

УДК 631.3:621.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ЯВИЩ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЕЙ

В. Є. Василенков, кандидат технічних наук

e-mail: nni.elektrik@gmail.com

Анотація. Наведено основні моделі, які використовуються при теоретичних і експериментальних дослідженнях в гідравліці.

Ключові слова: модель рідини, теоретичні і експериментальні методи, ідеальна рідина, суцільне середовище, метод подібності

Нині майже у всіх областях техніки застосовуються різні гідравлічні пристрої, в яких використовуються закони гідравліки. Найголовніші області застосування гідравліки - гідротехніка, меліорація і водне господарство, гідроенергетика, водопостачання і каналізація, водний транспорт, машинобудування, авіація тощо. При дослідженні гідравлічних явищ в гідравліці застосовують теоретичні і експериментальні методи.

Під час теоретичних досліджень використовують рівняння механіки для математичного опису практично всіх процесів, що відбуваються в рухомій рідині. Зважаючи на складність будови рідин, теоретичні дослідження виконують для модельних рідин, що полегшує застосування рівнянь механіки. Наприклад, застосовують модель нев'язкої рідини, яка на відміну від існуючих в природі реальних рідин позбавлена властивості в'язкості. Цей метод призвів до створення теоретичної гідромеханіки, що має строго математичний характер. Однак, використання цієї математичної моделі не завжди дозволяє вирішувати практичні завдання. Це пов'язано, з одного боку, зі складністю математичних залежностей, що використовуються, а з іншого – з необхідністю врахування впливу великого числа конструктивних факторів.

Експериментальні дослідження в гідравліці мають важливе значення. Леонардо да Вінчі (1452 - 1519 р.р.), який написав роботу "Про рух і виміри

води", яка була опублікована більш ніж за 400 років після його смерті, належать слова: «Кожний раз, коли маєш справу з водою, насамперед звернися до досвіду, а потім вже міркуй». Вивчення гідравлічних явищ на моделях, що створені на основі теорії подібності із застосуванням певної методики моделювання, дозволяє отримати дані про параметри, якими буде характеризуватися явище в реальних умовах. Оптимальне поєднання теоретичних і експериментальних досліджень дозволяє отримати результат, що досить точно описує досліджуване явище.

Таким чином, тільки науково обґрунтовані моделі є запорукою практичного і теоретичного вивчення гідравлічних явищ.

Мета досліджень – розкриття на моделі деяких визначень в гідравліці.

Матеріали та методика досліджень. Розглядаються моделі суцільності середовища, ідеальної рідини, сили, що діють в рідині, кавітація.

Результати досліджень. *Рідини.* Всі речовини в природі мають молекулярну будову. За характером молекулярних рухів, а також за числовим значенням міжмолекулярних сил, рідини займають проміжне положення між газами і твердими тілами. Молекули рідини знаходяться у безперервному хаотичному тепловому русі, що здійснюється у вигляді коливань (10^{13} коливань в секунду), щодо миттєвих центрів і стрибкоподібних переходів від одного центру до іншого. Тепловий рух молекул твердих тіл – це коливання відносно стабільних центрів, тепловий рух молекул газу – безперервні стрибкоподібні зміни місць.

Рідкими тілами або рідинами називають фізичні тіла, що легко змінюють свою форму під дією самої незначної за величиною сили. Можна сказати, що рідина – це фізичне тіло, яке має плинність та певний об'єм і заповнює частину простору (судини), рівну її об'єму. Розрізняють два види рідин: рідина краплинна (малостискувана) та рідина газоподібна (стискувана).

