

Міністерство освіти і науки України
Рівненський державний гуманітарний університет



«ЗАТВЕРДЖЕНО»

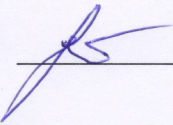
Голова приймальної комісії
Рівненського державного
гуманітарного університету

Руслан ПОСТОЛОВСЬКИЙ

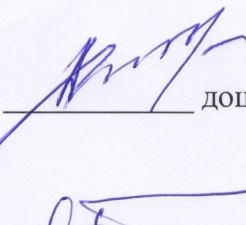
«27» квітня 2023 р.

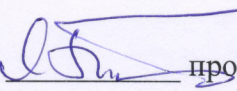
**ПРОГРАМА ФАХОВОГО ІСПИТУ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 113 «ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА»
для вступників на навчання для здобуття ступеня доктора філософії
на основі НРК7**

Схвалено вченою радою факультету математики та інформатики
Протокол № 4 від «26» квітня 2023 р.

Голова вченої ради
факультету математики та інформатики  доц. Юрій МАКСИМЦЕВ

Схвалено навчально-методичною комісією факультету математики та інформатики
Протокол № 3 від «19» квітня 2023 р.

Голова навчально-методичної комісії
факультету математики та інформатики  доц. Микола АНТОНЮК

Голова предметної екзаменаційної комісії  проф. Ярослав ПЕТРІВСЬКИЙ

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, 2023. - 11 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 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 28 лютого 2023 р.).

ЗМІСТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	4
ЗМІСТ ФАХОВОГО ІСПИТУ	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
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ВСТУПНИКІВ	10
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	12
ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС	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 2023 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).

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 2 до 5 балів відповідно до повноти і правильності відповіді на кожне з питань.

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 (прості 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, прості 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 різницьових задач на власні значення.
- 5.4. Явні та неявні різницьові 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 проекції, їх властивості. Задача про найкраще наближення.
- 6.4. Лінійні неперервні функціонали, спряжений простір, теорема Хана-Банаха.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ВСТУПНИКІВ

Рівень професійної компетентності вступників оцінюється за шкалою оцінок від 2 до 5 балів:

I рівень – початковий Відповіді вступника на теоретичні питання елементарні, фрагментарні, зумовлюються початковими уявленнями про сутність математичних категорій. У відповідях на практичні та творчі завдання вступник не виявляє самостійності, демонструє не вміння аналізувати діяльність учасників навчально-виховного процесу, приймати рішення.

II рівень – середній. Вступник володіє певною сукупністю теоретичних знань, практичних умінь, навичок, здатний виконувати завдання за зразком, володіє елементарними вміннями здійснювати пошукову, евристичну діяльність, самостійно здобувати нові знання.

III рівень – достатній. Вступник знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, абстрагуванням, узагальненням тощо), вміє робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь повна, правильна, логічна, обґрунтована, хоча їй і бракує власних суджень.

IV рівень – високий. Передбачає глибокі знання з фахових дисциплін; ерудицію, вміння застосовувати знання творчо, здійснювати зворотній зв'язок у своїй роботі, самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію. Відповідь вступника свідчить про його вміння адекватно оцінити власні здібності, можливості, рівень домагань, психологічні особливості; вибрати найефективніший варіант поведінки в тій чи іншій ситуації; регулювати власні емоційні стани, долати критичні ситуації тощо.

**Таблиця відповідності
рівнів підготовки значенням шкали оцінювання від 2 до 5 балів знань вступників
під час фахового іспиту**

Рівень компетентності	Шкала оцінювання	Національна шкала оцінювання
Початковий Відповіді вступника невірні, фрагментарні, засвідчують відсутність розуміння програмового матеріалу в цілому.	2	незадовільно
Середній Відповіді вступника визначаються правильним розумінням суті питання програмового матеріалу, але при цьому допускаються окремі неточності у формулюваннях, доведеннях теорем. Завдання практичного характеру не розв'язані або у їх розв'язку допущено грубі алгоритмічні і обчислювальні помилки, що свідчить про поверхневий, фрагментарний характер знань вступника.	3	задовільно
Достатній Вступник демонструє правильне і глибоке розуміння суті питання програмового матеріалу, але при цьому при доведенні теорем або тверджень допускає окремі неточності не принципового характеру. В завданнях практичного характеру реалізація алгоритмів є неоптимальною. Комп'ютерні програми можуть містити окремі непродуктивні команди, які не спотворюють кінцевий результат.	4	добре

Високий Відповіді вступника визначаються правильним і глибоким розумінням суті питання програмового матеріалу; глибоким і аргументованим доведенням теорем або основних математичних тверджень. Реалізація алгоритмів поставлених задач є оптимальною, а комп'ютерні програми не переобтяженими зайвими непродуктивними командами.	5	відмінно
---	----------	-----------------

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Т.В. Боярищева, Т.В. Гудивок, О.О. Погоріляк. Функціональний аналіз. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «математика», «прикладна математика», «статистика». Ужгород, 2013. 125 с.
2. В. Павленко, А. Тимошенко, О.Бескорвний Дослідження операцій і методи прийняття технічних рішень. К.: Університет «Україна», 2013. 412 с.
3. Методи оптимізації і дослідження операцій: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Н. О. Гончарова, А. І. Ігнатюк, Н. А. Малиш та ін. К.: МАУГІ, 2005. 304 с.
4. Іващук О.Т. Економіко-математичне моделювання: навч. посіб. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
5. Ляшенко І.М., Коробкова М.В., Столяр А.М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів: Навч. посіб. Тернопіль: Навчальна книга «Богдан», 2006. 304 с.
6. Бомба А.Я., Булавацький В.М., Скопечкий В.В. Нелінійні математичні моделі процесів геогідродиніки. К.: Наукова думка, 2007. 308 с.
7. А.В.Павленко, Л.П.Кагадій, в.л. Копорулін. Теорія функцій комплексної змінної. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. 736 с.
5. Сяський А.О., Сяський В.А., Шевцова Н.В. Чисельні методи прикладної математики. Рівне: Видавничий відділ РДГУ, 2019. 111 с.
6. Гой Т.П., Махней О.В. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ. Навчальний посібник для студентів напрямів підготовки «інформатика», «прикладна математика» вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2010. 343 с.
7. Грищенко О.Ю., Оноцький В.В. Курс лекцій з комплексного аналізу. Київ: Наукова думка, 2015. 304 с.
8. Василишин Т.В., Гой Т.П., Федак І.В. ІНТЕГРАЛЬНІ РІВНЯННЯ. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів напрямів підготовки «математика», «прикладна математика». Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2014. 512 с.
9. Л.О. Олійник. Лекції з функціонального аналізу. Навчальний посібник. Дніпродзержинськ: Видавництво ДДТУ, 2000. 97 с.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС

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