МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра методів математичної фізики

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

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

# ВБ 3.1 «Теорія руйнування»

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | **третій (освітньо-науковий)** |
| Галузь знань | **11 Математика та статистика** |
| Спеціальність | **113 Прикладна математика** |
| Освітньо-наукова програма | **Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка** |

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія руйнування». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробники:
Вайсфельд Наталя Данилівна, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри методів математичної фізики
Журавльова Зинаїда Юріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри методів математичної фізики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри методів математичної фізики

Протокол № 5 від "15"листопада 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Юрій ПРОЦЕРОВ

Погоджено із гарантом ОНП "Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка" Н.Д. ВАЙСФЕЛЬД

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 методів математичної фізики

Протокол № ___ від "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри методів математичної фізики

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни |
|---|---|---|
| | | ***Очна (денна, вечірня) форма навчання*** |
| Загальна кількість:<br><br>кредитів – 3<br><br>годин – 90<br><br>змістових модулів – 3 | Галузь знань<br>**11 Математика та статистика**<br><br>Спеціальність<br>**113 Прикладна математика**<br><br>Спеціалізації:<br>_____<br>(назва)<br><br>Рівень вищої освіти:<br>третій<br>(освітньо-науковий) | За вибором |
| | | ***Рік підготовки:*** |
| | | 1-й |
| | | ***Семестр*** |
| | | 1-й |
| | | ***Лекції*** |
| | | 12 год. |
| | | ***Практичні, семінарські*** |
| | | 10 год. |
| | | ***Лабораторні*** |
| | | 0 год. |
| | | ***Самостійна робота*** |
| | | 68 год. |
| | | **Форма підсумкового контролю:**<br>*залік* |

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни:** дати знання про методи побудови розривних розв'язків крайових задач математичної фізики, які базуються на узагальненому методі інтегральних перетворень та розривних властивостях функції Гріна, та продемонструвати їх застосування до розв'язання крайових задач теорії пружності з дефектами.

**Завданнями** дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами та практикою використання апарату побудови розривних розв'язків крайових задач математичної фізики.

ІК: Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері математики та статистики із залученням отриманих знань із суміжних навчальних дисциплін, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійних практик.

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

- ФК 01. Здатність до глибокого розуміння теоретичних положень, історії їх розвитку, сучасного стану та майбутнього концепту за напрямком власного наукового дослідження в прикладній математиці.
- ФК 02. Здатність до визначення перспективних наукових напрямів на основі аналітичного пошуку з використанням сучасних методів комп'ютерних та інформаційних технологій.
- ФК 04. Здатність до абстракції, включаючи здатність логічно розвивати окремі формальні теорії та встановлювати зв'язок між ними.
- ФК 05. Здатність до глибинного розуміння загальних та спеціальних математичних дисциплін.
- ФК 06. Здатність будувати математичні моделі для опису та подальшого аналізу явищ та процесів.
- ФК 07. Здатність формулювати математичні постановки складних оптимізаційних проблем і проблем прийняття рішень.
- ФК 09. Здатність користуватися, управляти і розробляти нові інформаційні технології.

**Очікувані результати навчання.** В результаті вивчення дисципліни аспірант повинен

**знати:** узагальнений метод інтегральних перетворень, розривні властивості функції Гріна, методи побудови базисної системи розривних розв'язків;

**вміти:** самостійно опрацьовувати літературу, будувати розривні розв'язки крайових задач математичної фізики, що відповідає наступним програмам навчання:

ПРН 05. Вміти описувати, аналізувати та синтезувати інформацію, враховуючи попередній досвід; піддавати сумніву отримані раніше результати; правильно поставити задачу дослідження та відібрати підходи до її розв'язку; виявляти ключові ідеї у напрацьованому розв'язку та представлення їх у чіткому і завершеному вигляді.
ПРН 06. Вміти здійснювати аналіз поставленої задачі, працювати з літературою, обирати шляхи до вирішення проблеми, застосовувати сучасні методи дослідження, робити висновки, оцінювати отримані результати.
ПРН 07. Вміти ставити проблему, проводити аналіз її сучасного стану розробки, користуватися апаратом розв'язання та оприлюднення результатів із застосуванням сучасних інформаційно – комп'ютерних технологій.

ПРН 10. Вміти проводити доведення математичних тверджень, що не є аналогічними до раніше відомих.
ПРН 12. Вміти складати модель творчої роботи, програму і план власного дослідження; формулювати висновки та узагальнення; обґрунтовувати практичну значущість результатів дослідження.
ПРН 14. Вміти розв'язувати конкретні математичні задачі, сформульовані у термінах даної предметної області; оцінювати ступінь адекватності математичної моделі явищу, яке вона описує.
ПРН 15. Вміти здійснювати базові перетворення математичних моделей для зручності розв'язання відповідних задач; надавати інтерпретацію отриманих результатів.

