

Державний вищий навчальний заклад  
«Донбаський державний педагогічний університет»  
Фізико-математичний факультет  
Кафедра математики та інформатики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор



*Набока*  
С.Г. Набока

«29» червня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ**

підготовки здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

спеціальності 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)

за освітньо-професійною програмою  
Середня освіта (Інформатика)

мова навчання українська

Дніпро - Слов'янськ – 2023 р.

Розробники:

**Чуйко С.М.** доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математики та інформатики ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

Рецензенти:

**Кадубовський О.А.** кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики та інформатики ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

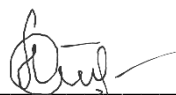
**Чайченко С.О.** доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математики та інформатики ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

Робоча програма розглянута і схвалена на засіданні кафедри математики та інформатики.

Протокол № 10 від «22» червня 2023 р.

Завідувач кафедри математики та інформатики  Чуйко С.М.

Погоджено групою забезпечення спеціальності 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)

Керівник групи забезпечення  
кандидат фізико-математичних наук  доц. Стьопкін А.В.

Затверджено та рекомендовано до впровадження вченою радою  
Державного вищого навчального закладу  
«Донбаський державний педагогічний університет»  
«29» червня 2023 р., протокол № 9

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників   | Характеристика навчальної дисципліни |
|---|--------------------------------------|
|   | денна форма навчання                 |
| Кількість кредитів – <b>5</b>   | <b>вибіркова</b>                     |
| Загальна кількість годин – <b>150</b>   | Рік підготовки:                      |
|   | <b>3-й</b>                           |
|   | Семестр                              |
|   | <b>6-й</b>                           |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>контактних – <b>3,5</b> год.<br>самостійної роботи здобувача – <b>5,3</b> год. | Лекції                               |
|   | <b>30</b> год                        |
|   | Практичні роботи                     |
|   | <b>30</b> год                        |
|   | Самостійна робота                    |
|   | <b>90</b> год.                       |
|   | Вид контролю:<br><b>Екзамен</b>      |

**Мета** вивчення навчальної дисципліни є формування у здобувачів здатностей: до логічного мислення, формування особистості, розвиток їх інтелекту і здібностей, до необхідної інтуїції та ерудиції у питаннях застосування математики, виховання у здобувачів прикладної математичної культури, використовувати математичні методи в інженерних розрахунках, доводити розв'язок задачі до практично прийнятого результату числа, графіка, точного якісного висновку із застосуванням для цього адекватних обчислювальних засобів, таблиць і довідників, уміння аналізувати одержані результати, самостійно використовувати і вивчати літературу з математики.

**2. Матриця результатів навчання, методів навчання, методів контролю з навчальної дисципліни «ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ»**

| Результати навчання  | Методи навчання  | Методи контролю  |
|--|--|--|
| <p>Пристосовувати чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь для пояснення структури інформації та математичних основ інформаційних технологій.</p> <p>Застосовувати чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь для наукового обґрунтування існуючих інформаційних моделей та їх реалізації.</p> | <p>Поєднання традиційних та інтерактивних методів навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– словесний (лекція, дискусія, співбесіда тощо);</li> <li>– практичний метод (практичні заняття);</li> <li>– робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анування, складання реферату);</li> <li>– самостійна робота (розв'язання завдань);</li> <li>– індивідуальна науково-дослідна робота;</li> <li>– дистанційне навчання (інструменти спілкування у дистанційному навчанні: електронна пошта, чат, соціальні мережі та Viber, YouTube освітні канали, веб-сервісів (середовище Moodle))</li> </ul> | <p>Спостереження за навчальною діяльністю здобувачів, усне та письмове опитування, практична перевірка, рейтинговий контроль, оцінювання самостійної роботи, доповіді презентації, контрольна робота, екзамен.</p> |

