

Практична робота №2. Закон Архімеда. Закон Паскаля

Тема: Закон Архімеда. Закон Паскаля.

Мета: Навчитись розв'язувати задачі використовуючи формули по темі: “Закон Архімеда. Машини, які працюють на принципі законів гідростатики”.

Рекомендована література

1. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, Д.П.Журавель, С.І.Мовчан; – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с. (с. 34 - 47).
2. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, С.І.Пастушенко, С.І.Мовчан; – Запоріжжя: Прем'єр, 2005. – 464 с.(с. 30 - 40).
3. Рогалевич, Ю.П. Гідравліка / Ю.П. Рогалевич; – К.: Вища школа, 1993. – 255 с. (с. 10 - 48).
4. Палишкин, Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение / Н.А. Палишкин; – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с. (с. 22- 34).
5. Исаев, А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П.Исаев, Б.И. Сергеев, В.А.Дидур; – М.: Агропромиздат, 1990. – 400с. (с. 25 - 34).
6. Карасев, Б.В. Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации / Б.В.Карасев;–Минск: “Высшая школа”, 1983 – 288 с. (с. 14 - 23).
7. Костюченко, Э.В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / Э.В. Костюченко, В.И.Лаптев, Л.А.Холодок; – Минск, Ураджай, 1991. – 272 с. (с. 53 - 64).

1. Теоретична частина

Закон Архімеда

Закон Архімеда формулюється так: на занурене в рідину тіло діє виштовхуюча сила P_v , напрямлена знизу вгору, яка дорівнює вазі рідини, витисненої тілом.

Для обґрунтування сказаного розглянемо занурене в рідину у відкритій посудині циліндричної форми тіло, яке знаходиться в стані рівноваги (рис. 1). Висота тіла H , а площа нижньої та верхньої основ циліндра ω . Діючі на бокову поверхню сили гідростатичного тиску взаємно врівноважуються і в розрахунках не враховуються. Таким чином, до уваги беруться тільки сила ваги тіла і сили, які діють на верхню й нижню основи.

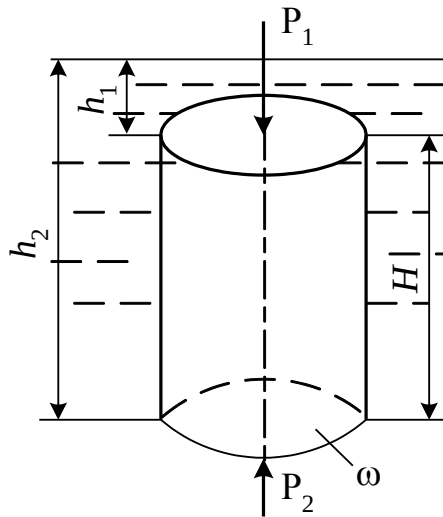


Рис. 1. Схема до обґрунтування закону Архімеда

Отже, зверху на тіло діє занурююча (напрямлена зверху вниз) сила

$$P_1 = \omega \rho g h_1, \quad (1)$$

а знизу – виштовхуюча (напрямлена знизу вгору) сила

$$P_2 = \omega \rho g h_2. \quad (2)$$

Різниця цих сил буде виштовхуючою (підтримуючою) силою

$$P_B = P_2 - P_1. \quad (3)$$

Підставивши значення сил P_1 і P_2 , отримаємо:

$$P_B = \omega \rho g h_2 - \omega \rho g h_1 = \omega \rho g (h_2 - h_1) = \rho g \omega H = \rho g W.$$

Тобто виштовхуюча сила дорівнює вазі рідини, виштовхуваної цим тілом:

$$P_B = \gamma W, \quad (4)$$

де γ – питома вага рідини; W – об'єм тіла.

Вона напрямлена по вертикалі вгору і прикладена до тіла в точці, що відповідає центру тиску, яка називається центром водотоннажності (рис. 2, точка B). Вага рідини в об'ємі, що виштовхнуло занурене в неї тіло (рис. 2, а, б), або частини його (рис. 2, в) називається водотоннажністю плаваючого тіла.

