

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор ДНУ



Сергій ОКОВИТИЙ

“ 25 ” 06 2021 р

«ПОГОДЖЕНО»

В.о. проректора з наукової роботи

Олег МАРЕНКОВ

“ 25 ” 06 2021 р

**ПРОГРАМА**  
**ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПІРАНТУРИ**  
**треть (освітньо-науковий) рівень**  
для здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю *113 Прикладна математика*  
*освітньо-наукова програма Прикладна математика*  
*(на основі освітнього ступеня магістра)*  
*(освітньо-кваліфікаційного ступеня спеціаліста)*

*Дніпро*  
*2021*

Програма вступного іспиту для конкурсного відбору вступників до аспірантури для здобуття ступеня вищої освіти доктора філософії (PhD) за спеціальністю **113 Прикладна математика**, **вибір 1: «Математичне моделювання та обчислювальні методи»**, **вибір 2: «Комп'ютерна механіка»**, **вибір 3: «Механіка рідини, газу та плазми»** (на основі освітнього ступеня магістра (освітньо-кваліфікаційного ступеня спеціаліста) –Д: ДНУ, 2020. – 21 с.

Розробники:

1. Гук Н.А., гарант освітньої програми, керівник проектної групи, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних технологій;
2. Турчина В.А., кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики;
3. Лобода В.В., доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки
4. Дреус А.Ю., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу.

Програма вступного іспиту ухвалена:

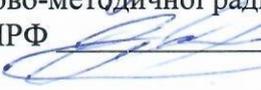
на засіданні кафедри комп'ютерних технологій (протокол № 20 від 24.05.2021 р.)  
Завідувач кафедри комп'ютерних технологій  / Наталія ГУК/

на засіданні кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики  
(протокол № 19 від 05.05.2021 р.)  
Завідувач кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики  / Валентина ТУРЧИНА/

на засіданні кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки  
(протокол № 15 від 17.06.2021 р.)  
Завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки  / Володимир ЛОБОДА/

на засіданні кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу  
(протокол № 13 від 31.05.2021 р.)  
Завідувач кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу  / Андрій ДРЕУС/

- на засіданні науково-методичної ради ФПМ (протокол № 12 від 27.05.2021 р.)  
Голова НМРФ  (Ольга ПРИТОМАНОВА)

- на засіданні науково-методичної ради ММФ (протокол № 11 від 25.06.2021 р.)  
Голова НМРФ  (Олександр ГУБИН)

- на засіданні вченої ради ФПМ (протокол № 11 від 27.05.2021 р.)

- на засіданні вченої ради ММФ (протокол № 11 від 25.06.2021 р.)

Голова вченої ради ФПМ  (Олена КІСЕЛЬОВА)

Голова вченої ради ММФ  (Олександр ХАМІНІЧ)

Гарант освітньо-наукової програми  / Наталія ГУК/

# 1. ЗМІСТ РОЗДІЛІВ ТА ТЕМ ДИСЦИПЛІН

## Загальна частина

### 1. Методологія та організація наукових досліджень

Прикладна математика – комплексна наукова галузь спрямована на розробку математичних та комп'ютерних моделей складних систем та процесів, яка базується на фундаментальних поняттях математичного аналізу, диференціального числення, теорії функцій; класичних методах обчислень та побудові алгоритмів; моделюванні, аналізі та оптимізації складних систем; моделюванні комп'ютерних систем обробки інформації; теорії керування і прогнозування, прийнятті рішень в умовах конфлікту, невизначеності та ризику; алгоритмізації, проектуванні програмного та апаратного забезпечення.

Наука як система знань. Основні поняття науки. Поняття наукового дослідження: основні ознаки та характеристики. Вимоги до визначення наукових досліджень. Основні види наукових досліджень.

Методологія дослідження. Загальнонаукові принципи дослідження. Конкретна наукова методологія. Методи і техніка дослідження. Поняття та загальна характеристика емпіричних методів наукового дослідження.

Спостереження як емпіричний метод наукового дослідження. Емпіричні методи: вимірювання, порівняння, узагальнення. Експеримент. Сутність та характеристика основних теоретичних методів наукового дослідження. Особливості логічного та хронологічного підходів при проведенні теоретичних досліджень.

Форми викладу матеріалів дослідження та наукові видання. Форми висвітлення підсумків наукової роботи. Усна передача інформації про наукові результати.

### 2. Спеціальні розділи фундаментальних математичних дисциплін

Функції. Різні означення функції. Операції над неперервними функціями.

Означення похідної та її геометрична інтерпретація. Дослідження функцій за допомогою похідних. Умови локального екстремуму.

Невизначений інтеграл та його основні властивості. Практичне застосування операції інтегрування.

Числовий ряд, його сума, збіжність. Властивості збіжних рядів та критерії збіжності. Властивості абсолютно збіжних рядів.

Функціональні ряди та їх збіжність.

Функції багатьох змінних, їх неперервність та властивості. Необхідні та достатні умови локального екстремуму.

Поняття матриці, критерії невиродженості матриць. Матричні рівняння.

Системи лінійних рівнянь. Фундаментальна система розв'язків однорідної системи лінійних рівнянь, її властивості.

Лінії другого порядку, їх канонічні рівняння та зображення.

Поверхні другого порядку, їх канонічні рівняння та зображення. Методи приведення ліній та поверхонь другого порядку до канонічного виду.

Диференціальне рівняння та його розв'язки. Прикладні задачі, що приводяться до диференціальних рівнянь.

Рівняння з відокремлюваними змінними. Однорідні диференціальні рівняння першого порядку. Лінійні диференціальні рівняння першого порядку. Метод варіації сталих.

Теореми про існування, єдиність та продовжуваність розв'язку задачі Коші. Залежність розв'язку задачі Коші від початкових даних та параметрів.

Рівняння, не розв'язані відносно похідної. Існування розв'язків, особливі розв'язки. Рівняння Лагранжа та Клеро.

Якісна теорія диференціальних рівнянь вищих порядків. Інтегровні типи рівнянь  $n$ -го порядку.

Загальна теорія лінійних систем диференціальних рівнянь  $n$ -го порядку. Фундаментальна система розв'язків. Загальний розв'язок лінійної однорідної системи.

Стійкість за Ляпуновим положень рівноваги, асимптотична стійкість. Основні теореми про стійкість. Стійкість лінійних систем із сталими коефіцієнтами.

Особливі точки лінійних та нелінійних систем. Нелінійні автономні системи другого порядку, їх лінеаризація. Стійкість за першим наближенням.

Диференціальні рівняння у частинних похідних (ДРЧП) гіперболічного типу. Задачі опису вільних коливань струни (нескінченої, напівнескінченої, скінченного розміру).

ДРЧП параболічного типу. Задачі опису розповсюдження тепла у стрижні (скінченного розміру, напівнескінченного, нескінченного).

ДРЧП еліптичного типу. Фундаментальні розв'язки рівняння Лапласа у просторі та на площині. Інтегральні формули Гріна. Функція Гріна та її застосування в задачах еліптичного типу.

