МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Кафедра диференціальних рівнянь, геометрії та топології

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"_____" _____ 2022 р.

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

# «Асимптотичне інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь»

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | **третій (освітньо-науковий)** |
| Галузь знань | **11 Математика та статистика** |
| Спеціальність | **111 Математика** |
| Освітньо-наукова програма | **Математика** |

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Асимптотичне інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробники:
Євтухов В'ячеслав Михайлович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри диференціальних рівнянь, геометрії та топології

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри диференціальних рівнянь, геометрії та топології

Протокол № 4 від. "8" листопада 2022 р.

Завідувач кафедри _____ В'ячеслав ЄВТУХОВ

Погоджено із гарантом ОНП «Математика» В'ячеслав ЄВТУХОВ

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 3 від. "15" листопада 2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри диференціальних рівнянь, геометрії та топології

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри диференціальних рівнянь, геометрії та топології

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

## 1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="13">Загальна кількість:<br><br>кредитів –3<br><br>годин –90<br><br>залікових модулів –1<br><br>змістових модулів –3</td><td rowspan="13">Галузь знань<br>11 Математика та статистика<br><br>Спеціальність<br>111 Математика<br><br>Спеціалізації:<br>_____<br>(назва)<br><br>Рівень вищої освіти:<br>третій<br>(освітньо-науковий)</td><td colspan="2">За вибором</td></tr>
<tr><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>12 год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>10 год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>68 год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма підсумкового контролю:<br>залік</td></tr>
</table>

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни:** дати знання про сучасні методи дослідження асимптотичних властивостей розв'язків нелінійних неавтономних диференціальних рівнянь. Напрацювати практичні навички для подальшого їх застосування.

**Завданнями** дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами асимптотичної теорії диференціальних рівнянь та практикою використання асимптотичних методів дослідження при розгляді різних типів звичайних нелінійних неавтономних диференціальних рівнянь.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

ЗК 01. Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних наукових досягнень.
● ЗК 06. Здатність породжувати нові ідеї (креативність).

● ФК 01. Фундаментальні знання та глибоке розуміння загальних та спеціальних математичних дисциплін.

● ФК 02. Здатність будувати математичні моделі для опису та подальшого аналізу явищ та процесів.
● ФК 03. Здатність до переносу результатів математичних досліджень на нематематичні контексти.
● ФК 05. Здатність до постановки та вивчення нових проблем з різноманітних областей математичного знання.
● ФК 08. Здатність до узагальнення відомих методів дослідження для подальшого розвитку математичних теорій.
● ФК 09. Здатність до створення і використання нових методів розвитку сучасних математичних досягнень.

**Очікувані результати навчання:**
ПРН 05. Вміти здійснювати аналіз поставленої задачі, працювати з літературою, обирати шляхи до вирішення проблеми, застосовувати сучасні методи дослідження, робити висновки, оцінювати отримані результати, поширювати методики дослідження на більш загальні об'єкти, а також генерувати нові ідеї та підходи для вирішення складних актуальних задач.
ПРН 11. Вміти використовувати знання обраних основних та спеціальних математичних дисциплін для вирішення наукових проблем за напрямком дисертаційного дослідження.

ПРН 12. Вміти надавати всебічну інтерпретацію тверджень, проводити їх узагальнення; відрізняти основні ідеї від деталей та технічних викладок; удосконалювати доведення.

ПРН 13. Вміти розв'язувати конкретні математичні задачі, сформульовані у термінах певної предметної області; оцінювати ступінь адекватності математичної моделі явищу, яке вона описує.

В результаті вивчення дисципліни аспірант повинен

**Знати:** основні положення асимптотичної теорії диференціальних рівнянь, методи дослідження асимптотичної поведінки розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями, і двочлених диференціальних рівнянь другого порядку зі степеневими, правильно змінними і швидко змінними нелінійностями.
**вміти:** самостійно опрацьовувати літературу, застосовувати отримані знання для дослідження асимптотичної поведінки розв'язків різних типів двочлених нелінійних диференціальних рівнянь, зокрема тих, що виникають на практиці; набувати здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.

