Гідравліка, гідро та пневмоприводи

Лекція 9-10

ГІДРОМАШИНИ. НАСОСИ

Викладач: доцент кафедри МІтаАТ
к.т.н. Степчин Я.А.

Загальні відомості про гідромашини

Гідравлічними називають машини, що перетворюють механічну енергію привода в гідравлічну енергію рідини (насоси) або отримують від рідини частину енергії і віддають її вихідному робочому органу (гідродвигуни).

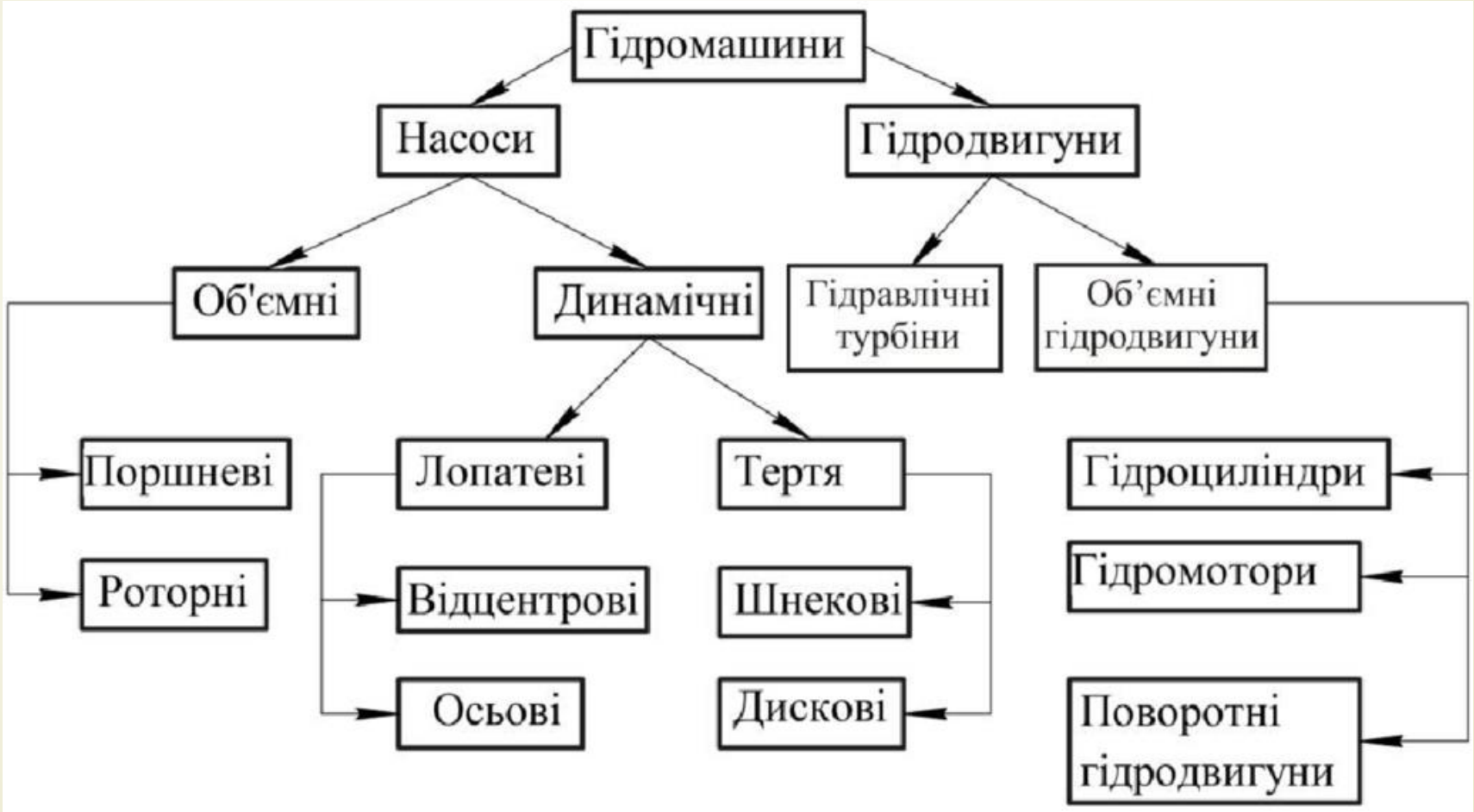


Рис. 1. Класифікація гідромашин

За принципом дії насоси та гідродвигуни поділяють на два типи: об'ємні та динамічні:

1. **Динамічні насоси** – це лопатеві насоси. Робочим органом є колесо з лопатями. Енергія від робочого колеса до рідини передається за допомогою динамічної взаємодії лопатей з рідиною, що їх обтікає. Основними з них є **відцентрові й осьові**. У відцентрових насосах (рис. 2) рідина рухається від центра колеса до периферії.

