МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ІЗМАЇЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ, АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ, ІНФОРМАТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КОМП'ЮТЕРНА АЛГЕБРА І ГЕОМЕТРІЯ

(назва навчальної дисципліни)

освітній ступінь бакалавр
(назва освітнього ступеня)

галузь знань 01 Освіта/Педагогіка
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 014 Середня освіта
(код і назва спеціальності)

освітня програма Середня освіта: математика

тип дисципліни нормативна
(обов'язкова / вибіркова / факультативна)

Ізмаїл – 2019

ПОГОДЖЕНО:
Гарант освітньо-професійної програми

_____ Івлієва О.М.
(підпис, ініціали, прізвище)

РЕКОМЕНДОВАНО:
кафедрою математики, інформатики та інформаційної діяльності
протокол № 1 від 29.08.2019
Завідувач кафедри _____
(підпис, ініціали, прізвище)

ПОГОДЖЕНО:
Голова науково-методичної ради факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності
_____ доц. Федорова О.В.
(підпис, ініціали, прізвище)

Розробники програми: Мізюк В.А., доцент кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності

Рецензенти програми: к.фіз.матем.н., старший викладач кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Воробйов Я.А.

© Мізюк В.А., 2019
© ІДГУ, 2019

1. ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна	***Заочна***
Кількість кредитів: 3	*Лекції*:	
	14	*2*
Модулів: 1	*Практичні заняття*:	
Загальна кількість годин: 90	–	–
Рік вивчення дисципліни за навчальним планом: 3	*Лабораторні заняття:*	
	22	*6*
Семестр: 5	*Семінарські заняття*:	
	–	–
Тижневе навантаження (год.):	*Консультації:*	
- аудиторне:	–	–
- самостійна робота:	*Індивідуальні заняття:*	
Форма підсумкового контролю: залік	–	–
Мова навчання: українська	*Самостійна робота:*	
	54	*82*

2. МЕТА ДИСЦИПЛІНИ

Предметом вивчення навчальної дисципліни є структури даних, алгоритми комп'ютерної алгебри і геометрії.

Метою вивчення дисципліни є вивчення основних структурних даних, алгоритмів комп'ютерної алгебри і геометрії.

Передумови для вивчення дисципліни є вивчення навчальної дисципліни «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Алгебра та теорія чисел».

Міждисциплінарні зв'язки: «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Математичний аналіз», «Елементарна математика», «Основи геометрії».

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей та програмних результатів навчання відповідно до освітньої програми «Середня освіта: Математика».

Інформація про компетентності та відповідні їм програмні результати навчання за дисципліною

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК 4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові) компетентності спеціальності (СК)

СК 1. Здатність формувати в учнів предметні компетентності.

СК 7. Здатність ефективно застосувати ґрунтовні знання змісту шкільної математики.

СК 8. Здатність аналізувати математичну задачу, розглядати різні способи її розв'язування.

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН 1. Демонструє знання з теоретичної та прикладної математики та методики її навчання.

ПРН 4. Демонструє знання базових та спеціальних технологій навчання з використанням сучасних інформаційних технологій та уміння їх застосовувати у освітньому процесі

ПРН 8. Використовує різноманітні ресурси для пошуку потрібної інформації, критично аналізує й опрацьовує інформацію з метою використання її у навчальній і професійної діяльності із дотриманням принципів доброчесності та визнанням авторських прав.

ПРН 9. Перетворює словесний матеріал у математичні моделі, створює математичні моделі об'єктів та процесів для розв'язування задач із різних предметних галузей засобами інформаційних технологій і програмування.

ПРН 10. Вміє використовувати на практиці сучасні інформаційно-комунікаційні та Internet-технології для задоволення власних індивідуальних потреб і розв'язування суспільно-значущих, зокрема професійних, задач.

ПРН 23. Здатний вчитися упродовж життя і вдосконалювати з високим рівнем автономності набуту під час навчання кваліфікацію.

4. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІН

№ з/п	Назви модулів / тем	Кількість годин (денна форма навчання)							Кількість годин (заочна форма навчання)						
		Аудиторні	Лекції	Семінарські (практичні)	Лабораторні	Консультації	Індивідуальні заняття	Самостійна робота	Аудиторні	Лекції	Семінарські (практичні)	Лабораторні	Консультації	Індивідуальні заняття	Самостійна робота
1.	Система комп'ютерної алгебри MathCAD. Основи роботи в системі.	8	4		4			8		2		2			14
2.	Виконання обчислень над векторами та матрицями	8	2		6			10							16
3.	Графіка в системі MathCAD	8	2		6			14				2			20
4.	Символьні обчислення в системі MathCAD.	6	2		4			12				2			20
5.	Рішення рівнянь та систем рівнянь. Пошук екстремумів функцій.	6	4		2			10							12
	Проміжний контроль					2									
	Разом за семестр	36	14		22			54		2		6			82

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни за темами

Тема 1. Система комп'ютерної алгебри MathCAD. Основи роботи в системі.

Система комп'ютерної алгебри MathCAD: основи синтаксису, виконання простих обчислень, візуалізація обчислень. Розв'язування задач лінійної алгебри, математичного аналізу, математичної статистики. Інтерфейс користувача. Вхідна мова системи MathCAD. Типи даних. Введення та редагування даних. Налаштування MathCAD для роботи.

Тема 2. Виконання обчислень над векторами та матрицями

Виконання найпростіших обчислень над матрицями та векторами. Векторні та матричні оператори. Векторні та матричні функції. Функції, що повертають спеціальні характеристики матриці. Додаткові матричні функції. Функції сортування векторів та матриць.

Тема 3. Графіка в системі MathCAD.

Засоби побудови графіків в системі MathCAD. Графіки функцій однієї змінної в декартовій системі координат. Двовимірні графіки в полярній системі координат. Графіки в тривимірному просторі. Анімація в MathCAD.

Тема 4. Символьні обчислення в системі MathCAD.

Можливості символьного процесора MathCAD. Команди меню Symbolics (Символьні операції). Палітра символьних перетворень SmartMath. Приклади. Оптимізація.

Тема 5. Рішення рівнянь та систем рівнянь. Пошук екстремумів функцій.

Рівняння з одним невідомим. Корені полінома. Системи рівнянь. Пошук екстремумів функцій.

5.2. Тематика лабораторних занять.

1. Знайомство з MathCAD та налаштування робочої області
2. Елементарні обчислення в MathCAD
3. Спеціальні обчислення у MathCAD
4. Дії над матрицями у MathCAD
5. Виконання завдань на додаткові матричні функції
6. Розв'язок алгебраїчних рівнянь у MathCAD
7. Диференціювання та інтегрування у MathCAD
8. Побудова графіка функції z=f(x,y) у вигляді поверхні в декартовій системі координат
9. Побудова графіків у MathCAD
10. Апроксимація та обробка спостереження у MathCAD
11. Побудова законів розподілу у MathCAD
12. Розв'язування системи рівнянь в системі MathCAD

5.3. Організація самостійної роботи студентів.

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		Форми звітності
		Денна	Заочна	
1.	Опрацювання лекційного матеріалу.	4	8	Конспект, усна доповідь
2.	Підготовка до лабораторних занять.	17	14	Участь у лабораторних заняттях
3.	Опрацювання тем, винесених на самостійну підготовку	10	10	
4.	Оформлення та захист звітів з лабораторних робіт	10	10	Роздруковані звіти з лабораторних робіт.
5.	Підготовка до модульного контролю.	4	8	Написання МКР.
6.	Підготовка та написання рефератів.	10	14	Реферат.
7.	Робота з інтернет ресурсами.	3	6	Конспект, доповідь
8.	Виконання індивідуального завдання	14	12	Демонстрація виконаного завдання у електронному вигляді.
	Разом	***72***	***82***	

Тематика доповідей

1. Комп'ютерна система символьних обчислень MathCAD та її загальна характеристика.
2. Розв'язування рівнянь в аналітичному вигляді в MathCAD.
3. Числові методи розв'язування алгебраїчних і трансцендентних рівнянь у MathCAD.
4. Інтервальні методи розв'язування алгебраїчних і трансцендентних рівнянь у MathCAD.
5. Використання коренів рівняння з використанням інтерполяції в MathCAD.
6. Перевірка правильності розв'язків рівнянь у MathCAD.
7. MathCAD. Вектори. Визначення і операції над векторами.
8. Ортогоналізація. Ортогоналізація багаточленів у MathCAD.

Робота з Інтернет-ресурсами

Індивідуальне завдання

Розв'язування завдань в двох системах MathCAD. Провести аналіз систем та надати ґрунтовну відповідь у чому відмінність систем при розв'язуванні однакових завдань.

1. Розв'язати квадратне рівняння 2 ax bx c + + = 0 для значень a,b,c, що наведені в таблиці.