## 3. Програма дисципліни

**Змістовий модуль 1. Основні положення асимптотичної теорії диференціальних рівнянь.**

Тема 1. Асимптотичні співвідношення та їх основні властивості. Асимптотичні зображення інтегралів зі змінною верхньою межею.

Тема 2. Ознаки існування обмежених і зникаючих в особливій точці розв'язків у дійсних квазілінійних диференціальних рівнянь першого порядку.

Тема 3. Асимптотичні властивості інтегральних виразів, що виникають при розгляді квазілінійних диференціальних рівнянь і їх застосування для дослідження асимптотичної поведінки розв'язків лінійних диференціальних рівнянь першого порядку.

**Змістовий модуль 2. Асимптотичне інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями.**

Тема 4. Лема про граничні властивості розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку. Леми про властивості асимптотично порівняних при прямувані аргументу до особливої точки функцій.

Тема 5. Історичний огляд досліджень асимптотичної поведінки розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями і коефіцієнтами. Результати Г. Харді.

Тема 6. Основний результат про асимптотику розв'язків неавтономних диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями.

.

**Змістовий модуль 3. Асимптотичне інтегрування двочлених неавтономних диференціальних рівнянь другого порядку і вищих порядків зі степеневими, правильно змінними і швидко змінними нелінійностями.**

Тема 7. Історичний огляд досліджень асимптотичної поведінки розв'язків істотно нелінійних неавтономних диференціальних рівнянь другого і вищих порядків зі степеневими .

Теиа 8. Асимптотична поведінка розв'язків рівняннь Емдена-Фаулера.

Тема 9. Класифікація розв'язків двочлених диференціальних рівнянь другого і вищих порядків. Класи Pω -розв'язків і їх властивості. Методи дослідження асимптотичної поведінки Pω -розв'язків.

Тема 10. Правильно і швидко змінні функції та їх основні властивості

Тема 11. Методи дослідження асимптотичної поведінки $P\omega$ -розв'язків. рівнянь другого і вищих порядків з правильно змінними і швидко змінними нелінійностями

**4. Структура навчальної дисципліни**

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Денна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **Змістовий модуль 1. Основні положення асимптотичної теорії диференціальних рівнянь.** | | | | | | |
| Асимптотичні співвідношення та їх основні властивості. Асимптотичні зображення інтегралів зі змінною верхньою межею. | 8 | 2 | 2 | | | 4 |
| Ознаки існування обмеженрих і зникаючих в особливій точці розв'язків у дійсних квазілінійних диференціальних рівнянь першого порядку. | 9 | 2 | | | | 7 |
| Асимптотичні властивості інтегральних виразів, що виникають при розгляді квазілінійних диференціальних рівнянь і їх застосування для дослідження асимптотичної поведінки розв'язків лінійних диференціальних рівнянь першого порядку. | 13 | 1 | 2 | | | 10 |
| Разом за змістовим модулем 1 | 30 | 5 | 4 | | | 21 |
| **Змістовий модуль 2. Асимптотичне інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями.** | | | | | | |
| Лема про граничні властивості розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку. Леми про властивості асимптотично порівняних при прямуванні аргументу до особливої точки функцій. | 4 | 1 | 1 | | | 2 |
| Історичний огляд досліджень асимптотичної поведінки розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями і коефіцієнтами. Результати Г. Харді. | 7 | 1 | | | | 6 |
| Основний результат про асимптотику розв'язків неавтономних диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями | | 2 | 2 | | | 17 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 30 | 2 | 3 | | | 25 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Змістовий модуль 3. Асимптотичне інтегрування двочлених неавтономних диференціальних рівнянь другого і вищих порядків зі степеневими, правильно змінними і швидко змінними нелінійностями.** | | | | | | |
| Історичний огляд досліджень асимптотичної поведінки розв'язків істотно нелінійних неавтономних диференціальних рівнянь другого і вищих порядків зі степеневими нелінійностями. | 3 | 1 | | | | 2 |
| Асимптотична поведінка розв'язків рівняння Емдена-Фаулера. | 7 | 2 | 1 | | | 4 |
| Класифікація розв'язків двочлених диференціальних рівнянь другого і вищих порядків. Класи Pω -розв'язків і їх властивості. Методи дослідження асимптотичної поведінки Pω -розв'язків. | 7 | 1 | | | | 6 |
| Правильно і швидко змінні функції та їх основні властивості | 6 | | 2 | | | 4 |
| Методи дослідження асимптотичної поведінки Pω -розв'язків. рівнянь другого і вищих порядків з правильно змінними і швидко змінними нелінійностями | 7 | 1 | | | | 6 |
| Разом за змістовим модулем 3 | 30 | 5 | 3 | | | 22 |
| **Усього годин** | **90** | **12** | **10** | | | **68** |

**5. Теми семінарських занять**

Семінарські заняття не передбачені.

**6. Теми практичних занять**

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1. | Асимптотичні співвідношення та їх основні властивості. Асимптотичні зображення інтегралів зі змінною верхньою межею. Асимптотичне інтегрування інтегралів зі змінною верхньою межею. | 2 |
| 2 | Асимптотичні властивості інтегральних виразів, що виникають при розгляді квазілінійних диференціальних рівнянь і їх застосування для дослідження асимптотичної поведінки розв'язків лінійних диференціальних рівнянь першого порядку. | 2 |
| 3 | Лема про граничні властивості розв'язків диференціальних рівнянь | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | першого порядку. Леми про властивості асимптотично порівняних при прямувані аргументу до особливої точки функцій. | |
| 4. | Основний результат про асимптотику розв'язків неавтономних диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями | 2 |
| 5. | Асимптотична поведінка розв'язків рівняння Емдена-Фаулера. | 1 |
| 6 | Правильно і швидко змінні функції та їх основні властивості | 2 |
| Усього годин | | 10 |

**7. Теми лабораторних занять.**
Лабораторні заняття не передбачені.

**8. Самостійна робота**

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Асимптотичні співвідношення та їх основні властивості. Асимптотичні зображення інтегралів зі змінною верхньою межею. | 4 |
| 2 | Ознаки існування зникаючих в особливій точці розв'язків у дійсних квазілінійних диференціальних рівнянь першого порядку. | 7 |
| 3 | Асимптотичні властивості інтегральних виразів, що виникають при розгляді квазілінійних диференціальних рівнянь і їх застосування для дослідження асимптотичної поведінки розв'язків лінійних диференціальних рівнянь першого порядку. | 10 |
| 4 | Лема про граничні властивості розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку. Леми про властивості асимптотично порівняних при прямувані аргументу до особливої точки функцій. | 2 |
| 5. | Історичний огляд досліджень асимптотичної поведінки розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями і коефіцієнтами. Результати Г. Харді. | 6 |
| 5 | Асимптотична поведінка розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку, що містять у правій частині суму доданків зі степеневими нелінійностями. | 17 |
| 6 | Історичний огляд досліджень асимптотичної поведінки розв'язків істотно нелінійних неавтономних диференціальних рівнянь другого і вищих порядків. | 2 |
| 7 | Асимптотична поведінка розв'язків рівняння Емдена-Фаулера. | 4 |
| 8 | Класифікація розв'язків двочлених диференціальних рівнянь другого і вищих порядків. Класи $P\omega$ -розв'язків і їх властивості. | 6 |
| 9 | . Правильно і швидко змінні функції та їх основні властивості | 4 |
| 10 | Методи дослідження асимптотичної поведінки $P\omega$ -розв'язків. рівнянь другого і вищих порядків зі степеневими, правильно змінними і швидко змінними нелінійностями | 6 |
| | **Разом** | **68** |

**Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**

1. Структура – короткі повідомлення оформлюються на папері (2-3 сторінки) або у вигляді короткої презентації із використанням застосунків для створення презентацій. Друкований текст –14 кегль, інтервал 1,5, Times New Roman. Вимогою до презентації є яскравість, інформативність, презентабельність (5-7 слайдів для короткого повідомлення). Усі матеріали мають супроводжуватись переліком використаних інформаційних джерел.

