

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Приймальною комісією

Протокол №

«

»

2022 р.

Заступник голови Приймальної
комісії

Ю. О. Каганов



ПРОГРАМА ФАХОВОГО ІСПИТУ З МАТЕМАТИКИ

Освітній ступінь: магістр
Спеціальність: 111 Математика
Освітня програма: Математика

Запоріжжя – 2022 рік

I. Пояснювальна записка

1. Мета фахового іспиту з "математики" – з'ясувати рівень теоретичних знань та практичних навичок вступників, яких вони набули під час навчання на освітньому ступені/рівні бакалавра/спеціаліста/магістра, з метою формування рейтингового списку та конкурсного відбору вступників на навчання за освітнім ступенем магістра спеціальності 111 Математика у межах ліцензованого обсягу.

1. Форма фахового іспиту.

Фаховий іспит проходить з застосуванням електронної системи навчання «Moodle» відповідно до тем зазначених в програмі фахового іспиту.

У разі повітряної тривоги під час складання фахового іспиту, іспит переривається, учасники можуть пройти до укриття. Якщо повітряна тривога буде короткочасною, учасники можуть продовжити складання фахового іспиту.

2. Білети: структура білету.

Білет фахового іспиту містить теоретичні тестові питання, які складаються в онлайн форматі за допомогою електронної системи навчання «Moodle».

Зміст питань включає наступні дисципліни: дискретна математика, алгебра і теорія чисел, диференціальна геометрія та топологія, інформатика і програмування, комплексний аналіз, диференціальні рівняння, методи обчислень, теорія ймовірностей, математична статистика з елементами теорії випадкових процесів, математична логіка, рівняння математичної фізики.

Завдання фахового іспиту спрямовані на виявлення достатнього рівня знань і вмінь з вищезазначених дисциплін, який дозволить продовжити навчання за обраною спеціальністю та отримати освітній рівень магістра. Підсумкова оцінка за результатами фахового іспиту оцінюється за шкалою від 1 до 200 балів за наведеними нижче критеріями.

4. Вимоги до відповіді вступника.

Відповідь на тестові завдання передбачає знання основних понять, аналіз законів та формул, за необхідності – їх виведення, розв'язання задачі.

Відповіді на питання повинні бути точними, чіткими, логічними та послідовними.

II. Критерії оцінювання

Для особи, яка претендує на зарахування за ступенем магістра (за 200 бальною шкалою):

Високий рівень (175-200 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: в повній мірі засвоїв увесь програмний матеріал, показує знання не лише основної, але й додаткової літератури, наводить власні міркування, робить узагальнюючі висновки, використовує знання з суміжних галузевих дисциплін.

Достатній рівень (150-174 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: має також високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь досить логічна, з елементами самостійності, але містить деякі неточності або пропуски в неосновних питаннях. Можливе слабке знання додаткової літератури, недостатня чіткість у визначенні понять.

Задовільний рівень (124-149 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна, містить неточності, робить помилки при визначенні понять, відчуває труднощі.

Низький рівень (100-123 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вмін-

ня: в загальній формі розбирається у матеріалі, допускає суттєві помилки при визначенні понять.

До участі у конкурсі не допускається (0-99 балів), якщо вступник виявив такі знання та вміння: не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при визначенні понять.

III. Структура програми

ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА

Предмет та методи дискретної математики. Елементи теорії множин та відношення. Дії над множинами. Властивості дій над множинами. Відношення. Основні види відношень. Метод математичної індукції. Формула включень та виключень.

Елементи комбінаторного аналізу. Правила суми та добутку. Комбінації з повтореннями та без повторень. Твірні функції (генератрис). Рекурентні послідовності та рівняння.

Теорія графів. Означення графу за Харарі, Зиковим та Бержем. Класифікація графів, їх частин та маршрутів. Ізоморфізм графів: інваріанти графів відносно ізоморфізму. Групи автоморфізмів графу. Деревя: задача про мінімальне остовне дерево. Зв'язність графів та покриття; задача про максимальне паросполучення. Планарність графів, алгоритм укладки графа на площині. Ейлерови графи: задача китайського листоноши. Гамільтонові графи: задача комівояжера.

Теорія кодування. Основні означення та проблеми. Кріптологія. Однозначне декодування. Коди з мінімальною надлишковістю. Коди, що самокоректуються.