Варіант	A	b	c	Варіант	a	b	c
1.	1	5	4	2.	3	5	2
3.	2	5	2	4.	3	9	3
5.	2	6	2,5	6.	2	6	4
7.	3	5	1	8.	3	7	2
9.	2	5	2	10.	1	5	3
11.	1	6	4	12.	2	7	4
13.	2	7	3	14.	3	8	3
15.	2	5	1	16.	2	6	2

2. Виконати наступні завдання: Дані x =1,5 ; y = 2 ; z = 3 . Обчислити a,b,c для:

1. $a=\dfrac{\sqrt{|x-1|}-\sqrt[3]{|y|}}{1+\dfrac{x^2}{2}+\dfrac{y^2}{4}},\ b=x\left(arctg(z)+e^{-(x+3)}\right),\ c=a^2+b^2$

2. $a=\dfrac{3+e^{y-1}}{1+x^2\left|y-tg(z)\right|},\ b=1+|y-x|+\dfrac{(y-x)^2}{2}+\dfrac{|y-x|^3}{3},\ c=a^2+b^2$

3. $a=(1+y)\dfrac{x+\dfrac{y}{(x^2+4)}}{e^{-x-2}+\dfrac{1}{(x^2+4)}},\ b=\dfrac{1+\cos(y-2)}{\dfrac{x^2}{2}+\sin^2 z},\ c=a-b$

4. $a=y+\dfrac{x}{y^2+\left|\dfrac{x^2}{y+\dfrac{x^3}{3}}\right|},\ b=\left(1+tg^2\dfrac{z}{2}\right),\ c=a-b^2$

3. Обчислити значення визначеного інтегралу для десяти значень верхньої межі, рівномірно розподілених у вказаному діапазоні:

1. Для $H=0\ldots2\pi$, при $a=3$
$\int_0^H \dfrac{x\sin x dx}{1-2a\cos x+a^2}$
2. Для $H=0\ldots0{,}9\pi$
$\int_0^H \dfrac{x^2dx}{\sin^2 x}$
3. Для $H=0\ldots0{,}9$
$\int_0^H \dfrac{x^2dx}{(1-x)^2}$
4. Для $H=0\ldots6$
$\int_0^H \dfrac{x^7dx}{1+x}$
5. Для $H=0\ldots1$
$\int_0^H \dfrac{\sqrt{x}dx}{\sqrt{1+x^4}}$
6. Для $H=0\ldots2\pi$, при $a=3$
$\int_0^H \dfrac{\sin^2 x dx}{a^2-2ab\cos x+b^2}$

6. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

6.1. Форми поточного контролю: перевірка виконання завдань для самостійної роботи, перевірка виконання завдань під час лабораторних робіт.
6.2. Форми проміжного контролю: модульна контрольна робота.
6.3. Форми підсумкового контролю: залік.

7. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

У якості діагностики результатів навчання проводиться модульна контрольна робота, що виконується на комп'ютері. Критерії оцінювання висвітлені у розділі 8.5. *Критерії оцінювання модульної контрольної роботи.*

Приклад тестових запитань модульної контрольної роботи

<u>Завдання 1</u>

Розв'яжи систему нелінійних рівнянь:

$$\begin{cases} \sqrt{x+y} + \sqrt[3]{x-y} = 6 \\ \sqrt[6]{(x+y)^3 \cdot (x-y)^2} = 8 \end{cases}$$

<u>Завдання 2</u>

Подані дві матриці:

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 0 & -7 & 6 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix} \qquad B := \begin{pmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \\ -3 & -5 & 12 \end{pmatrix}$$

Знайди суму; різницю, скалярне добуток матриць та їх визначники.

<u>Завдання 3</u>

Побудуйте графік функції в декартовій системі координат. Додайте зображення осей.

$$y := \left| \frac{cot(x)}{\frac{1}{sin(x)}} \right| .$$

<u>Завдання 4</u>

Розв'яжи рівняння:

$$\left(x^2 + 2 \cdot x\right)^2 - (x+1)^2 := 0$$

<u>Завдання 5</u>

Обрахуй поданий інтеграл:

$$\int_{-4}^{2} \left(y^7 - 5y^2\right) dy$$

9. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

8.1. Шкала та критерії оцінювання знань студентів.

Оцінювання знань студентів відбувається відповідно до «Положення про порядок оцінювання рівня навчальних досягнень здобувачів вищої освіти в умовах ЄКТС» (ІДГУ, 2018) із урахуванням ***вагових коефіцієнтів***:

– **поточного контролю -** 0,7;

– **проміжного контролю** – 0,3;

Переведення підсумкового балу за 100-бальною шкалою оцінювання в підсумкову оцінку за традиційною шкалою

Підсумковий бал	Оцінка за традиційною шкалою
90-100	зараховано
70-89	
51-69	
26-50	не зараховано

8.2. Критерії оцінювання під час аудиторних занять

Оцінка	Критерії оцінювання навчальних досягнень
5 балів («відмінно»)	Оцінюється робота студента, який у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко та всебічно розкриває зміст *теоретичних запитань* та *практичних завдань*. Використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу, вільно послуговується науковою термінологією, розв'язує завдання стандартним або оригінальним способом, наводить аргументи на підтвердження власних думок, здійснює аналіз та робить висновки.
4 бали («добре»)	Оцінюється робота студента, який достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст теоретичних запитань та *практичних завдань*. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.
3 бали («задовільно»)	Оцінюється робота студента, який відтворює значну частину навчального матеріалу, висвітлює його основний зміст, виявляє елементарні знання окремих положень. Виконує практичні завдання. Не здатний до глибокого, всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, не користується необхідною літературою, допускає істотні неточності та помилки.
2 бали («незадовільно»)	Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом у достатньому обсязі, проте фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає окремі питання навчальної дисципліни, не розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань.
1 бал («початковий рівень»)	Оцінюється робота студента, який не в змозі викласти зміст більшості питань теми та курсу, володіє навчальним матеріалом на рівні розпізнавання явищ, допускає істотні помилки, відповідає на запитання, що потребують однослівної відповіді.
0 балів («низький рівень»)	Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його висвітлити, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань.

8.3. Критерії оцінювання індивідуальних завдань

Критеріями оцінювання індивідуальних завдань студента є:

1. самостійність виконання завдання;
2. правильність, точність, оптимальність реалізації поставленого завдання;
3. дизайнерське рішення (єдине стильове рішення, композиція, врахування психологічних особливостей сприйняття інформації людиною);
4. завершеність завдання.
5. вміння захищати результати проведеного дослідження.

Оцінка	Критерії оцінювання індивідуальних завдань
5 балів	Оцінюється робота студента, який вільно володіє матеріалом розробленого проекту, творче його осмислив, оперує поняттями та категоріями, вміє встановити зв'язок між теоретичною базою та практикою, залучає до відповіді самостійно опрацьовану літературу. Відповідає на додаткові запитання, наводить аргументи на підтвердження власних думок, здійснює аналіз та робить висновки. Презентація відповідає наступним вимогам: послідовність, інформативність матеріалу, цілісність, відеоряд.
4 бали	Оцінюється робота студента, який достатньо повно володіє матеріалом розробленого проекту, орієнтується в ньому, оперує необхідним колом понять

	та категорій щодо проекту, вміє встановити зв'язок між теоретичною базою та практикою. Відповідь з незначною кількістю помилок, відповідає на додаткові запитання, але не має аргументованої думки, висновки не повні. Презентація частково відповідає наступним вимогам: послідовність, інформативність матеріалу, цілісність, відеоряд.
3 бали	Оцінюється робота студента, який виконав проект який містить значну кількість недоліків і помилок, неповне висвітлення змісту питань володіє матеріалом і частково відповідає на додаткові питання, недостатньо відповідає на питання, не може зробити аргументовані висновки. Презентація частково відповідає наступним вимогам: послідовність, інформативність матеріалу, цілісність, відеоряд.
2 бали	Проект виконано не правильно, студень показує істотне нерозуміння проблеми, в роботі не виконано всі завдання; або студент не здатен захистити результати поданого проекту
1 бали	Проект відзначається фрагментарністю, студень показує істотне нерозуміння проблеми, в роботі не виконано всі завдання; однак студент володіє умінням здійснювати первинну обробку навчальної інформації без подальшого її аналізу
0 балів	Оцінюється робота студента, який не виконав індивідуальне завдання

Критерії оцінювання доповіді

Критеріями оцінювання доповіді студента є:

Новизна змісту:

а) самостійність у формулювання нового аспекту відомої проблеми, встановленні нових зв'язків (міжпредметних, внутрішнь-опредметних, інтеграційних);

б) уміння працювати з дослідженнями, аналітичною літературою, систематизувати й структурувати матеріал;

в) наявність авторської позиції, самостійність оцінок і суджень.