Бути здатними до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.

Застосовувати в роботі інноваційний підхід.

Сприяти розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1. Узагальнений метод інтегральних перетворень.**

Тема 1. Математичні основи узагальненого методу інтегральних перетворень.

Тема 2. Застосування методу інтегральних перетворень у декартовій системі координат.

Тема 3. Застосування методу інтегральних перетворень у циліндричній та сферичній системах координат.

**Змістовий модуль 2. Розривні властивості функції Гріна.**

Тема 4. Основні властивості функції Гріна.

Тема 5. Базисна система розривних розв'язків.

Тема 6. Побудова базисної системи розривних розв'язків.

**Змістовий модуль 3. Розв'язання крайових задач для областей з дефектами.**

Тема 7. Розв'язання крайової задачі для області з прямолінійним дефектом.

Тема 8. Розв'язання крайової задачі для області з криволінійним дефектом.

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Очна (денна, вечірня) форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **Змістовий модуль 1. Узагальнений метод інтегральних перетворень.** | | | | | | |
| Тема 1. Математичні основи узагальненого методу інтегральних перетворень | 10 | 2 | | | | 8 |
| Тема 2. Застосування методу інтегральних перетворень у декартовій системі координат | 10 | 2 | 1 | | | 7 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тема 3. Застосування методу інтегральних перетворень у циліндричній та сферичній системах координат | 10 | 2 | 1 | | | 7 |
| Разом за змістовим модулем 1 | 30 | 6 | 2 | | | 22 |
| **Змістовий модуль 2. Розривні властивості функції Гріна.** | | | | | | |
| Тема 4. Основні властивості функції Гріна | 10 | 1 | | | | 9 |
| Тема 5. Базисна система розривних розв'язків | 10 | 1 | | | | 9 |
| Тема 6. Побудова базисної системи розривних розв'язків | 10 | 2 | 2 | | | 6 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 30 | 4 | 2 | | | 24 |
| **Змістовий модуль 3. Розв'язання крайових задач для областей з дефектами.** | | | | | | |
| Тема 7. Розв'язання крайової задачі для області з прямолінійним дефектом | 15 | 1 | 3 | | | 11 |
| Тема 8. Розв'язання крайової задачі для області з криволінійним дефектом | 15 | 1 | 3 | | | 11 |
| Разом за змістовим модулем 3 | 30 | 2 | 6 | | | 22 |
| **Усього годин** | **90** | **12** | **10** | | | **68** |

## 5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1. | Застосування методу інтегральних перетворень у декартовій системі координат | 1 |
| 2. | Застосування методу інтегральних перетворень у циліндричній та сферичній системах координат | 1 |
| 3. | Побудова базисної системи розривних розв'язків | 2 |
| 4. | Розв'язання крайової задачі для області з прямолінійним дефектом | 3 |
| 5. | Розв'язання крайової задачі для області з криволінійним дефектом | 3 |
| | **Разом** | **10** |

## 7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом.

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Математичні основи узагальненого методу інтегральних перетворень | 8 |
| 2 | Застосування методу інтегральних перетворень у декартовій системі координат | 7 |
| 3 | Застосування методу інтегральних перетворень у циліндричній та сферичній системах координат | 7 |
| 4 | Основні властивості функції Гріна | 9 |

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Базисна система розривних розв’язків | 9 |
| 6 | Побудова базисної системи розривних розв’язків | 6 |
| 7 | Розв’язання крайової задачі для області з прямолінійним дефектом | 11 |
| 8 | Розв’язання крайової задачі для області з криволінійним дефектом | 11 |
| | **Разом** | **68** |

Самостійна робота оформляється у вигляді доповіді, обговорення та оцінювання якої здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**:**

– своєчасність виконання;

– доброчесність та коректність у представлені текстів, презентацій та посилань (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 рішення практичних завдань.

## 9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку)

Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій

Наочні методи (презентації, ілюстрації)

Репродуктивні методи: розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи

Дослідницький метод

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії

## 10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи усного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, оцінювання доповідей, підсумковий контроль - усний залік.

Методи письмового контролю: письмові поточні самостійні роботи.

**При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:**

| Оцінка за національною шкалою та **відсоток від максимальної кількості балів** | Теоретична підготовка | Практична підготовка |
|---|---|---|
| | Здобувач освіти | |
| зараховано (90-100% від максимальної кількості балів) | 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/ розрахункових 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. |
| зараховано (75-89% від максимальної кількості балів) | 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 розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання |

| | | |
|---|---|---|
| зараховано (60-74% від максимальної кількості балів) | 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 розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. |
| не зараховано (35-59% від максимальної кількості балів) | 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; під час відповіді допускаються суттєві помилки | недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички. |
| не зараховано (0-34% від максимальної кількості балів) | не володіє навчальним матеріалом | виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача |

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.
Форма підсумкового контролю – залік, виставляється за кількістю балів, набраних в семестрі (згідно зі шкалою оцінювання з п. 12).