### 3. Структура навчальної дисципліни

| Назви тем  | Кількість годин |         |     |    |
|--|-----------------|---------|-----|----|
|  | Денна форма     |         |     |    |
|  | усьо<br>го      | зокрема |     |    |
| л  |                 | пр      | с.р |    |
| Тема 1. Чисельні методи розв'язку задачі Коші.   | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 2. Оцінка похибки методів.  | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 3. Метод Ейлера.  | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 4. Модифікований метод Ейлера.  | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 5. Лінійні рівняння першого порядку.  | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 6. Метод Рунге-Кутти.   | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 7. Ортогональні методи розв'язання матричних рівнянь.   | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 8. Рівняння, не розв'язні відносно похідної. Рівняння Лагранжа і Клеро.   | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 9. Теорема Пікара існування та єдиності розв'язку задачі Коші для диференціального рівняння I-го порядку.                                   | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 10. Спеціальні матриці: матриця обертання та матриця відображення.  | 7               | 1       | 1   | 4  |
| Тема 11. Ортогонально-трикутний розклад матриці.   | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 12. Розклад Холецкого.  | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 13. Приведення матриці до форми Хессенберга.  | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 14. Приведення пари матриць до форми Хессенберга.   | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 15. Приведення матриці до форми Шура.   | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 16. Узагальнена задача про власні значення і приведення пари матриць до форми Шура.   | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 17. Диференціальні рівняння $n$ -го порядку. Неоднорідні лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами.                          | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 18. Метод невизначених коефіцієнтів для розв'язання неоднорідних лінійних диференціальних рівнянь $n$ -го порядку зі сталими коефіцієнтами. | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 19. Системи лінійних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами.  | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Тема 20. Лінійні матричні рівняння.  | 8               | 2       | 2   | 5  |
| Разом  | 150             | 30      | 30  | 90 |

## 4. Програма навчальної дисципліни

### 4.1. Теми лекцій

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1     | Основні поняття теорії диференціальних рівнянь  | 1               |
| 2     | Чисельні методи розв'язку задачі Коші.  | 1               |
| 3     | Однорідні рівняння. Оцінка похибки методів  | 1               |
| 4     | Метод Ейлера.   | 1               |
| 5     | Лінійні рівняння першого порядку.   | 1               |
| 6     | Метод Рунге-Кутти.  | 1               |
| 7     | Ортогональні методи розв'язання матричних рівнянь.  | 1               |
| 8     | Рівняння, не розв'язні відносно похідної. Рівняння Лагранжа і Клеро.  | 1               |
| 9     | Теорема Пікара існування та єдиності розв'язку задачі Коші для диференціального рівняння I-го порядку.                                  | 1               |
| 10    | Застосування диференціальних рівнянь I-го порядку.  | 1               |
| 11    | Диференціальні рівняння II-го порядку. Геометричний та фізичний зміст диференціальних рівнянь II-го порядку.                            | 2               |
| 12    | Спеціальні матриці: матриця обертання та матриця відображення.  | 2               |
| 13    | Ортогонально-трикутний розклад матриці.   | 2               |
| 14    | Розклад Холецкого.  | 2               |
| 15    | Визначник Вронського. Властивості визначника.   | 2               |
| 16    | Фундаментальна система розв'язків однорідних лінійних диференціальних рівнянь $n$ -го порядку зі сталими коефіцієнтами.                 | 2               |
| 17    | Неоднорідні лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами.   | 2               |
| 18    | Метод невизначених коефіцієнтів для розв'язання неоднорідних лінійних диференціальних рівнянь $n$ -го порядку зі сталими коефіцієнтами. | 2               |
| 19    | Системи лінійних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами.  | 2               |
| 20    | Лінійні матричні рівняння.  | 2               |
|       | Разом   | 30              |