АЛГЕБРА І ТЕОРІЯ ЧИСЕЛ

Математичний текст. Елементи математичної логіки. Ведення та робота із конспектом. Висловлювання та дії над ними. Предикати та квантори. Логічний наслідок. Доведення. Математична індукція.

Елементи теорії множин. Множина, підмножина, рівність множин. Дії над множинами. Прямий (Декартів) добуток множин.

Бінарні відношення. Бінарні відношення. Основні поняття. Властивості бінарних відношень. Дії над бінарними відношеннями. Відношення еквівалентності. Класи еквівалентності. Відношення порядку. **Відповідності та функції.** Відповідності. Основні поняття. Дії над відповідностями. Властивості відповідностей. Функціональні відповідності.

Система натуральних чисел. Еквівалентні множини. Означення натурального числа. Дії над натуральними числами та їх властивості.

Системи цілих та раціональних чисел. Побудова системи цілих чисел. Дії над цілими числами. Властивості системи цілих чисел. Відношення подільності цілих чисел. Ділення з остачею. Алгоритм Евкліда. НСД. Взаємно прості числа. Прості числа. Теорема Евкліда. Основна теорема арифметики. Побудова системи раціональних чисел. Дії над раціональними числами та їх властивості.

Алгебраїчні системи. Бінарні операції. Алгебраїчні структури (системи). Властивості бінарних операцій. Напівгрупи моноїди. Групи. Поняття групи. Приклади груп. Підгрупи. Система твірних групи. Циклічні групи. Порядок елемента. Порядок групи. Групи підстановок. Ізоморфізм груп.

Кільця та поля. Поняття та приклади кілець. Класифікація кілець. Поля. Властивості кілець та їх елементів. Підкілець. Мультиплікативна група кільця. Ізоморфізм кілець.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ТОПОЛОГІЯ

Предмет та методи диференціальної геометрії. Історичні відомості. Евклідове та неевклідове простори. Довжина дуги кривої, натуральний параметр. Геометрія на сфері та псевдосфері. Моделі площини Лобачевського.

Риманова метрика. Метрика в криволінійних координатах. Перетворення координат, якобіан. Поняття риманової метрики: випадок полярних, сферичних, циліндричних координат. Довжина кривої та кути в римановій геометрії. Метрика на сфері і площині Лобачевського.

Теорія кривих. Дотичний вектор, нормаль та бінормаль. Кривина і скрут. Формули Френе.

Теорія поверхонь. Перша і друга квадратичні форми. Нормальні й гаусові кривини. Теорема Менґе і Ейлера. Середня та гаусова кривини. Формули обчислення середньої та гаусової кривини.

Тензорні поля. Поняття тензорного поля. Алгебраїчні властивості та операції над тензорними полями. Тензорні поля та риманова метрика. Коваріантне диференціювання тензорних полів. Риманові зв'язності. Обчислювальні формули для символів Крістоффеля. Геодезичні лінії та їх властивості.

Диференційовані многовиди. Поняття диференційованого многовиду. Локальні координати. Поверхні як многовиди. Проективна площина та тривимірний проективний простір як многовиди.

Предмет топології. Основні етапи розвитку топології (історичні довідки). Загальне поняття простору. Топологія у додатках. Основні факти з теорії множин: рівнопотужність, зчисленність та незчисленність, потужність множини усіх підмножин даної множини, потужність континууму. Частково упорядковані множини і лема Цорна.

Елементи загальної топології. Метричні простори. Відкриті та замкнуті множини. Збіжність. Поповнення. Приклади. Топологічні простори. Операції над відкритими та замкнутими множинами. Околиці, граничні точки. Замикання. Відкриті бази. Перша і друга аксіоми зчисленності. Зв'язність та локальна зв'язність. Метризація. Приклади топологій (метризуємих і неметризуємих) в просторах функцій, норми в полі раціональних чисел та поповнення до них. Неперервні відображення метричних і топологічних просторів. Гомеоморфізм. Неперервні функції. Неперервні путі, лінійна зв'язність. Способи побудування топологічних просторів: підпростори, фактор-простори (відображення, отождоження), склеювання двох просторів по неперервному відображенню.