## 11. Питання для поточного та періодичного контролю

1. Математичні основи узагальненого методу інтегральних перетворень.
2. Застосування методу інтегральних перетворень у декартовій системі координат.
3. Застосування методу інтегральних перетворень у циліндричній та сферичній системах координат.
4. Основні властивості функції Гріна.
5. Базисна система розривних розв'язків.
6. Побудова базисної системи розривних розв'язків.
7. Розв'язання крайової задачі для області з прямолінійним дефектом.

8. Розв’язання крайової задачі для області з криволінійним дефектом.

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

| Поточний та періодичний контроль | | | | | | | | Сума балів |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Змістовий модуль 1 | | | Змістовий модуль 2 | | | Змістовий модуль 3 | | |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т5 | Т6 | Т7 | Т8 | 100 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | |

### Розподіл балів за видами навчальної роботи

| Види навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---|---|---|---|
| Змістовий модуль 1 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 2 | 10 |
| Виконання і захист практичних робіт | 20 | 1 | 20 |
| **Усього за змістовим модулем 1** | | | **0 – 30** |
| Змістовий модуль 2 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 2 | 10 |
| Виконання і захист практичних робіт | 20 | 1 | 20 |
| **Усього за змістовим модулем 2** | | | **0-30** |
| Змістовий модуль 3 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 4 | 20 |
| Виконання і захист практичних робіт | 20 | 1 | 20 |
| **Усього за змістовим модулем 3** | | | **0 – 40** |
| **Підсумкова сума балів** | | | **0 – 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 |

## 13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

## 14. Рекомендована література

### Основна


1. Вайсфельд Н. Д., Реут В. В. Рівняння математичної фізики. – Одеса: Одеськ. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2018. – 194 с.
2. Процеров Ю. С., Мойсєєнок О. П. Математичне моделювання деяких задач механіки і техніки. – Одеса: Одеськ. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2015. – 61 с.
3. Попов Г. Я., Реут В. В., Моісеєв М. Г., Вайсфельд Н. Д. Рівняння математичної фізики. Метод інтегральних перетворень: навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 1999. – 67 с.
4. Саврук М. П., Казберук А. Концентрація напружень у твердих тілах з вирізами. – Механіка руйнування та міцність матеріалів: довідн. посібн. / За заг. ред. В.В. Панасюка. – Т. 14. – Львів: СПОЛОМ, 2012. – 384 с.


### Додаткова


1. Н. Д. Вайсфельд, З. Ю. Журавльова, В. В. Реут/ Плоскі мішані задачі теорії пружності для півнескінченної смуги: монографія. – Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, 2019. – 160 с.
2. Н. Д. Вайсфельд, Г. О. Фесенко. Мішані задачі теорії пружності для півнескінченного шару: монографія. – Одеса: Астропринт, 2019. – 120 с.
3. Писаренко Г. С. Опір руйнування. – К.: Вища шк., 2004. – 665с.
4. Чихладзе. Е.Д. Основи лінійної теорії пружності, пластичності та повзучості. Навч. Посібн. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 149 с.
5. Y. H. Hatzor, G. Ma, Gen-hua Shi. Discontinuous Deformation Analysis in Rock Mechanics Practice. London: CRC Press, 2017. – 410 p.
6. T.A. Cruse, D.W. Snow, R.B.Wilson. Numerical solutions in axisymmetric elasticity. Computers & Structures. V. 7, Iss. 3, 1977, Pages 445-451. https://doi.org/10.1016/0045-7949(77)90081-5
7. M Kachanov. **Elastic** solids with many cracks and related **problems** - Advances in applied mechanics, 1993 – Elsevier
1. V. Reut, N. Vaysfel'd, Z. Zhuravlova. Investigation of the stress state of the elastic semi-strip with a transverse crack. - 6th International Conference on Crack Path (CP 2018). Verona, Italy, 19-21 September 2018, p. 269-274. (Scopus)
9. Попов Г. Я. Точні розв'язки деяких крайових задач механіки деформованого твердого тіла / Г. Я. Попов. – Одеса: Астропринт, 2013. – 424 с.

10. Mysov K., Vaysfeld N. The dynamical stress concentration near a cone-shaped crack in a twice-truncated elastic cone. Procedia Structural Integrity. Vol. 33. – P. 365-370. (Scopus)

## 15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://nbuv.gov.ua/ – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. http://lib.onu.edu.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова.
3. http://www.library.univ.kiev.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки ім. М. Максимовича Київського національного університету ім. Тараса Шевченко.
4. http://www.lnulibrary.lviv.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки Львівського національного університету ім. Івана Франка.
5. http://www.dnpb.gov.ua/ – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;
6. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка.