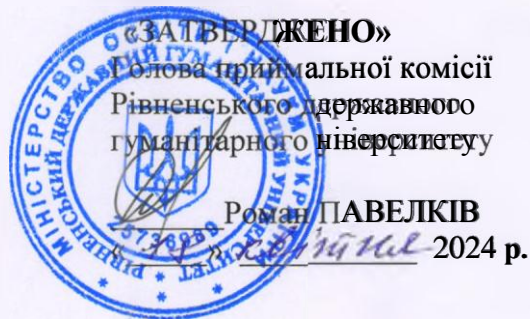


**Міністерство освіти і науки України  
Рівненський державний гуманітарний університет**



**ПРОГРАМА ФАХОВОГО ІСПИТУ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 113 ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА  
(освітньо-наукова програма «Прикладна математика»)  
для вступників на навчання для здобуття ступеня доктора філософії (PhD)  
на основі ЕПК7**

Схвалено науково-технічною радою РДГУ  
Протокол № 2 від 20.04. 2024 р.

Голова науково-технічної ради РДГУ

Олександр ДЕЙНЕГА

Схвалено на засіданні кафедри інформаційних технологій та моделювання  
Протокол № 3 від 18.03. 2024 р.

Завідувач кафедри інформаційних  
технологій та моделювання

Ігор МОРОЗ

Голова предметної екзаменаційної комісії

проф. Ярослав ПЕТРИВСЬКИЙ

**Розробники:**

Андрій СЯСЬКИЙ  
Володимир СЯСЬКИЙ  
Алеся СІНЧУК

**Програма фахового іспиту зі спеціальності 113 «Прикладна математика» для вступників на навчання здобуття ступеня доктора філософії на основі НРК7 / А.О.Сяський, В.А.Сяський, А.М.Сінчук. Рівне : РДГУ, 2024. 12 с.**

**Розробники:**

**Сяський А.О.**, доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій та моделювання РДГУ

**Сяський В.А.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та моделювання РДГУ

**Сінчук А.М.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та моделювання РДГУ

**Рецензент:**

**Турбал Ю.В.**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики НУВГП

**Шпортко О.В.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри обчислювальних методів МЕГУ «ПВНЗ «Міжнародний економіко-гуманітарний університет ім. акад. Степана Дем'янчука»

Програма фахового іспиту зі спеціальності 113 «Прикладна математика» для вступників на навчання здобуття ступеня доктора філософії на основі НРК7 призначена для допомоги вступникам до аспірантури Рівненського державного гуманітарного університету зі спеціальності 113 «Прикладна математика», визначає вимоги до рівня підготовки вступників, зміст освітніх компетентностей, критерії оцінювання знань вступників, список рекомендованої літератури, інформаційний ресурс.

Розглянуто на засіданні кафедри інформаційних технологій та моделювання (протокол № 3 від 26 березня 2024 р.).

## **ЗМІСТ**

<b>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>	4
<b>ЗМІСТ ФАХОВОГО ІСПИТУ</b>	6
1. Математичне моделювання	7
2. Математичні методи оптимізації та керування	7
3. Програмне та інформаційне забезпечення	7
4. Обчислювальні методи	8
5. Числові методи розв'язування диференціальних рівнянь	8
6. Функціональні простори і лінійні неперервні оператори	9
<b>КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ВСТУПНИКІВ</b>	10
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	12
<b>ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС</b>	12

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програму фахового іспиту зі спеціальності 113 «Прикладна математика» для вступників на навчання здобуття ступеня доктора філософії на основі НРК7 складено на основі освітньо-професійної програми «Прикладна математика» другого (магістерського) рівня освіти.

Програма фахового іспиту включає найбільш важливий матеріал курсів «Математичне моделювання», «Математичні методи оптимізації та керування», «Програмне та інформаційне забезпечення», «Обчислювальні методи», «Числові методи розв'язування диференціальних рівнянь», «Функціональні простори і лінійні неперервні оператори».

Окремим елементом конкурсного відбору при вступі в аспірантуру є розгляд та оцінювання екзаменаційною комісією дослідницької пропозиції та її презентації, що подаються вступником разом із іншими документами, обумовленими в Додатку 8 «Правил прийому на навчання для здобуття вищої освіти в Рівненському державному гуманітарному університеті в 2024 році», до Приймальної комісії РДГУ.

Основною метою дослідницької пропозиції за спеціальністю є встановлення рівня обізнаності вступника щодо потрібних для проведення певного наукового дослідження знань і вмінь, визначення його здатності сформулювати та обґрунтувати вихідні наукові положення та ідеї; схильності вступника до самостійного аналізу фундаментальних та прикладних наукових проблем, а також мотивації та здатності до розвитку дослідницьких компетентностей з обґрунтування актуальної наукової проблеми з відповідної спеціальності.

Структура, зміст та вимоги по оформленню дослідницької пропозиції сформульовані у Вимогах для вступників на PhD-програми РДГУ:

[https://rshu.edu.ua/images/nauka/dp\\_phd\\_2022.pdf](https://rshu.edu.ua/images/nauka/dp_phd_2022.pdf)).

На фаховому іспиті вступник повинен продемонструвати програмні результати навчання за ОПП Прикладна математика другого (магістерського) рівня освіти:

1. Володіння спеціалізованими фаховими знаннями, які є основою для критичного осмислення проблем, їх оригінального інноваційного вирішення в процесі дослідницької роботи і/або професійної діяльності на межі предметних галузей.
2. Знання: методології системного аналізу, моделювання, CASE-технологій проектування інформаційних і програмних систем; сучасні методи математичного та комп'ютерного моделювання і візуалізації даних у процесі дослідження, проектування та експлуатації інформаційних систем, інших об'єктів професійної діяльності.
3. Володіння: підходами та методами проектування архітектури інформаційних систем; методами аналізу вимог та проектування програмного забезпечення; мовами програмування і сучасними технологіями розробки інформаційних систем.
4. Знання методологічні принципи побудови операційних моделей, основних етапів та сутності операційних досліджень; застосовувати їх під час аналізу та синтезу інформаційних систем різного призначення та в задачах організаційно-економічного управління.
5. Знання: види звітності предметної області інформатизації та автоматизації; вимоги до наукових публікацій та риторики, інструментарію для оформлення та демонстрації наукових результатів.
6. Самостійно і колективно (виконавець або керівник групи) розв'язувати складні завдання професійної дослідницької і/або інноваційної діяльності, які потребують розвитку та інтеграції фундаментальних і міждисциплінарних знань (часто в умовах неповної інформації, суперечливих вимог).
7. Застосовувати принципи системного аналізу, моделювання та проектування об'єктів, систем і процесів інформатизації; використовувати державні та міжнародні стандарти в галузі інформаційних технологій при проектуванні, розробці та експлуатації інформаційних систем та програмного забезпечення.
8. Уміння будувати операційні моделі та здійснювати операційні дослідження в процесі аналізу, моделювання і синтезу інформаційних систем різного призначення.

9. Оперувати: сучасними ІТ-технологіями, CASE-засобами і системами автоматизованого проектування об'єктів та процесів інформаційних систем; сучасними парадигмами, технологіями і мовами програмування для розробки продуктів та сервісів інформаційних систем.
10. Розробляти та реалізовувати програми інноваційної діяльності; оцінювати інноваційні й технологічні ризики при впровадженні нових технологій; проводити підвищення кваліфікації та тренінги в галузі інноваційної діяльності.
11. Узагальнювати результати наукових досліджень і/або виробничо-технологічної діяльності, оприлюднювати їх на конференціях, у наукових виданнях, звітах тощо на засадах професійної сумлінності та академічної доброчесності; застосовувати такі результати при розробці та інтеграції систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій.
12. Застосовувати апаратно-програмні засоби інформаційної безпеки та цілісності даних у комп'ютерних та інформаційних системах.

Порядок проведення фахового іспиту:

- вступні іспити проводять з використанням екзаменаційних білетів складеними кафедрою інформаційних технологій та моделювання РДГУ;
- пакети екзаменаційних білетів і екзаменаційні відомості отримують голови предметних екзаменаційних комісій у день проведення вступного іспиту; факт отримання екзаменаційних матеріалів голови предметних екзаменаційних комісій засвідчують підписом у спеціальних журналах;
- зміст білетів фахового іспиту відповідає змісту Програми вступного іспиту;
- додаткові питання формулюються виключно відповідно до змісту Програми вступного іспиту;
- фахові іспити проводять тільки голова і члени екзаменаційної комісії, визначені наказом ректора;
- присутність сторонніх осіб (батьків, викладачів, які не є членами відповідної екзаменаційної комісії) на фаховому іспиті заборонена;
- зміни у складі екзаменаційних комісій дозволяються тільки на підставі наказу ректора;
- фаховий іспит проводять не менше двох екзаменаторів, які оцінюють відповідь вступника, засвідчуючи її своїми підписами в аркуші усної відповіді, аркуші результатів фахових іспитів (екзаменаційному листі) та екзаменаційній відомості;
- голова предметної екзаменаційної комісії засвідчує своїм підписом кожен з цих документів;
- аркуші усної відповіді та екзаменаційні листи голови предметних екзаменаційних комісій повертають головам відбіркових комісій після фахового іспиту в день його проведення;
- екзаменаційні відомості повертаються до приймальної комісії у день проведення вступного іспиту, про що зазначається у журналі їх видачі і підтверджується підписом голови предметної екзаменаційної комісії;
- допуск вступників до фахових іспитів здійснюється за умови наявності аркуша результатів вступних випробувань (екзаменаційного листа);
- фахові іспити проводяться згідно з розкладом, складеним приймальною комісією РДГУ;
- вступникам, які беруть участь в усних фахових іспитах, дозволяється мати при собі тільки ручку;
- вступники отримують тільки один комплект екзаменаційних завдань; заміна завдань не дозволяється;
- вступники мають право звернутися до екзаменаторів з проханням щодо уточнення умов завдань;
- під час фахових іспитів не дозволяється порушувати тишу, спілкуватися з іншими вступниками, користуватися електронними, друкованими, рукописними інформаційними джерелами;
- запис відповіді на екзаменаційні завдання здійснюється в аркуші усної відповіді, під якою ставиться підпис вступника, голови та членів екзаменаційної комісії;

- вступники, які не з'явилися на фаховий іспит без поважних причин у визначений розкладом час, до участі у подальших випробуваннях та в конкурсі не допускаються; за наявності поважних причин, підтверджених документально, вступники можуть бути допущені до пропущеного фахового іспиту з дозволу відповідального секретаря приймальної комісії в межах встановлених термінів та розкладу вступних іспитів;
- перескладання фахових іспитів не дозволяється.

Знання і уміння вступників оцінюються членами предметної комісії за шкалою оцінок від 0 до 200 балів відповідно до повноти і правильності відповіді на теоретичні питання та результатів співбесіди за дослідницькими пропозиціями.

## ЗМІСТ ФАХОВОГО ІСПИТУ

### 1. Математичне моделювання

- 1.1. Фізичне та математичне моделювання. Детерміновані, евристичні, імітаційні та ймовірнісні моделі.
- 1.2. Математичне моделювання. Внутрішні та зовнішні збурення.
- 1.3. Математичні моделі динамічних процесів із зосередженими параметрами. Дискретні та неперервні процеси.
- 1.4. Математичне моделювання. Фазовий стан і керування. Коректність моделей. Методи ідентифікації параметрів математичних моделей.
- 1.5. Методи статистичного оцінювання параметрів моделі. Методи перевірки гіпотез.
- 1.6. Методи ідентифікації динамічних моделей при неповних спостереженнях. Методи оцінки фазового стану при неповних спостереженнях.
- 1.7. Математичні моделі динамічних процесів з розподіленими параметрами. Коректність моделей.
- 1.8. Особливості математичного моделювання процесів неживої природи, моделювання процесів керування у живій природі, моделювання процесів пошуку оптимальних компромісів у конфліктно-керованих процесах та ієрархічно-керованих системах.
- 1.9. Метод максимальної правдоподібності. Метод найменших квадратів.
- 1.10. Зв'язок принципу максимуму із класичними задачами варіаційного числення.
- 1.11. Системний підхід в моделюванні складних систем.

### 2. Математичні методи оптимізації та керування

- 2.1. Керування розподіленими системами. Задачі керованості, метод Белмана, варіаційні методи знаходження оптимальних керувань для еліптичних і параболічних рівнянь.
- 2.2. Математичні методи оптимізації та керування. Застосування принципу максимуму до градієнтних методів.
- 2.3. Математичні методи оптимізації та керування. Наближенні методи розв'язку задач оптимального керування.
- 2.4. Математичні методи оптимізації та керування. Рівняння Белмана. Достатні умови оптимальності.
- 2.5. Принцип максимуму та метод динамічного програмування. Необхідні умови екстремуму в формі принципу максимуму Понтрягіна.
- 2.6. Математичні методи оптимізації та керування. Керованість та спостережуваність лінійних стаціонарних і нестаціонарних систем та їх зв'язок з проблемою моментів.
- 2.7. Математичні методи оптимізації та керування. Задачі керованості та спостереження динамічних систем.
- 2.8. Методи негладкої оптимізації (найшвидшого спуску, узагальнених градієнтів).
- 2.9. Алгоритми стохастичної оптимізації. Теорема Куна-Таккера.