#### 4.2. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1     | Диференціальні рівняння, що зводяться до однорідних диференціальних рівнянь.  | 1               |
| 2     | Розв'язання рівнянь з відокремлюваними змінними.  | 1               |
| 3     | Однорідні рівняння. Диференціальні рівняння, що зводяться до однорідних диференціальних рівнянь.  | 1               |
| 4     | Лінійні рівняння першого порядку.   | 1               |
| 5     | Лінійні рівняння першого порядку. Рівняння, які зводяться до лінійних. Рівняння Бернуллі, Ріккаті.                                      | 1               |
| 6     | Розв'язання диференціальних рівнянь у повних диференціалах.   | 1               |
| 7     | Приведення матриці до форми Хессенберга.  | 1               |
| 8     | Приведення матриці до форми Шура.   | 1               |
| 9     | Узагальнена задача про власні значення і приведення пари матриць до форми Шура.   | 1               |
| 10    | Метод невизначених коефіцієнтів для розв'язання неоднорідних лінійних диференціальних рівнянь $n$ -го порядку зі сталими коефіцієнтами. | 1               |
| 11    | Розв'язання систем лінійних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами.   | 2               |
| 12    | Рівняння вищих порядків, які допускають зниження порядку.   | 2               |
| 13    | Лінійні однорідні диференціальні рівняння вищих порядків зі сталими коефіцієнтами.  | 2               |
| 14    | Самостійна робота   | 2               |
| 15    | Методи трансформаційного типу для розв'язання лінійних матричних рівнянь.   | 2               |
| 16    | Алгоритм Бартелса-Стьюарта.   | 2               |
| 17    | Алгоритм Голуба – Неша – Ван Лоана.   | 2               |
| 18    | Пряме розв'язання розкладу Холецького.  | 2               |
| 19    | Нетипові лінійні матричні рівняння.   | 2               |
| 20    | Контрольна робота   | 2               |
|       | Разом   | 30              |

#### 4.4. Самостійна робота

| з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-----|---|-----------------|
| 1   | Історія теорії диференціальних рівнянь                    | 4               |
| 2   | Практичне застосування чисельних методів розв'язку задачі | 4               |

|    |  |    |
|----|--|----|
|    | Коші.  |    |
| 3  | Історичний шлях досліджень однорідних рівнянь.   | 4  |
| 4  | Науковий доробок Ейлера. Метод Ейлера.   | 4  |
| 5  | Практичне застосування лінійних рівнянь першого порядку.   | 4  |
| 6  | Історія методу Рунге-Кутти.  | 4  |
| 7  | Ортогональні методи розв'язання матричних рівнянь та їх практичне використання.  | 4  |
| 8  | Науковий шлях Лагранжа і Клеро.  | 4  |
| 9  | Практичне використання теореми Пікара про існування розв'язку задачі Коші для диференціального рівняння I-го порядку.  | 4  |
| 10 | Застосування диференціальних рівнянь I-го порядку.   | 4  |
| 11 | Дослідження диференціальних рівнянь II-го порядку. Геометричний та фізичний зміст диференціальних рівнянь II-го порядку.                                     | 5  |
| 12 | Практичне застосування спеціальних матриць: матриці обертання та матриці відображення.   | 5  |
| 13 | Використання ортогонально-трикутного розкладу матриці в історично важливих дослідженнях.   | 5  |
| 14 | Науковий доробок Холецкого.  | 5  |
| 15 | Наукові досягнення Вронського.   | 5  |
| 16 | Практична реалізація фундаментальної системи розв'язків однорідних лінійних диференціальних рівнянь $n$ -го порядку зі сталими коефіцієнтами.                | 5  |
| 17 | Практична реалізація неоднорідних лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами.   | 5  |
| 18 | Історія дослідження методу невизначених коефіцієнтів для розв'язання неоднорідних лінійних диференціальних рівнянь $n$ -го порядку зі сталими коефіцієнтами. | 5  |
| 19 | Історія дослідження систем лінійних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами.  | 5  |
| 20 | Історичний шлях досліджень лінійних матричних рівнянь.   | 5  |
|    | Разом  | 90 |

### 5. Критерії оцінювання результатів навчання

Результати навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни визначаються у балах, що виставляються згідно з критеріями оцінювання, затвердженими в ДДПУ, а саме за 100-бальною шкалою та національною п'ятибальною шкалою для екзаменів «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно», «неприйнятно»).