### **3. Методи обчислень**

Наближення функцій за допомогою інтерполяційного многочлена Лагранжа, інтерполяційних многочленів Ньютона. Метод найменших квадратів середньоквадратичного наближення функцій.

Чисельне інтегрування за допомогою квадратурних формул інтерполяційного типу: формула Ньютона-Котеса.

Квадратурні формули найвищого алгебраїчного ступеня точності: формула Гаусса.

Методи розв'язування нелінійних рівнянь: метод простої ітерації, метод хорд, метод Ньютона. Умови збіжності (без доведення). Оцінка похибки (без доведення).

Прямі методи розв'язування СЛАР: метод Гаусса, метод квадратного кореня, метод ортогоналізації.

Ітераційні методи розв'язування СЛАР: метод простої ітерації, метод Зейделя. Умови збіжності методів (без доведення). Оцінка похибки (без доведення).

Аналitичні методи розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР): метод Пікара, метод розкладання розв'язку в ряд.

Числові методи розв'язування задачі Коші для ЗДР: методи Рунге-Кутта, методи Адамса. Порядок точності методів (без доведень).

## **Вибіркова частина**

### **За вибором 1: «Математичне моделювання та обчислювальні методи»**

#### **1. Дискретна математика**

Поняття множини, способи представлення множин, операції над множинами. Розбиття та покриття. Властивості операцій над множинами. Універсальна множина. Булеан. Реалізація операцій над підмножинами універсума.

Упорядкована множина, прямий добуток множин. Відношення. Композиція відношень. Властивості відношень. Відношення еквівалентності, клас еквівалентності. Відношення порядку, мінімальний елемент. Відношення домінування. Симетричне відношення. Композиція відношень. Функціональне відношення, типи відображень (ін'єкція, бієкція, сюр'єкція).

Функції алгебри логіки, приклади логічних функцій. Розкладення булевих функцій за змінними. Досконала диз'юнктивна нормальна форма, приведення диз'юнктивної нормальної форми до вигляду досконалої диз'юнктивної нормальної форми.

Замкнені класи, властивості замикання. Класи функцій, що зберігають значення констант. Принцип двоїстості у дискретній математиці. Клас самодвоїстих функцій. Клас

монотонних функцій. Клас лінійних функцій. Алгебра Жегалкіна, полином Жегалкіна. Функціональна повнота. Лема про немонотонні функції. Лема о нелінійних функціях. Теореми про функціональну повноту. Теорема Поста.

## **2. Методи оптимізації та дослідження операцій**

Постановка задачі оптимізації та основні поняття. Приклади екстремальних задач та їх формалізація. Основні класи екстремальних задач. Умови існування розв'язків екстремальних задач. Класичний метод знаходження екстремумів функції однієї змінної. Класичний метод знаходження екстремумів функції багатьох змінних. Методи розв'язування класичної задачі на умовний екстремум.

Теоретичні основи оптимізації. Опуклі множини. Опуклі функції та їх основні властивості. Критерії опуклості диференційовних функцій. Субградієнт та субдиференціал опуклої функції та їх властивості.

Необхідні і достатні умови екстремуму. Необхідні умови мінімуму в задачах умовної оптимізації. Умови оптимальності в задачі умовної опуклої недиференційовної оптимізації. Теорема Куна-Такера. Диференціальна та субдиференціальна форми теореми Куна-Такера та її узагальнення. Двоїстість в задачі опуклого програмування.

Числові методи одновимірної оптимізації. Метод ділення відрізка навпіл (метод дихотомії). Метод золотого перерізу. Метод Фібоначчі. Порівняння методів лінійного пошуку.

Числові методи безумовної оптимізації. Метод покоординатного спуску. Метод конфігурацій, метод Розенброка. Метод пошуку по деформованому багатограннику. Градієнтні методи. Метод Ньютонів. Методи спряжених напрямків та спряжених градієнтів. Метод спряжених градієнтів. Методи змінної метрики (квазіньютоніві методи).

Числові методи умовної оптимізації. Метод проекції градієнта. Метод умовного градієнта. Метод лінеаризації. Методи можливих напрямків. Метод відокремлюючої гіперплощини. Методи штрафних функцій.

Числові методи безумовної недиференційованої оптимізації. Метод узагальненого градієнтного спуску. Узагальнений градієнтний спуск з розтягом простору в напрямку субградієнта,  $r$ -алгоритм Н.З. Шора.

## **3. Бази даних та інформаційні системи**

Характеристика понять "База даних", "Інформаційна система", "Система управління базами даних". Етапи проектування БД. Моделі даних. Реляційна модель даних. Базові поняття реляційної моделі даних: відношення, кортеж, атрибут, тіло, степінь, потужність відношення.

Схема реляційної БД. Поняття первинного та зовнішнього ключа. Цілісність реляційних даних. Операції, які можуть порушити цілісність БД. Цілісність реляційних даних. Потенційні та зовнішні ключі. Цілісність зовнішніх ключів. Типи зв'язку між таблицями БД. Можливі аномалії в таблицях БД. Призначення нормалізації. Нормальні форми відношень. Коректність процедури нормалізації. Поняття транзакції. Транзакції та відновлення даних. Теорема Хеза.

Сучасні СКБД. SQL — мова структурованих запитів. Оператор SELECT. Формат оператору. Застосування ключового слова WHERE. Запис умов пошуку для полів різного типу. Оператор SELECT. Формат оператору. Застосування ключових слів DISTINCT, AS, ORDER BY. Застосування ключових слів JOIN ... USING ..., NATURAL JOIN, GROUP BY..., HAVING. Застосування ключових слів COUNT, SUM, MAX, MIN, AVG. Застосування ключових слів IN, EXISTS, NOT EXISTS, UNION, INTERSECT, EXCEPT.

Формат та призначення операторів INSERT, UPDATE, DELETE. Формат та призначення операторів CREATE TABLE, ALTER TABLE, DROP TABLE.

#### **4. Операційні системи та системне програмування**

Основні концепції операційних систем (ОС). Поняття операційної системи, її призначення та функції. Класифікація сучасних операційних систем. Функціональні компоненти операційних систем.

Архітектура операційних систем. Базові поняття архітектури операційних систем. Реалізація архітектури ОС. ОС та її оточення. Особливості архітектури UNIX, Linux, Windows.

Керування процесами та потоками. Базові поняття процесів і потоків. Багатопотоковість та її реалізація. Керування процесами в UNIX і Linux. Керування процесами у Windows. Керування потоками в UNIX, Linux, Windows.

Планування процесів і потоків. Види планування. Алгоритми планування. Реалізація планування в Linux. Реалізація планування в Windows.

Взаємодія потоків. Основні проблеми взаємодії потоків. Базові механізми синхронізації потоків. Взаємодія потоків у Linux. Взаємодія потоків у Windows.

Міжпроцесова взаємодія. Види та базові механізми міжпроцесової взаємодії.

Керування оперативною пам'яттю. Основи технології віртуальної пам'яті. Сегментація пам'яті. Сторінкова та сторінково-сегментна організація пам'яті.

Логічна організація файлових систем. Поняття файлу і файлової системи. Організація інформації у файловій системі. Операції над файлами і каталогами.