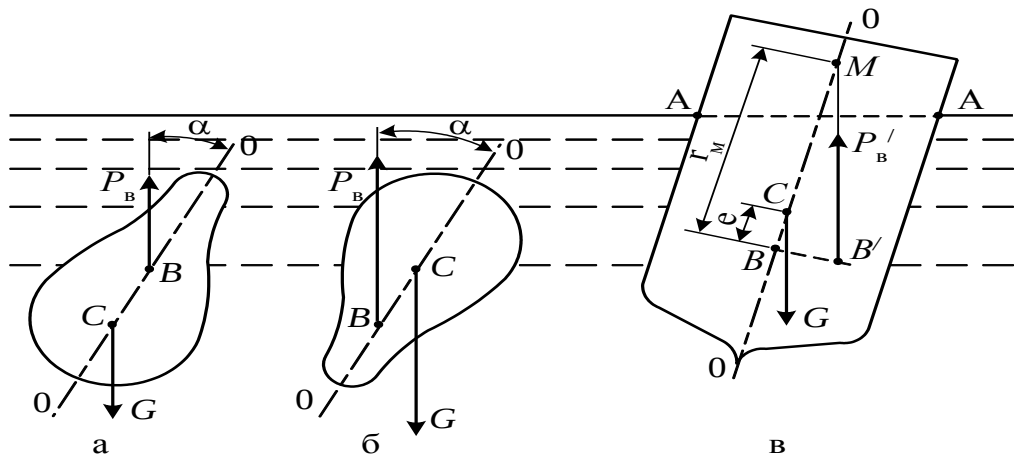


Рис. 2. Схеми до обґрунтування рівноваги плаваючих тіл

Крім виштовхуючої (підтримуючої) сили P_v , на тіло, як зазначалося вище, діє сила його ваги G , яка завжди прикладена в центрі тяжіння тіла (точка C) і напрямлена вертикально вниз (рис. 2).

Співвідношення виштовхуючої сили й сили ваги складає основу теорії плавання тіл.

Зазначимо, що плавання тіл характеризується їхньою **плавучістю**, тобто здатністю тіл зберігати положення рівноваги по відношенню до вільної поверхні рідини.

Якщо вага тіла $G > P_v$, то тіло тоне; при $G = P_v$ тіло буде знаходитися в стані спокою на будь-якій глибині його занурення – підводне плавання (рис. 2, а); при $G < P_v$ тіло спливає до тих пір, доки частина його почне підніматися над поверхнею рідини, і виштовхуюча сила зменшиться до значення $P_v = G$ – надводне плавання тіла (рис. 2, в).

Машини, які працюють на принципі законів гідростатики

Дія багатьох машин і механізмів базується на законах гідростатики. Ці машини мають різну будову і призначення, але в їх роботі використовується один і той же гідравлічний принцип: тиск і енергія передаються за допомогою рідини. До них належать гідравлічний прес, гідравлічний домкрат (підйомник) мультиплікатор тощо.

Гідравлічний прес застосовують для одержання значних стискуючих зусиль, що необхідно, наприклад, для деформації металів при обробці тиском (пресування, кування, штампування), при дослідженні різних металів на міцність, твердість тощо. На рисунку 3 показано принципову схему гідравлічного преса. Прес складається із двох

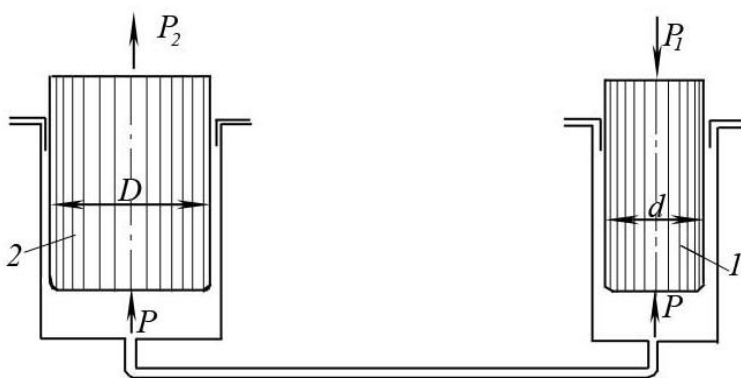


Рис. 3. Схема гідравлічного преса

(меншого і більшого діаметрів) з'єднаних між собою трубою з рідиною. В малому циліндрі є поршень 1, а у великому циліндрі – поршень 2. Якщо до поршня 1, що має площу S_1 , прикласти силу F_1 , то при цьому поршень почне рухатися вниз і здійснювати на рідину, яка під ним перебуває, тиск:

$$p_1 = F_1 / S_1 \quad (5)$$

Цей тиск, згідно з законом Паскаля, передається в усі точки рідини в гідравлічному пресі, в тому числі і на поршень

2 з площею S_2 і заставляє його підніматися вгору під дією сили:

$$F_2 = p_1 S_2 = F_1, \quad (6)$$

Оскільки гідростатичні тиски в точках площ S_1 і S_2 практично рівні між собою (зміна в силі F_2 за рахунок різниці рівнів у циліндрах незначна і її можна не брати до уваги), тоді

$$F_2 = p_1 S_2 = F_1 \quad (7)$$

Таким чином, пресуюча сила F_2 у стільки разів більша від сили F_1 , прикладеної до малого поршня, у скільки разів площа S_2 більша від площі S_1 .

Пристрій, що розглядається, може служити не тільки для пресування, але і для піднімання вантажу, тобто є так званим гідравлічним домкратом.

Гідравлічний прес обладнаний всмоктувальним і нагнітальним клапанами, що регулюють роботу пресу, і клапаном, який запобігає його руйнуванню при надмірному зростанні тиску (на схемі клапани не показані).

У сучасних гідравлічних пресах можна отримати досить значні зусилля (до 700 МН і більше). В цих конструкціях використовують поршневий насос високого тиску, який подає робочу рідину (воду або масло) у великий циліндр (власне прес), а між ними вмикають спеціальний пристрій – гідравлічний акумулятор, який вирівнює роботу насоса.

Гідравлічний акумулятор (рис. 4) служить для акумулювання, тобто нагромадження енергії. Його застосовують у тих випадках, коли необхідно виконати короточасну роботу, що вимагає значних механічних зусиль, наприклад, підняти значну масу, закрити і відкрити ворота шлюзів тощо.

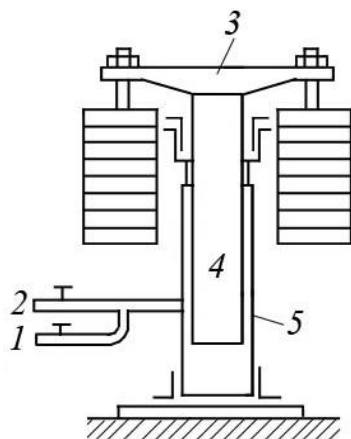


Рис. 4. Схема гідравлічного акумулятора

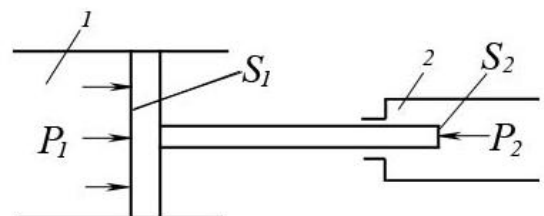


Рис. 5. Схема гідравлічного мультиплікатора

Найбільш широко гідравлічні акумулятори використовують при роботі гідравлічних пресів в якості пристроїв, що нагромаджують енергію (рідину) при холостому ході пресу і віддають її під час робочого ходу, коли подача насосів виявляється недостатньою.

Гідравлічний мультиплікатор (перетворювач тиску) дозволяє підвищити тиск в рідині. Його можна використати разом з гідравлічним пресом. В цьому випадку мультиплікатор виконує роль насоса, який подає в циліндр преса рідину, яка збільшує силу, що створюється пресом.

Мультиплікатор (рис. 5) складається із циліндрів 1 і 2 в яких переміщується поршень площею S_1 , який з'єднаний з поршнем плунжера площею S_2 . Якщо в циліндр 1 подавати рідину під тиском p_1 , то із циліндра 2 буде поступати рідина під тиском p_2 . Оскільки сили тиску, діючі на поршень і плунжер повинні бути рівними (без урахування сил тертя), тоді $p_1 S_1 = p_2 S_2$, звідки $p_2 = p_1 S_1 / S_2$. Підбираючи величини S_1 і S_2 можна отримати необхідне збільшення тиску — .

Необхідно зазначити, що гідравлічний прес і мультиплікатор мають холостий хід, який повертає їх поршні у вихідне положення, під час якого корисна робота не виконується.

Аналогічно до силової частини гідравлічного преса діють і силові циліндри, що застосовуються для передачі зусиль на робочі органи машин. Однак в них рідина під тиском може поступати поперемінно по обидві сторони силового поршня, в результаті чого його рух може бути зворотно-поступальним. Силові циліндри широко застосовують у дорожніх і землерийних машинах, пристроях автоматики, в тому числі в промислових роботах і маніпуляторах тощо.

2. Порядок виконання роботи

1. При розв'язуванні задач рекомендується застосовувати форму скороченого запису умови задачі і її розв'язку. Дана форма є універсальною, застосовується при вирішенні задач з фізики і хімії в школі, полегшує студентам розуміння задачі, формує в них системний підхід до розв'язку задач.
2. При вирішенні задач на тему “Закон Архімеда. Машини, які працюють на принципі законів гідростатики ” перш за все необхідно добре засвоїти такі поняття, як виштовхувальна сила, вага тіла, тиск, і інші знати основні формули, наведенні теоретичній частині.

3. Необхідно чітко знати одиниці вимірювання величин, що характеризують основні величини даної теми, вміти переводити несистемні одиниці виміру в систему СІ.

4. При розв'язуванні задач даної теми необхідно знати формули для визначення пощі і об'єму простих геометричних фігур.

3. Приклади розв'язку задач

Приклад 1. Корона масою 14,7 кг має під водою вагу, що відповідає масі 13,4 кг. Визначте, чи корона золота. Питома маса золота $\rho_z = 19300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Дано: $m_1 = 14,7 \text{ кг}$ $m_2 = 13,4 \text{ кг}$ $\rho_z = 19300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	<i>Розв'язання:</i> 1. Вага тіла, зануреного у воду $G_2 = G_1 - F_a, \quad (1)$ де G_1, G_2 – відповідно вага тіла на повітрі і у воді. 2. Вага тіла $G_1 = \rho_k g V. \quad (2)$ 3. Сила Архімеда $F_a = \rho g V, \quad (3)$ де $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – питома маса води. 4. Враховуючи (1)-(3) відношення $\frac{G_1}{G_1 - G_2} = \frac{G_1}{F_a} = \frac{\rho_k g V}{\rho g V} = \frac{\rho_k}{\rho}.$ Звідки $\rho_k = \rho \frac{m_1 g}{m_1 g - m_2 g} = \rho \frac{m_1}{m_1 - m_2}.$ $\rho_k = \frac{14,7}{14,7 - 13,4} \cdot 1000 = 11310 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} < 19300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
$\rho_k - ?$	

Отже, корона виготовлена не з золота.

Приклад 2. Визначити зусилля F (кН), що стискає випробуваний зразок у гідравлічному пресі (рис. 6), якщо до рукоятки важеля прикладене зусилля $P = 200 \text{ Н}$. Плечі важеля $a = 500 \text{ мм}$, $b = 450 \text{ мм}$. Діаметри поршнів дорівнюють $D = 480 \text{ мм}$, $d = 40 \text{ мм}$.

Рішення. Відповідно до правила важеля зусилля, що передається малому поршню, може бути знайдене з вираження:

$$P_1 = P \cdot \frac{a}{a-b} = 200 \cdot \frac{0,5}{0,5-0,45} = 2000 \text{ Н.}$$

Тиск рідини в малому циліндрі буде:

$$p = \frac{4 \cdot P_1}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2000}{3,14 \cdot 0,04^2} = 1,59 \times 10^6 \text{ Па.}$$

Відповідно до закону Паскаля, цей тиск передається однаково в усі сторони, у тому числі й до великого поршня. Отже, нехтуючи тертям поршня, стискальне зусилля дорівнює:

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1,59 \times 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,48^2}{4} = 288 \times 10^3 \text{ Н} = 288 \text{ кН.}$$

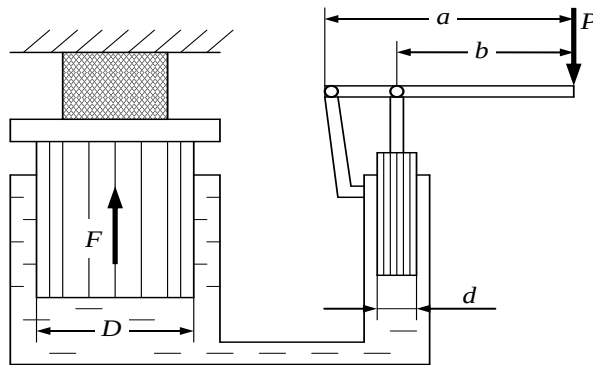


Рис. 6. Схема до прикладу 2

4. Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначити діаметр D поршня гідролічного преса, який повинен забезпечити зусилля $F_2 = 5000 \text{ Н}$ при зусиллі на ручці преса $N = 150 \text{ Н}$. Діаметр малого поршня $d = 5 \text{ см}$. Плечі ручки a та b відповідно дорівнюють 15 та 75 см (рис.7). Коефіцієнт корисної дії преса 0,9.

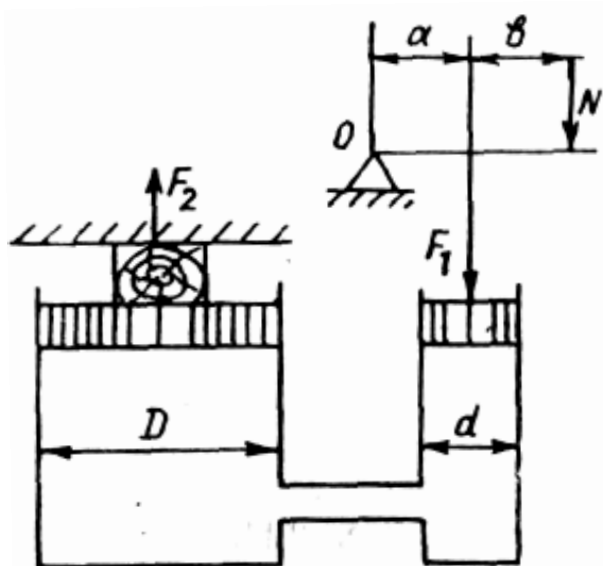


Рис. 7 Схема до задачі 1.

2. Поплавок квадратного перерізу повинен відкривати клапан при підвищенні рівня в резервуарі на 2 см. Зусилля відкриття клапана $F = 10 \text{ Н}$. Якою повинна бути площа поперечного горизонтального перерізу поплавка?

3. Нафтоналивне судно прямокутного перерізу з плоским дном шириною 20 м і довжиною 100 м повністю завантажене дає осадку 2,5 м. Без вантажу осадка судна 0,4 м. Визначте вагу нафти, яку перевозить судно.

4. Визначте глибину h занурення соснової балки, що має форму паралелепіпеда висотою $H = 0,2 \text{ м}$. Питома маса сосни 750 кг/м^3 .

5. Диференційний гідравлічний акумулятор підтримує тиск $p = 2 \text{ МПа}$ у трубі AB (рис.8) за допомогою поршня діаметром $\delta = 5 \text{ см}$ з'єднаного жорстко з двома іншими поршнями, діаметри яких $D = 25 \text{ см}$, $d = 12 \text{ см}$. Між цими поршнями подається пара під тиском p_1 . Яким має бути цей тиск, якщо $p_0 = 101,3 \text{ кПа}$?

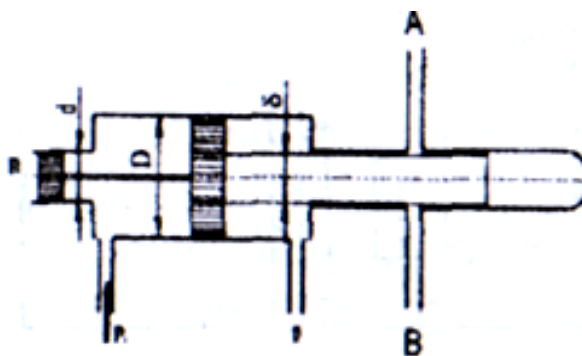


Рис. 8 Схема до задачі 5

6. Під поршнем гідроакумулятора діаметром $d = 20 \text{ мм}$ тиск води становить $3,43 \text{ МПа}$. Якщо шток підніметься на висоту $h = 2,4 \text{ м}$ (рис.9), яка діятиме на нього сила? Втрати тиску на тертя в ущільненні становлять 3 %.

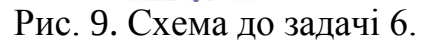


Рис. 10 Схema до задачі 7.