

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки (№ 503)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК



М.С. Зряхов

(ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Алгоритми і методи обчислювань

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 "Інформаційні технології"

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Комп'ютерні системи та мережі

Освітня програма: Системне програмування

Освітня програма: Програмовні мобільні системи та Інтернет речей

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма Алгоритми і методи обчислювань
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія"
освітньою програмою Комп'ютерні системи та мережі
освітньою програмою Системне програмування
освітньою програмою Програмовні мобільні системи та Інтернет речей
« 26 » 08 2019 р., – 14 с.

Розробник: Лисенко І. В., доцент, к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)  (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » 08 2019 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)  (підпис) В. С. Харченко
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	<p style="text-align: center;">Галузь знань 12 "Інформаційні технології" (шифр та найменування)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія" (код та найменування)</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма Комп'ютерні системи та мережі, Системне програмування, Програмовні мобільні системи та Інтернет речей (найменування)</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Цикл загальної підготовки
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 4		2019/ 2020
Індивідуальне завдання: <u>розрахункова робота «Рішення задачі комівояжера за допомогою різних методів»</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин: 48/120		4-й
		Лекції *
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3, самостійної роботи студента – 4,5		32 годин
		Практичні, семінарські *
		0 годин
		Лабораторні *
	16 годин	
Самостійна робота		
72 годин		
Вид контролю		
іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/72.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

1. Мета вивчення: (ОК12) оволодіння навичками використання методів вирішення задач, що виникають у практиці інженерної та дослідницької діяльності, за допомогою сучасного інструментарію у вигляді засобів комп'ютерної математики.

2. Завдання: (ОК12) вивчення методів розв'язання задач апроксимації та нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту, а також методів рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь та виконання базових теоретико-числових перетворень; вивчення базових положень теорії оптимізації, а також методів рішення задач лінійного, нелінійного та дискретного програмування у тому числі за допомогою систем комп'ютерної математики.

3. Програмні компетентності. Дисципліна має допомогти сформувати у студентів такі компетентності:

– (ЗК1) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; – (ЗК2) здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

– (ЗК3) здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

– (ЗК4) здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;

– (ЗК7) вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

– (ФК2) здатність використовувати сучасні методи і мови програмування

для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення;

– (ФК7) здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності;

– (ФК12) здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання.

4. Результати навчання. В результаті вивчення дисципліни студенти мають досягти такі програмні результати навчання:

- (ПРН2) мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах;
- (ПРН8) вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей;
- (ПРН21) якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

Крім того, в результаті вивчення дисципліни студенти повинні бути здатними до рішення задач математичного програмування за допомогою системи комп'ютерної математики MATLAB.

5. Міждисциплінарні зв'язки. Матеріал дисципліни базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін із циклу загальної підготовки, зокрема (ОК10) «Вища математика», (ОК9) «Дискретна математика».

Матеріал, засвоєний під час вивчення цієї дисципліни, є базою для дисциплін із циклу професійної підготовки, зокрема (ОК18) «Комп'ютерні системи», (ОК8) «Теорія інформації та кодування», (ОК24) «Надійність та відмовостійкість комп'ютерних систем», (ОК15) «Захист інформації в комп'ютерних системах».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Програмна система MATLAB і методи апроксимації та нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту.

Тема 1. Вступ до дисципліни.

Предмет, мета вивчення і задачі дисципліни. Структура та зміст дисципліни і методичні рекомендації щодо її вивчення. Місце дисципліни у навчальному процесі. Вимоги до знань та вмінь тих, хто навчається. Характеристика рекомендованих під час вивчення дисципліни джерел інформації. Загальна класифікація алгоритмів та методів обчислювань. Загальна характеристика систем комп'ютерної математики (СКМ) та їх місце у діяльності сучасного інженера (дослідника).

Тема 2. Програмне середовище MATLAB. Загальна характеристика і використання в режимі прямих обчислювань.

Призначення, структура, зміст, можливості та принципи застосування СКМ MATLAB. Розширення СКМ MATLAB. Базові команди СКМ MATLAB для роботи в режимі прямих обчислювань. Створення функцій в СКМ MATLAB. Порівняння СКМ MATLAB з іншими СКМ.

Тема 3. Методи апроксимації та нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту.