Реалізація файлових систем. Інтерфейс віртуальної файлової системи VFS. Файлові системи ext2fs і ext3fs. Файлова система /proc. Файлова система NTFS.

#### **5. Теорія прийняття рішень**

Прийняття рішень в умовах невизначеності, обумовленої незнанням. Аксиоми корисності. Поняття нерандомізованих та рандомізованих розв'язків. Критерії оптимальності. Статистичні розв'язки.

Прийняття рішень в умовах невизначеності, обумовленої свідомою протидією. Дискретні та неперервні моделі. Принципи обереженості і врівноваженості та їх використання в теорії.

Основна теорема теорії матричних ігор. Позиційна форма гри.

Кооперативні та некооперативні підходи в прийнятті рішень. Класифікація задач теорії прийняття рішень.

#### **6. Інтелектуальні системи**

Формалізація знань в системах штучного інтелекту. Структура досліджень в галузі інтелектуальних систем.

Представлення задач у системах штучного інтелекту. Представлення задач у просторі станів. Представлення задач шляхом зведення до підзадач.

Моделі представлення знань. Логіко-лінгвістичні моделі – реляційні та предикатні. Формальні системи. Мережі та фрейми.

Експертні та діагностичні системи. Структура експертних систем та їх реалізація. Моделі дійсності. Механізм виводу. Системи, що навчають. Архітектура по способу розв'язання задачі (ситуаційні моделі). Тестування і діагностика (експертиза знань). Керування навчанням (ситуаційне керування). Виведення в умовах невизначеності.

## За вибором 2: «Комп'ютерна механіка»

### 1. Обчислювальні методи теорії пружності

Рівняння руху та рівноваги. Рівняння руху та рівноваги в циліндричній системі координат. Головні напруження.

Тензор малої деформації. Вирази для компонент тензора малої деформації через переміщення в декартовій та циліндричній системах координат. Головні деформації.

Узагальнений закон Гука для анізотропного матеріалу. Різні випадки пружної симетрії (до ізотропного матеріалу). Узагальнений закон Гука для однорідного ізотропного тіла.

Задача теорії пружності в переміщеннях. Принцип Сен-Венана. Теорема Клапейрона.

Формула Бетті і теорема взаємності Бетті. Варіаційне рівняння Лагранжа. Метод Рітца. Принцип мінімуму додаткової роботи. Представлення переміщень через гармонійні і бігармонійні функції.

Розв'язок Кельвіна. Елементарний розв'язок Буссінеска 1 роду. Елементарний розв'язок Буссінеска II роду. Задача Буссінеска (про дію зосередженої сили на пружний півпростір). Формули Сомільяни. Задача Герца (постановка і одержання інтегрального рівняння). Розв'язок інтегрального рівняння і дослідження задачі Герца. Випадок осьової симетрії.

Напівобернений метод Сен-Венана. Постановка задачі кручення та згину бруса. Функція напружень. Потенціальна функція крайової задачі Сен-Венана. Мембранна аналогія Прандтля. Два типу хвиль. Поверхневі хвилі Релея. Хвилі Лява.

### 2. Плоска задача теорії пружності та механіка руйнування

Функція напружень Ері. Представлення переміщень за її допомогою. Комплексне представлення функції Ері. Формули Колосова-Мусхелішвілі. Структура комплексних потенціалів у випадку однозв'язних, многозв'язних, скінчених та безмежних областей.

Осесиметричні граничні задачі теорії пружності для кругової області (зовнішня та внутрішня). Многозв'язні області. Частинні випадки. Класичні задачі плоскої теорії пружності. Плоскі задачі теорії пружності, які зводяться до задач лінійного спряження.

Неоднозначні переміщення. Поняття дислокації. Тріщина, особливості розв'язку.

Основи лінійної механіки руйнування. Поняття дислокації. Тріщина, особливості розв'язку. Коефіцієнт інтенсивності напружень та інваріантний інтеграл.

### 3. Теорія пластичності

Механічні властивості твердих тіл. Умови плинності первинно-ізотропного матеріалу.

Теорія малих пружно-пластичних деформацій. Постулат Друкера. Асоційований закон плинності.

Постановка основних задач теорії пластичності. Загальні теореми теорії малих пружно-пластичних деформацій.

Простіші задачі теорії пластичності. Пружно-пластичний вигин балок. Порожниста куля під дією тиску.

Характеристики і лінії ковзання. Простіші приклади полів ковзання. Кручення призматичних стержнів.

### 4. Критерії міцності, теорія стійкості та теорія пластин і оболонок

Статичний метод визначення критичних навантажень. Задача Ейлера для стержня.

Вплив умов закріплення кінців стержня на критичну силу втрати стійкості.

Динамічний критерій стійкості. Стійкість стержня під дією слідкувальної сили.

Критерії міцності та їх аналіз. Класичні критерії міцності. Руйнування матеріалів при наявності тріщин та інших дефектів структури.

Основні співвідношення теорії тонких пластин. Основні припущення та співвідношення безмоментної теорії оболонок.

Вісесиметрична деформація оболонок обертання.

### **За вибором 3: «Механіка рідини, газу та плазми»**

#### **1. Аерогідромеханіка**

Модель суцільності середовища. Метод Ейлера та метод Лагранжа, як два підходи до опису руху суцільного середовища. Кінематика. Основні поняття. Траєкторії частинок. Лінії струму. Поняття нестислої рідини. Рівняння неперервності. Сили, що діють на рідину. Поняття ідеальної рідини. Рівняння руху для ідеальної рідини. Рівняння руху в напругах. Гідростатика. Рівняння гідростатики. Розподіл тиску в рідині в полі сил тяжіння.

Гідростатичний парадокс. Барометрична формула. Закон Архімеда. Відносна рівновага. Рівняння руху Ейлера в формі Громеки-Лямба. Інтеграл Бернуллі. Інтеграл Коши -Лагранжа.

Плоскі задачі гідромеханіки ідеальної нестислої рідини. Властивості комплексного потенціалу. Приклади аналітичних функцій та їх гідродинамічне тлумачення. Формули Чаплигіна-Блазіуса. Розрахунок сили та моменту, що діють на довільний профіль. Теорема Жуковського. Задача про обтікання кругового циліндра. Обтікання циліндра без циркуляції. Визначення полів швидкостей та значення тиску на поверхні циліндру. Обтікання циліндра з циркуляцією. Метод конформних відображень. Задача про обтікання еліптичного контуру. Функція Жуковського. Обтікання пластини. Постулат Чаплигіна-Жуковського. Просторові задачі ідеальної рідини. Теорема Томсона. Терма Лагранжа. Перша теорема про зберігання інтенсивності вихорових ліній. Друга теорема про зберігання інтенсивності вихорових ліній. Розв'язок задачі про рух сфери в ідеальній нестислій рідині.

Закон Ньютона для в'язкої рідини. Узагальнений закон Ньютона. Система рівнянь Нав'є-Стокса. Течія Пуазеля. Закон Пуазеля-Гагена. Течія в'язкої рідини в шарі. Закони подібності та критерії подібності для руху в'язкої рідини. Геометрична та кінематична подібність. Турбулентність та методи осереднення. Властивості процедури осереднення. Осереднення рівнянь Нав'є – Стокса. Найпростіші моделі турбулентності. Формула Прандтля. Універсальний логарифмічний профіль. Турбулентна течія в трубі. Вплив шорсткості. Гідравлічні втрати. Формула Нікурадзе. Місцеві опіри. Течія рідини через отвір.