Ступінь розкриття сутності питання:

а) відповідність плану й змісту доповіді його темі;

б) повнота й глибина знань з теми;

в) обґрунтованість способів і методів роботи з матеріалом;

г) уміння узагальнювати, робити висновки, зіставляти різні точки зору по одному питанню (проблемі).

Оцінка використаної літератури: чи розглянуті найбільш відомі роботи з теми дослідження (у т.ч. журнальні публікації останніх років, останні статистичні дані тощо).

8.4. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота містить у собі 10 завдань різного типу. Загальна кількість балів за МКР - 30 балів.

Критерії оцінювання МКР	
26-30 балів – «відмінно»	Студент має систематичні та глибокі знання, викладає матеріал у логічній послідовності, робить узагальнення й висновки, наводить практичні приклади у контексті теоретичного матеріалу, вміє без помилок виконувати практичні завдання, які передбачені програмою курсу.
21-25 балів – «добре»	Студент повністю засвоїв учбовий матеріал, вміє виконувати практичні завдання, викладає матеріал у логічній послідовності, робить певні узагальнення й висновки, але не наводить практичних прикладів у контексті викладеного матеріалу або допускає незначні помилки у формулюванні термінів, категорій, невеликі помилки у розрахунках при

	вирішенні практичних завдань.
16-20 балів – «задовільно»	Студент засвоїв матеріал не у повному обсязі, дає не повну відповідь на поставлені теоретичні питання, допускається грубих помилок при розв‘язанні практичного завдання.
1-15 балів – «незадовільно»	Студент не засвоїв учбовий матеріал, дає неправильні відповіді на поставлені теоретичні питання, не вміє або неправильно виконує розрахунки при розв‘язанні практичних завдань.

8.5. Критерії оцінювання під час підсумкового контролю.

Підсумкова оцінка виставляється за результатами поточного та проміжного контролю.

9. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Викладання дисципліни (проведення лекцій і лабораторних занять) передбачає аудиторію з мультимедійною дошкою або мультипроектором, комп'ютерами з вільним доступом до Інтернет. Кількість робочих станцій має відповідати кількості студентів у підгрупі.

10. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

10.1. Основні джерела

1. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Ел. ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 243 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22913/1/posibn_Krav_Myk.pdf (MathCAD)
2. Касаткін Д. Ю., Блозва А. І., Касаткіна О. М. Інформатика і системологія : підручник. К. : НУБіП України, 2017. 418 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u34/informatika_i_sistemologiya_-_navch_posibnik_-_2017.pdf
3. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислення. Частина 2 : навчальний посібник / Р. Н. Квєтний, І. В. Богач, О. Р. Бойко та ін. ; за заг. ред. Р. Н. Квєтного. Винниця : ВНТУ, 2013. 235 с. URL: https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/157/278/309-1?inline=1
4. Математичне моделювання в науково-технічних дослідженнях. Моделювання у середовищі Wolfram Mathematica : навчально-методичний посібник / Укладачі : Петрик М. Р., Бойко І. В. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 108 с.
5. Методичні вказівки виконання лабораторних робіт з дисципліни «Пакети прикладних програм для ПЕОМ» для студентів спеціальності 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» / Уклад.: Д. В. Настенко, А. Б. Нестерко, Г. О. Труніна. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 84 с.
6. Осипова Т. Ю., Савицька Я. А. Практикум з обчислювальної математики та програмування : навчальний посібник. К. : ЦП «Компринт», 2017. 405 с.
7. Таранчук В. Б. Основы работы с блокнотами Mathematica : учеб. материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики. Минск : БГУ, 2015. 52 с.
8. Чичкарьов Є. А. Підручник-довідник із системи комп'ютерної алгебри Maxima, 2016. 186 с. URL: http://org2.knuba.edu.ua/pluginfile.php/14172/mod_resource/content/23/maxima.pdf

10.2. Допоміжні джерела

1. Математичне моделювання в науково-технічних дослідженнях. Моделювання у середовищі Wolfram Mathematica : навчально-методичний посібник / Укладачі : Петрик М. Р., Бойко І. В. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 108 с.

2. Методичні вказівки виконання лабораторних робіт з дисципліни «Пакети прикладних програм для ПЕОМ» для студентів спеціальності 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» / Уклад.: Д. В. Настенко, А. Б. Нестерко, Г. О. Труніна. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 84 с.