Топологічні групи. Топологічні групи. Приклади: групи руху, афінних та інших перетворень. Зв'язні топологічні групи.

ІНФОРМАТИКА І ПРОГРАМУВАННЯ

Інформація та інформатика. Інформаційні процеси. Поняття обчислювальної системи. Апаратне та програмне забезпечення ЕОМ. Функціональні системи сучасної ПЕОМ. Методи представлення інформації у ЕОМ. Системи числення. Операційна система: призначення, різновиди, основні функції. Файлова система. ОС MS DOS: структура, основні команди. ОС WINDOWS: основні поняття, властивості та засоби роботи. Поняття діалогової оболонки. Приклади файлових менеджерів. Основні функції та засоби роботи. Засоби створення, коригування, збереження інформації різних типів.

Програми-процесори: текстові, графічні, табличні; їх основні функції на прикладі MS Word, MS Excel. Комп'ютерні мережі: можливості, різновиди, апаратна та програмна підтримка. Основи роботи з Internet. Алгоритми та питання алгоритмізації. Форми представлення алгоритмів.

Технологія програмування. Системи програмування. Система Turbo Pascal. Поняття про технологію програмування. Основні етапи розробки програми. Програмний продукт, етапи його розробки та супроводження. Види трансляторів, їх особливості. Мова програмування PASCAL. Історія розвитку. Основні об'єкти мови. Огляд типів даних. Структура програми. Синтаксис і семантика операторів мови Turbo Pascal. Основні типи даних. Приклади застосування. Процедури та функції у мові Turbo Pascal. Механізм обміну даними між основною програмою та допоміжними програмами. Апарат формальних і фактичних параметрів. Локальні та глобальні змінні. Рекурсії. Складні структури даних – масиви, рядки, множини, записи, файли. Особливості їх застосування. Проблема вибору найефективнішого типу даних. Графічні можливості мови програмування Turbo Pascal. Технічні аспекти комп'ютерної графіки. Загальна схема роботи з використанням графічного режиму. Графічні примітиви та інші інструменти для організації графічних побудов. Особливості побудови динамічних сцен. Математичний апарат комп'ютерної графіки. Основи роботи з програмними пакетами MathCad, Maple.

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ

Комплексна площина. Функції комплексної змінної. Розширена комплексна площина і сфера Рімана.

Комплексна диференційованість. Похідна. Теорема Коші-Рімана, умови Коші-Рімана. Аналітичні функції. Геометричний зміст модуля і аргументу похідної. Конформні відображення.

Степінь і корінь. Експонента і логарифм. Дробово-лінійні відображення. Тригонометричні і гіперболічні функції. Функція Жуковського.

Інтеграл, його властивості. Первісна. Формула Ньютона-Лейбніца. Інтегральна теорема Коші для трикутного контуру і загальний випадок. Інтегральна формула Коші. Теорема про середнє. Теорема Ліувілля. Нескінченна диференційованість аналітичної функції. Формула Коші для похідних. Теорема Морера.

Функціональні послідовності і ряди. Рівномірна збіжність всередині області. Теорема Вейерштрасса. Степеневі ряди. Формула Коші-Адамара. Аналітичність: суми ряду. Формули Коші, Тейлора для коефіцієнтів. Теорема про розвинення аналітичної функції в ряд. Голоморфні функції. Еквівалентність означень аналітичної і голоморфної функцій. Нулі аналітичних функцій. Теорема єдиності. Ізольовані особливі точки однозначного характеру. Теорема про усуну особливу точку. Поліус і істотна особлива точка. Теорема Ю.В. Сохоцького.

Ряди Лорана. Формули для коефіцієнтів. Теорема Лорана. Нерівність Коші. Головна частина ряду Лорана в ізольованій особливій точці. Характеристика усунуї особливої точки, поліуса, істотно особливої точки в термінах головної частини ряду Лорана.

Лишки. Теорема Коші про лишки. Лишок в нескінченно віддаленій точці. Логарифмічний лишок. Теорема про логарифмічний лишок. Принцип аргументу. Теорема Руше. Основна теорема вищої алгебри. Принцип максимуму модуля. Лема Шварца.