Базові положення теорії приближення функцій та класифікація методів апроксимації. Локальна інтерполяція: лінійна, квадратична та кубічні інтерполяційні сплайни. Глобальна інтерполяція: інтерполяційні многочлени Лагранжа. Побудова емпіричної аналітичної залежності вихідної характеристики системи. Визначення величин, які неможливо спостерігати, за результатами вимірювання інших величин, що являються їх функціями. Можливості програмного середовища MATLAB щодо вирішення задач апроксимації. **Модульний контроль.**

Змістовий модуль 2. Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь і теоретико-числові алгоритми та методи обчислювань.

Тема 4. Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Базові поняття та теореми стосовно систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) і класифікаційна схема взаємозв'язку умов їх сумісності. Ітераційні методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь: метод простих ітерацій, метод Гауса-Зейделя. Можливості програмного середовища MATLAB щодо вирішення СЛАР.

Тема 5. Теоретико-числові алгоритми та методи обчислювань.

Основні поняття теорії чисел. Алгоритм Євкліда. Елементи теорії порівнянь: модулярне порівняння, повна та приведена система лишків за даним модулем, квадратичні лишки за даним модулем. Функція Ейлера, її властивості та способи визначення. Теорема Ейлера-Ферма. Методи вирішення лінійного порівняння першого ступеня. Китайська теорема про лишки та її застосування для вирішення системи лінійних порівнянь першого ступеня. Можливості програмного середовища MATLAB щодо виконання теоретико-числових перетворень.

Модульний контроль.

Змістовий модуль 3. Лінійна та нелінійної оптимізація.

Тема 6. Загальна характеристика методів оптимізації.

Постановка задачі оптимізації. Особливості оптимізаційного підходу з точки зору проблематики прийняття рішень. Приклад, що ілюструє перехід від вербальної постановки задачі оптимізації до її формальної постановки. Класифікація і загальна характеристика задач оптимізації. Класифікація розподільних задач оптимізації. Можливості програмного середовища MATLAB щодо вирішення задач оптимізації.

Тема 7. Нелінійна оптимізація.

Класифікація та загальна характеристика методів рішення задач нелінійної оптимізації. Постановка задачі квадратичного програмування. Безумовна нелінійна оптимізація: метод найскорішого спуску. Умовна нелінійна оптимізація: метод невизначених множників Лагранжа.

Тема 8. Лінійна оптимізація.

Базові поняття з області лінійного програмування: приклади задач лінійного програмування (ЗЛП); основна ЗЛП та умови наявності у неї допустимого рішення; ЗЛП з обмеженнями-нерівностями та перехід від неї до канонічної форми ЗЛП. Геометрична інтерпретація ЗЛП. Симплексметод рішення задачі лінійного програмування: загальна ідея симплексметоду та її зв'язок з геометрично інтерпретацією ЗЛП, стандартна форма представлення загальної ЗЛП, алгоритм рішення ЗЛП симплексметодом. Рішення задачі лінійного програмування на основі табличного алгоритму симплекс-методу: узагальнений алгоритм рішення ЗЛП за допомогою симплекс-таблиць, алгоритм пошуку припустимого рішення ЗЛП, алгоритм пошуку оптимального рішення ЗЛП. **Модульний контроль.**

Змістовий модуль 4. Дискретна оптимізація і динамічне програмування.

Тема 9. Дискретна оптимізація.

Загальна постановка задачі дискретної оптимізації. Постановка найбільш розповсюджених задач дискретної оптимізації та особливості методів та алгоритмів їх вирішення. Послідовність рішення задачі цілочисельного лінійного програмування за допомогою методу відсікання Гоморі. Сутність методу гілок та границь.

Тема 10. Динамічне програмування. Загальна характеристика методу динамічного програмування (МДП). Рішення задачі пошуку екстремального шляху графа та задачі комівояжера за допомогою МДП.

Тема 11. Генетичні алгоритми.

Генетичні алгоритми, як методологія пошуку оптимальних рішень.
Класичний генетичний алгоритм. Використання генетичних алгоритмів для
рішення задач дискретної оптимізації (оптимізаційних задач на графах).
Модульний контроль.

Модуль 2

Розрахункова робота «Рішення задачі комівояжера за допомогою різних
методів».

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Програмна система MATLAB і методи апроксимації та нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту.					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни.	1	1			
Тема 2. Програмне середовище MATLAB. Загальна характеристика і використання в режимі прямих обчислювань.	15	2		1	12
Тема 3. Методи апроксимації та нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту.	10	4		2	4
Модульний контроль	1			1	
Разом за змістовим модулем 1	27	7		4	16
Змістовий модуль 2. Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь і теоретико-числові алгоритми та методи обчислювань.					
Тема 1. Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	8	3		1	4
Тема 2. Теоретико-числові алгоритми та методи обчислювань.	6	4			2
Модульний контроль	1			1	
Разом за змістовим модулем 2	15	7		2	6
Змістовий модуль 3. Лінійна та нелінійної оптимізація.					
Тема 1. Загальна характеристика методів оптимізації.	6	2			4
Тема 2. Нелінійна оптимізація.	10	2		2	6

Тема 3. Лінійна оптимізація.	27	6		3	18
Модульний контроль	1			1	
Разом за змістовим модулем 3	44	10		6	28
Змістовий модуль 4. Дискретна оптимізація і динамічне програмування.					
Тема 1. Дискретна оптимізація.	6	4		2	
Тема 2. Динамічне програмування	5	2		1	2
Тема 3. Генетичні алгоритми.	16	2			14
Модульний контроль	1			1	
Разом за змістовим модулем 4	28	8		4	16
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	6				6
Усього годин за дисципліною	120	32		16	72

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування програмного середовища MATLAB в режимі прямих обчислювань.	2

2	Вирішення задач апроксимації та нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту.	2
3	Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь та базові теоретико-числові перетворення.	2
4	Рішення задач нелінійної оптимізації із застосуванням пакета Optimization Toolbox програмного середовища MATLAB.	2
5	Рішення задачі лінійної оптимізації та цілочисельного лінійного програмування із застосуванням пакета Optimization Toolbox програмного середовища MATLAB.	2
6	Рішення задач дискретної оптимізації із застосуванням пакета Optimization Toolbox програмного середовища MATLAB.	4
7	Рішення задач пошуку екстремального маршруту мережі та оптимального розподілу ресурсів методом динамічного програмування.	2
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальна характеристика можливостей СКМ Mathcad, Mathematica, Maple. Можливості СКМ Mathcad, Mathematica, Maple з точки зору рішення задач оптимізації.	8
2	Тулбокси (Toolboxes) СКМ MATLAB. Середовище Simulink та Blocksets.	4
3	Можливості пакетів Spline Toolbox та Curve Fitting Toolbox, а також програмного засобу EXCEL щодо рішення задач апроксимації та інтерполяції.	4
4	Можливості СКМ MATLAB щодо рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	4
5	Методи рішення порівнянь першого і другого ступеню	2
6	Постановка задач багатокритеріальної оптимізації. Поняття про параметричну та стохастичну оптимізацію.	4

7	Умовна нелінійна оптимізація: метод невизначених множників Лагранжа. Рішення задач нелінійної оптимізації в середовищі EXCEL.	6
8	Геометрична інтерпретація ЗЛП. Двойствена задача ЛП. Угорський метод рішення задачі про призначення. Рішення задач лінійної оптимізації в середовищі EXCEL.	10
9	Послідовність рішення задачі цілочисельного лінійного програмування за допомогою методу відсікання Гоморі та методу гілок та границь.	8
10	Рішення задачі оптимального розподілу ресурсів методом динамічного програмування	2
11	Архітектури і стратегії генетичного пошуку. Використання генетичних алгоритмів для рішення задач дискретної оптимізації (оптимізаційних задач на графах).	14
12	Виконання розрахункової роботи.	6
	Разом	72

9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота на тему «Рішення задачі комівояжера за допомогою різних методів» (6 год.).

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, консультацій, а також самостійна робота студентів за відповідними матеріалами.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, підсумковий контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
----------------------------	---------------------------------	----------------------------	-------------------------

Змістовий модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовий модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовий модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовий модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	6...10	2	12...20
Модульний контроль	7...10	1	7...10
Виконання і захист розрахункової роботи	8...10	1	8...10
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з одного теоретичного та одного практичного запитань, максимальна кількість за кожне із запитань, складає 50 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- знати базові поняття теорії математичного програмування у частині, що стосується методів лінійної, нелінійної та дискретної оптимізації, а також методу динамічного програмування;
- знати методи апроксимації і нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту;

- знати базові алгоритми теоретико-числових перетворень і методи вирішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- уміти використовувати сучасний інструментарій у вигляді систем комп'ютерної математики для вирішення задач математичного програмування (лінійної, нелінійної та дискретної оптимізації);