### 3. Програмне та інформаційне забезпечення

- 3.1. Методи математичного і комп'ютерного моделювання як важливий інструмент сучасних наукових досліджень.
- 3.2. Задачі математичного програмування. Методи лінійного та нелінійного програмування.
- 3.3. Операційні системи. Засоби програмування (процедурно та об'єктно-орієнтовані).
- 3.4. Програмне та інформаційне забезпечення. Офісні системи (електронні таблиці, редактори текстів тощо).
- 3.5. Програмне та інформаційне забезпечення. Інформаційні системи.
- 3.6. Пакети програм і системи підтримки прийняття рішень.
- 3.7. Нормалізований процес і його застосування для розв'язку СЛАР з довільними прямокутними матрицями.
- 3.8. Бази даних і системи керування базами даних.
- 3.9. Інтелектуальні, експертні системи.

#### **4. Обчислювальні методи**

- 4.1. Формула Чебишева для числового інтегрування. Метод квадратур Гаусса.
- 4.2. Інтерполяційні квадратурні формули. Квадратурні формули Ньютона-Котеса.
- 4.3. Прямі методи розв'язування СЛАР. Елементи матриці обернення, відображення. Канонічна формула Жордана.
- 4.4. Прямі методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Обумовленість матриць і систем.
- 4.5. Алгебраїчна проблема власних значень. Власні вектори і власні значення матриць.
- 4.6. Обчислювальні методи. Властивості сингулярних матриць. Методи Якобі, Гівенса, Шварца.
- 4.7. Методи розв'язку узагальненої проблеми на власні значення. Зведення до звичайної задачі на власні значення, до узагальненої форми Шура.
- 4.8. Коректні та некоректні постановки задач. Класифікація коректно поставлених задач.
- 4.9. Прямі методи розв'язування СЛАР. Метод Гаусса. Метод квадратних коренів. Метод ортогоналізації
- 4.10. Оцінка достовірності розв'язків, отриманих прямими методами розв'язування СЛАР.
- 4.11. Однокрокові ітераційні процеси (простої ітерації, Гаусса-Зейделя, верхньої релаксації). Прискорення збіжності ітерації.
- 4.12. Двокрокові ітераційні процеси (явний двокроковий, напівітераційний Чебишева).
- 4.13. Достовірність розв'язків, отриманих ітераційними методами. Похибка реалізації обчислювальних алгоритмів на комп'ютерах.
- 4.14. Методи розв'язування СЛАР з прямокутними та квадратними виродженими матрицями. Узагальнені розв'язки СЛАР. Псевдообернені матриці
- 4.15. Сингулярне розкладання матриць. Методи А.Н. Тихонова, сингулярного розкладання, псевдообернення матриць.
- 4.16. Ітераційні методи розв'язку СЛАР з неєдиним розв'язком і сумісних СЛАР з симетричними матрицями.
- 4.17. Ітераційні методи отримання узагальнених розв'язків несумісних СЛАР.
- 4.18. Технологія обчислювального експерименту в науковому дослідженні. Планування експериментів.
- 4.19. Методи розв'язку систем нелінійних алгебраїчних і трансцендентних рівнянь. Нелінійні рівняння з одним невідомим. Знаходження комплексних коренів трансцендентних рівнянь.
- 4.20. Числове диференціювання та інтегрування.
- 4.21. Обчислювальні методи розв'язку систем нелінійних алгебраїчних і трансцендентних рівнянь. Числове розв'язування поліноміальних рівнянь.
- 4.22. Інтерполяція та середньоквадратичне наближення функцій. Загальна теорія похибок.
- 4.23. Розв'язок систем нелінійних рівнянь. Методи Ньютона, простої ітерації, квазіньютонівського типу, спуску.
- 4.24. Одно- і двокрокові градієнтні методи розв'язку систем рівнянь.
- 4.25. Поліноми Лагранжа, Ерміта, Чебишева. Формула Чебишева.
- 4.26. Обчислювальні методи. Інтерполяція та середньоквадратичне наближення функцій. Інтерполяція функцій кубічними сплайнами.