2. Критерії для оцінювання:

– своєчасність виконання;

– самостійність виконання (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);

– повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;

– творчий підхід до постановки і реалізації завдання;

– відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).

– вміння застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних завдань.

3. Критерії щодо виконання та оцінювання ІНДЗ співпадають із критеріями оцінювання самостійної роботи.

Для самостійної роботи здобувачі можуть використовувати джерела та ресурси, вказані у п. 13-15.

## 9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку)

Пояснювально-ілюстративні методи:

- лекція
- пояснення
- інструктаж
- самостійне опрацювання літературних джерел
- робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями

Інформаційно – повідомляючий метод

Наочні методи(презентації, ілюстрації)

Репродуктивні методи:

- закріплення вивченого на основі зразка (побудова моделей, розв’язування задач)
- розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів
- вправи
- практичні роботи

Дослідницький метод

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності:

- пізнавальні ігри
- навчальні дискусії
- аналіз життєвих ситуацій

## 10. Методи контролю

Методи усного контролю:

- фронтальне і індивідуальне усне опитування

Методи письмового контролю:

- письмові самостійні і контрольні роботи
- тести

## 11. Питання для підсумкового контролю

1. Асимптотичні зображення інтегралів зі змінною верхньою межею.
2. Лема про граничні властивості розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку.
3.Основний результат Г.Харді про асимптотичні властивості правильних розв'язків диференціальних рівнянь першого порядку зі степеневими нелінійностями..
4. Основний результат про умови існування обмежених і зникаючих в особливій точці розв'язків у квазілінійного диференціального рівняння першого порядку.
5. Рівняння Емдена-Фаулера і основний метод дослідження асимптотичної поведінки його правильних розв'язків
6. Правильні і сінгулярні розв'язки узагальнених рівнянь типу Емдена-Фаулера другого і вищих порядків.
7. Класи Рω-розв'язків і їх властивості. Метод дослідження асимптотики Рω-розв'язків узагальнених рівнянь типу Емдена-Фаулера n- го порядку.
8. Означення правильно змінніх функцій та їх основні властивості.
9. Метод дослідження асимптотичної поведінки Рω-розв'язків двочлених диференціальних рівнянь другого і вищих порядків з правильно змінними нелінійностями.
10. Двочлені рівняння другого і вищих порядків з експоненціальною нелінійностю.
11. Швидко змінні функції та їх основні властивості.
12. Метод дослідження асимптотичної поведінки Рω-розв'язків двочлених диференціальних рівнянь другого і вищих порядків зі швидко змінними нелінійностями.
13. Застосування результатів дослідження асимптотичної поведінки розв'язків узагальнених рівнянь типу Емдена-Фаулера і двочлених рівнянь з експоненціальною нелінійністю другого порядку на практиці, зокрема в теорії плазми продуктів згоряння.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | | Сума балів |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЗМ 1 | | | ЗМ 2 | | | ЗМ 3 | | | | | |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т5 | Т6 | Т7 | Т8 | Т9 | Т10 | Т11 | |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 100 |

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою | |
|---|---|---|---|
| | | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку |
| 90–100 | **A** | відмінно | зараховано |
| 85–89 | **B** | добре | |
| 75–84 | **C** | | |
| 70–74 | **D** | задовільно | |
| 60–69 | **E** | | |
| 35–59 | **FX** | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 0–34 | **F** | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

**ЗАГАЛЬНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

| Оцінка за національною шкалою | Теоретична підготовка | Практична підготовка |
|---|---|---|
| | Здобувач освіти | |
| Відмінно/ зараховано | у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями. | глибоко та всебічно розкриває сутність практичних завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі. |

| | | |
|---|---|---|
| Добре/ зараховано | достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. | правильно вирішив більшість практичних завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання |
| Задовільно /зараховано | володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. | може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину практичних завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. |
| Незадовільно з можливістю повторного складання / не зараховано з можливістю повторного складання | володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки складно; під час відповіді допускаються суттєві помилки | недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі практичні завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички. |
| Незадовільно/не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни/ | не володіє навчальним матеріалом | виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача |

## 13. Навчально-методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій з електронних інформаційних ресурсів; плани практичних занять; методичні рекомендації викладача щодо самостійного вивчення дисципліни, а також:

1. Перестюк М.О., Капустян О.В., Фекета П.В, Задоянчук Н.В. Асимптотичні властивості розв'язків диференціальних рівнянь. Навчальний посібник. Київ, 2015, 135 с. www.diffeq.univ.kiev.ua › download › asymptmethods;

2. Seneta E. Regularly varying functions, Lecture Notes in Math., vol. 508, Springer-Verlag, Berlin, 1976.
3. Rehak P. Nonlinear Differential Equations in the Framework of Regular Variation. Institute of Mathematics Academy of Sciences of the Czech Republic. A-Math-Net Brno 2014. 207p.

**14. Рекомендована література**

1. Kiguradze I.T., Chanturia T.A Asymptotic properties of solutions of nonautonomous ordinary differential equations. Mathematics and its application (Mass volume 89), 1989.
2. Евтухов В.М. Асимптотические представления решений неавтономных обыкновенных дифференциальных уравнений : дис. ... д-ра физ.-мат. наук (спец. 01.01.02 -"Дифференциальные уравнения") , Киев, 1997г., 295с.
3. Bellman R. Stability Theory of differential equations New York Toronto London 1953
Евтухов В.М. Асимптотические свойства решений дифференциальных уравнений n-го порядка. // Укр. мат. конгресс. Сб. избранный трудов. Киев, 2003. С. 15--33.
4. Евтухов В.М., Самойленко А.М. Асимптотическое представление решений неавтономных обыкновенных дифференциальных уравнений с правильно меняющимися нелинейностями // Дифференц. уравнения 2011. Т. 47, № 5. С. 628--650.
5. Maric V. Regular Variation and Differentil Equations. Lecture Notes in Mathematics. Springer. 2000. 127p.
6. Bingham N.H., Goldie C.M., Teugels J.L. Regular variation. Cambridge University Ptess. Cambridge. New York. 1987. 494p.
7. Coppel W.A. Stability and Asymptotic Behavior Differential Equations. Printed in USA. 1965. 166p.
8. Белозерова М.А. Асимптотические представления решений дифференциальных уравнений второго порядка с нелинейностями в некотором смысле близкими к степенным: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.02. - Одесса, 2009. - 111 с.
9. Dragan G.S., Evtukhov V.M., Vishnyakov V.I. Nonlinear Poisson--Boltzmann equation in spherical symmetry // Physical Review. 2007. V. 76, № 3. P.1-5.
10. Харьков В.М. Асимптотические представления решений существенно нелинейных дифференциальных и разностных уравнений второго порядка: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.02. Одесса, 2009. - 139с.
11. Владова Е.С. Асимптотические представления решений циклических существенно нелинейніх систем дифференциальніх уравнений : дис. ... канд. физ.-мат. наук : [спец.] 01.01.02 "Дифференциальные уравнения" / Одесский нац. ун-т имени И.И. Мечникова. Одесса, 2012. 130с.
12. Evtukhov V. M., Drik N. G. Asymptotic behavior of solutions of a second order nonlinear differential equation// Georgian Math. J. 1996. V. 3, № 2 P. 101 - 120.
13. Евтухов В.М., Самойленко А.М. Условия существования исчезающих в особой точке решений у вещественных неавтономных систем квазилинейных дифференциальных уравнений // Укр. мат. журн. 2010. Т. 62, № 1. С. 52—80.

## 15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://nbuv.gov.ua/ – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. http://www.dnpb.gov.ua/ – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;

3. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка;
4. https://www.e-booksdirectory.com/mathematics.php - Сайт математичної літератури
5. International Workshop QUALITDE 2015, (Tbilisi, December 27-29, 2015). Tbilisi. Georgia.
6. International Workshop QUALITDE – 2017. (Tbilisi, December 24–26, 2017*)*. Tbilisi, Georgia. 2017.
7. QUALITDE – 2019: abstracts of the Intern. Workshop on the Qualitative Theory of Diff. Eq. (Tbilisi, December 7–9, 2019). Tbilisi, 2019.