Аналітичні функції і конформні відображення. Теорема Рімана (формулювання, доведення єдиності). Конформна класифікація однозв'язних областей. Гармонічні функції, їх зв'язок з аналітичними функціями. Формула Пуассона.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ

Загальні поняття і визначення диференціальних рівнянь. Диференціальні рівняння першого порядку. Закони складання диференціальних рівнянь. Геометрична ілюстрація диференціальних рівнянь першого порядку розв'язаних щодо похідної. Диференціальні рівняння із розділеними змінними і змінними, що поділяються.

Лінійні диференціальні рівняння першого порядку. Загальне рішення. Методи інтегрування. Рівняння Бернуллі. Диференціальні рівняння першого порядку в повних диференціалах. Інтегруючий множник. Особливі точки, їх класифікація. Геометрична ілюстрація. Диференціальні рівняння першого порядку не розв'язанні щодо похідної. Рівняння Лагранжа, Клеро, Рікатті.

Лінійні диференціальні рівняння другого порядку. Загальне і частинне рішення однорідного рівняння другого порядку. Частинні рішення неоднорідного рівняння. Метод варіацій довільних сталих. Знаходження частинних рішень неоднорідного диференціального рівняння по виду правої частини. Задача Коші.

Диференціальні рівняння n -го порядку. Нагода зниження порядку диференціального рівняння n -го порядку. ЛДР з постійними коефіцієнтами. Рівняння Ейлера. Лінійні неоднорідні диференціальні рівняння. Засоби знаходження загального рішення однорідного рівняння і частинного рішення неоднорідного диференціального рівняння. Інтегрування лінійних диференціальних рівнянь при допомозі рядів.

Теорія стійкості. Визначення стійкості рішень по Ляпунову. Найпростіші типи точок спокою. Признаки від'ємності дійсних частин всіх коренів багаточлена. Нагоди малого коефіцієнту при похідній вищого порядку.

Операційне числення. Основні поняття. Види інтегральних перетворень. Перетворення Лапласа. Одержання зображень для всіх основних функцій. Таблиця. Оригінал – Зображення. Зображення похідних.

МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ

Апроксимація функцій. Інтерполяційний многочлен Лагранжа. Кінцеві та розділені різниці. Інтерполяційні многочлени Ньютона.

Чисельне інтегрування. Квадратурні формули прямокутників, трапецій, Сімпсона. Квадратурна формула Гауса. Правило Рунге практичної оцінки похибки.

Чисельні методи лінійної алгебри. Метод Гауса. Метод Гауса з вибором головного елемента. Обчислення визначників та оберненої матриці. Метод простих ітерацій та метод Зейделя. Метод прогонки.

Методи розв'язання нелінійних рівнянь та систем. Метод ітерацій. Метод Ньютона. Метод ділення відрізка пополам. Метод найшвидшого (градієнтного) спуска.

Методи розв'язання задачі Коші для звичайного диференціального рівняння. Чисельні методи розв'язку задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь: Ейлера, "предиктор-коректор", модифікований метод Ейлера, метод Рунге-Кутта четвертого порядку точності, Адамса.

Методи розв'язання крайової задачі для лінійного звичайного диференціального рівняння другого порядку. Методи мінімізації нев'язки та метод Гальоркіна. Різницьовий метод.

ТЕОРІЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ, МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА З ЕЛЕМЕНТАМИ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Випадкові події. Основні поняття теорії ймовірностей. Простір елементарних подій. Прості і складені випадкові події. Операції над полями. Ймовірність на дискретному просторі елементарних подій. Класичне визначення ймовірності. Геометрична ймовірність. Статистична ймовірність.

Залежні та незалежні випадкові події. Незалежність. Умовна ймовірність та її властивості. Ймовірність появи випадкової величини принаймні один раз. Формула повної ймовірності та формула Байеса.

Повторювані незалежні експерименти. Схема випробувань Бернуллі. Найімовірніше число появи випадкової події. Локальна та інтегральна теореми Муавра-Лапласа. Формула Пуассона для маловірогідних подій. Найпростіший потік подій.

Одновимірні випадкові величини. Дискретні та неперервні випадкові величини. Закони розподілу їх ймовірностей. Функція розподілу ймовірностей та її властивості. Щільність ймовірностей та її властивості.

Числові характеристики випадкових величин та їх властивості. Математичне сподівання, його властивості. Мода та медіана випадкової величини. Дисперсія, її властивості та середнє квадратичне відхилення. Початкові та центральні моменти. Асиметрія та ексцес.

