МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
(повна назва підрозділу)
Кафедра фізики та математики
(повна назва кафедри)

Код РПНД

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
PROGRAM OF THE DISCIPLINE

РІВНЯННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ
EQUATIONS OF MATHEMATICAL PHYSICS

рівень вищої освіти бакалаврський
тип дисципліни вибіркова
мова(и) викладання українська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Рівняння математичної фізики»

" 07 " 06 20 24 року. – 16 с.

Розробники:

Ушкац Михайло Вікторович, доктор фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри фізики та математики.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Рівняння математичної фізики» розглянуто на засіданні кафедри фізики та математики

Протокол № 11 від « 10 » 06 2024 р.

Завідувач кафедри фізики,

Д-р. фіз.-мат. наук, професор _____ *Михайло УШКАЦ*

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Рівняння математичної фізики» розглянуто Навчально-методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проектами

Протокол № 12 від « 27 » 06 2024 р.

Голова НМК ННІКНУП,

канд. техн. наук, професор НУК _____ *Тетяна ФАРІОНОВА*

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Рівняння математичної фізики» погоджено з навчальним відділом НУК

Начальник навчального відділу _____ *Андрій ЛАБАРТКАВА*

Робоча програма навчальної дисципліни «Рівняння математичної фізики» затверджено Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 6 від «28 » 08 2024 р.

Голова НМР НУК _____ *Сергій СЛОБОДЯН*

© НУК, 2024

Зміст

Вступ……4

1. Опис навчальної дисципліни……..…..5

2. Мета та завдання навчальної дисципліни……..6

3. Передумови для вивчення дисципліни ……..……6

4. Очікувані результати навчання ……..…….6

5. Програма навчальної дисципліни ……..7

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування……..…….11

7. Форми поточного та підсумкового контролю……..12

8. Критерії оцінювання результатів навчання…..……..14

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна……...15

10. Рекомендовані джерела інформації ……15

Вступ

Анотація

Навчальна дисципліна "Рівняння математичної фізики" є важливим елементом фундаментальної підготовки інженерів, у якому використовуються практично всі поняття вищої математики. Під час вивчення цієї дисципліни здобувачі освіти знайомляться з методами побудови математичних моделей різноманітних природних явищ та процесів – моделей у вигляді певного класу диференціальних рівнянь з частинними похідними за деяких крайових умов.

Головною метою цього курсу є закладення класичних знань та умінь пов'язаних з побудовою адекватної математичної моделі системи, з одного боку, та використанням конкретних методів розв'язання побудованих диференціальних рівнянь, з іншого боку.

Курс включає два змістовних модуля: в першому розглядаються елементи загальної теорії диференціальних рівнянь, включаючи їх класифікацію, термінологію та основні поняття, а другий присвячений розгляду математичних моделей конкретних фізичних явищ та методам знаходження відповідних розв'язків.

***Ключові слова**:* частинна похідна, диференціальне рівняння, крайова задача, метод Фур'є, метод інтегральних перетворень.

Abstract

The educational discipline "Equations of Mathematical Physics" is an important element in the fundamental training of engineers, in which almost all concepts of higher mathematics are used. During the study of this discipline, students get acquainted with the methodology to build some mathematical models of various natural phenomena and processes – the models in the form of a certain class of differential equations in partial derivatives under some definite boundary conditions.

The main goal of this course is to lay down the classical knowledge and skills as to the construction of an adequate mathematical model of the system, on the one hand, and the usage of specific methods to solve the constructed differential equations, on the other hand.

The course includes two substantive modules: the first one is devoted to the ground elements of the general theory of differential equations, including their classification, terminology, and basic concepts, whereas the second one is intended to study some mathematical models of specific physical phenomena as well as the methods to find the appropriate solutions.