#### **2. Газова динаміка**

Основні параметри течій рідин та газів. Про особливості динаміки газу. Відомості з термодинаміки. Швидкість звука в газі. Число Маха, як критерій динамічної стисливості газу. Рівняння енергії для одномірної течії газу. Вивід рівняння енергії в одномірній постановці для стаціонарних течій. Рівняння енергії енергоізоляованої течії. Газодинамічні функції адіабатичних течій. Вимір швидкості газу.

Стрибки ущільнення. Природа і види стрибків ущільнення. Прямі стрибки ущільнення. Ударна адіабата. Теорема Г. Цемплена. Косі стрибки ущільнення.

Хвилі розширення в плоскому надзвуковому потоці газу. Аналіз течії газу в центрованій хвилі розширення. Хвилі розширення при звуковій початковій швидкості. Хвилі розширення при надзвуковій початковій швидкості.

Теорема про обернення впливу. Елементарна теорія геометричного сопла. Сопло Лаваля. Розрахункові та нерозрахункові режими течії.

Течії газу по циліндричним трубам з урахуванням тертя. Течії газу по циліндричній трубі з теплопідводом.

Виведення теореми імпульсів для одномірних стаціонарних течій.

Теорія ракетного двигуна.

### **3. Теорія теплообміну**

Основні поняття про теплообмін і теплопередачу: теплопровідність, теплоємність, конвекція, тепловий потік, конвективний теплообмін тощо. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Постановка крайових задач теорії теплопровідності і теплопередачі: I-го роду, II-го роду та III-го роду. Теплопровідність тіл найпростішої форми при стаціонарному режимі. Плоска стінка при стаціонарному режимі теплопровідності. Поняття про термічний опір при теплопередачі через стінку. Циліндрична стінка в стаціонарному режимі. Теплопровідність багатошарової стінки. Поняття про теплову ізоляцію стінки. Теплопровідність стінки при наявності теплових джерел. Метод Фур'є для розв'язання нестационарних лінійних задач теплопровідності (для одномірного випадку). Основні закономірності поняття конвективного теплообміну. Основні критерії конвективного теплообміну і що вони означають: критерій Нусельта, Критерій Прандтля, критерій Пекле. Основні поняття радіаційного випромінювання. Закон Планка. Закон Релея-Джонса. Закон зміщення Віна. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кірхгофа.

## **2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЗАПРОПОНОВАНИХ ДЛЯ ІСПИТУ**

Вступні випробування проводяться за рішенням екзаменаційної комісії за білетами. Для підготовки відповіді використовують екзаменаційні листки, що зберігаються в особовій справі вступника.

З програмами вступних випробувань, переліком питань, порядком проведення вступних випробувань за спеціальністю 113 Прикладна математика, вступники мають змогу ознайомитися на офіційному сайті ДНУ.

Рівень знань вступників оцінюється екзаменаційною комісією за стобальною системою. Результати проведення вступного випробування оформляються протоколом, в якому фіксуються екзаменаційні питання. На кожного вступника ведеться окремий протокол. Протоколи прийому вступних випробувань після затвердження зберігаються в особовій справі вступника.

**Питання, запропоновані для вступників в аспірантуру за спеціальністю 113 Прикладна математика в 2021 р.**

### **Питання загальної частини**

#### **1. Методологія та організація наукових досліджень**

Надати характеристику процесу наукового пізнання. Охарактеризувати структурні елементи теорії пізнання. Метод наукового пізнання. Ознаки наукової діяльності. Структура формування теорії. Означення понять: наукова ідея, гіпотеза, теорія, закон. Види, функції та предмет наукової діяльності, суб'єкт та предмет наукової діяльності. Характеристика поняття «наукове дослідження», основні форми наукових досліджень. Об'єкт, предмет та фактори наукового дослідження, послідовність етапів наукового дослідження. Етапи реалізації та оформлення результатів наукового дослідження. Роль логічних методів у наукових дослідженнях, індуктивний та дедуктивний методи дослідження, приклади. Моделювання та сфери його використання. Техніка опрацювання інформації, порядок роботи над текстом, вимоги до використання цитат.

#### **2. Спеціальні розділи фундаментальних математичних дисциплін**

Диференціювання функції однієї і декількох змінних. Частинні похідні. Необхідні та достатні умови диференційованості.

Визначений інтеграл і його властивості. Теорема про середнє значення.

Кратні інтеграли. Поверхневі інтеграли. Криволінійні інтеграли.

Формули Гріна, Стокса, Остроградського.

Числові ряди. Абсолютна та умовна збіжність. Ознаки збіжності числових рядів.

Функціональні ряди, властивості рівномірно збіжних функціональних рядів. Ознака Вейерштрасса.

Криві другого порядку, зведення їх до канонічного вигляду і класифікація.

Матриці і операції над ними. Визначники і їх властивості.

Системи лінійних алгебраїчних рівнянь та їх дослідження.

Лінійне звичайне диференціальне рівняння. Фундаментальна система розв'язків лінійних диференціальних рівнянь. Метод варіації постійних для розв'язання неоднорідних рівнянь.

Задачі, що зводяться до рівнянь еліптичного типу. Задачі, що зводяться до рівнянь гіперболічного типу. Задачі, що зводяться до рівнянь параболічного типу.

#### **3. Методи обчислень**

Ітераційні методи розв'язування СЛАР. Умови збіжності методів. Методи наближення функцій: інтерполювання, середньоквадратичне наближення. Порівняння методів.

Чисельне інтегрування. Геометричне тлумачення.  
Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) методами Рунге-Кутта. Розрахункові формули. Похибки методів.  
Загальні принципи побудови різницевих схем для лінійних диференціальних рівнянь.

## **Питання вибіркової частини**

### **За вибором 1: «Математичне моделювання та обчислювальні методи»**

#### **1. Дискретна математика**

Множини, операції над множинами. Бінарні відношення та їх властивості. Розкладання булевих функцій за змінними, досконала диз'юнктивна нормальна форма. Зображення функцій у вигляді поліному Жегалкіна. Функціональна повнота систем булевих функцій.

#### **2. Методи оптимізації та дослідження операцій**

Класифікація задач та методів оптимізації. Основна задача нелінійного програмування.

Класичні методи відшукування безумовних та умовних екстремумів. Метод множників Лагранжа для задачі з обмеженнями типу рівностей та нерівностей.

Необхідні і достатні умови оптимальності для задачі скінченновимірної оптимізації. Елементи теорії Куна-Таккера та двоїстості.

Числові методи безумовної оптимізації. Градієнтні методи. Переваги та недоліки градієнтних методів.

Числові методи умовної оптимізації. Метод проекції градієнту. Метод умовного градієнту. Методи штрафних функцій.

Числові методи безумовної недиференційовної оптимізації. Метод узагальненого градієнтного спуску.