Функції випадкових аргументів. Функції одного випадкового аргументу. Числові характеристики функції дискретного випадкового аргументу. Функції неперервного випадкового аргументу та їх числові характеристики.

Закон великих чисел. Граничні теореми теорії ймовірностей. Закон великих чисел. Нерівність Чебишова. Теорема Чебишова. Теорема Бернуллі. Центральна гранична теорема теорії ймовірностей.

Випадкові процеси. Кореляційна теорія випадкових процесів. Характеристики суми випадкових процесів. Характеристики похідної та інтеграла від випадкового процесу. Стационарні випадкові процеси.

Основні поняття й елементи вибіркової теорії. Імовірісно-статистична модель і задачі математичної статистики. Основні поняття і визначення вибіркового методу в статистиці. Варіаційний і інтервальний статистичні ряди. Емпірична функція розподілу. Графічне представлення статистичних рядів. Вибіркові характеристики.

Оцінювання невідомих параметрів розподілу. Поняття статистичної оцінки. Класифікація точкових оцінок (незсунуті, заможні, ефективні й оптимальні оцінки). Точкові оцінки невідомих параметрів розподілу. Поняття довірчого інтервалу (Неймана і Пірсона). Довірча ймовірність, рівень значимості. Довірче оцінювання параметрів розподілу. Поняття статистичної гіпотези і статистичного критерію. Основні типи статистичних гіпотез. Критична область. Помилки першого і другого роду. Загальна схема перевірки статистичної гіпотези.

МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА

Математична логіка як метатеорія математики.

Висловлення. Висловлювальні форми.

Операції алгебри висловлень. Формули та підформули алгебри висловлень. Порядок виконання операцій. Таблиці істинності. Тавтології, суперечності.

Логічно еквівалентні (рівносильні) формули алгебри висловлень, еквівалентні перетворення.

Булеві функції. Реалізація булевих функцій формулами та схемами із функціональних елементів.

Геометрична інтерпретація функцій алгебри логіки.

Розкладання булевих функцій по змінним. Нормальні форми та алгоритми їх побудови.

Числення висловлень. Система аксіом числення висловлень. Правила виведення. Змістовна інтерпретація відомих правил виводу. Формальне доведення. Виведення всіх наслідків з даних посилок. Теорема дедукції. Несуперечність та повнота числення висловлень.

Предикат. Квантори. Заперечення формул з кванторами. Числові квантори. Рівносильність формул логіки предикатів. Логічно загальнозначущі (тотожно істинні) та виконувані формули логіки предикатів. Числення предикатів. Аксіоми числення предикатів і правила виведення. Теорема дедукції в численні предикатів.

Принципи побудови формальних теорій. Теорії, інтерпретації, моделі. Несуперечність, повнота, незалежність в аксіоматичних теоріях.

Елементи теорії алгоритмів. Загальне поняття алгоритму. Основні вимоги до алгоритмів. Підходи до уточненню поняття «алгоритм». Машина Тьюринга. Тезис Черча. Нормальний алгоритм Маркова. Поняття про рекурсивні функції. Принцип нормалізації.

РІВНЯННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Предмет і задачі теорії рівнянь математичної фізики.

Класифікація диференціальних рівнянь в частинних похідних (ДРЧП) другого порядку від двох незалежних змінних.

Постановка задач математичної фізики.

Рівняння гіперболічного типу. Хвильові процеси в обмежених областях. Метод Фур'є. Задача Коші для нескінченної струни. Формула Даламбера. Задача Коші для хвильового рівняння в просторі. Формула Кірхгофа.

Вільні коливання прямокутної мембрани. Рівняння параболічного типу. Принцип Максимуму. Мішана задача для рівняння теплопровідності. Задача Коші для рівняння теплопровідності.

Рівняння еліптичного типу. Постановка крайових задач. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Основна формула теорії гармонічних функцій. Задача Діріхле для круга. Функція Гріна оператора Лапласа для задачі Діріхле. Побудова функції Гріна за допомогою конформного відображення. Теорія потенціалів.