Keywords: partial derivative, differential equation, boundary problem, Fourier method, method of integral transformations.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td>Для всіх галузей знань</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td rowspan="6">Для всіх спеціальностей</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>3-й</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Загальна кількість годин – 150</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td colspan="2">5-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Тижневих годин: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 6</td><td rowspan="11">Ступінь вищої освіти: бакалавр</td><td>30</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні заняття</td></tr>
<tr><td>30</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90</td><td>138</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю:
залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю:
комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)</td></tr>
</table>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни – дати студентам знання основ теорії диференціальних рівнянь в частинних похідних (ДРЧП) та навчити їх базовим методам математичного моделювання різноманітних явищ і процесів.

Завдання – формування у студентів вмінь і навиків побудови й дослідження математичних моделей різних процесів з використанням теорії диференціальних рівнянь; розвиток у студентів логічного мислення та вмінь самостійно оволодівати математичними знаннями й використовувати їх у різного роду прикладних задачах.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовою для вивчення дисципліни є базові знання з алгебри, геометрії, диференціального та інтегрального числення (що відповідають змісту дисциплін "Вища математика I", "Вища математика II", "Вища математика III"), а також знання законів класичної механіки, молекулярної фізики, класичної теорії електромагнетизму, теорії коливань і хвиль (що відповідають змісту дисциплін "Фізика I", "Фізика II").

4. Очікувані результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

Знати та **вміти** застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фурьє, аналітичну геометрію, лінійну алгебру, векторний аналіз та дискретну математику.

Знати та **вміти** застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь в частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики.

Вміти застосовувати на практиці методи математичного моделювання за допомогою диференціальних рівнянь.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Теорія диференціальних рівнянь.

Тема 1. Класифікація лінійних диференціальних рівнянь.

Поняття загального диференціального рівняння з частинними похідними (ДРЧП); лінійні ДРЧП другого порядку. Класифікація лінійних ДРЧП другого порядку (еліптичні, гіперболічні та параболічні) за характеристичними формами. Характеристики лінійних ДРЧП другого порядку та рівняння характеристик. Приклади знаходження характеристик для двовимірних ДРЧП. [1,2,4,5,7]

Тема 2. Метод відокремлення змінних та його застосування.

Задача Діріхле (перша крайова задача) та задача Ноймана (друга крайова задача) для рівняння Лапласа. Перша крайова задача для рівняння теплопровідності. Формула Д'Аламбера. Метод відокремлення змінних (метод Фур'є) для лінійних ДРЧП. Розв'язання рівняння дифузії на відрізку методом відокремлення змінних. Розв'язання хвильового рівняння на відрізку методом відокремлення змінних. Загальна схема методу відокремлення змінних для крайових задач. [1,3,4,6]

Тема 3. Узагальнені гіпергеометричні та сферичні функції.

Узагальнені гіпергеометричні функції: означення та основні властивості. Зв'язок узагальнених гіпергеометричних функцій з елементарними та спеціальними функціями. Виродження узагальнених гіпергеометричних функцій. Узагальнене гіпергеометричне рівняння. Гармонічні поліноми та їх властивості. Означення сферичних функцій. Ортогональність і повнота системи сферичних функцій на сфері одиничного радіусу. Диференціальне рівняння сферичних функцій. Загальний вигляд розв'язку рівняння Лапласа у сферичних координатах. [1,2,6,7]

Тема 4. Циліндричні функції.

Циліндричні функції. Означення та класифікація циліндричних функцій. Співвідношення між циліндричними функціями Беселя, Ноймана і Ганкеля. Диференціальне рівняння для циліндричних функцій. Циліндричні функції у випадку, коли незалежна змінна прямує до нуля або до нескінченності. Ортогональність і повнота системи циліндричних функцій на відрізку. Загальний вигляд розв'язку рівняння Лапласа в циліндричних координатах. [1,2,6,7]

Змістовий модуль 2. Класичні рівняння математичної фізики.

Тема 5. Рівняння Лапласа та Пуассона.