Газоподібні рідини (гази) на відміну від краплинних заповнюють увесь наданий їм простір і змінюють свій об'єм залежно від зміни температури і тиску. Газоподібні рідини, їх властивості та застосування розглядаються в

спеціальних дисциплінах – термодинаміці і аеромеханіці. В гідравліці розглядається рівновага і рух крапельної рідини, названою просто рідиною. Крапельні рідини є рідинами в звичайному, загальноприйнятому розумінні цього слова (вода, нафта, гас тощо)

Модель суцільності. У гідравліці рідину розглядають як деформовану систему матеріальних точок (часток), які безперервно заповнюють простір, в якому вони рухаються. Припускають, що частинка рідини є нескінченно малим об'ємом, в якому знаходиться досить багато молекул рідини. Наприклад, в кубіку води зі сторонами розміром 0,01 мм буде знаходитися $3,3 \times 10^{13}$ молекул. При цьому припущенні рідину в цілому розглядають як суцільне середовище, яке безперервно заповнює простір, тобто приймають, що в рідині немає пустот та розривів. Зважаючи на велику кількість молекул, з яких складається частинка рідини, вплив окремих молекул не враховується. Суцільне середовище є моделлю, яку успішно використовують при дослідженні закономірностей спокою і руху рідини.

Сили, які діють в рідині. Внаслідок плинності рідини вона не сприймає зосереджені сили, тому в ній діють тільки розподілені в об'ємі або на поверхні сили. Сили, що діють на рідину, прийнято ділити на масові (об'ємні) і поверхневі. Масові (об'ємні) сили – це сили, що діють на кожну частинку рідини з масою Δm , тобто це сили, розподілені в масі. До них відносяться: сила тяжіння, сила інерції (каріолісова сила інерції, переносна сила інерції), гравітаційні сили. Поверхневі сили – це сили, які діють на кожен елемент поверхонь ΔS , що обмежують рідину, і на кожний елемент поверхонь, проведених довільно всередині рідини.

Нехай на плоску поверхню площею ΔS діє сила ΔR (рис. 1.1). Силу ΔR можна розкласти на нормальну ΔP і тангенціальну ΔT складові.

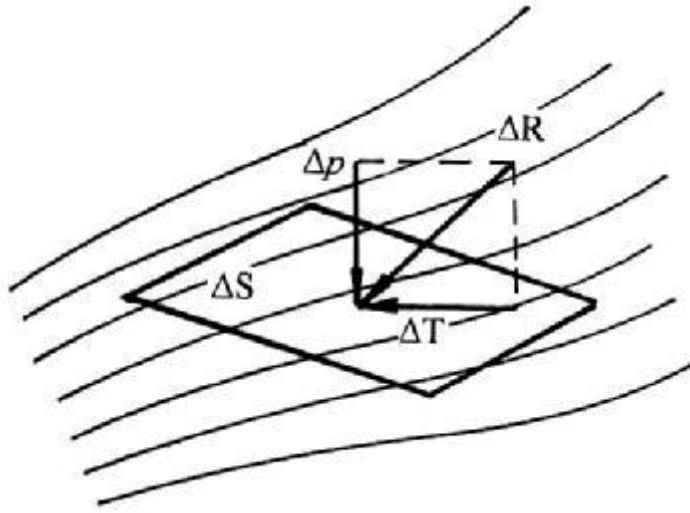


Рис. 1. Схема дії поверхневих сил

Тангенціальна складова ΔT називається силою тертя. Вона викликає в рідині дотичні напруження. Напряга тертя τ , яка діє дотично до площі ΔS , дорівнює

$$\tau = \frac{\Delta T}{\Delta S}. \quad (1)$$

Нормальна сила P називається силою тиску і викликає в рідині нормальні напруги стиснення. Якщо сила тиску P рівномірно розподілена по майданчику ΔS , то середній тиск буде дорівнювати:

$$P = \frac{\Delta p}{\Delta S}. \quad (2)$$

Для полегшення і спрощення досліджень в гідравліці існує поняття "ідеальна" рідина. Її вважають абсолютно нестисливою, вона не має температурного розширення і не чинить опору стискуючим і розтягуючим зусиллям. Ідеальна рідина – рідина фіктивна. Але стисливість, температурне розширення і опір розтягуванню для реальних рідин мізерно малі і зазвичай не враховуються. Таким чином, основною і єдиною особливістю, що відрізняє реальну рідину від ідеальної, є наявність у реальній рідині сил опору зрушенню, які визначається особливою властивістю рідини – в'язкістю. Тому ідеальну рідину іноді називають нев'язкою, а реальну – в'язкою рідиною.