#### **3. Бази даних та інформаційні системи**

Поняття бази даних і системи. Основні типи моделей даних. Операції над даними. Поняття функціональної залежності. Нормалізація схем баз даних. Нормальні форми відношень. Поняття реляційної бази даних. Мова SQL. Команди SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE. Схема реляційної БД. Поняття первинного та зовнішнього ключа. Цілісність реляційних даних. Цілісність бази даних. Технології розробки програмного забезпечення. Оператор SELECT.

#### **4. Операційні системи та системне програмування**

Основні функції операційних систем.

Архітектура операційної системи. Основні поняття.

Означення процесу та потоку, їх подання в ОС та можливість керування процесами та потоками в ОС UNIX, Linux, Windows.

Проблеми взаємодії потоків, базові механізми синхронізації потоків в ОС UNIX, Linux, Windows.

Базові механізми міжпроцесової взаємодії.

Поняття файлу і файлової системи. Організація інформації у файловій системі.

#### **5. Теорія прийняття рішень**

Класифікація задач прийняття рішень.

Поняття нерандомізованих та рандомізованих розв'язків.

Критерії оптимальності.

Основна теорема теорії матричних ігор

## **6. Інтелектуальні системи**

Моделі представлення знань. Прямий та зворотний вивід в системах штучного інтелекту. Подання задач у просторі станів. Розв'язування задач поданих у просторі станів. Зведення задачі до підзадач, методи розв'язування. Структура експертних систем та їх реалізація. Метод нечіткого логічного виведення.

## **За вибором 2: «Комп'ютерна механіка»**

### **1. Обчислювальні методи теорії пружності**

Теорія деформацій. Тензори скінченної і малої деформації. Головні осі та інваріанти тензора скінченної і малої деформації. Еліпсоїд деформації. Визначення переміщень за компонентами малої деформації. Умови сумісності Сен-Венана.

Теорія напружень. Тензори напружень та їх фізичний зміст. Рівняння рівноваги і руху в компонентах тензора напружень. Головні осі тензора напружень. Головні напруження. Інваріанти тензора напружень. Потенціальна енергія деформації. Закон Гука для ізотропного і анізотропного тіл. Постановка основних задач теорії пружності. Задача теорії пружності в переміщеннях. Теорема єдності розв'язку задач теорії пружності. Принцип Сен-Венана. Теорема Клапейрона. Формула Бетті і теорема взаємності Бетті. Варіаційне рівняння Лагранжа. Метод Рітца.

### **2. Плоска задача теорії пружності та механіка руйнування**

Плоска деформація і узагальнений плоский напружений стан. Метод Колосова – Мусхелішвілі розв'язання двовимірних задач теорії пружності. Основи лінійної механіки руйнування. Коефіцієнт інтенсивності напружень.

### **3. Теорія пластичності**

Механічні властивості твердих тіл. Умови плинності первинно-ізотропного матеріалу. Теорія малих пружно-пластичних деформацій. Постулат Друкера. Асоційований закон плинності. Постановка основних задач теорії пластичності. Загальні теореми теорії малих пружно-пластичних деформацій. Простіші задачі теорії пластичності. Пружно-пластичний вигин балок. Порожниста куля під дією тиску. Характеристики і лінії ковзання. Простіші приклади полів ковзання. Кручення призматичних стержнів.

### **4. Критерії міцності, теорія стійкості та теорія пластин і оболонок**

Статичний метод визначення критичних навантажень. Задача Ейлера для стержня. Вплив умов закріплення кінців стержня на критичну силу втрати стійкості. Динамічний критерій стійкості. Стійкість стержня під дією слідкувальної сили. Критерії міцності та їх аналіз (класичні та ін. теорії міцності). Основні припущення та співвідношення безмоментної теорії оболонок. Вісесиметрична деформація оболонок обертання.

## За вибором 3: «Механіка рідини, газу та плазми»

### 1. Аерогідромеханіка

Гіпотеза суцільності і що вона дає для теоретичної гідродинаміки. Сформулювати, як описується течія рідини з точки зору Ейлера: змінні Ейлера та представлення шуканих гідродинамічних параметрів з точки зору Ейлера.

Опис течії рідини з точки зору Лагранжа: змінні Лагранжа та представлення шуканих гідродинамічних параметрів з точки зору Лагранжа. Як відрізняються між собою похідні за часом з точок зору Ейлера і Лагранжа. Що таке «лінія струму» і її диференціальне рівняння?

Як формулюється закон збереження маси в механіці суцільного середовища і його диференціальне рівняння.

Що таке ідеальна рідина і диференціальне рівняння Ейлера для ідеальної рідини.

Що таке гідростатика, основне рівняння гідростатики і розподіл тиску в нестисливій рідині в полі тяжіння. Закон Архімеда і його пояснення. Поняття про відносну рівновагу. Як змінюється форма вільної поверхні рідини в ємкості, що обертається?

Інтеграл Бернуллі і Коші-Лагранжа: що у них спільне і чим вони відрізняються?

Плоскі задачі гідродинаміки і їх зв'язок з теорією функцій комплексної змінної.

Навести приклади аналітичних функцій і їх гідродинамічного тлумачення. Формули Чаплигіна-Блазіуса і їх тлумачення (без виводу).

Формула Жуковського для підйомної сили профіля і її тлумачення. Формула для комплексного потенціалу безциркуляційного обтікання кола; розподіл швидкості по поверхні кола; якісно – форма ліній струму.

Обтікання циліндра з циркуляцією; якісно лінії струму, критичні точки.

Поняття про застосування конформного перетворення для вирішення задач обтікання довільного контуру. Сформулювати постулат Чаплигіна-Жуковського для обтікання контуру с гострою окрайкою.

Теореми Томсона про рух ідеальної рідини. Теореми Томсона про збереження (без виводу) і теорема Лагранжа. Розв'язок задачі про рух сфери в ідеальній нестисливій рідині.

Закон Ньютона і узагальнений закон Ньютона для в'язкої рідини.

Написати рівняння Нав'є-Стокса і дати тлумачення її членам.

Дати якісну характеристику критеріям подібності; які ви знаєте критерії?

Що таке течія Пуазейля і закон Гагена-Пуазейля?

Поняття примежового шару і основні положення теорія Прандтля. Що таке турбулентність і методи осереднення.

Осереднені рівняння Нав'є-Стокса. Модель турбулентності Прандтля.

Універсальний логарифмічний закон турбулентності в трубах.

Поняття про розподілені та місцеві втрати тиску в трубопроводах.

### 2. Газова динаміка

Швидкість звуку в газі. Число Маха, як критерій динамічної стисливості газу.

Вивід рівняння енергії в одномірній постановці для стаціонарних течій.

Рівняння енергії енергоізолюваної течії.

Газодинамічні функції адіабатичних течій.

Вимір швидкості газу.

Природа і види стрибків ущільнення.

Прямі стрибки ущільнення.

Ударна адиабата. Теорема Г. Цемплена.

Косі стрибки ущільнення.

Аналіз течії газу в центрованій хвилі розширення.

