

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра інформаційних систем та технологій



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Прикладні аспекти математики для IoT

для студентів

галузь знань	12 «Інформаційні технології»
спеціальність	126 «Інформаційні системи та технології»
освітній рівень	бакалавр
освітня програма	Програмні технології інтернет речей
вид дисципліни	обов'язкова
форма навчання	денна

Навчальний рік	2024/2025
Семестр	1-2
Кількість кредитів ECTS	10
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Ольга КРАВЧЕНКО, кандидат технічних наук, доцент

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(місяць, рік, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(місяць, рік, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(місяць, рік, дата)

КИЇВ – 2024

Розробники: Ольга КРАВЧЕНКО, кандидат технічних наук, доцент

ЗАТВЕРДЖЕНО

« _____ » _____ 20__ р.

В.о.зав. кафедри інформаційних систем та технологій



Володимир ДРУЖИНІНІ

Протокол № 2023/24 від « 27 » червня 2024 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету інформаційних технологій


Протокол № _____ від « 27 » червня 2024 року

Голова науково-методичної комісії ФІТ



(Ганна КРАСОВСЬКА)

« _____ » _____ 20__ року

Програму перевірено


ВСТУП

1. Мета дисципліни – Метою викладання навчальної дисципліни «Прикладні аспекти математики для IoT» є:

- сформуванню знання, уміння, компетентності з математичних перетворень та розрахунків;
- навчити студентів володінню апаратом математичного аналізу, який повинен бути достатнім для опрацювання математичних моделей, пов'язаних з діяльністю фахівців в галузі ICT;
- дати необхідні теоретичні знання та основні напрями їх застосування в системі дисциплін за спеціальністю ICT;
- прищепити первинні навички математичного дослідження прикладних задач;
- виробити вміння самостійно використовувати при розв'язуванні задач необхідні методи математичного аналізу і спеціальну літературу.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Для **першого семестру** попередніх вимог немає.

Для **другого семестру** попередні вимоги такі:

- 1) успішне опанування дисципліни «Прикладні аспекти математики для IoT» в першому семестрі;
- 2) знання теоретичних основ лінійної алгебри, теорії множин, числових послідовностей та дослідження функцій однієї змінної;
- 3) володіння елементарними навичками дослідження функцій однієї змінної та числових послідовностей, методу математичної індукції та розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь, основ роботи у математичних пакетах MathCad, MATLAB, програмні засоби знаходження розв'язків математичних задач на C++ та Python.

3. Анотація навчальної дисципліни: навчальна дисципліна «Прикладні аспекти математики для IoT» присвячена вивченню питань, які необхідні для якісної практичної реалізації IoT-рішень та проектування аналітичних інформаційних систем: теорія доведень та відношень, алгоритми теорії чисел, чисельні методи та програмні засоби знаходження розв'язків математичних задач, прикладні задачі вищої математики, які використовуються в інформаційних технологіях: основи лінійної та комп'ютерної алгебри, векторної алгебри, функції однієї та багатьох змінних, їх диференціальне та інтегральне числення, теорії диференціальних рівнянь, числових, степеневих та функціональних рядів. Також в дисципліні «Прикладні аспекти математики для IoT» розглядається спеціальний пакет прикладних програм для числового аналізу і мови програмування MATLAB, що використовується для побудови аналітичних систем інтернету речей (IoT), MathCad та Python для чисельного програмування та знаходження розв'язку математичних задач. Дисципліна «Прикладні аспекти математики для IoT» надає інструменти володіння основним математичним апаратом, що є необхідністю для оволодіння такими основними фаховими дисциплінами освітньої програми «Програмні технології інтернет речей» як: «Дискретна математика та комп'ютерна логіка», «Теорія ймовірностей та комп'ютерна статистика», «Теорія алгоритмів».

4. Завдання (навчальні цілі): вивченням дисципліни «Прикладні аспекти математики для IoT» є теоретична та практична підготовка майбутніх фахівців з таких питань: математичні основи моделювання і обробки даних, основи лінійної та векторної алгебри, інтегрального та диференціального числення, теорія рядів, дослідження функцій однієї та багатьох змінних, в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами зі спеціальності ICT. Дисципліна забезпечує інтегральну компетентність в частині розуміння та застосування математичних методів, моделей та розуміння формальних описань, які є невід'ємною частиною складних спеціалізованих задач та практичних проблем в області ICT та інтернету речей.