Означення та фізична інтерпретація рівнянь Лапласа та Пуасона. Введення n-вимірних сферичних координат. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа в n-вимірному просторі. Функція Ґріна задачі Діріхле. Функція Ґріна в n-вимірному просторі. Розв'язок задачі Діріхле в n-вимірному півпросторі за допомогою функції Ґріна. [1,3,6,7]

Тема 6. Рівняння дифузії (теплопровідності).

Означення та сфери застосування рівняння дифузії. Фундаментальний розв'язок рівняння дифузії в n-вимірному просторі. Розв'язок задачі Коші для рівняння дифузії в n-вимірному просторі. Постановка основних крайових (межових) задач для рівняння теплопровідності та теореми про умови єдиності розв'язку цих задач. [2,6,7]

Тема 7. Хвильове рівняння (рівняння Д'Аламбера).

Означення та сфери застосування хвильового рівняння (рівняння Д'Аламбера). Розв'язок задачі Коші для (n+1)-вимірного хвильового рівняння, а саме при n = 1, 2, 3. Формули Д'Аламбера та Пуасона. Постановка основних крайових (межових) задач для хвильового рівняння та теореми про умови єдиності розв'язку цих задач. Поняття про інтеграл енергії. [1,2,6]

Тема 8. Нелінійні рівняння математичної фізики.

Роль нелінійних диференціальних рівнянь при моделюванні процесів живої та неживої природи. Основні методи побудови точних розв'язків для нелінійних рівнянь: метод оберненої задачі розсіювання, метод симетрій Лі. Ілюстрація методу оберненої задачі розсіювання на прикладі нелінійного рівняння Шредінґера. [1,3,7]

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Теорія диференціальних рівнянь.												
Тема 1. Класифікація лінійних диференціальних рівнянь.	17	4	2	0	-	11	17	2	2	0	-	13
Тема 2. Метод відокремлення змінних та його застосування.	19	4	4	0	-	11	18	1	1	0	-	16
Тема 3. Узагальнені гіпергеометричні та сферичні функції.	19	4	4	0	-	11	20	0	0	0	-	20
Тема 4. Циліндричні функції.	19	4	4	0	-	11	20	0	0	0	-	20
Разом за змістовим модулем 1	**74**	**16**	**14**	**0**	**-**	**44**	**75**	**3**	**3**	**0**	**-**	**69**
Змістовий модуль 2. Класичні рівняння математичної фізики.												
Тема 5. Рівняння Лапласа та Пуассона.	19	4	4	0	-	11	17	2	2	-	-	13
Тема 6. Рівняння дифузії (теплопровідності).	19	4	4	0	-	11	18	1	1	-	-	16
Тема 7. Хвильове рівняння (рівняння Д’Аламбера).	19	4	4	0	-	11	20	0	0	-	-	20
Тема 8. Нелінійні рівняння математичної фізики.	19	2	4	0	-	13	20	0	0	-	-	20
Разом за змістовим модулем 2	**76**	**14**	**16**	**0**	**-**	**46**	**75**	**3**	**3**	**-**	**-**	**69**
Усього годин	**150**	**30**	**30**	**0**	**-**	**90**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**138**

Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття непередбачені навчальним планом.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Модуль 1			
Змістовий модуль 1. Статистичні дані, їх класифікація та характеристики.			
1	Квазілінійні ДРЧП другого порядку з двома незалежними змінними, їх класифікація та зведення до канонічного вигляду.	2	2
2	Мішані задачі для рівняння коливань струни. Метод відокремлення змінних (метод Фур'є)	4	
3	Крайові задачі для рівнянь Лапласа та Пуассона в прямокутних областях. Метод відокремлення змінних.	4	1
4	Крайові задачі для рівнянь Лапласа та Пуассона в кругових областях. Метод Фур'є.	4	
	Всього за змістовий модуль 1	**14**	**3**
Змістовий модуль 2. Класичні рівняння математичної фізики.			
5	Функція Ґріна оператора Лапласа та її застосування. Інтегрування крайових задач для рівнянь еліптичного типу за допомогою потенціалів.	4	2
6	Задачі Коші для рівняння теплопровідності. Поширення тепла в напівобмеженому стержні з теплоізольованою бічною поверхнею.	4	
7	Вільні коливання нескінченої струни. Метод поширення хвиль. Фізична інтерпретація розв'яз-ку задачі Коші для рівняння вільних коливань струни.	4	1
8	Мішані задачі для напівобмеженої струни: метод характеристик, метод відбиттів.	4	
	Всього за змістовий модуль 2	**16**	**3**
	Разом	**30**	**6**

Самостійна робота

Одним з основних чинників забезпечення успішного засвоєння матеріалів навчальної дисципліни є самостійна робота студентів.

Основними видами самостійної роботи є:

1. Вивчення лекційного матеріалу.

2. Вивчення рекомендованих інформаційних ресурсів.

3. Вивчення термінів і основних понять з тем навчальної дисципліни.

4. Підготовка до практичних робіт і оформлення відповідних звітів.

5. Підготовка до модульного та підсумкового контролів з навчальної дисципліни

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	10	15
2	Підготовка до практичних робіт	40	65
3	Підготовка до поточних модульних контрольних робот	40	58
Разом		90	138

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Навчальний процес у 5-му семестрі складається з лекційних та лабораторних занять, а також самостійної роботи студентів.

Основними **методами навчання** з дисципліни є:

1. **Пояснювально-ілюстративний метод**, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на практичних та лабораторних заняттях словесними й наочними засобами.

2. **Проблемний метод**, коли на практичних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації (презентації).

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання практичних завдань проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Дистанційно заняття проводяться у Google ClassRoom.

Засобами оцінювання результатів навчання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

– звіти з виконання практичних робіт та/або презентації результатів виконаних завдань та досліджень (письмовий контроль);

– поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);

– студентські презентації та виступи, тези доповідей, статті відповідної до дисципліни тематики на наукових заходах (письмовий контроль).

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати 60 балів. Питома вага заключного іспиту в загальній системі оцінок – 40 балів. Право здавати заключний іспит дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 40 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми та набутих практичних навичок під час виконання завдань лабораторних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Поточний контроль виконання практичних робіт (письмовий контроль)

Здобувач має виконати вісім практичних завдань. Виконання практичної роботи має супроводжуватися звітом та/або презентацією результатів виконаних завдань та досліджень, допускаються для зарахування студентські презентації та виступи, тези доповідей, статті відповідної до дисципліни тематики на наукових заходах.

Оцінювання практичної роботи Бал	**Критерії оцінювання**
5	Робота виконана у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент раціонально розв'язує задачі. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент наводить потрібні формули. Розв'язує задачу користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент наводить потрібні формули. Розв'язує задачу з помилками.
1	Студент складає скорочену умову задачі, робить обчислення лише за готовою формулою.
0	Студент не розв'язує задачі.

Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (8 практичних робіт по 5 балів).

Поточний модульний контроль (тестовий контроль)

По завершенні кожного змістовного модуля здійснюється поточний модульний контроль – тестування.

Правильних відповідей,%	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Бали	30	27	24	21	18	15	12	9	7	5	2

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	**Заочна форма**
Звіти з практичних робіт (письмовий контроль)	8х5 = 40 бали	8х5 = 40 балів
Поточний модульний контроль (тестовий контроль)	2х30 = 60 балів	2х30 = 60 балів
Всього	100	100