Хвилі розширення при надзвуковій швидкості.  
Теорема про обернення впливу.  
Елементарна теорія геометричного сопла.  
Течії газу по циліндричним трубам з урахуванням тертя.  
Виведення теореми імпульсів для одномірних стаціонарних течій.  
Розрахунок тяги ракетного двигуна.

### 3. Теорія теплообміну

Основні поняття, що стосуються явищ теплопровідності, теплообміну і теплопередачі.  
Сформулювати закон Фур'є як в одномірному наближенні, так і в векторному зображенні; розтлумачити всі величини, що входять до закону Фур'є.

Дати постановку задачі теорії теплопровідності з граничними умовами першого роду.  
Дати постановку задачі теорії теплопровідності з граничними умовами другого роду.

Дати постановку задачі теорії теплопровідності з граничними умовами третього роду.  
Навести розв'язок задачі теплопровідності для плоскої стінки при стаціонарних граничних умовах. Сформулювати поняття про термічних опір стінки.

Циліндрична стінка в стаціонарних умовах теплопровідності. Сформулювати задачу про теплопровідність багатоплощинної стінки.

В чому заключається специфіка постановки задачі про теплову ізоляцію стінки?  
Теплопровідність стінки в умовах дії теплових джерел.

Основні поняття теорії конвективного теплопереносу. Що означають основні критерії теорії конвективного теплопереносу: критерій Нусельта, Прандтля і Пекле?

Основні поняття радіаційного випромінювання. Сформулювати закон Планка і дати до нього коментарі. Про що говорять закон Релея-Джонса і закон зміщення Віна?

Закон Стефана-Больцмана і його тлумачення. Закон Кірхгофа і його тлумачення.

## Критерії оцінки відповідей

Кожна відповідь на питання оцінюється за 100 - бальною шкалою:

**60-63 бали** виставляється вступнику в аспірантуру, який демонструє знання означень лише деяких понять, у своїх міркуваннях не здатен аналізувати поняття дисципліни у контексті інших понять, не здатен встановити зв'язок між поняттями, його відповіді мають шаблонний характер та не відображають самостійного розуміння тем.

**64-74 бали** виставляється вступнику в аспірантуру, який демонструє знання в обмеженому обсязі, не знає значної частини програмного матеріалу з фундаментальних математичних дисциплін, допускає значну кількість неточностей і грубих помилок у формулюванні методів розв'язання задач, не вміє навести власні приклади.

**75-81 бали** виставляється вступнику в аспірантуру, який добре володіє основними поняттями прикладної математики, вміє зіставляти та систематизувати інформацію, але не засвоїв деталі доведення та обґрунтування деяких положень прикладної математики, допускає недоліки у формулюванні методів розв'язання задач. Нездатний до аналізу та узагальнення деяких суджень, надає відповіді, але у недостатньо повному обсязі.

**82-89 бали** виставляється вступнику в аспірантуру, який добре володіє програмним матеріалом, грамотно і послідовно викладає його основні положення із доведенням, який не допускає істотних недоліків у відповіді на запитання щодо застосування методів прикладної математики для розв'язання практичних задач, самостійно виправляє допущені помилки, вміло аналізує причини некоректності постановок задач та неможливості застосування методів, пропонує способи розв'язання прикладних задач. В відповідях користується лише основною літературою, підручниками, посібниками.

**90-100 балів** виставляється вступнику в аспірантуру, який глибоко та міцно засвоїв програмний матеріал, вичерпано, послідовно, грамотно й логічно його викладає, у відповіді якого тісно пов'язуються теоретичні знання моделей та методів прикладної математики з їх практичним застосуванням. Під час відповіді вступник до аспірантури не зазнає труднощів з доведенням основних теорем, обґрунтуванням теоретичних основ застосування методів розв'язання практичних задач, здатен приймати рішення у стандартних та нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує власні відповіді. Демонструє обізнаність з основною та монографічною літературою з питань застосування моделей та методів прикладної математики.

При остаточній оцінці результатів виконання завдання враховується здатність фахівця:

- застосувати правила, закони, методи, принципи прикладної математики щодо розв'язання прикладних задач;
- аналізувати і оцінювати данні предметної області при формулюванні математичних моделей для опису процесів та систем;
- викладати матеріали логічно, послідовно з демонстрацією математичного світогляду та мислення.

### 3. ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

#### Для дисциплін загальної частини

##### 1. Методологія та організація наукових досліджень

- Конверський А.Є. Основи методології та організації наукових досліджень : навч. посібник / за ред. А.Є. Конверського. – К. : Центр навч. літератури, 2010. – 352 с.
- Корягін М.В. Основи наукових досліджень: навч. посібник / М.В. Корягін, М.Ю. Чік. – К. : Алерта, 2014. – 622 с.
- Краснобокий Ю.М. Словник-довідник науковця-початківця / Ю.М. Краснобокий. – К. : Наук. світ, 2000. – 83 с.
- Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посібник / О.В. Крушельницька. – К.: Кондор, 2006. – 192 с.
- Мокін Б.І. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник / Б.І. Мокін, О.Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 180 с.
- Добронравова І.С. Філософія та методологія науки : підруч. для вищих навч. закладів / І. Добронравова, Л. Сидоренко. – К., 2008. – 223 с.
- Лебедев С.А. Курс лекцій по методології научного познання: учеб. пособ. / С.А. Лебедев. – М., 2016. – 296 с.
- Чернілевський Д.В. Методологія наукової діяльності : навч. посіб. / Д.В. Чернілевський та ін. ; за ред. Д.В. Чернілевського. – Вид. 3-тє, перероб. – Вінниця, 2012. – 364 с.

##### 2. Спеціальні розділи фундаментальних математичних дисциплін

- Шкіль М.І., Колесник Т.В. Вища математика: Підручник: У 3 Кн.: Кн. 1: Аналітична геометрія з елементами алгебри. Вступ до математичного аналізу.-К.:Либідь,1994-280с. Кн. 2: Диференціальне та інтегральне числення функції однієї змінної. Ряди.-К.:Либідь 1994.-352с. Кн. 3: Диференціальне та інтегральне числення функцій багатьох змінних. Диференціальні рівняння. – К.: Либідь 1994. – 352с.
- Городній М.Ф. Основи математичного аналізу / М.Ф. Городній, Ю.В. Митник, О.І. Кашпіровський. – Київ: КМ Академія, 2004. – Ч.1. – 98с.
- Дюженкова О.Ю. Математичний аналіз у прикладах і задачах / О.Ю. Дюженкова, Т.В. Колесник, М.Я. Ляшенко, та інші. – К.: „Вища школа”, 2003. – 470 с.
- Гребенюк С.М. Математичний аналіз I: диференціальне числення функції однієї змінної: Конспект лекцій для студентів напрямів підготовки «Математика», «Прикладна математика», «Інформатика», «Програмна інженерія» / Укл. С.М. Гребенюк, Н.М. Д'яченко, М.І. Клименко, І.В. Красікова, О.О. Тітова, В.В.Леонтьєва. – Запоріжжя: ЗНУ, 2011. – 89 с.
- Тевяшев А.Д. Вища математика у прикладах та задачах. Ч. 1. Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функцій однієї змінної / А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин. – Харків: ХТУРЕ, 2002. – 552 с.
- Волошина Т.В. Вибрані питання лінійної алгебри та аналітичної геометрії : навч. посіб. для студ. спец. «Інформатика» / Т.В. Волошина — Луцьк : Вол. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2010. — 116 с.
- Травкін Ю.І. Лінійна алгебра і аналітична геометрія : навч. посібн. / Ю.І. Травкін. – Х. : Майдан, 2009. – 416 с.
- Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. Диференціальні рівняння: Підручник. – 3-тє вид., перероб. і доп / А.М. Самойленко, М.О. Перестюк, І.О. Парасюк. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2010. – 527 с.
- Зюбанов О.Є. Диференціальні рівняння: Навчальний посібник / Зюбанов О. Є. – Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2018. – 72 с.

