**Форма № Н - 3.04**

***МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ***

***ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА***

Кафедра (циклова комісія)                                     диференціальних рівнянь

“**ЗАТВЕРДЖУЮ**”

**Декан факультету\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

                         доц. Гуран І.Й.

“            ”                        20       року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

                                   ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність                             124 Системний аналіз

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація        Системний аналіз і управління. Інтелектуальний аналіз даних

(назва спеціалізації)

факультет                     Прикладної математики та інформатики

(назва інституту, факультету, відділення)

2020 – 2021 навчальний рік

Робоча програма         “Диференціальні рівняння”                               для студентів

(назва навчальної дисципліни)

галузі знань                    “12 – Інформаційні технології”

за спеціальністю             “124 – Системний аналіз”

Розробники:                    Бугрій О.М. (доктор фізико-математичних наук, доцент,

   в.о. завідувача кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь)

                        Лопушанська Г.П. (доктор фізико-математичних наук, професор,

            професор кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь)

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри (циклової комісії)

                               математичної статистики і диференціальних рівнянь

Протокол від “     28     ”      серпня           2020 року №    1

Завідувач кафедри                математичної статистики і диференціальних рівнянь

                                (   Бугрій О.М.   )

(підпис) (прізвище та ініціали)

Ухвалено Вченою радою                     механіко-математичного факультету

Протокол від “     29     ”      серпня           2020 року №    1

© Бугрій О.М., 2020 рік

© Лопушанська Г.П., 2020 рік

© ЛНУ ім. І. Франка, 2020 рік

# **Опис навчальної дисципліни**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування показників | Галузь знань, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни | | |
| денна форма навчання | заочна форма навчання | |
| Кількість кредитів **4** | Галузь знань  *12 Інформаційні технології*  (шифр і назва) | Нормативна  (за вибором) | | |
| Модулів – *немає* | Спеціальність:  *124 Системний аналіз* | Рік підготовки | | |
| Змістових модулів – **3** | **2-й** |  | |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання      *немає*  (назва) | Семестр | | |
| Загальна кількість годин – **120** | **3-й** |  | |
| Лекції | | |
| Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – **4**  самостійної роботи студента – **3,5** | Освітньо-кваліфікаційний рівень:  *бакалавр* | **32** год. |  | |
| Практичні, семінарські | | |
| *немає* |  | |
| Лабораторні | | |
| **32** год. |  | |
| Самостійна робота | | |
| **56** год. |  | |
| Індивідуальні завдання: | | |
| *немає* | |  |
| Вид контролю: | | |
| *іспит* | |  |

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 53 %

для заочної форми навчання – немає

1. **Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета:** ознайомлення з основними поняттями та методами теорії звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь із частинними похідними першого порядку

**Завдання:** викласти основні положення теорії звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь із частинними похідними першого порядку, показати методи їх розв’язування та розв’язування задач Коші для них.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** класифікацію звичайних диференціальних рівнянь та систем рівнянь, методи їх розв’язування та розв’язування квазілінійних рівнянь із частинними похідними першого порядку, основні властивості розв’язків, формулювання задач Коші, доведення їх коректності, основи теорії стійкості за Ляпуновим для систем звичайних диференціальних рівнянь;

**вміти:** знаходити загальні розв’язки основних типів звичайних диференціальних рівнянь першого порядку, лінійних рівнянь вищих порядків та лінійних систем рівнянь, квазілінійних рівнянь з частинними похідними першого порядку та розв’язувати задачі Коші для них.

1. **Програма навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1. *Нормальні звичайні диференціальні рівняння першого порядку*.**

Тема 1. *Основні поняття теорії зви­чай­них диференціальних рів­нянь, найпростіші типи диференціальних рів­нянь*.

Поняття про диференціальні рівняння, розв'язок та інтеграл рівняння, інтегральні криві, рівняння на відшукання первісної, рівняння з відокремленими змінними, рівняння з відокремлюваними змінними.

Тема 2. *Заміна змінних та її використання при розв’язувані звичайних диференціальних рівнянь*.

Невиродженість заміни змінних на площині, диференціальні рівняння, права частина яких є функцією від лінійного виразу, однорідні диференціальні рівняння, диференціальні рівняння, права частина яких є функцією від дробово-лінійного виразу, узагальнено однорідні диференціальні рівняння першого порядку.

Тема 3. *Деякі найпростіші типи диференціальних рівнянь і методи їх розв’язування: лінійні рівняння першого по­ряд­ку, рівняння в повних ди­фе­рен­ціалах та звідні до них*.