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	**Бали**	**Вид роботи**	**Бали**
ЗМ 1	Т1	Практична робота № 1	5	Практична робота № 1	5
	Т2	Практична робота № 2	5	Практична робота № 2	5
	Т3	Практична робота № 3	5	Практична робота № 3	5
	Т4	Практична робота № 4	5	Практична робота № 4	5
	Т1-4	Поточний модульний контроль	30	Поточний модульний контроль	30
ЗМ 2	Т5	Практична робота № 5	5	Практична робота № 5	5
	Т6	Практична робота № 6	5	Практична робота № 6	5
	Т7	Практична робота № 7	5	Практична робота № 7	5
	Т8	Практична робота № 8	5	Практична робота № 8	5
	Т5-8	Поточний модульний контроль	30	Поточний модульний контроль	30
Сума			**100**		**100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет, мобільні пристрої з підключенням до мережі Інтернет.

Комп'ютерні засоби навчання: Google Chrome, Google Клас, Google Meet, Google Календар, Google Диск, Google Документи, Google Таблиці, Google Презентації, Google Keep, Google Довідка, обліковий запис Google, Google Gmail, Google Контакти.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. – К.: Либідь, 2001. – 334 с.
2. Положій Г. М. Рівняння математичної фізики / Г. М. Положій. – К. : Радянська школа, 1959. – 479 с.
3. Вірченко Н. О. Основні методи розв'язання задач математичної фізики / Н. О. Вірченко. – К. : Інрес, Воля, 2006. – 332 с.
4. Дубовик, В. П.. Вища математика : навч. посібник / Дубовик В. П., Юрик І. І. – К. : А.С.К., 2001. – 648 с.

5. Овчинников, П. П. Вища математика : підручник. У 2 ч. Ч. 2 / Овчинников П. П., Михайленко В. М. – К. : Техніка, 2004. – 792 с.
6. Пак, В. В. Вища математика : підручник / Пак В. В., Носенко Ю. Л. – К. : Либідь, 1996. – 440 с.
7. Білоколос Є. Д., Шека Д. Д. Збірник задач з курсу “Рівняння математичної фізики”. — К.: Вид-во Київ. ун-ту, 2003. — 76 с.

Допоміжна література

8. Білоколос Є. Д., Юрачківський А. П., Шека Д. Д. Спеціальні функції в задачах математичної фізики. — К.: ВПЦ “Київський університет”, 2000. — 92 с.
9. Вірченко Н. О., Ляшко І. І. Графіки елементарних та спеціальних функцій. — К.: Наук. думка, 1996. — 582 с.
10. Юрачківський А. П., Грязнова В. О. Метод відокремлення змінних у задачах математичної фізики: Навч. посіб. для студ. природ. фак-тів. — К.: РВЦ “Київський університет”, 1988. — 142 с.
11. Черніга Р. М. Застосування одного конструктивного методу для побудови неліївських розв’язків нелінійних еволюційних рівнянь // Укр. мат. журн. — 1997. — Т. 49. — С. 814–827.
12. Черніга Р. М. Нові точні розв’язки та їхні властивості одного нелінійного рівняння математичної біології // Укр. мат. журн. — 2001. — Т. 53. — С. 1409–1421.
13. Черніга Р. М., Дутка В. А. Дифузійна система Лотки-Вольтера: симетрії Лі, точні та числові розв’язки // Укр. мат. журн. — 2004. — Т. 56. — С. 1395–1404.
14. Ablowitz M. J., Segur H. J. Solitons and the Inverse Scattering Transform. — Philadelphia: SIAM, 1981. — 400 p.
15. Dixon J. M., Tuszynski J. A., Clarkson P. A. From Nonlinearity to Coherence. — Oxford: Clarendon Press, 1997. — 600 p.

Інформаційні ресурси

16. Бібліотека Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.
17. Електроні матеріали з математики [Electronic resource] – Mode of access: http://www.allmath.ru/
18. Матеріали з вищої математики для допомоги студентам [Electronic resource] – Mode of access: http://www.mathelp.spb.ru/
19. Довідкова інформація з математичних дисциплін [Electronic resource] – Mode of access: http://mathem.h1.ru/