- Каленюк П.І. Диференціальні рівняння: Навчальний посібник / П.І. Каленюк, Ю.К. Рудавський, Р.М. Тацій, та ін. / Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 380 с.
- Гой Т.П. Диференціальні рівняння: навчальний посібник / Т.П. Гой, О. В. Махней. – Вид. 2-ге, випр. та доп. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2014. – 360 с
- Курпа Л.В. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Г.Б. Лінник. – Харків : Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2011. – 312 с.
- Маркович Б.М. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / Б.М.Маркович. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 384с.
- Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики / М.О. Перестюк, В.В. Маринець. – К.:Либідь, 2014, – 363с.

### **3. Методи обчислень**

- Третиник В.В. Методи обчислень: Ч. 1. Чисельні методи алгебри: навч. посіб. / В.В. Третиник, Н.Д. Любашенко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 138 с.
- Мусяка В.Г. Основи числових методів: підручник / В.Г. Мусяка. – Дніпро: ЛІРА, 2017. – 256 с.
- Ляшенко Б.М. Методи обчислень: навч.-метод. посіб. / Б.М. Ляшенко, О.М. Кривонос, Т.А. Вакалюк: – Житомир: Вид-во ЖДУ, 2014. – 228 с.
- Задачин В.М. Чисельні методи: навч. посіб. / В.М. Задачин, І.Г. Конюшенко. – Х.: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 180 с.

## **Для дисциплін вибіркової частини**

### **За вибором 1: «Математичне моделювання та обчислювальні методи»**

#### **1. Дискретна математика**

- Бондаренко М.Ф. Комп'ютерна дискретна математика: Підручник / Бондаренко М.Ф., Білоус Н.В., Руткас А.Г. – Харків: «Компанія СМІТ», 2014. – 480 с.
- Карнаух Т.О. Вступ до дискретної математики / Т.О. Карнаух, А.Б. Ставровський. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2006. – 109 с.
- Трохимчук Р.М. Булеві функції: Навчальний посібник / Р.М. Трохимчук. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2001. – 81 с.
- Трохимчук Р.М. Множини і відношення: Навчальний посібник / Р.М. Трохимчук. – К., 1993. – 38 с.
- Трохимчук Р.М. Збірник задач з теорії булевих функцій: Навчальний посібник / Р.М. Трохимчук. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2001. – 103 с.
- Компьютерная дискретная математика: Учебник / Бондаренко М.Ф., Белоус Н.В., Руткас А.Г. – Харьков: «Компания СМІТ», 2007. – 480 с.
- Андерсон Д.А. Дискретная математика и комбинаторика: Пер. с англ. / Д.А. Андерсон – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.-960 с.
- Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера / О.П. Кузнецов, Г.М. Адельсон-Вельский. – М.: Энергия, 1980. – 342 с.

#### **2. Методи оптимізації та дослідження операцій**

- Кісельова О.М. Чисельні методи оптимізації: навч. посіб / О.М. Кісельова, А.Є. Шевельова. – Д.: Вид-во ДНУ, 2008 – 212 с.
- Бейко І.В. Задачі, методи та алгоритми оптимізації: навчальний посібник, 2-ге вид. перероб / І.В. Бейко, П.М. Зінько, О.Г. Наконечний. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2012. – 799 с.

- Математичні методи дослідження операцій: підручник /Є.А. Лавров, Л.П. Перхун та ін.– Суми : Сумський державний університет, 2017. –212 с.
- Жалдак М.І. Основи теорії і методів оптимізації: навч. посіб / М.І. Жалдак, Ю.В. Триус. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с.
- Линейное и нелинейное программирование. Под ред. Ляшенко П.Н. – К. : Вища школа, 1975. – 372 с.
- Шор Н.З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения / Н.З. Шор. – К.: Наук. думка, 1979. – 200 с.

### **3. Бази даних та інформаційні системи**

- Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики. / А.В. Анісімов, П.П. Кулябко. – Київ. – 2017. – 110 с.
- Антоненко В.М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В.М. Антоненко, С.Д. Мамченко, Ю.В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.
- Воронін А.М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / А.М. Воронін, Ю.К. Зіатдінов, А.С. Климова. – К. : НАУ-друк, 2009. – 136с
- Гайна Г.А. Основи проектування баз даних: Навчальний посібник / Г.А. Гайна. – К. : КНУБА, 2005. – 204 с.

### **4. Операційні системи та системне програмування**

- Шеховцов В.А. Операційні системи / В.А. Шеховцов. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 576 с.
- Таненбаум Э. Операционные системы / Э. Таненбаум – СПб.: Питер, 2014. – 1084 с.
- Ботт Э. Windows 10 для ИТ-специалистов: пер.с англ. / Э. Ботт. – М.: ЭкомПаблицерз, 2016. – 173 с.

### **5. Теорія прийняття рішень**

- Наконечний О.Г. Методи прийняття рішень : навч. посіб. / О. Г. Наконечний, І. В. Гребенник, Т. Є. Романова, А. Д. Тевяшев. – Мін-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2016. – 132 с.
- Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. – 336 с.
- Турчина В.А. Методичні вказівки до вивчення курсу «Теорія прийняття рішень» / В.А.Турчина, Н.К.Федоренко. – Д.: ДНУ, 2010. – 48с.

### **6. Інтелектуальні системи**

- Глибовец М.М. Штучний інтелект / М.М. Глибовец, О.В. Олецкий. – К.: «Академія», 2002. – 366 с.
- Руденко О.Г. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник / О.Г. Руденко, Є.В. Бодянський. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. – 404 с.
- Рассел С. Искусственный интеллект. Современный поход / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
- Люгер Дж. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Люгер. – М.: Вильямс, 2003. – 864 с.
- Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций / Д.В. Смолин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 208 с.
- Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень / С.О. Субботін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.

Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта / Н. Нильсон. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.