Рівняння в повних диференціалах, рівняння, звідні до рівнянь в повних диференціалах, метод варіації сталих для лінійних рівнянь, метод Бернуллі для лінійних рівнянь, метод інтегрувального множника для лінійних рівнянь, рівняння Бернуллі.

Тема 4. *Ін­тег­ральні рівняння Воль­тера другого роду, теорема Пікара для інтегральних рівнянь*.

Лінійні інтегральні рівняння Вольтера другого роду, нелінійні інтегральні рівняння Вольтера другого роду, теорема Пікара існування розв’язку інтегрального рівняння Вольтера другого роду.

Тема 5. *Задача Коші для нормального звичайного диференціального рівняння першого порядку: існування та єдиність розв’язку*.

Зв'язок задачі Коші з інтегральним рівнянням, існування та єдиність локального розв'язку, продовження розв'язку, залежність розв'язку задачі Коші від параметрів і початкових даних, геометричний зміст процесу розв'язування диференціальних рівнянь.

**Змістовий модуль 2. *Неявні звичайні диференціальні рівняння та диференціальні рівняння вищих порядків*.**

Тема 6. *Неявні диференціальні рів­нян­ня: методи розв’я­зу­ван­ня, задача Коші, особливі розв’язки. Колоквіум N 1*.

Задача Коші для неявних диференціальних рівнянь, особливі розв'язки диференціальних рівнянь, методи інтегрування неявних диференціальних рівнянь, загальна схема методу введення параметра для неявних диференціальних рівнянь, рівняння Лагранжа та Клеро.

Тема 7. *Диференціальні рівняння ви­щих порядків, задача Ко­ші, метод по­ниження порядку*.

Основні поняття теорії звичайних диференціальних рівнянь вищих порядків, нормальні системи звичайних диференціальних рівнянь та їх зв'язок з диференціальними рівняннями вищих порядків, задача Коші для нормальної системи звичайних диференціальних рівнянь та диференціального рівняння вищого порядку, методи інтегрування рівнянь вищих порядків.

Тема 8. *Лінійні рівняння вищого по­рядку зі змінними коефі­цієн­тами: задача Коші, влас­ти­вості розв’язків лінійних однорідних рівнянь*.

Задача Коші для лінійних рівнянь вищого порядку зі змінними коефіцієнтами, метод пониження порядку для лінійних рівнянь вищого порядку, фундаментальна система розв'язків лінійного однорідного рівняння, визначник Вронського набору функцій та деякі його властивості.

Тема 9. *Структура розв’язку лінійних рівнянь, метод варіації сталих, дійсні та комплексні розв’язки лінійних рівнянь*.

Теореми про структуру загальних розв'язків лінійних однорідних та неоднорідних рівнянь, метод варіації сталих для лінійних неоднорідних рівнянь, комплексні розв'язки лінійних рівнянь.

Тема 10. *Фундаментальна система розв’язків лінійних однорідних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, метод невизначених коефіцієнтів*.

Лінійні диференціальні рівняння вищого порядку зі сталими коефіцієнтами, метод Ейлера відшукання розв’язку однорідного рівняння, метод невизначених коефіцієнтів для лінійних неоднорідних рівнянь зі сталими коефіцієнтами,

Тема 11. *Диференціальні рівнян­ня Ейлера*.

Однорідне та неоднорідне рівняння Ейлера та методи їх розв’язування, відшукання автомодельних розв’язків, заміна змінних, метод невизначених коефіцієнтів для лінійних неоднорідних рівнянь Ейлера.

**Змістовий модуль 3. *Системи звичайних диференціальних рівнянь та рівняння з частинними похідними першого порядку*.**

Тема 12. *Нормальні лінійні системи звичайних диференціальних рівнянь: основні поняття та влас­тивості розв’язків*.

Основні поняття теорії нормальних лінійних систем звичайних диференціальних рівнянь, існування та єдиність розв'язку задачі Коші для лінійних систем, векторні і матричні диференціальні рівняння та деякі їхні властивості, структура розв'язків векторних і матричних диференціальних рівнянь, метод варіації сталих для лінійних неоднорідних систем.

Тема 13. *Системи лінійних од­но­рідних і неод­но­рідних рівнянь зі сталими кое­фіцієнтами*.

Фундаментальна система розв'язків системи лінійних рівнянь вищого порядку зі сталими коефіцієнтами, метод невизначених коефіцієнтів для неоднорідних систем звичайних диференціальних рівнянь у випадку, коли вільний член системи є векторним многочленом та векторним квазімногочленом.

Тема 14. *Нормальні та динамічні нелінійні системи звичайних диференціальних рівнянь. Колоквіум N 2*.