5. Результати навчання за дисципліною:

1 семестр

Результат навчання (1. Знати; 2. Вміти; 3. Комунікація; 4. Автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основи лінійної алгебри та математичного аналізу. Знати основні методи розв'язування СЛОР.	Лекція, практичне заняття	Бліцопитування, дискурс, розрахункова робота, іспит	12
1.2	Знати теорію множин та метод математичної індукції. Математичне моделювання для інформаційних технологій. Знати теорію числових послідовностей та функцій однієї змінної. Знати теорію границь.	Лекція, практичне заняття	Бліцопитування, дискурс, розрахункова робота, іспит	12
1.3	Знати теорію диференціального числення, зокрема реалізації чисельних методів диференціювання, а також використання математичних пакетів для розв'язання відповідних задач.			12
1.4	Знати теорії інтегрального числення, зокрема реалізації чисельних методів інтегрування, а також використання математичних пакетів для розв'язання відповідних задач.			12
2.1	Вміти обчислювати невизначений та визначений інтеграли, в тому числі засобами математичних пакетів Maple, MathCad, Matlab.			12
2.2	Вміти брати похідні та диференціали функції однієї змінної, а також проводити відповідні обчислення у математичних пакетах.			12
2.3	Вміти досліджувати функції однієї змінної: будувати графік функції, досліджувати на парність, періодичність, монотонність тощо.		12	
3.1	Комунікація: вироблення у студентів практичних навиків групового вирішення проблем, пов'язаних з дослідженням функцій однієї змінної.	Практичне заняття		16

2 семестр

Результат навчання (1. Знати; 2. Вміти; 3. Комунікація; 4. Автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати досліджувати функції багатьох змінних, які використовуються при розв'язуванні прикладних задач на основі багатовимірної математичного аналізу. Знати основи роботи у математичних пакетах MathCad, MATLAB.	Лекція, практичне заняття	Бліцопитування, дискурс, розрахункова робота, модульна контрольна робота, індивідуальне завдання, іспит	12
1.2	Знати теорію числових, степеневих та функціональних рядів, зокрема для загального розуміння принципів дослідження та побудови рядів Фур'є.			12
1.3	Знати теорію диференціальних рівнянь та їх прикладного застосування.			12
1.4	Знати алгоритми теорії чисел. Алгоритм Евкліда знаходження найбільшого спільного дільника многочленів. Схема Горнера та інших класичних алгебраїчних алгоритмів та використання елементів комп'ютерної алгебри для їх реалізації (деякі з них можуть бути програмно реалізовані в курсі «Теорія алгоритмів»). Чисельні методи та програмні засоби знаходження розв'язків математичних задач на C++ та Python. Застосування пакетів MATLAB та Simulink для розробки, прототипування та розгортання IoT-додатків.	Лекція, практичне заняття	Бліцопитування, дискурс, розрахункова робота, модульна контрольна робота, індивідуальне завдання, іспит	12
2.1	Вміти знаходити загальні та часткові розв'язки диференціальних рівнянь, зокрема використовувати для цього відповідні математичні пакети. Проводити числові розрахунки для прикладних задач, пов'язаних з обчислення диференціальних рівнянь.	Лекція, практичне заняття, лабораторне заняття		12
2.2	Вміти встановлювати збіжність числових, степеневих та функціональних рядів на основі ряду критеріїв.			12
2.3	Вміти знаходити розв'язок кратних інтегралів та використання для цих задач математичних пакетів.			12
3.1	Комунікація: вироблення у студентів практичних навиків групового вирішення проблем, пов'язаних з дослідженням функцій багатьох змінних.	Практичне заняття		16

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

1 семестр

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1
Програмні результати навчання								
ПР 1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.	+	+	+	+	+	+	+	+

2 семестр

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1
Програмні результати навчання								
ПР 1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПР 2. Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.	+			+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення результату навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт. Питома вага результатів навчання у підсумковій оцінці для першого та другого семестру за умови її опанування на належному рівні така:

- результати навчання (1.1–1.4 знання) – до 48 %;
- результати навчання (2.1–2.3 вміння) – до 36 %;
- результати навчання (3.1 комунікація) – до 16 %.

7.2. Організація оцінювання

1 семестр

Семестрове оцінювання: 60 балів (60%)

Заняття проводяться у вигляді лекцій та практичних занять. Оцінка за семестр формується шляхом успішного виконання індивідуальних завдань, роботи на практичних та лекційних заняттях. Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Курс у першому семестрі складається з 2 змістових модулів. У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1 - 5, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) теми 6–10. Впродовж семестру, після завершення відповідних тем, проводяться тематичні модульні контрольні роботи з відкритими питаннями та задачами для визначення рівня досягнення результатів навчання.