IV. Список рекомендованої літератури

- 1) Білоус Н.В. Основи комбінаторного аналізу: Навч. посіб. / Н.В.Білоус, З.В.Дудар, Н.С.Лесна, І.Ю.Шубін. - Харків: ХТУРЕ, 1999. - 96 с.
- 2) Комбінаторика: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. М. Бушмакін, В. К. Гануліч, А. З. Мохонько, С. І. Томецька, Н. М. Тимошенко; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2002. — 195 с.
- 3) Базилевич Л.Є. Дискретна математика у прикладах і задачах : теорія множин, математична логіка, комбінаторика, теорія графів / Л.Є. Базилевич. — Математичний практикум. — Львів, 2013. — 486 с.
- 4) Новицький І.В. Дискретна математика: навч. посібник / І.В. Новицький, С.А. Ус. — Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. — 89 с.
- 5) Нікольський Ю.В. Дискретна математика / Ю.В.Нікольський, В.В.Пасічник, Ю.М.Щербина — Київ: Видавнича група ВНУ, 2007. — 368 с.
- 6) Андрійчук В.І. Вступ до дискретної математики / В.І.Андрійчук, М.Я.Комарницький, Ю.Б.Іщук. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. — 254 с.
- 7) Ємець О.О. Дискретна математика: навч. посібник / О.О.Ємець, Т.О.Парфьонова. — Полтава : РВВ ПУСКУ, 2009. — 287 с.

- 8) Павлова Л.В. Елементи комбінаторики і стохастики : навчально-методичний посібник / Л.В.Павлова, Р.Л.Дітчук. — Підручники і посібники. — Тернопіль, 2005. — 159 с.
- 9) Кузьменко І.М. Теорія графів : навч. посіб. / І.М. Кузьменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 71 с.
- 10) Шахно С.М. Чисельні методи лінійної алгебри : навч. посіб. / С.М. Шахно. — Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. — 250 с.
- 11) Ганюшкін О.Г. Завдання до практичних занять з алгебри і теорії чисел (теорія груп) / О.Г.Ганюшкін, О.О.Безущак. — К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2007. — 103 с.
- 12) Безущак О.О. Завдання до практичних занять з лінійної алгебри (векторні простори) / О.О.Безущак, О.Г.Ганюшкін. — К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2010. — 257 с.
- 13) Овсієнко С. Лекції з лінійної алгебри (векторні простори, матриці та форми) - К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 90с.
- 14) Калашнікова, Н.В. Елементи алгебри та їх застосування в криптографії : посібник / Н.В. Калашнікова. — Д.: РВВ ДНУ, 2015. — 40 с.
- 15) Рокіцький І.О. Застосування лінійної алгебри / І.О.Рокіцький, О.Б.Панасенко. - Вінниця, 2012. - 238 с.
- 16) Зеліско В.Р. Основи лінійної алгебри і аналітичної геометрії: навч.посібник / В.Р.Зеліско, Г.В.Зеліско. - Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. - 326 с.
- 17) Курбатова І.М. Диференціальна геометрія / І. М. Курбатова. — Одеса :Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020. — 66 с.
- 18) Городецький В.В., Мартинюк О.В. Диференціальна геометрія в теоремах і задачах: Навчальний посібник. - Чернівці: Рута, 2006. - 400 с.
- 19) Франовський А.Ц. Диференціальна геометрія : Навчальний посібник для студентів фізико-математичних факультетів / А.Ц.Франовський, С.О.Карплюк — Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2013. — 188 с.
- 20) Разумова М.А. Основи векторного і тензорного аналізу: навчальний посібник / М. А. Разумова, В. М. Хотяїнцев. — К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2011. — 216 с.
- 21) Лиман Ф.М. Основи векторного та тензорного аналізу: Навчальний посібник для студентів фізико-математичних факультетів. — Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2005. — 84 с.
- 22) Анісімов А.В., Кулябко П.П. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посіб. — Київ : КНУ ім. Т. Шевченка. — 2017. — 107 с.
- 23) Ярцев В.П. Організація баз даних та знань: навчальний посібник.-Київ: ДУТ. - 2018. - 214 с.
- 24) Козак Л.І. Основи програмування : навч. посіб. / Л.І. Козак, І.В. Костюк, С.П.Стачевич. — Львів : «Новий Світ–2000», 2017. — 328 с.
- 25) Кучма М.І. Математичне програмування: приклади і задачі : навч. посіб. / М.І.Кучма. — Львів : «Новий Світ–2000», 2017. — 344 с.
- 26) Глушик М.М. Математичне програмування : підруч. / М.М. Глушик, І. М. Копич. — Львів, 2017. — 280 с.
- 27) В.В. Зубенко, Л.Л. Омельчук Програмування. Поглиблений курс. — К.:Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2011. - 623 с.
- 28) Следзінський І.Ф., Василенко Я.П. Основи інформатики. Посібник для студентів. — Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2003. — 160 с.