Динамічні системи звичайних диференціальних рівнянь, перші інтеграли динамічної системи та деякі їхні властивості, методи відшукання перших інтегралів динамічних систем, перші інтеграли нормальних систем, зв'язок між нормальною та динамічними системами.

Тема 15. *Рівняння з частинними по­хід­ними першого порядку: ме­тоди відшукання загаль­но­го розв'язку, задача Коші*.

Базові поняття теорії рівнянь з частинними похідними першого порядку, лінійні однорідні рівняння з частинними похідними першого порядку, задача Коші для лінійних однорідних рівнянь з частинними похідними першого порядку, квазілінійні рівняння рівнянь з частинними похідними першого порядку та задача Коші для них.

Тема 16. *Додаткові розділи теорії диференціальних рівнянь*.

Стійкість розв'язку нормальної системи звичайних диференціальних рівнянь, стійкість нульового розв'язку системи лінійних однорідних рівнянь зі сталими коефіцієнтами.

**4. Структура 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. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| **Змістовий модуль 1.** ***Нормальні звичайні диференціальні рівняння  першого порядку*** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. *Основні по­нят­тя теорії зви­чай­них ди­фе­ренціальних рів­нянь, найпростіші типи ди­фе­рен­ціальних рів­нянь*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 2. *Заміна змінних та її використання при розв’язувані звичайних ди­фе­ренціальних рівнянь*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 3. *Деякі най­прос­ті­ші типи ди­фе­рен­ціальних рівнянь і ме­то­ди їх розв’язування: лі­ній­ні рівняння першого по­ряд­ку, рівняння в пов­них ди­фе­рен­ціалах та звідні до них*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 4. *Ін­тег­ральні рів­нян­ня Воль­тера другого роду, теорема Пікара для інтегральних рів­нянь*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 5. *Задача Коші для нор­мального зви­чайного ди­ференціального рів­нян­ня першого порядку: існування та єдиність розв’язку*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 1 |  | **10** |  | **10** |  | **17,5** |  |  |  |  |  |  |
| **Змістовий модуль 2.** ***Неявні звичайні диференціальні рівняння та диференціальні рівняння вищих порядків*** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 6. *Неявні ди­фе­рен­ціальні рів­нян­ня: ме­то­ди розв’я­зу­ван­ня, за­да­ча Коші, особливі ро­зв’яз­ки. Колоквіум N 1*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 7. *Диференціальні рів­няння ви­щих по­ряд­ків, задача Ко­ші, метод по­ниження порядку*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 8. *Лінійні рівняння ви­щого по­рядку зі змін­ними коефі­цієн­тами: задача Коші, влас­ти­вос­ті розв’язків лі­ній­них однорідних рівнянь*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 9. *Структура ро­зв’язку лінійних рівнянь, ме­тод варіації сталих, дійсні та комплексні ро­зв’язки лінійних рів­нянь*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 10. *Фун­да­мен­таль­на система ро­зв’яз­ків лінійних од­но­рідних рівнянь зі ста­ли­ми коефіцієнтами, ме­тод невизначених кое­фі­цієнтів*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 11. *Диферен­ціаль­ні рів­нян­ня Ейлера*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 2 |  | **12** |  | **12** |  | **21** |  |  |  |  |  |  |
| **Змістовий модуль 3.** ***Системи звичайних диференціальних рівнянь та рівняння з частинними похідними першого порядку*** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 12. *Нормальні лі­ній­ні системи зви­чай­них диференціальних рів­нянь: основні по­нят­тя та влас­тивості розв’язків*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 13. *Системи лі­ній­них од­но­рідних і неод­но­рід­них рівнянь зі ста­ли­ми кое­фіцієнтами*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 14. *Нормальні та ди­намічні нелінійні сис­те­ми звичайних ди­фе­рен­ціальних рівнянь. Колоквіум N 2*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 15. *Рівняння з час­тинними по­хід­ними пер­шого порядку: ме­то­ди відшукання загаль­но­го розв'язку, задача Коші*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Тема 16. *Додаткові роз­ді­ли теорії ди­фе­рен­ціаль­них рівнянь*. |  | 2 |  | 2 |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 2 |  | **10** |  | **10** |  | **17,5** |  |  |  |  |  |  |
| Усього годин |  | **32** |  | **32** |  | **56** |  |  |  |  |  |  |

**5. Теми семінарських занять**

**6. Теми практичних занять**

**7. Теми лабораторних занять**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва теми | Кількість  годин |
| 1 | *Рівняння з відокрем­лю­ва­ни­ми змінними, однорідні рівняння першого порядку* | 2 |
| 2 | *Рівняння, звідні до однорідних рівнянь* | 2 |
| 3 | *Лінійні рівняння першого порядку, рівняння Бернуллі* | 2 |
| 4 | *Рівняння в повних дифе­ренціалах та звідні до них* | 2 |
| 5 | *Контрольна робота № 1* | 2 |
| 6 | *Неявні рівняння першого порядку* | 2 |
| 7 | *Диференціальні рівняння вищого порядку* | 2 |
| 8 | *Лінійні однорідні рівняння зі сталими коефіцієнтами та звідні до них* | 2 |
| 9 | *Лінійні неоднорідні рівняння зі сталими коефі­цієн­тами: ме­тоди варіації сталих і невизначених коефі­цієнтів* | 2 |
| 10 | *Лінійні неоднорідні рівнян­ня: метод невизначених кое­фі­цієнтів (II)* | 2 |
| 11 | *Контрольна робота № 2* | 2 |
| 12 | *Системи лінійних однорід­них рівнянь зі сталими коефіцієнтами* | 2 |
| 13 | *Системи лінійних неодно­рід­них рівнянь зі сталими коефіцієнтами* | 2 |
| 14 | *Нелінійні нормальні системи* | 2 |
| 15 | *Рівняння з частинними по­хідними першого порядку* | 2 |
| 16 | *Контрольна робота № 3* | 2 |
|  | Разом | **32** |

**8. Самостійна робота**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва теми | Кількість  годин |
| 1 | *Поняття диференціального рівняння першого порядку і задачі, що зводяться до них. Поняття розв’язку. Геометрична інтерпретація рівняння першого порядку, розв’язаного щодо похідної, та його розв’язку* | 3,5 |
| 2 | *Нормальні диференціальні рівняння першого порядку, що інтегруються в квадратурах: з відокремлюваними змін­ними, однорідні, в повних диференціалах та звідні до них* | 3,5 |
| 3 | *Лінійні звичайні диференціальні рівняння першого порядку та звідні до них. Математичне моделювання фізичних, біологічних, хімічних, економічних процесів* | 3,5 |
| 4 | *Основи теорії інтегральних рівнянь: інтегральні рівняння Вольтерра першого та другого роду, теореми про існування їхніх неперервних розв’язків, інтегральні рівняння Фредгольма другого роду, методи розв’язування інтегральних рівнянь* | 3,5 |
| 5 | *Задача Коші для нормального диференціального рівняння пер­шого порядку. Коректність задачі Коші. Гладкість ро­зв’язку задачі Коші, неперервна залежність від параметрів* | 3,5 |
| 6 | *Неявне диференціальне рівняння першого порядку. Тео­ре­ма про існування та єдиність розв’язку задачі Коші для нього. Особливі точки та особливі розв’язки. Рівняння Лагранжа та Клеро* | 3,5 |
| 7 | *Рівняння вищого порядку, нормальна система. Зведення рівняння вищого порядку до нормальної системи диференціальних рівнянь. Задача Коші, теорема існування та єдиності її розв’язку.* | 3,5 |
| 8 | *Лінійні рівняння вищих порядків: задача Коші, уточ­нен­ня теореми про існування її розв’язку* | 3,5 |
| 9 | *Існування фундаментальної системи розв’язків лінійного однорідного диференціального рівняння. Структура загального розв’язку лінійного однорідного рівняння.* | 3,5 |
| 10 | *Структура загального розв’язку лінійного неоднорідного рівняння. Методи варіації сталих та невизначених коефіцієнтів знаходження розв’язку неоднорідного рівняння зі сталими коефіцієнтами.* | 3,5 |
| 11 | *Однорідне і неоднорідне рівняння Ейлера та методи їх інтегрування. Методи невизначених коефіцієнтів знаходження розв’язку неоднорідного рівняння.* | 3,5 |
| 12 | *Системи лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами. Відшукання фундаментальної системи розв’язків однорідної системи лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами. Метод варіації сталих знаходження розв’язку неоднорідної системи.* | 3,5 |
| 13 | *Метод невизначених коефіцієнтів для систем лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами.* | 3,5 |
| 14 | *Поняття інтегралу, першого інтегралу та загального інтегралу нормальної системи диференціальних рівнянь. Існування загального інтегралу та його зв’язок з загальним розв’язком системи. Симметрична форма нормальної системи диференціальних рівнянь* | 3,5 |
| 15 | *Лінійні та квазілінійні рівняння з частинними похідними першого порядку та структура їх загальних розв’язків. Задача Коші: геометричне тлумачення; теорема про існування та єдиність розв’язку* | 3,5 |
| 16 | *Поняття стійкості за Ляпуновим нормальної та автономної систем диференціальних рівнянь, дослідження стійкості нульового розв’язку. Теореми Ляпунова про стійкість та асимптотичну стійкість, теорема Четаєва про нестійкість. Стійкість за першим наближенням.* | 3,5 |
|  | Разом | **56** |

**9. Індивідуальні завдання**

**10. Методи навчання**

Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).

