

**Теоретична гідромеханіка**

---

(назва навчальної дисципліни)

**ПРОГРАМА  
нормативної навчальної дисципліни**

**підготовки** бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

**напряму** 06040202 «механіка»

(шифр і назва напряму)

**спеціальності** \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

**(Шифр за ОПП \_\_\_\_\_)**

**Харків**

**2012 рік**

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО: ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.Н.КАРАЗІНА  
(повне найменування вищого навчального закладу)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Пацегон Микола Федорович, докт.фіз.-мат.-наук, професор, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки

Тимчасова програма, затверджена Вченою радою механіко-математичного факультету, дійсна до введення нормативної програми

---

Протокол № 5 від “20” квітня 2012 року.

“ 20 ” квітня 2012 р. Голова Вченої ради \_\_\_\_\_ ( Жолткевич Г.М. )  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## **ВСТУП**

Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни “**теоретична гідромеханіка**” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **бакалаврів** напряму підготовки «**механіка**» спеціальності 6.04020201 «**теоретична та прикладна механіка**».

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є математичні моделі, механічні властивості рідин та газів, а також механічні процеси в гідродинамічних системах різних рівнів складності.

**Міждисциплінарні зв'язки:** математичний аналіз, геометрія, диференціальні рівняння, фізика, механіка суцільних середовищ, теоретична гідромеханіка, опір матеріалів.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

**Модуль 1. Постановка початково-крайових задач в теоретичній гідромеханіці.**

**Модуль 2. Плоска задача гідродинаміки ідеальної рідини.**

**Модуль 3. Гідродинаміка неідеальної рідини.**

**Модуль 4. Теорія примежового шару та елементи теорії турбулентності.**

### **.1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

1.1. Мета курсу полягає у наданні майбутнім спеціалістам знань у галузі теоретичної гідромеханіки та використанні її методів при розв'язанні науково-технічних проблем механіки, інженерної механіки та прикладної математики.

1.2. Основні завдання полягають у вивченні основних аналітичних методів дослідження задач гідромеханіки, які виникають у математичних моделях механічних явищ, формування вміння використовувати основні закони механіки для пояснення процесів у зв'язаних гідромеханічних системах та розвитку навичок побудови моделей суцільних середовищ з ускладненими властивостями.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

**знати :**

- основні поняття, положення кінематики та динаміки рідин;
- закони класичної механіки суцільних середовищ та їх застосування для аналізу задач гідромеханіки;
- основні наближення рівнянь гідромеханіки та математичні методи їх дослідження;
- основні задачі гідромеханіки ідеальної та в'язкої рідини згідно програми курсу.

**вміти :**

- коректно формулювати математичну постановку основних задач гідромеханіки;
- вибирати найдоцільніші методи розв'язання відповідних задач;
- використовувати закони механіки суцільних середовищ та гідромеханіки в процесі постановки та розв'язання різноманітних прикладних проблем і аналізі теоретичних питань гідромеханіки.
- розв'язувати прості задачі гідродинаміки згідно програми практичних занять.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться **252 години/ 7 кредитів ECTS**.

## **2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Постановка початково-крайових задач в теоретичній гідромеханіці**

Початково-крайові задачі в гідромеханіці. Основна система рівнянь гідроаеромеханіки. Класифікація рідин: ідеальні рідини, в'язкі рідини, в'язкі теплопровідні рідини, стискувані та нестискувані рідини. Замкнута початково-крайова задача гідромеханіки.

Система рівнянь в дивергентній формі. Теорема імпульсів та приклади її застосування: тиск струмини ідеальної рідини на тверду стінку, рух рідини в вигнутій трубі (формула Ейлера). Метод контрольної поверхні в визначенні сили реакції течії рідини.

Гідростатика. Умови рівноваги рідини: умови для сил, умови на поверхні поділу двох рідин. Загальні формули для головного вектора і головного моменту сил тиску. Закон Архімеда. Відносна рівновага рідини.

Гідродинаміка нев'язкої рідини. Рівняння Ейлера. Баротропні та стратифіковані рідини. Інтегралі рівнянь руху нев'язкої баротропної рідини (Лагранжа, Бернуллі, Громеки). Приклади застосування інтегралів руху: трубка Піто, струминні насоси, формула Торрічеллі для швидкості витікання рідини.

Основні теореми про рух баротропної рідини. Рівняння руху у формі Громеки. Теорема Томсона, теореми Гельгольца про збереження вихрових ліній та трубок. Теорема Лагранжа. Теорема про зміну механічної енергії.

Безвихрові рухи ідеальної нестисливої рідини. Потенціал течії та крайова задача для потенціалу. Фізичний зміст потенціалу швидкості. Причини виникнення вихорів у течії ідеальної рідини.

## **Змістовий модуль 2. Плоска задача гідродинаміки ідеальної рідини.**

Плоскі усталені потенціальні рухи ідеальної нестисливої рідини. Функція току (течії), її механічний зміст. Постановка задач. Теорема Жуковського про піднімальну силу профілю. Характеристики крил літаків. Коефіцієнти піднімальної сили та сили опору.

Комплексний потенціал та комплексна швидкість. Найпростіші плоскі течії: поступальний рух, рух рідини від джерела (стоку), диполя, вихору та вихроджерела. Циркуляція швидкості, метод приєднаних особливостей в гідродинаміці.

Потенціальне обтікання кругового циліндра потоком ідеальної нестискуваної рідини. Метод конформних відображень. Постулат Жуковського-Чаплигіна.

Формули Чаплигіна-Блазіуса. Теорема Жуковського. Момент сил що діють на криловий профіль. Парадокс Даламбера.

Обтікання пластинки. Поняття "підсмоктувальної" сили. Теоретичні крилові профілі Жуковського. Узагальнені профілі.

Теорія тонкого крила. Поняття тонкого крила та умови обтікання для тонкого профілю. Розв'язання задачі обтікання тонкого профілю методом тригонометричних рядів.

Рух твердого тіла в ідеальній рідині. Загальний вигляд потенціалу швидкостей у формі Кірхгофа. Поведінка потенціалу в околиці нескінченно віддаленої точки. Розрахунок гідродинамічних реакцій при русі тіла.

Рівняння руху твердого тіла в ідеальній рідині. Імпульсивна сила та імпульсивна пара. Коефіцієнти приєднаних мас. Приєднана маса кулі.

Вісесиметричні течії ідеальної рідини. Обтікання тіл обертання.

## **Змістовий модуль 3. Гідродинаміка неідеальної рідини.**

Вихрові рухи ідеальної рідини. Визначення вектора швидкості за вихором та дивергенцією. Вихровий шар.

Теорія крила скінченного розмаху. Схема обтікання Чаплигіна. Приєднані вихори. Індуктивний опір крила. Крило мінімального індуктивного опору.

Гідродинаміка неідеальної рідини. Загальні властивості рухів в'язкої рідини. Основна система рівнянь. Незворотність руху в'язкої рідини. Вихровий характер руху. Дисипація механічної енергії. Обмеження для коефіцієнтів в'язкості.

Точні розв'язки системи рівнянь в'язкої рідини. Одновимірні рухи. Приклади одновимірних нестационарних течій: згладжування тангенціального розриву, рух рідини біля пластини, яка рухається в своїй площині. Хвиля Стокса.

Усталені рухи: течія Куетта, напірний рух між паралельними пластинами. Течія Гагена-Пуазейля. Ламінарний та турбулентний характер течій.

Загальний випадок усталеної одновимірної течії. Сила тертя та її зв'язок з циркуляцією швидкості. Рух рідини між концентричними циліндрами, які обертаються.

Рух в'язкої рідини при малих числах Рейнольдса. Повільне обтікання кулі. Сила опору Стокса. Парадокс Стокса. Наближення Озеєна.

#### **Змістовий модуль 4. Теорія примежового шару та елементи терії турбулентності.**

Задача гідродинамічної теорії змащення. Основні рівняння теорії змащення в'язкою рідиною. Плоский підшипник. Піднімальна сила та сила опору при русі змащувальної рідини.

Розв'язок Зоммерфельда задачі про рух рідини в циліндричному підшипнику. Рівнодіюча сил тиску та несуча сила підшипника. Момент сил тертя.

Течії в'язкої рідини при великих числах Рейнольдса. Основні припущення та система рівнянь Прандтля примежового шару. Граничні умови. Перетворення Мізеса.

Задача Блазіуса (примежовий шар на напівнескінченній пластині). Оцінки товщини примежового шару.

Наближені методи розрахунку течії в примежовому шарі. Інтегральне співвідношення Кармана. Товщина витіснення та товщина втрати імпульсу. Наближений розрахунок примежового шару на пластині з використанням інтегрального співвідношення. Якісне змалювання явища відриву примежового шару.

Елементи теорії турбулентних течій. Стійкість руху в'язкої рідини. Задача Ліня про дослідження стійкості ламінарної течії між паралельними пластинами. Розвинена турбулентність.

Рівняння та тензор напружень Рейнольдса. Напівемпіричні теорії турбулентності. Теорія Прандля шляху перемішування та метод подібності. В'язкий підшар.

Ланцюжок рівнянь Фрідмана-Келлера в теорії розвиненої турбулентності.

### 3. Рекомендована література

#### Базова

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. СПб.: Лань, 2004. Т.1, 2, кол-во страниц: 492, 568
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - 7-е изд., испр. - Москва : Дрофа, 2003. - 840 с.
3. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, Часть 1 (6-е издание). М.: Физматлит, 1963.
4. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, Часть 2 (4-е издание). М.: Физматлит, 1963.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. — Издание 5-е. — М.: Физматлит, 2006. — Т. VI. Гидродинамика. — 736 с.
6. Валландер С.В. Лекции по гидроаэромеханике. Л.: Изд. ЛГУ, 1978
7. Механика сплошных сред в примерах и задачах, т.1,2. Под ред. М.Э.Эглит. Моск. Лицей, М., 1996, Кол-во стр.:395 ,394.

#### 8. Допоміжна

9. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973, 758 с.
10. Ламб Г. Гидродинамика. М.-Л.: Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1947, 928 с.
11. Л.Прандтль. Гидроаэромеханика. Ижевск: НИЦ "РХД", 2000, 576 с.
12. Л.М.Милн-Томсон. Теоретическая гидродинамика. М.: Мир, 1964, 655 с.
13. Т.Е.Фабер. Гидроаэродинамика. М.: Постмаркет, 2001.- 560 с.
14. Тарапов И.Е. Механика сплошной среды, ч.2. Общие законы кинематики и динамики. Харьков, Золотые страницы, 2002, 320 с.
15. Тарапов И.Е. Механика сплошной среды, ч.3. Динамика невязкой жидкости. Харьков, Золотые страницы, 2005,328 с.
16. Фрик П.Г. Турбулентность: модели и подходы. Пермь, 1998.
17. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. М.: Физматгиз: 1959, 700 с.

**4. Форма підсумкового контролю успішності навчання - іспит, іспит**

**5. Засоби діагностики успішності навчання -** поточне опитування, ректорська контрольна робота, модульні контрольні роботи, індивідуальні завдання, доповіді на спеціальному семінарі, виконання курсових робіт.