

ЛЕКЦІЯ №3

ЗАКОНИ ГІДРОСТАТИКИ

ОСНОВНЕ РІВНЯННЯ ГІДРОСТАТИКИ

Хоча за своїми властивостями рідини і газів багато в чому відрізняються одне від одного, існує загальна властивість, що об'єднує їх, — плинність, тобто їх малий опір до деформації зсуву. Отже, досліджуючи рух рідин і газів, використовуємо єдиний підхід. Розділ механіки, що вивчає рівновагу та рух рідин і газів, їх взаємодію між собою та обтічними твердими тілами, називають гідроаеромеханікою.

У гідроаеромеханіці нехтують молекулярною будовою рідин і газів, сприймаючи їх як суцільне середовище, неперервно розподілене в просторі. Густина рідин і газів у загальному випадку залежить від тиску. Проте у багатьох задачах цією залежністю можна нехтувати і користуватися єдиним поняттям нестисливої рідини — рідини, густина якої завжди стала і не залежить від часу.

Якщо в нерухомій рідині помістити тонку пластину, то частинки рідини, що розміщуються з різних боків від неї, діятимуть на кожний її елемент Δs із силами $\Delta \vec{F}$, які незалежно від орієнтації пластини будуть рівні за модулем і напрямлені перпендикулярно до площини Δs , оскільки наявність дотичних сил привела б частинки рідини в рух і рівновага порушилася б (рис. 3.1).

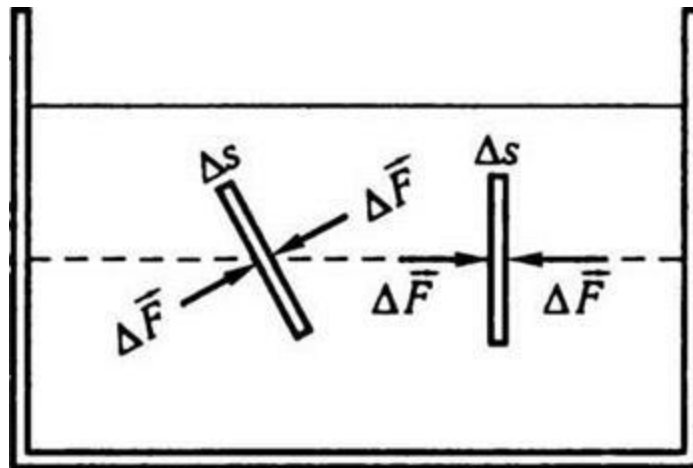


Рис. 3.1

Фізичну величину, що дорівнює відношенню нормальної сили, яка діє з боку рідини на будь-яку площину, до її площі, називають тиском рідини p :

$$p = \frac{\Delta F}{\Delta s}. \quad (3.1)$$

Одиниця тиску — паскаль (Па): один паскаль дорівнює тиску, що створює сила в один ньютон, рівномірно розподілена по нормальній до неї поверхні площею 1 м^2 ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} / \text{м}^2$).

Для рідини, що перебуває в рівновазі, виконується закон Паскаля: тиск у рідині чи газі передається в усіх напрямках однаково.

Розглянемо, як впливає сила тяжіння на розподіл тиску всередині нерухомої нестисливої рідини, що перебуває у спокої. Умовно виділимо в рідині елемент певної форми, наприклад паралелепіпед, площа основи якого Δs , а висота h (рис. 3.2). Оскільки рідина цього об'єму перебуває у спокої, то рівнодійна всіх сил, що діють на об'єм рідини, дорівнює нулю, а сили, що діють на бічну поверхню, взаємно врівноважуються. Щоб знайти умови рівноваги паралелепіпеда у вертикальному напрямі, треба врахувати тиски p_1 і p_2 , що діють на верхню і нижню основи паралелепіпеда. Запишемо умову рівноваги для вертикального напрямку:

$$p\Delta s = p_0\Delta s + \rho gh\Delta s, \quad \text{або} \quad p = p_0 + \rho gh, \quad (3.2)$$

де ρgh — гідростатичний тиск рідини, зумовлений дією земного тяжіння; ρ — густина рідини.

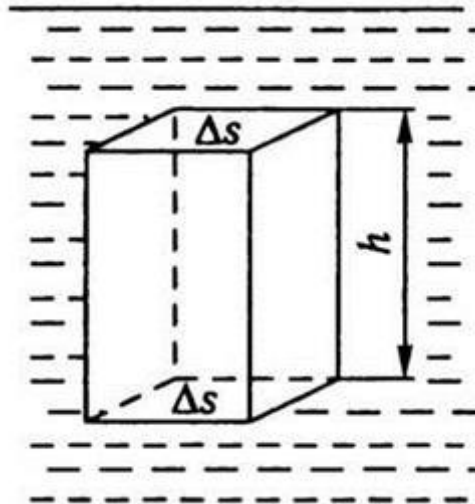


Рис. 3.2

Рівняння (3.2) є основним рівнянням гідростатики для нестисливої рідини.

Гідростатичний тиск рідини залежить від густини рідини ρ та висоти її стовпа і не залежить від форми посудини, в якій зберігається рідина. Отже,

якщо тиск на вільну поверхню нерухомої рідини p_0 , то гідростатичний тиск на глибині h визначають рівнянням (3.2).

Відповідно до цього рівняння сила тиску на нижні шари рідини буде більша, ніж на верхні, а тому на тіло, занурене в рідину, діє виштовхувальна сила, яка визначається законом Архімеда: на тіло, занурене в рідину (газ), діє з боку цієї рідини напрямлена вгору виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі витісненої тілом рідини (газу):

$$F_A = \rho g V, \quad (3.3)$$

де F_A — сила Архімеда; ρ — густина рідини; V — об'єм зануреного в рідину тіла.

Для вимірювання гідростатичного тиску застосовують манометри. Найпростіший тип манометра має вигляд U-подібної трубки, один кінець якої з'єднується з посудиною, в якій вимірюється тиск, другий — з атмосферою або запаяний і повітря з нього відкачано. За різницею рівнів рідин у колінах манометра визначають тиск у посудині.

Великі тиски вимірюють металевими манометрами, в яких металева пружна трубка приєднується до резервуара, де вимірюється тиск. При зміні тиску змінюється конфігурація трубки. Її зміна фіксується стрілкою чи іншим показником тиску. Низькі й високі тиски вимірюють приладами, дія яких ґрунтується на залежності електричного опору манганінової дротини від тиску або електричних властивостей кварцових пластинок від тиску (п'єзоелектричний ефект).

Манометри складаються з чутливого елемента і елемента, який тиск перетворює в іншу величину, зручну для вимірювання. За типом чутливого елемента манометри поділяють на рідинні, механічні, поршневі, електричні, теплові, радіоактивні тощо.