В осьових – рідина переміщується у робочому колесі вздовж осі валу.

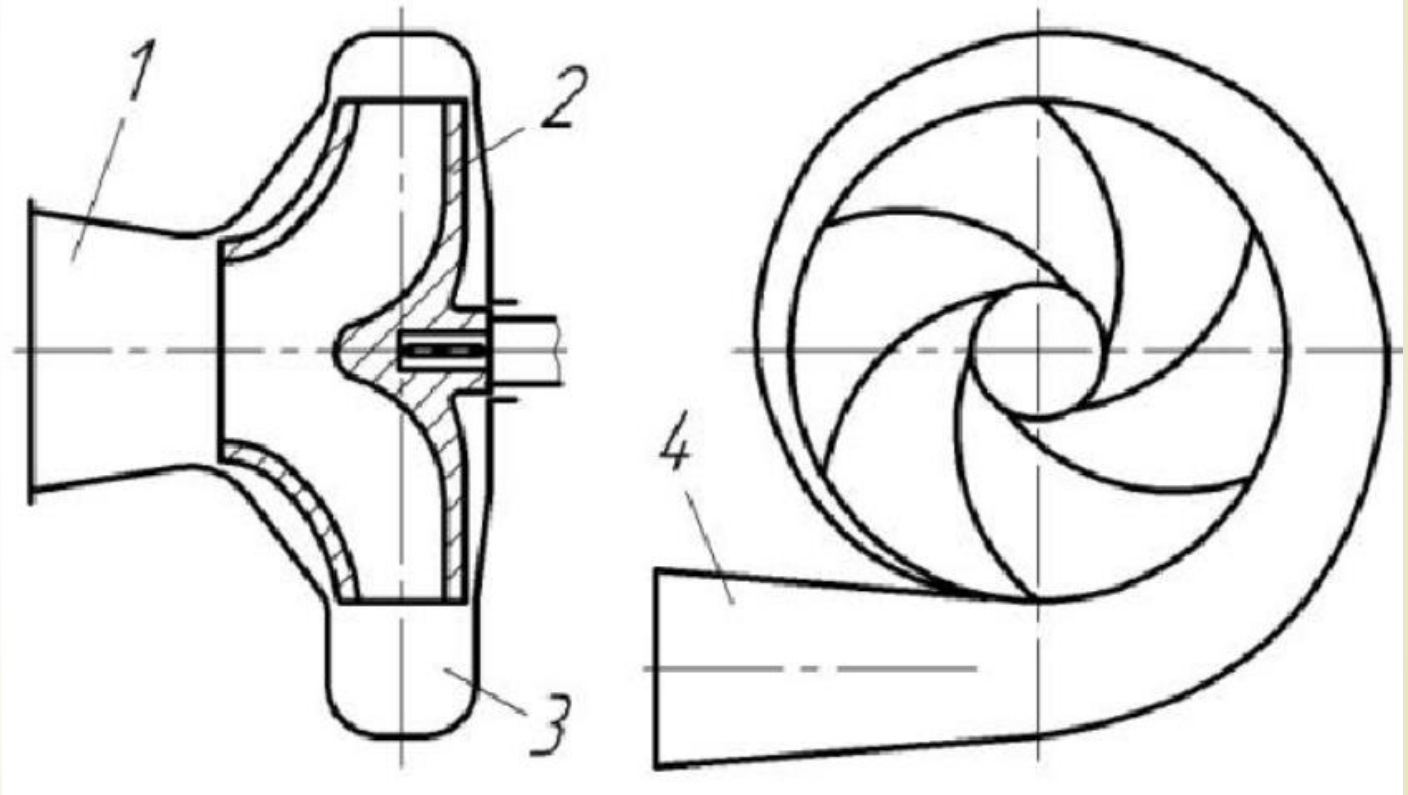


Рис. 2. Схема відцентрового насоса:
1 – підвід; 2 – робоче колесо; 3 – відвід; 4 – дифузор

2. **Об'ємні насоси** – це насоси, робочим органом яких є витискувач. Існують два основних типи об'ємних насосів – **поршневі і роторні**.

