.050101

"Комп'ютерні науки". При цьому вважається, що для набору 1 бала оцінки потрібно правильно відповісти на 2 запитання завдання до модуля.

Загальна оцінка за практичне модульне завдання визначається як середнє арифметичне з оцінок за виконані практичні роботи при округленні в сторону студента.

Підсумкова оцінка з дисципліни розраховується як середня з кількох складових, що враховує оцінки кожного виду контролю (дві оцінки за результатами поточного модульного контролю за роботу протягом семестру).

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1 – Розподіл балів

	Поточний контроль			Семестровий контроль	Всього за семестр
	КР	п.р	ІДЗ		
Підсумкові бали	85			15	100
Макс. проміжні бали	25	5	30		
Кільк. од. обліку у семестрі	1	5	1		
Макс. проміжних балів, всього	25	25	35		100
Коеф.. перерахунку	1				
Макс. кільк. підсумкових балів	25	25	35	15	100

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
74 ... 81	C	
64 ... 73	D	задовільно
60 ... 63	E	
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Шматко О.В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Операційні системи» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ntumoodle.com

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці.-К.:Видавництво груп ВНУ,2006.-480с.
- 2.Бахвалов Н.С., Жидков Н.П.,Кобельков Г.Н. Численные методы.-М.:Лаборатория базових знаний, 2002.-630с.
3. Вержбицкий В.М. Основы численных методов : Учебник для вузов.-М.: Высшая школа 2002.-840с.
4. Говорухин В.Н., Цибулин В.Г.Копьютер в математическом исследовании. Учебный курс.-СПБ.: Питер, 2001.-624с.
5. Петренко А.І. Обчислювальна математика : Конспект лекцій.-К.:Видавництво МУРОЛ « Україна»,2002.-210с.

Допоміжна література

6. Даниленко Н.Н.,Дубровская Н.С.,Кваша О.П. Численные методы. - М.:Высшая школа, 1976.-386с.

7. КАХАНЕР Д., Моулер .,Нэш С. Численные методы и математическое обеспечение.-М.: 1998.-575с.
8. Фадеев Д.К., Фадеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры.- М.: Физматгиз ,1963.-735с.
- 9 .Калиткин Н.Н. Численные методы.-М.:Наука,1972.-512с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

10. Архів комп'ютерної документації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : infocity.kiev.ua/.
11. Каталог образовательных ресурсов (Федерация Интернет образования) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.catalog.alledu.ru/predmet/.