Навчальна дисципліна викладається один семестр, оцінюється максимальною оцінкою у 100 балів.

### Шкала оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

| За накопичувальною<br>100 - бальною шкалою | За національною шкалою                              |               |
|--|---|---------------|
|  | для екзаменів, звітів з<br>практики, курсових робіт | для заліків   |
| 90 - 100 балів                             | відмінно  | зараховано    |
| 89 - 75 балів                              | добре   |               |
| 60 - 74 балів                              | задовільно  |               |
| 26 - 59 балів                              | незадовільно  | не зараховано |
| 0 - 25 балів                               | неприйнятно   |               |

#### Критерії оцінювання екзамену:

– оцінки **«відмінно» (90-100 балів)** заслуговує здобувач вищої освіти, який продемонстрував всебічні, систематичні й глибокі знання навчально-програмного матеріалу, уміння без похибок виконувати завдання, передбачені програмою, опанував основну й додаткову літературу, рекомендовану навчальною програмою, засвоїв значущі для майбутньої кваліфікації підвалини основних дисциплін, виявив творчі здібності в усвідомленні, засвоєнні й застосуванні навчально-програмного матеріалу;

– оцінки **«добре» (75-89 балів)** заслуговує здобувач вищої освіти, який продемонстрував ретельне знання навчально-програмного матеріалу, успішно виконав передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану навчальною програмою, показав систему засвоєних знань з дисципліни та здатність до їх самостійного поповнення й оновлення під час подальшої навчальної роботи й професійної діяльності;

– оцінки **«задовільно» (60-74 бали)** заслуговує здобувач вищої освіти, який продемонстрував знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, потрібному для подальшого навчання та майбутньої роботи за спеціальністю, впорався з виконанням завдань, передбачених програмою, але припустився помилок у відповіді на екзамені та під час виконання екзаменаційних завдань, хоча має необхідні знання для їх усунення під керівництвом викладача;

– оцінка **«незадовільно» (26-59 балів)** виставляється здобувачу вищої освіти, який має прогалини в знаннях основного навчально-програмного матеріалу, припустився принципових помилок у виконанні передбачених програмою завдань, і не може продовжувати навчання без виконання додаткових завдань з відповідної дисципліни;

– оцінка **«неприйнятно» (0-25 балів)** виставляється здобувачу вищої освіти, який не надав для перевірки потрібну кількість правильно виконаних завдань, пропустив без поважних причин значну кількість занять (більше ніж 50%), і не може продовжувати навчання без проходження повторного курсу навчання.

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти за лекції здійснюється за такими критеріями: присутність здобувача на лекції, складання її конспекту та активна участь у перебігу лекції.

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти, отриманих під час практичного заняття здійснюється за такими критеріями:

- під час опитувань – за повну й ґрунтовну відповідь на сформульоване запитання з теми заняття;

- під час тестування – за правильні відповіді на запитання тесту з теми заняття;

- у процесі виконання ситуаційних вправ і завдань – за запропонований правильний алгоритм (послідовність) виконання завдання; за знання теоретичних основ проблеми, порушеної в завданні; за володіння формулами й математичними методами, необхідними для виконання завдання; за отриманий правильний результат.

Оцінювання рефератів, доповідей, есе, презентацій тощо за визначеними темами здійснюється відповідно до таких критеріїв:

- за повноту та використання сучасних концепцій і джерел інформації (крім лекційного конспекту, має бути ще не менше трьох джерел інформації);

- за оформлення роботи згідно з вимогами і наявність посилань на використану літературу та джерела;

- за наявність змістовних висновків;

- за глибокі знання навчального матеріалу, що містяться в основних і додаткових рекомендованих літературних джерелах.