#### **5. Числові методи розв'язування диференціальних рівнянь**

- 5.1. Числове диференціювання з застосуванням формул Ньютона, Стірлінга.
- 5.2. Схеми методу скінчених елементів та їх збіжність.
- 5.3. Ітераційні методи розв'язку різницевих задач на власні значення.
- 5.4. Явні та неявні різницеві схеми. Метод скінчених елементів. Метод скінчених різниць. Збіжність методів.
- 5.5. Числові методи розв'язку диференціальних рівнянь у частинних похідних. Постановки задач. Крайові, початкові умови. Узагальнені розв'язки.
- 5.6. Числові методи розв'язку крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку. Оцінка числа обумовленості матриць. Базисні функції. Достовірність



розв'язків.

- 5.7. Метод скінчених елементів. Дискретизація, збіжність методу.
- 5.8. Метод скінчених різниць. Дискретизація, апроксимація, стійкість, збіжність розв'язку.
- 5.9. Проекційні методи розв'язку крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку. Оцінка похибки.
- 5.10. Постановка крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку. Проблема існування, єдиності і коректності для крайових задач.
- 5.11. Багатокрокові методи числового інтегрування задачі Коші. Методи Адамса, Гіра, Куртіса-Хіршенфельда. Збіжність і стійкість багатокрокових методів.
- 5.12. Однокрокові методи числового інтегрування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Явний і неявний методи Ейлера, Рунге-Кутта. Методи Ейлера-Коші.
- 5.13. Постановка задачі Коші. Існування і єдиність розв'язку. Стійкість розв'язків

## **6. Функціональні простори і лінійні неперервні оператори**

- 6.1. Обчислення власних значень і власних функцій деяких диференціальних операторів. Постановка задачі.
- 6.2. Лінійні нормовані, банахові та гільбертові простори, приклади.
- 6.3. Ортогональні проєкції, їх властивості. Задача про найкраще наближення.
- 6.4. Лінійні неперервні функціонали, спряжений простір, теорема Хана-Банаха.

## РОХРАХУНОК ЗАГАЛЬНОГО РЕЙТИНГОВОГО БАЛУ

Табл. 1

Змістові блоки фахового випробування	Оцінки у балах
Загальні теоретичні питання	100
Співбесіда за результатами дослідницької пропозиції матеріалів опублікованих робіт	100
Загальний рейтинговий бал	200

### Критерії оцінювання відповідей на загально-теоретичні питання вступного іспиту

Максимальна оцінка за відповідь на загально-теоретичні питання складає 100 балів. Критерії оцінювання відповідей на загально-теоретичні питання вступного іспиту представлено у таблиці 2.

Табл. 2

Критерії оцінювання	Оцінка у балах
Відповіді вступника визначаються правильним і глибоким розумінням суті питання програмового матеріалу; глибоким і аргументованим викладенням матеріалу. Реалізація алгоритмів поставлених задач є оптимальною, а комп'ютерні програми не переобтяженими зайвими непродуктивними командами.	100-90
Вступник демонструє правильне і глибоке розуміння суті питання програмового матеріалу, але при цьому допускає окремі неточності неprincipiального характеру. В завданнях практичного характеру реалізація алгоритмів є неоптимальною. Комп'ютерні програми можуть містити окремі непродуктивні команди, які не спотворюють кінцевий результат.	89-74
Відповіді вступника визначаються правильним розумінням суті питання програмового матеріалу, але при цьому допускаються окремі неточності у формулюваннях. Завдання практичного характеру не розв'язані або у їх розв'язку допущено грубі алгоритмічні помилки, що свідчить про поверхневий, фрагментарний характер знань вступника.	73-59
Відповіді вступника невірні, фрагментарні, засвідчують відсутність нерозуміння програмового матеріалу в цілому.	58-0

### Критерії оцінювання результатів співбесіди за дослідницькими пропозиціями

Оцінювання результатів співбесіди за дослідницькими пропозиціями відбувається на вступному іспиті зі спеціальності 113 Прикладна математика як його складова. Критерії оцінювання: наукова новизна; обґрунтованість; оригінальність науково-дослідницьких ідей; реалістичність науково-дослідницьких ідей; повнота вкладки всіх структурних частин; переконлива презентація дослідницької пропозиції.