Після кожного змістовного модуля проводиться модульна контрольна робота. В кожному семестрі планується по два змістовні модуля, відповідно проводиться дві модульні контрольні роботи в семестр. В першому семестрі перша модульна контрольна робота здається після теми 5. «Числова послідовність. Границя послідовності. Границя функції. Неперервність функції». Друга модульна контрольна робота

здається в кінці семестру після теми 10 «Обчислення площ, довжини дуги кривої, об'єму тіла обертання за допомогою визначеного інтегралу». Кожна модульна контрольна робота оцінюється від 15 до 25 балів. Також оцінюється робота студентів впродовж семестру: виконання розрахункової роботи та бліцопитування за результатами виконання завдань в розрахунковій роботі (загалом оцінюється від 6 до 10 балів). В сумі за результатами модульних контрольних робіт студент може отримати в семестр від 36 до 60 балів.

Завершується дисципліна **іспитом**.

Допуском до іспиту є успішне (позитивна оцінка) виконання студентом завдань з практичних робіт та написання модульних контрольних робіт. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100 бальною шкалою. Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі засвоєння матеріалу з усіх тем змістовних модулів. На іспит виносяться питання з основних розділів вищої математики: теорії множин, функцій та границь, дослідження функцій однієї змінної.

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – 15 балів	Max. – 25 балів	Min. – 15 балів	Max. – 25 балів
Модульні контрольні роботи	15	25	15	25

Підсумкове оцінювання у формі іспиту: 40 балів (40%) (екзаменаційне оцінювання проводиться в письмово-усній формі)

	МКР 1	МКР 2	Оцінювання впродовж семестру	Підсумкова семестрова оцінка	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	15	15	6	36	24	60
Максимум	25	25	10	60	40	100

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше 36 балів. Для допуску до екзамену студент має скласти модульні контрольні роботи на позитивну оцінку. Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

2 семестр

Семестрове оцінювання: 60 балів (60%)

Контроль здійснюється за модульно - рейтинговою системою. Курс у другому семестрі складається з 2 змістових модулів. У змістовий модуль 3 (ЗМ3) входять теми 11– 15, у змістовий модуль 4 (ЗМ4) – теми 16– 22. Заняття проводяться у вигляді лекцій, практичних та лабораторних занять. Впродовж семестру, після завершення відповідних тем, проводяться тематичні модульні контрольні роботи з відкритими питаннями та задачами для визначення рівня досягнення результатів навчання. Завершується дисципліна **іспитом**.

Допуском до іспиту є успішне (позитивна оцінка) виконання студентом завдань з практичних та лабораторних робіт та написання модульних контрольних робіт. В другому семестрі перша модульна контрольна робота (МКР 3) здається після теми 15 «Ряди Фур'є та їх прикладне застосування. Дискретне та швидке перетворення Фур'є для кодування цифрової відео- й аудіо інформації (MP3-, JPEG-формати тощо)». Друга завершальна модульна контрольна робота (МКР 4) здається в кінці другого семестру після теми 22 «Задача інтерполяції даних. Аналіз даних, отриманих з IoT пристроїв».

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100 бальною шкалою. Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі засвоєння матеріалу з усіх тем змістовних модулів. На іспит виносяться питання з основних розділів вищої математики: функції багатьох змінних, застосування пакетів MATLAB та Simulink для розробки, прототипування та розгортання IoT-додатків, теорія рядів та алгоритми теорії чисел.

Кожна модульна контрольна робота оцінюється від 9 до 15 балів. Передбачається виконання студентами 3 лабораторних робіт з чисельних методів вищої математики з таких тем:

1. Робота з математичними пакетами. Застосування пакетів MATLAB та Simulink для розробки, прототипування та розгортання IoT-додатків з використанням прогнозного обслуговування, дослідження операцій тощо. Чисельні методи та програмні засоби знаходження розв'язків математичних задач на C++ та Python.

2. Оцінювання складності алгоритмів. Похибки обчислень. Чисельне розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Чисельне знаходження розв'язків прямих та ітераційних методів знаходження розв'язків систем лінійних алгебраїчних рівнянь: метод Крамера, Гаусса, Якобі, Гаусса-Зейделя.

3. Чисельне інтегрування. Методи прямокутників, трапецій, Сімпсона. Чисельні методи розв'язування нелінійних рівнянь: метод дихотомії, метод простої ітерації, метод дотичних Ньютона-Рафсона, комбінований метод, метод січних, метод хорд.