- уміти вирішувати задачу нелінійної безумовної оптимізації за методом найшвидшого спуску;

- уміти використовувати метод динамічного програмування і метод гілок та границь для вирішення задачі комівояжера, а також пошуку екстремального шляху графа;

- уміти використовувати методи апроксимації і нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту;

- уміти проводити теоретико-числові розрахунки за базовими алгоритмами;

- уміти використовувати методи вирішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити не менше 80% від усіх завдань лабораторних занять. Уміти використовувати сучасний інструментарій у вигляді систем комп'ютерної математики для рішення задач лінійної, нелінійної та дискретної оптимізації. Уміти виконувати теоретикочислові перетворення за базовими алгоритмами, а також уміти застосовувати інструментарій у вигляді систем комп'ютерної математики для апроксимації і нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити не менше 90% завдань лабораторних занять. Уміти використовувати сучасний інструментарій у вигляді систем комп'ютерної математики для рішення задач лінійної, нелінійної та дискретної оптимізації. Уміти застосувати метод найшвидшого спуску для рішення задачі безумовної нелінійної оптимізації. Уміти виконувати теоретико-числові перетворення за базовими алгоритмами, а також уміти застосовувати інструментарій у вигляді систем комп'ютерної математики для апроксимації і нестатистичної обробки результатів обчислювального експерименту. Уміти

використовувати метод динамічного програмування і метод гілок та границь для рішення задачі комівояжера і задачі пошуку екстремального (мінімального або максимального) шляху мережі. Уміти вирішувати метод Гоморі для рішення задачі цілочисельного лінійного програмування. Уміти вирішувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь за допомогою методу простих ітерації і метода Зейделя.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти їх застосовувати.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Лысенко, И.В. Динамическое программирование [Текст] : сб. практ. заданий / И.В. Лысенко. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 38 с. [Электронное издание]
2. Лысенко, И.В. Решение задач дискретной оптимизации в среде Matlab [Текст]: сб. практ. заданий / И. В. Лысенко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – 47 с. [Электронное издание]
3. Лысенко, И.В. Алгоритмы и методы вычислений: учеб. пособие: [Текст] / И.В. Лысенко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 60 с.
4. Кожухов, В.Д. Математическое программирование и элементы теории исследования операций [Текст] : учеб. пособие по лаб. практикуму / В.Д. Кожухов, В.Л. Петрик. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 54 с.
5. Колодяжный, В.М. Математическое программирование и элементы теории «Исследование операций» [Текст] : учеб. пособие / В.М. Колодяжный – Х.:

- Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2001. – 229 с.
6. Соколов, Ю.Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления. Ч. 6. Оптимизация целевых функций [Текст] : учеб. пособие / Ю.Н. Соколов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 312 с.
7. Михайленко С.В. Прикладная математика: Лабораторный практикум. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1992. – 102 с.
8. Яловкин Б.Д. Математические методы оптимизации и исследования операций. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1985. – 120 с.
9. Васильева В.К., П.Е. Ельцов. Численные методы оптимизации. – Учеб. пос. по лаб. практикуму. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – 65 с.
10. Черноштан Л.И., Черноштан И.Э. Решение задач численного анализа в средах EXCEL и Mathcad: Учеб. пособие по лаб. практикуму. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 58 с.
11. Патокина А.В., Яровая О.В. Численные методы с использованием математических пакетов Matlab и Mathcad. Часть 1. – Учеб. пос. по лаб. практикуму. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008. – 82 с.

Навчально-методичний комплекс дисципліни розміщений на кафедральному сервері у відповідному каталозі.

14. Рекомендована література

Базова

1. Турчак Л.И. Основы численных методов: учеб. пособие. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 320 с.
2. Исследование операций в экономике: учеб. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 407 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Сов. радио, 1972. – 552 с.
4. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы / Учебное пособие. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.

Допоміжна

1. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5+Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя. – М.: СОЛОН-Пресс. – 2002. – 768 с.
2. Кудрявцев Е.М. Mathcad Pro. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 576 с.
3. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами EXCEL: Практикум / СПб.: Питер, 2003. – 237 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Вікіпедія – свободна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ru.wikipedia.org/>.
2. Бібліотека видань з математики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.math.ru/lib/cat/numbers>.
3. Опис систем комп'ютерної математики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.exponenta.ru/>.