Розчинення газів. Усі рідини в тій чи іншій мірі поглинають і розчиняють гази. Відносна кількість газу, яка може розчинитися в рідині до її насичення, прямо пропорційна тиску на поверхні розділу.

Обсяг розчиненого газу визначають за формулою:

$$W_r = k_r \cdot W_p \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (3)$$

де W_r –кількість розчиненого газу, віднесений до нормальних умов (p_0, t_0); W_p – об'єм рідини; p – тиск рідини; p_0 – еталонний тиск (наприклад,атмосферний); k_r – коефіцієнт розчинення газу в рідині (кількість газу, що розчиняється при атмосферному тиску в одиниці об'єму рідини).

Розчинність повітря в реальній рідині до її насичення залежить від її виду та густини. Граничне значення коефіцієнта розчинності k_r може досягати 0,12–0,2. При температурі 20 °С і атмосферному тиску у воді міститься 1,6 % розчиненого повітря за обсягом. При підвищенні температури коефіцієнт розчинності зменшується.

При зниженні тиску розчинений газ виділяється, погіршуючи характеристики роботи гідравлічних систем. Це може відбутися, наприклад, в результаті раптового розширення потоку рідини або внаслідок великих місцевих швидкостей.

Порушення суцільності рухомої рідини внаслідок місцевого зниження тиску нижче за критичне значення називається кавітацією (від латинського «кавітас» порожнина). Це явище виникає там, де місцевий тиск знижується до певного критичного значення, меншого від тиску насичених парів рідини ($p_{нт}$) при цій температурі. Процес кавітації супроводжується появою великої кількості бульбашок, наповнених парами рідини, а також газами, зокрема повітрям, що знаходиться в рідині у розчиненому стані. Причому це явище залежить від ступеня його розвитку. Розрізняють початкову, часткову, що розвивається, розвинуту кавітацію та суперкавітацію. Кожна стадія протікає по-різному і має свої особливості.

На практиці появу кавітації при роботі насоса можна виявити за характерним потріскуванням в зоні входу потоку на робоче колесо, шумом і

вібрацією насоса. У системах водопостачання і водовідведення використовуються насоси переважно нормальної чи тихохідної групи й експлуатуються вони на різних відстанях відносно рівня води в резервуарі, з якого вода забирається, при цьому можливе зменшення тиску на вході в насос. Саме виникнення часткової з переходом до розвинутої кавітації призводить до погіршення робочих характеристик насоса, зниження ефективності й зрештою до зриву його роботи. Режим роботи не сталий і некерований. Коефіцієнт корисної дії знижується на 5 – 10 %, а його подача зменшується на 15 – 20 %. А найголовніше – систематичне схлопування бульбашок призводить до місцевого руйнування деталей насоса (лопаток, втулки, всмоктувального патрубку тощо) внаслідок кавітаційної ерозії

Висновки

На основі проведеного аналізу застосування прийнятих моделей в гідравліці, а саме, моделі ідеальної рідини, моделі рідини як суцільного середовища, показане практичне обґрунтування таких понять, як модель рідини і сили, які діють на неї. Порухення в моделі рідини призводить до виникнення нових явищ, таких як кавітація, проведено розкриття суті цього явища і заходи щодо можливих наслідків.

Список літератури

1. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривід / [В. А. Дідур, О. Д. Савченко, С. І. Пастушенко, С. І. Мовчан]. – Запоріжжя: вид-во Прем'єр, 2005. – 461 с.
2. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников. – М: Колос, 1979. – 560 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ

В. Е. Василенков

Аннотация. *Приведены основные модели, которые используются при теоретических и экспериментальных исследованиях в гидравлике.*

Ключевые слова: *модель жидкости, теоретические и экспериментальные методы, идеальная жидкость, сплошная среда, метод подобия*

STUDY OF CERTAIN HYDRAULIC PHENOMENA BY MODELS

V. Vasylenkov

Annotation. *In the article the basic models, which are used in theoretical and experimental research in hydraulics.*

Key words: *model liquid, theoretical and experimental methods, ideal fluid, continuous medium, the method of similarity*