

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОМЕХАНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту гідромеханіки НАН України

Член-кореспондент НАН України, професор



Г.О. Воропасв

20 25 р.

Програма вступного іспиту зі спеціальності
до аспірантури в Інституті гідромеханіки НАН України у 2025 році

УХВАЛЕНО

рішенням Вченої ради

Інституту гідромеханіки НАН України

від 30 червня 2025 року протокол № 9

Київ-2025

Програму складено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, Закону України «Про вищу освіту» від 06.09.2014, Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 № 261 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19.05.2023 № 502) та Порядку прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2025 році, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 10.02.2025 № 168.

Програма вступного іспиту в Інституті гідромеханіка НАН України створена з метою конкурсного відбору на навчання за спеціальністю F1 «Прикладна математика» за освітньо-науковою програмою підготовки аспірантів «Гідромеханіка».

Програму вступного іспиту розроблено в обсязі програми рівня вищої освіти магістра з даної спеціальності та призначено особам, які здобули вищу освіту за ступенем магістра, і які мають достатній рівень теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, для продукування нових ідей, оволодіння освітньо-науковою програмою підготовки здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та/або практичне значення.

Механіка рідини, газу та плазми

Кінематика суцільного середовища

Поле швидкості. Лінії течії та траєкторії. Трубка тока та струмінь. Функція течії. Вихрові лінії та трубки. Перша теорема Гельмгольца. Друга теорема Гельмгольца. Інтенсивність вихрової трубки та її зв'язок з циркуляцією швидкості. Деформаційний рух елементарного об'єму середовища. Прискорення рідкої частинки. Теорема Кельвіна.

Рівняння руху суцільного середовища

Закон збереження маси та рівняння нерозривності. Сили у суцільному середовищі. Об'ємні та поверхневі сили. Тензор напруги. Закон зміни кількості руху та рівняння динаміки у напругах. Теорема кількості руху у ейлеровій трактовці. Закон збереження енергії.

Рівняння та теореми динаміки ідеальної рідини та газу

Рівняння Гельмгольца-Фрідмана. Теорема збереження вихорів. Теорема Бернуллі. Рівняння балансу енергії при адіабатичному русі ідеального газу. Швидкість поширення малих збурень в ідеальному газі. Швидкість звуку. Теореми Кельвіна та Лагранжа. Потенціал швидкостей. Інтеграл Лагранжа-Коші. Плоский безвихровий рух нестисливої рідини. Застосування функції комплексного змінного. Постулат Жуковського-Чаплигіна. Формула циркуляції. Потенціали швидкостей найпростіших просторових потоків. Формула Біо-Савара. Потенціал поля швидкостей замкнутої вихрової лінії.

Обтікання сфери. Парадокс Даламбера.

Динаміка в'язкої нестисливої рідини

Ньютонівська в'язка рідина та її реологічне рівняння. Рівняння Нав'є-Стокса ізотермічного руху ньютонівською в'язкою нестисливої рідини. Число Рейнольдса.

В'язка течія у трубі. Число Ейлера

Дисипація механічної енергії. Принцип максимуму дисипації у повільних рухах. Вихровий рух. Дифузія вихорів.

Ламінарний примежовий шар. Рівняння Прандтля. Рішення Блазіуса. Товщина витіснення і втрати імпульсу. Інтегральне рівняння примежового шару. Опір тертя.

Теорія гідродинамічної стійкості

Лінійна задача гідродинамічній стійкості. Конвективна стійкість. Критерій Рейнольдса. Нев'язка задача лінійної стійкості. Рівняння Релея. Теореми Релея. В'язка задача лінійної стійкості. Рівняння Орра-Зоммерфельда. Стійкість примежового шару. Хвиля Толлміна-Шліхтінга.

Турбулентний рух нестисливої рідини

Перехід від ламінарної форми течії до турбулентної. Визначення турбулентності. Нелінійні стадії переходу. Ізотропна турбулентність. Осереднення Рейнольдса. Осереднене по Рейнольдсу рівняння Нав'є-Стокса. Моделі турбулентності.

Рівняння руху багатофазної рідини

Закони збереження в багатофазному середовищі. Гомогенні та гетерогенні суміші. Міжфазний обмін імпульсом та енергією. Термодинамічні рівняння стану фаз. Силова взаємодія і спільне деформування фаз суміші. Рівняння руху двофазної суміші.

Чисельне моделювання руху рідин

Дискретизація диференціальних рівнянь в частинних похідних. Різницеві схеми. Явні і неявні схеми для апроксимації диференціальних операторів. Аналіз стійкості різницевих схем за методом Неймана. Метод контрольного об'єму.

Рекомендована література

1. Nigmatulin R. I. Dynamics Of Multiphase Media// CRC Press, 1st Edition – 1990.– 388 pages
2. Schlichting H. Boundary-layer Theory// H. Schlichting. – McGraw-Hill, 1979.– 817 p.
3. Hinze J. O. Turbulence: An Introduction to Its Mechanism and Theory// J. O. Hinze.– McGraw-Hill, 1959.– 586 p.
4. Landau L.D., Lifschitz E.M. Fluid Mechanics// Pergamon, Volume 6, 1987.– 539 p.

5. Bradshaw P. An Introduction to Turbulence and its Measurement// Pergamon, 1971.– 238 p.
6. Путята В.Й., Сідляр М.М. Гідроаеромеханіка//Видавництво Київського Університету, 1963. -480 с.
7. Бруяцький Є.В., Костін А.Г., Никифорович Є.І. Метод контрольного об'єму в комп'ютерній гідродинаміці// «Міленіум». Київ, 2016.-520 с.
8. Воропаєв Г.О., Птуха Ю.А. Моделювання турбулентних складних течій// Наукова думка, Київ, 1991.–168 с.
9. Задачин В. М. Чисельні методи : навчальний посібник// В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 180 с.
10. Халатов, А. А. Основи теорії примежового шару [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»// А. А. Халатов, Є. В. Мочалін, Н. Ф. Димитрієва ; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.– 191 с.
11. Механіка суцільних середовищ – 1. Механіка суцільних середовищ в інженерних розрахунках [Електронний ресурс] : текст лекцій для студентів спеціальності «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів»// КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. С. Сахаров, А. Я. Карвацький ; ред. І. О. Мікульонок. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,38 МБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 233 с.
12. Карвацький, А. Я. Механіка суцільних середовищ – 2. Нелінійні задачі механіки суцільних середовищ. Конспект лекцій з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів і виробів»// А. Я. Карвацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,42 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 94 с.
13. Методи обчислень: Частина 1. Чисельні методи алгебри [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», спеціалізації «Наука про дані (Data Science) та математичне моделювання»// КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Третиник, Н. Д. Любашенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 138 с.