Після виконання робіт студенти завантажують звіт та код (за необхідності) в систему Moodle. Після цього відбувається захист студентами виконаної роботи. Оцінюються лабораторні роботи так: за першу лабораторну роботу можна отримати від 4 до 6 балів, за другу та третю – від 4 до 7 балів. Загалом за всі лабораторні роботи студенти можуть отримати від 12 до 20 балів. Терміни виконання лабораторних робіт вказуються системі Moodle. Передбачаються такі терміни для здачі лабораторних робіт (1 ЛБ – друга неділя травня, 2 ЛБ – третя неділя травня, 3 ЛБ – четверта неділя травня).

Також оцінюється робота студентів впродовж семестру: виконання розрахункової роботи та бліцопитування за результатами виконання завдань в розрахунковій роботі (загалом оцінюється від 6 до 10 балів). В сумі за результатами модульних контрольних робіт студент може отримати в семестр від 36 до 60 балів.

	ЗМ3		ЗМ4	
	Min. – 9 балів	Max. – 15 балів	Min. – 9 балів	Max. – 15 балів
Модульні контрольні роботи	9	15	9	15

Підсумкове оцінювання у формі іспиту: 40 балів (40%) (екзаменаційне оцінювання проводиться в письмово-усній формі)

	МКР 3	МКР 4	Лабораторні роботи	Оцінювання впродовж семестру	Підсумкова семестрова оцінка	екзамен	Підсумкова оцінка
Мінімум	9	9	12	6	36	24	60
Максимум	15	15	20	10	60	40	100

Студент не допускається до іспиту якщо під час семестру набрав менше 36 балів. Для допуску до екзамену студент має скласти модульні контрольні роботи на позитивну оцінку. Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, ЛАБОРАТОРНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ПЕРШИЙ СЕМЕСТР

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	ПЗ	С/Р
Змістовий модуль 1 Основи лінійної алгебри та аналізу. Математичні пакети.				
1	Тема 1. Основи теорії множин. Постановка математичної задачі. Методи доведень. Метод математичної індукції. Метод аналогії.	4	2	10
2	Тема 2. Основи лінійної алгебри. Теорія матриць. Операції над матрицями, детермінант матриці. Знаходження розв'язків лінійних алгебраїчних рівнянь. оберненої матриці	2	2	10
3	Тема 3. Прямі методи знаходження розв'язків лінійних алгебраїчних рівнянь: метод Крамера, метод оберненої матриці, метод Гауса. Знаходження оберненої матриці за методами алгебраїчних доповнень та Жордана-Гауса.	2	2	10
4	Тема 4. Функції однієї змінної. Дослідження функцій однієї змінної. Використання функцій для задачі математичного моделювання. Використання графічних калькуляторів.	2	4	10
5	Тема 5. Числова послідовність. Границя послідовності. Границя функції. Неперервність функції.	4	4	10
	Модульна контрольна робота 1		2	4
Змістовий модуль 2 Диференціальне та інтегральне числення функції однієї змінної.				
6	Тема 6. Диференціальне числення. Правила диференціювання неявних функцій, параметричних функцій та функцій, які залежать від параметру. Обчислення границі функції за правилом Лопітала.	2	2	10
7	Тема 7. Інтегральне числення функції однієї змінної. Невизначений інтеграл. Правила інтегрування заміною змінної, інтегрування частинами. Фундаментальна теорема математичного аналізу.	2	4	10
8	Тема 8. Інтегрування раціональних, деяких ірраціональних та тригонометричних функцій однієї змінної.	2	2	10
9	Тема 9. Визначений інтеграл. Формула Ньютона-Ляйбніца. Теореми про середнє. Обчислення площ, довжини дуги кривої, об'єму тіла обертання за допомогою визначеного інтегралу.	4	2	10
10	Тема 10. Обчислення площ, довжини дуги кривої, об'єму тіла обертання за допомогою визначеного інтегралу.	2	2	10
	Модульна контрольна робота 2		2	4
	Всього за I семестр	26	30	108

ДРУГИЙ СЕМЕСТР

№ п/п	Назва теми	Кількість годин			
		лекції	ПЗ	ЛЗ	С/Р
Змістовий модуль 3 Функції багатьох змінних. Теорія рядів.					
1	Тема 11. Функції багатьох змінних. Диференціювання функцій багатьох змінних. Границя функцій багатьох змінних. Часткові похідні. Формули Тейлора та МакЛорена для функцій багатьох змінних.	2	4		10
2	Тема 12. Інтегрування функцій багатьох змінних. Кратні та криволінійні інтеграли. Формула Гріна. Інтеграли, залежні від параметру. Невластивий інтеграл. Ознаки збіжності невластивих інтегралів.	4	4		10
3	Тема 13. Теорія числових рядів. Ознаки збіжності знакосталих та знакозмінних рядів. Абсолютна та умовна збіжності числових рядів.	2	4		10

4	Тема 14. Функціональні послідовності. Рівномірна збіжність функціональних послідовностей. Функціональні та степеневі ряди. Нескінчені добутки та їх збіжність.	2	4		10
5	Тема 15. Ряди Фур'є та їх прикладне застосування. Дискретне та швидке перетворення Фур'є для кодування цифрової відео- й аудіо інформації (MP3-, JPEG-формати тощо).	2	4		10
	Модульна контрольна робота 3		2		
Змістовий модуль 4 Чисельні методи та основи прикладної математики для IoT					
6	Тема 16. Теорія диференціальних рівнянь. Типи диференціальних рівнянь. Популяційна модель. Метод Ейлера. Задача Коші. Застосування диференціального числення для математичного моделювання.	2	4	2	10
7	Тема 17. Оцінювання складності алгоритмів. Похибки обчислень. Обчислення суми ряду з заданою точністю. Операції з числовими послідовностями та рядами. Застосування пакетів MATLAB, Simulink та інших математичних пакетів для знаходження розв'язків математичних задач.	2	2	2	10
8	Тема 18. Алгоритми теорії чисел. Алгоритм Евкліда знаходження найбільшого спільного дільника поліномів. Схема Горнера	2	2	2	10
9	Тема 19. Чисельне знаходження розв'язків прямих та ітераційних методів знаходження розв'язків систем лінійних алгебраїчних рівнянь: метод Крамера, Гаусса, Якобі, Гаусса-Зейделя.	2	2	2	5
10	Тема 20. Застосування математичного аналізу для фізичного моделювання в IoT. Чисельне інтегрування. Методи правих, лівих, центральних прямокутників, трапецій, Сімпсона.	2	2	4	5
11	Тема 21. Чисельне знаходження розв'язків нелінійних рівнянь: метод дихотомії, метод простої ітерації, метод дотичних Ньютона-Рафсона, комбінований метод, метод січних, метод хорд.	2	2	4	10
12	Тема 22. Задача інтерполяції даних. Аналіз даних, отриманих з IoT пристроїв.	2	2	4	8
	Модульна контрольна робота 4		2		
	Всього за II семестр	26	40	20	108

Загальний обсяг 360 год., в тому числі:

Лекцій – 52 год.

Практичні заняття - 70 год.

Лабораторні заняття - 20 год.

Консультації – 8 год.

Самостійна робота – 216 год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна: (Базова)

1. Stewart J. Calculus, Thomson Learning, 2008. – 1308 p.
2. Orland P. Math for Programmers: 3D graphics, machine learning, and simulations with Python. Simon and Schuster, 2021, 688 p.
3. Пракикум з математичного аналізу: Навчальний посібник / За ред. М.В. Заболоцького, Львів, ЛНУ ім. І. Франка, 2009, 312 с.
4. Вища математика: Підручник :У 2 кн.-2-ге вид. Перероб. і доп. / За ред. Г.Л. Кулініча. – К.: Либідь, 2003. – (кн.1 основні розділи – 400 с.; кн.2 спеціальні розділи – 368 с.).
5. Крюков М.М., Крижановська Т.В. Курс вищої математики: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.- Т2.- К.: КУЕТТ, 2006.- 335 с.

6. Вища математика: Збірник задач / В.П. Дубовик, І.І. Юрик, І.П. Вовкодав та ін. – Київ: А.С.К., 2001. – 480 с.
7. Гаврилюк І.П., Макаров В.Л. Методи обчислень: Підручник: У 2-х ч. – К.: Вища школа, 1995. .ч.1. – 367 с.; ч.2. – 431 с.
8. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика. – Київ: А.С.К., 2001. – 648 с.
9. Крюков М.М., Кравець Т.В. Методи і моделі дослідження операцій: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: КУЕТТ, 2006. – 218 с.
10. О.О. Безущак, О.Г. Ганюшкін Завдання до практичних занять з алгебри і теорії чисел (теорія груп). – К.: ВПЦ "Київський університет", 2007. – 103 с.

Додаткова:

1. Грималюк П.П., Кухарчук М.М., Ясінський В.В. Вища математика: У 2 ч.: Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів за заг. ред. І.В. Скрипника. – К.: Віпол, 2004(ч.1–376с., ч.2 – 400с.).
2. Карагодова О.О., Кігель В.Р., Рожок В.Д. Дослідження операцій: Навчальний посібник. –К.: Центр учбової літератури, 2007. – 352 с.
4. Васильченко І.П. Вища математика: спеціальні розділи. – К.: Кондор, 2007. – 256 с.
6. Дюженкова Л.І., Михалін Г.О. Елементи теорії множин і теорії чисел. – К: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2003. –128 с.