Максимальна кількість балів за дослідницьку пропозицію складає 100 балів.

Критерії оцінювання відповідей на запитання співбесіди за дослідницькими пропозиціями зі спеціальності 113 Прикладна математика наведено в таблиці 3.

Табл. 3

Критерії оцінювання	Оцінка у балах
У відповідях вступника чітко зазначені наукова новизна, оригінальність, реалістичність науково-дослідницьких ідей; повнота вкладки всіх структурних частин; переконлива презентація дослідницької пропозиції.	100-90

У відповідях вступника зазначені наукова новизна; обґрунтованість; оригінальність; реалістичність науково-дослідницьких ідей. Структурні частини презентації дослідницької пропозиції викладені недостатньо переконливо.	89-74
У відповідях вступника наукова новизна; обґрунтованість; оригінальність, реалістичність науково-дослідницьких ідей недостатньо висвітлені. Порушується логіка викладення структурних частин презентації дослідницької пропозиції.	73-59
У відповідях вступника не відображено наукової новизни; обґрунтованості; оригінальності; реалістичності науково-дослідницьких ідей . Відсутня презентація дослідницької пропозиції.	58-0

Результати фахового випробування та оцінювання дослідницької пропозиції підсумовуються в таблиці 4.

Табл. 4

<b>Рівень компетентності</b>	<b>Шкала оцінювання</b>	<b>Національна шкала оцінювання</b>
Високий	180-200	відмінно
Достатній	150-179	добре
Середній	100-149	задовільно
Початковий	0-99	незадовільно

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бомба А.Я., Булавацький В.М., Скопецький В.В. Нелінійні математичні моделі процесів геогідродинаміки. Київ : Наукова думка, 2007. 308 с.
2. Боярищева Т.В., Гудивок Т.В., Погоріляк О.О. Функціональний аналіз : навч. посіб. для студентів спец. «математика», «прикладна математика», «статистика». Ужгород, 2013. 125 с.
3. Василюшин Т.В., Гой Т.П., Федак І.В. ІНТЕГРАЛЬНІ РІВНЯННЯ : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. напрямів підготовки «математика», «прикладна математика». Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2014. 512 с.
4. Гой Т.П., Махней О.В. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ : навч. посіб. для студентів напрямів підготовки «інформатика», «прикладна математика» вищ. навч. закл. Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2010. 343 с.
5. Грищенко О.Ю., Оноцький В.В. Курс лекцій з комплексного аналізу. Київ : Наукова думка, 2015. 304 с.
6. Іващук О.Т. Економіко-математичне моделювання : навч. посіб. Тернопіль : ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
7. Методи оптимізації і дослідження операцій : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / уклад.: Н.О. Гончарова, А. І. Ігнатюк, Н. А. Малиш та ін. Київ : МАУГІ, 2005. 304 с.
8. Олійник Л.О. Лекції з функціонального аналізу : навч. посіб. Дніпродзержинськ : Видавництво ДДГУ, 2000. 97 с.
9. Павленко А.В., Кагадій Л.П., Копорулін В.Л. Теорія функцій комплексної змінної. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2012. 736 с.
10. Павленко В., Тимошенко А., Бескорвний О. Дослідження операцій і методи прийняття технічних рішень. Київ : Університет «Україна», 2013. 412 с.
11. Сяський А.О., Сяський В.А., Шевцова Н.В. Чисельні методи прикладної математики. Рівне : Видавничій відділ РДГУ, 2019. 111 с.
12. Сяський А.О., Сяський В.А., Шевцова Н.В. Чисельні методи : навч. посіб. Рівне : О.Зень, 2024. 382 с.

## ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС

1. [fmi-rshu.org.ua](http://fmi-rshu.org.ua)
2. <http://citforum.ru/> - апаратні та програмні засоби, інформаційне обслуговування, інформаційний пошук, інформаційні ресурси для фінансових спеціалістів, інформаційні системи, інформаційні технології, мережеві технології та ін.
3. Public\факультет математики та інформатики\МАГІСТР\Прикладна математика\Назва дисципліни - навчально-методичні комплекси дисциплін для студентів спеціальності 113 Прикладна математика ступінь вищої освіти «Магістр»