У разі виявлення невідповідності результатів навчання окремим критеріям із тієї чи тієї форми контролю знань кількість балів, яка виставляється здобувачу, може бути знижена:

- за неповну відповідь;

- за кожну неправильну відповідь;

- за невчасне виконання завдання;

- за недостовірність поданої інформації;

- за недостатнє розкриття теми;

- за відсутність посилань на літературні джерела.

Результати поточних контролів рівня знань здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання (у вигляді певної кількості отриманих балів) обов'язково доводяться викладачем наприкінці кожного заняття до їхнього відома, виставляються в Журнал обліку роботи академічної групи та є підставою для одержання допуску до підсумкового контролю.

Умовою допуску до складання екзамену є накопичення здобувачем протягом навчального семестру не менше 60 балів з навчальної дисципліни. Допуск здобувача вищої освіти до складання екзамену з певної дисципліни відбувається незалежно від результатів навчання з інших дисциплін.

Здобувачі вищої освіти, які за поточним оцінюванням у семестрі мають результат навчання з дисципліни 60 балів і вище, можуть, за бажанням, бути:

– звільнені від складання екзамену й отримати в результаті оцінювання 60-80 балів, що відповідають кількості балів поточного оцінювання з навчальної дисципліни;

– звільнені від складання екзамену й отримати в результаті оцінювання 81-100 балів, що відповідають кількості балів поточного оцінювання з навчальної дисципліни, за відсутності пропусків занять з усіх предметів семестру без поважних причин (до 10%), але за обов'язкового надання в деканат виконаних самостійних завдань з відповідної дисципліни.

Здобувач вищої освіти може підвищити оцінку, яку він отримав за результатами роботи в семестрі, під час складання екзамену в період сесії.

Якщо здобувач вищої освіти на екзамені отримав оцінку нижчу, ніж за результатами роботи в семестрі, у відомість обліку успішності виставляється підсумкова оцінка за результатами роботи в семестрі.

#### Розподіл балів, що присвоюється студентам, із розподілом за темами

| Тема         | Практичні заняття | Самостійна робота | Контрольна робота | Екзамен |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| Тема 1.      | 1                 | 10                | 30                | 100     |
| Тема 2.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 3.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 4.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 5.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 6.      | 1                 | 10                |                   |         |
| Тема 7.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 8.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 9.      | 1                 |                   |                   |         |
| Тема 10.     | 1                 | 10                |                   |         |
| Тема 11      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 12.     | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 13      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 14      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 15      | 2                 | 10                |                   |         |
| Тема 16      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 17      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 18      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 19      | 2                 |                   |                   |         |
| Тема 20      | 2                 |                   |                   |         |
| <b>Разом</b> | <b>30</b>         | <b>40</b>         | <b>30</b>         |         |

#### 6. Засоби діагностики результатів навчання

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

– індивідуальні завдання;

- письмові самостійні роботи;
- контрольні роботи;
- екзамен.

### Питання до екзамену

1. Чисельні методи розв'язання задачі Коші.
2. Оцінка похибки методів.
3. Метод Ейлера.
4. Модифікований метод Ейлера.
5. Вдосконалений метод Ейлера.
6. Метод Рунге-Кутти.
7. Оцінка точності за принципом Рунге.
8. Розв'язок рівняння Ван дер Поля.
9. Ортогональні методи.
10. Трикутний розклад матриці.
11. Розклад Шура.
12. Розв'язок лінійних рівнянь за допомогою методу Гаусса.
13. Матриця Хаусхолдера.
14. Матриця відображення.
15. Ортогонально-трикутний розклад матриці.
16. Дослідження кривини нормальних перетинів.
17. Формула Ейлера. Головні кривини.
18. Формула Родріга.
19. Обчислення головних кривин.
20. Обчислення головних напрямів.
21. Омбічні точки
22. Гаусова кривина. Середня кривина поверхні.
23. Еліптичні точки на поверхні.
24. Гіперболічні точки на поверхні.
25. Параболічні точки на поверхні.
26. Лінії кривини.
27. Необхідна і достатня умова збігу координатної сітки з сіткою ліній кривини.
28. Асимптотичні лінії.
29. Необхідна і достатня умова збігу координатної сітки з мережею асимптотичних ліній.
30. Третя основна квадратична форма.
31. Спряжені напрями.
32. Сферичне відображення поверхні.
33. Лінійчаті поверхні.
34. Необхідна і достатня умова для того, щоб лінійчата поверхня була тією, що розгортається.
35. Необхідна і достатня умова збігу координатних ліній з асимптотичними
36. Горлова лінія.
37. Будова поверхні, що розгортається.
38. Ребро повернення поверхні, що розгортається.