## **За вибором 2: «Комп'ютерна механіка»**

### **1. Обчислювальні методи теорії пружності**

- Божидарник В.В. Теорія пружності / В.В. Божидарник, Г.Т. Сулим. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2012. – 512 с.
- Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пружності / В.В. Божидарник, Г.Т. Сулим. Львів: Світ, 1994.
- Лобода В.В. Конспект лекцій з теорії пружності / В.В. Лобода. МНУ, ДДУ, 1998.
- Лобода В.В. Методичні рекомендації до виконання практичних і лабораторних робіт із теорії пружності / В.В.Лобода, О.В. Комаров. – РВВ ДНУ, Дн-ськ, 2013
- Новацкий В. Теория упругости / В. Новацкий. – М.: Мир, 1975. – 256 с.
- Robert J. Asaro, VladoA. Lubarda. Mechanics of Solids and Materials. CambridgeUn. Press, New York, 2006. – 860 pages.
- Бабенко А.Є. Теорія пружності. Частина 1 [Електронний ресурс]: Підручник / А. Є. Бабенко, М. І. Бобир, С. Л. Бойко [та ін.]. – Київ : Основа, 2009. – 244 с

### **2. Плоска задача теорії пружності та механіка руйнування**

- Говоруха В.Б. Моделі та методи механіки руйнування для п'єзоелектричних тіл з міжфазними тріщинами / В.Б. Говоруха, В.В. Лобода. – Д.: Вид-во. ДНУ, 2013.
- Божидарник В.В. Теорія пружності / В.В. Божидарник, Г.Т. Сулим. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2012. – 512 с.
- Лучко Й.Й. Механіка руйнування та міцність матеріалів: довідниковий посібник. Т. 6. Механіка руйнування мостових конструкцій та методи прогнозування їх залишкової довговічності / Й.Й. Лучко, Г.Т. Сулим, В.І. Кир'ян. – Львів. Каменяр, 2004. – 888 с.
- Долгов О.М. Механіка руйнування [Електронний ресурс] : підручник / О.М. Долгов. – Дніпро : НТУ « Дніпровська політехніка », 2019. – 166 с.
- Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения / Е.М. Морозов, В.З.Партон. – М.: Наука, 1985. – 504 с.
- Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н.И. Мухелишвили. – М.: Наука, 1966. – 708 с.

### **3. Теорія пластичності**

- Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пластичності і міцності / В.В. Божидарник, Г.Т. Сулим. – Львів: Вид-во Світ, 1999. – 417 с.
- Ильюшин А.А. Труды. В 4 т. – Т. 2. Пластичность: 1946 – 1966 / А.А. Ильюшин. – М.: Физматлит, 2004. – 479 с.
- Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н. Малинин. – М.: Машиностроение, 1968. – 400 с.
- Качанов Л.М. Основы теории пластичности / Л.М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.

### **4. Критерії міцності, теорія стійкості та теорія пластин і оболонок**

- Дзюба А. П. Несуча здатність циліндричних оболонок з отворами / А.П. Дзюба, Є.Ф. Прокопало, П.А. Дзюба. – Д.: Ліра, 2014. – 224 с.
- Баженов В.А. Нелінійне деформування, стійкість і закритична поведінка анізотропних оболонок / В.А. Баженов, М.П. Семенюк, В.М. Трач. – К.: Каравела, 2010. – 352 с.
- Кушнір Р. М., Николишин М. М., Осадчук В. А. Пружний та пружно-пластичний граничний стан оболонок з дефектами. Львів: Сполом, 2003. – 264 с.

- Гудрамович В.С. Методы голографической интерферометрии в механике неоднородных тонкостенных конструкций / В.С. Гудрамович, А.П. Дзюба, Ю.М. Селіванов. – Д.: Лира, 2017. – 288 с.
- Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1979. – 712 с.
- Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Гос. изд-во физ-мат. литературы, 1963. – 636 с.
- Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем / А.С. Вольмир. – М.: Гос. изд-во физ-мат. литературы, 1963. – 880 с.
- Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек / Н.В. Колкунов. – М.: Высшая школа, 1972. – 296 с.
- Прочность материалов и конструкций / Редкол.: В. Т. Трощенко (отв. ред.) и др. – К.: Академперіодика, 2005. – 1086 с.

### **За вибором 3: «Механіка рідини, газу та плазми»**

#### **1. Аерогідромеханіка**

- Константінов Ю.М. Технічна механіка рідини і газу. Кінематика і динаміка рідини: приклади і задачі. Навчальний посібник / Ю.М. Константінов. – КНУБА, 2015. – 208 с.
- Дідур В.А. Гідравліка / В.А. Дідур, Д.П. Журавель, М.А. Палішкін, А.В. Міщенко, Ю.О. Борхаленко. – Х., 2015. – 546 с.
- Лебедь В.Г. Аерогідрогазодинаміка: підручник / В.Г. Лебедь, Ю.І. Миргород. Є.О. Українець. – Х., ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2011. – 415 с.
- Колчунов В. І. Теоретична та прикладна гідромеханіка: Навч. Посібник / В. І. Колчунов. – К.: НАУ, 2004. — 336 с.
- Давідсон В.Є. Вступ до гідродинаміки / В.Є. Давідсон. – Дніпропетровськ, видавництво Дніпропетровського університету, 2004. – 216 с.
- Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: Підручник / В. Р. Кулінченко. – Київ, «Інкос», 2006. – 616 с
- Приходько О.А. Вступ до аерогідромеханіки та гідравліки / О.А. Приходько. – Дніпропетровськ, РВВ ДНУ, 2000. – 120 с.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М., Дрофа, 2003. – 840 с.

#### **2. Газова динаміка**

- Василенко С.М., Кулінченко В.Р., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. Гідрогазодинаміка / С.М. Василенко, В.Р. Кулінченко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний. – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 676 с.
- Дідур В.А. Технічна механіка рідини і газу / В.А. Дідур, Д.П. Журавель. – Мелітополь, Колор Принт, 2019. – 476 с.
- Макаренко Р.О. Гідрогазомеханіка / Р.О. Макаренко, О.Д. Коваль, О.І. Хлисту́н. – К., НАУ, 2016. – 220 с.
- Давідсон В.Є., Личагін М.М. Вступ в газодинаміку / В.Є. Давідсон, М.М. Личагін. – Дніпропетровськ, видавництво Дніпропетровського університету, 2004 р., – 216 с.

#### **3. Теорія теплообміну**

- Акмен Р.Г. Тепло- та масообмін / Р.Г. Акмен. – Харків. НТУ «ХПІ», 2009. – 148 с.
- Книш Л.І., Русакова Т.І., Клим В.Ю. Моделювання та методи розрахунку процесів тепломасопереносу в трубах і каналах / Л.І. Книш, Т.І. Русакова, В.Ю. Клим. – Дніпро, РВВ ДНУ, 2019. – 92 с.
- Драханов Б.Х. Теплотехніка / Б.Х. Драханов, А.А. Долинський, А.В. Міщенко, Є.М.Письменний. – К. ІНКІОС. 2005. – 304 с.

- Погорелов А.І. Тепломасообмін. Навчальний посібник (Основи теорії і розрахунку) / А.І. Погорелов. – Львів: «Новий світ-2000», 2004. – 144.
- Лабай В.Й. Тепломасообмін. Підручник для ВНЗ / В.Й. Лабай. – Львів: Тріада Плюс. 2004. – 260 с.
- Василенко С.М., Основи тепломасообміну : підручник / С.М. Василенко, А.І. Українець, В.В. Олішевський. — К., НУХТ, 2004. — 250 с.
- Тимейчук О.Ю. *Математичні моделі та оптимізація тепломасообміну* / О.Ю. Тимейчук, Рівне, НУВГП. 2010. – 50с.