- 29) Єжов С.М. Теорія функцій комплексної змінної: навч. посіб. для студентів фізичних спеціальностей університетів / С.М.Єжов, М.А.Разумова. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 191 с.
- 30) Павленко А.В. Теорія функцій комплексної змінної: Навч. посібник / А.В.Павленко, Л.П.Кагадій, В.Л.Копорулін. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. - 188с.
- 31) Мастиновський Ю.В. Теорія функцій комплексної змінної: Навчальний посібник / Ю.В.Мастиновський, Г.А.Шишканова. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. – 160 с.
- 32) Килимник І. М., Яримбаш Д.С. Диференціальні рівняння: Навчальний посібник / І.М.Килимник, Д.С.Яримбаш. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 102 с.
- 33) Сясєв А.В. Диференціальні рівняння: Навч. посіб. / А.В.Сясєв. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. – 356 с.
- 34) Новицький І.В. Випадкові процеси : Навчальний посібник / І.В. Новицький, С.А.Ус. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 125 с.
- 35) Павленко А.В., Кагадій Л.П., Копорулін В.Л. Операційне числення: Навч.посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. 42 с.
- 36) Фельдман Л. П. Чисельні методи в інформатиці / Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О. А. Дмитрієва. – К. : Видавнича група BVH. – 2006, – 480 с.
- 37) Огірко О.І., Галайко Н.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О.І.Огірко, Н.В.Галайко. – Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292 с.
- 38) Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб./ О.І.Кушлик-Дивульська, Н.В.Поліщук, Б.П.Орел, П.І.Штабалюк. – К: НТУУ «КПІ», 2014. – 212с.
- 39) Васильків І.М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 184 с.
- 40) Толбатов Ю. А. Математична статистика та задачі оптимізації в алгоритмах і програмах. – Київ, 2000.
- 41) Колосов А.І. Теорія ймовірностей і математична статистика / А.І.Колосов, Ю.Є.Печеніжський, С.О.Станішевський. Харків: ХНАМГ, 2008. – 52 с.
- 42) Голомозий В.В. Збірник задач з теорії ймовірностей та математичної статистики : навч. посібник / В.В. Голомозий, М.В. Карташов, К.В. Ральченко. – Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2015. – 366 с.
- 43) Барковський В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Теорія ймовірностей та математична статистика. Київ: ЦУЛ, 2002. 448 с.
- 44) Герич М.С., Синявська О.О. Математична статистика: навч. посіб. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2021. 146 с.
- 45) Гончаренко Я.В. Теорія ймовірностей і математична статистика. Практикум. Київ : НПУ імені М.П.Драгоманова, 2011. 145 с.
- 46) Зайцев Є.П. Теорія ймовірностей і математична статистика. Київ : Алерта, 2013. 440 с.
- 47) Чорней Р.К. Практикум з теорії ймовірностей та математичної статистики. Київ, 2006. – 328 с.
- 48) Василенко О.А., Сенча І.А. Математично-статистичні методи аналізу у прикладних дослідженнях: навч. посіб. Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2011. 166 с.
- 49) Жлуктенко В.І., Наконечний С.І., Савіна С.С. Теорія ймовірностей і математична статистика: Навч.-метод. посібник: У 2-х ч. Київ : КНЕУ, 2001. 336 с.
- 50) Капітонова Ю.В., Кривий С.Л., Летичевський О.А., Луцький Г.М., Печурін М.К. Основи дискретної математики. Підручник. – К.: Наукова думка, 2002. – 580 с.
- 51) Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник. – К.: Вища шк., 2002.

- 52) Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя : КПУ, 2011. – 268 с.
- 53) Черняк О.І. Інтелектуальний аналіз даних: підручник. – К: Знання, 2014. –599 с.

Голова фахової
атестаційної комісії



В.І. Горбенко