39. Обвідна сімейства поверхонь від одного параметра.
40. Коефіцієнти першої квадратичної форми
41. Дотична площина
42. Супроводжуючий тригранник кривий
43. Необхідна і достатня умова поверхні, що розгортається.
44. Обвідна сімейства кривих.
45. Приведення пари матриць до форми Хессенберга.
46. QR – розклад матриці.
47. QR – шаг Френсіса.
48. QR – алгоритм.
49. Матричне рівняння Сильвестра.
50. Алгоритм Голуба – Неша – Ван Лоана.

## 7. Рекомендована література

### Основна

1. Бойчук О.А., Чуйко С.М. Конструктивні методи аналізу крайових задач теорії нелінійних коливань. Слов'янськ: Вид. Б.І. Маторіна. 2021. 412 с.
2. Чуйко С.М. Практикум з теорії лінійних крайових задач. Слов'янськ: Вид. Б.І. Маторіна. 2020. 236 с.
3. Маринець К. В. Диференціальні рівняння вищих порядків. Системи диференціальних рівнянь першого порядку. Частина II: Навч. посіб. Ужгород: УжНУ, 2021. 99 с.
4. Маринець К. В. Стійкість систем звичайних диференціальних рівнянь. Диференціальні рівняння в частинних похідних першого порядку. Частина III: Навч. посіб. Ужгород: УжНУ, 2021. 53 с.
5. Літвін Н.В. Диференціальні рівняння. Методи інтегрування. Практичний курс. Маріуполь: ПДТУ. 2020. 127 с.

### Допоміжна

1. Богач І.В., Краковецький О.Ю., Крилик Л.В. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь засобами MathCAD: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2020. 106 с.
2. Килимник І.М., Яримбаш Д.С. Диференціальні рівняння. Навчальний посібник. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет. 2020. 102 с.
3. Лиходєєва Г. В., Пастирева К. Ю. Диференціальні рівняння. Навчальний посібник. Ч. I. Звичайні диференціальні рівняння. Київ: Центр навчальної літератури. 2020. 144 с.
4. Лиходєєва Г. В., Пастирева К. Ю. Диференціальні рівняння. Навчальний посібник. Ч. II. Диференціальні рівняння вищих порядків. Київ: Центр навчальної літератури. 2021. 140 с.
5. Теплінський Ю.В. Інваріантні тори різницевого рівняння у просторах обмежених числових послідовностей. Кам'янець-Подільський: 2022. 194 с.

## 8. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.youtube.com/watch?v=p1JKXbW5eTU>

Курс відеолекцій «Математичний аналіз»

2. <http://mathserfer.com/>

Приклади розв'язків математичних задач.

3. <http://www.mat.net.ua/index.html>

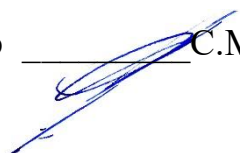
Каталог книг з математичних дисциплін.

## 9. Посилання на дистанційний курс

Дистанційний курс дисципліни на освітньому контенті в CMS Moodle

<http://212.3.125.77:9090/moodle/course/view.php?id=1475>

Доктор фізико-математичних наук, професор \_\_\_\_\_ С.М. Чуйко



РПНД перевірена.  
Методист НМВ  
Коркішко О.Г.