**11. Методи контролю**

Поточний контроль здійснюється шляхом проведення трьох письмових контрольних робіт та двох письмових колоквіумів. У кінці курсу проводиться іспит.

**12. Розподіл балів, які отримують студенти**

Приклад для екзамену

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | | | | | | | Підсум­ковий тест (екзамен) | Сума |
| Змістовий модуль 1 | | | | | Змістовий модуль 2 | | | | | | Змістовий модуль 3 | | | | | 50 | 100 |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т5 | Т6 | Т7 | Т8 | Т9 | Т10 | Т11 | Т12 | Т13 | Т14 | Т15 | Т16 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Т1, Т2 ... Т12 – теми змістових модулів.

**Шкала оцінювання: національна та ЄКТС**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оцінка  ЄКТС | Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка за національною шкалою | |
| для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку |
| А | 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| В | 81-89 | добре |
| С | 71-80 |
| D | 61-70 | задовільно |
| E | 51-60 |
| FX | 21-50 | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| F | 0-20 | незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни |

\* кількість балів для оцінок «незадовільно» (FX i F) визначається Вченими радами факультетів (педагогічними радами коледжів).

**13. Методичне забезпечення**

1) Бугрій О.М., Процах Н.П., Бугрій Н.В. *Основи диференціальних рівнянь: теорія, приклади та задачі*. – Навчальний посібник. – Львів, 2011. – 348 с.

2) Лопушанська Г.П., Бугрій О.М., Лопушанський А.О. *Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики*. – Підручник. – Львів (1-е видання: 2012. – 362 с.) 2-е видання: 2017. – 372 с.

3) Бугрій О.М. *Диференціальні рівняння*: Методичні вказівки. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 47 с.

4) Бугрій О.М. *Рівняння математичної фізики*: Методичні вказівки. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 107 с.

**14. Рекомендована література**

**Базова**

1. Лавренюк С.П. *Курс диференціальних рівнянь*. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1997. – 216 с.

2. Лавренюк С.П. *Збірник задач з диференціальних рівнянь*: Ч. I. Навч. посібник. – Львів: Ред.-видав. відділ Львів. держ. ун-ту, 1998. – 64 с.

3. Головатий Ю.Д., Кирилич В.М., Лавренюк С.П. *Диференціальні рівняння*: Навчальний посібник. Львів, 2011. 468.

4. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк Н.А. *Дифференциальные уравнения: примеры и задачи*: Учебное пособие 2-е изд., перер. – М.: Высшая школа, 1989. – 383с.

5. Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. *Диференціальні рівняння*: Підручник 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2003. – 600 с.

**Допоміжна**

1. Амелькин В.В. *Дифференциальные уравнения в приложениях* – М.: Наука, 1987. – 160 с.

2. Бибиков Ю.Н. *Курс обыкновенных дифференциальных уравнений* – М.: Высшая школа, 1991. – 303 с.

3. Бокало М.М. *Нормальні лінійні системи звичайних диференціальних рівнянь*: Навчально-методичний посібник – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 124 с.

4. Гудименко Ф.С., Павлюк І.А., Волкова В.О. *Збірник задач з диференціальних рівнянь* – К.: Вища шк., 1972. – 156 с.

5. Головач Г.П., Калайда О.Ф. *Збірник задач з диференціальних та інтегральних рівнянь* – К.: Техніка, 1997. – 288 с.

6. Іванчов М.І. *Вступ до теорії рівнянь у частинних похідних*: Текст лекцій – Львів, 2004. – 178 с.

7. Ляшко І.І., Боярчук О.К., Гай Я.Г., Калайда О.Ф. *Диференціальні рівняння*. – К., 1981 – 504 с.

7. Мартиненко В.С. *Операционное исчисление*. – К.: Вища школа, 1973. – 268 с.

8. Петровский И.Г. *Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений* – М., 1949. – 208 с.

9. Степанов В.В. *Курс дифференциальных уравнений*. – М.: ГИТТЛ, 1952. – 466 с.

10. Толстов Г.П. *Ряды Фурье*. – М., 1980. – 384 с.

11. Филиппов А.Ф. *Сборник задач по дифференциальным уравнениям*. – М.: Наука, 1979. – 128 с.

**15. Інформаційні ресурси**

1. Internet –джерела.

2. Факультетська електронна бібліотека математичної літератури.