Класифікація об'ємних насосів наведена на рис. 3. У поршневих насосах рідина витискується з робочих камер під час зворотно-поступального руху поршня, у роторних – внаслідок обертального руху пластини, шестерні або гвинта (пластинчасті, шестеренні і гвинтові насоси). У роторно-поршневих насосах відбувається обертально-поступальний рух, коли одночасно обертається ротор і поступально рухаються поршні (радіально-поршневі та аксіально-поршневі насоси).

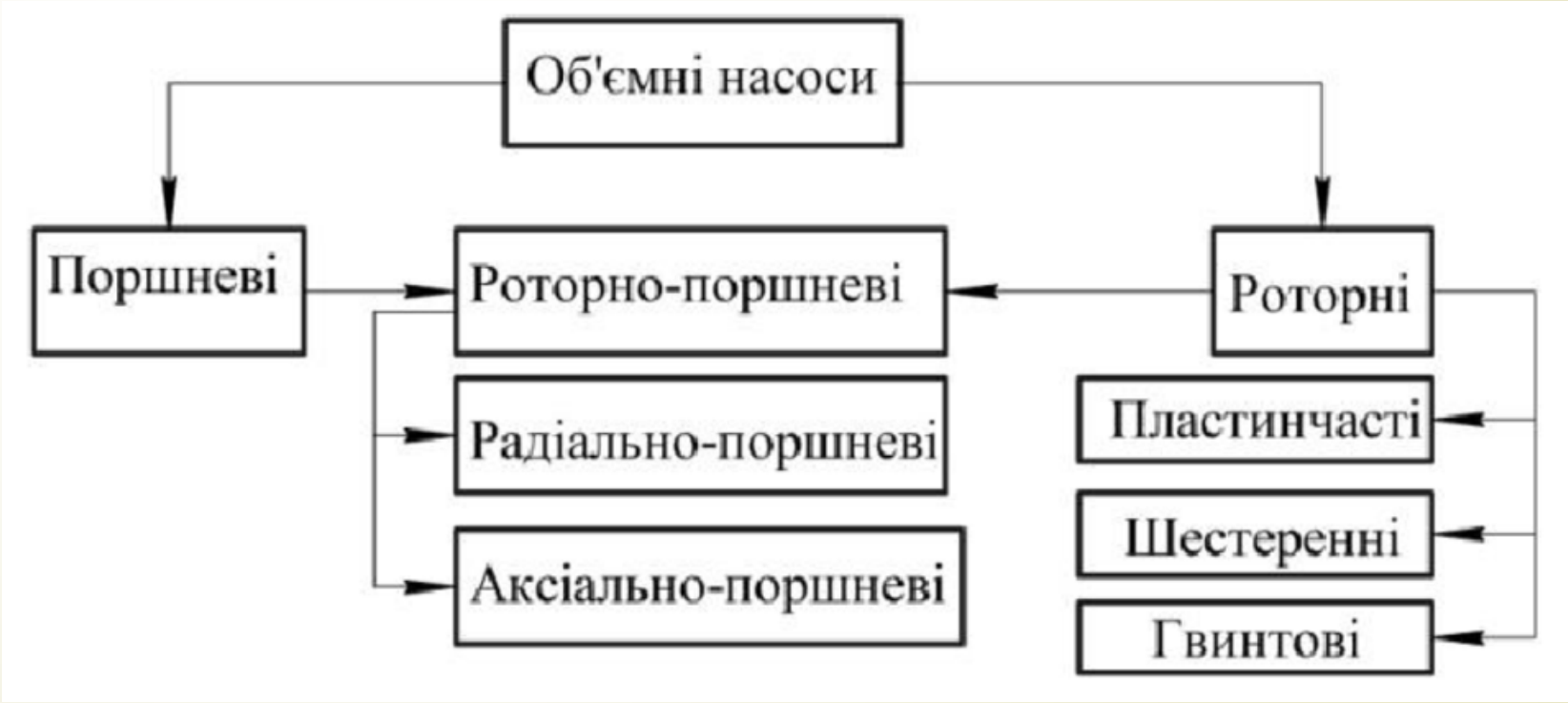


Рис. 3. Класифікація об'ємних насосів

3. **Гідродвигуни** – це гідромашини для перетворення гідравлічної енергії потоку рідини в механічну енергію руху вихідної ланки.
Гідродвигуни поділяють на два основні класи: гідравлічні турбіни і об'ємні гідродвигуни. **У гідравлічних турбінах** робоче колесо одержує енергію від рідини, яка через нього протікає, і енергія на вході більша, ніж на виході.

Основні параметри об'ємних насосів

1. **Робочий об'єм** V_o, м³, – це різниця найбільшого і найменшого значень об'ємів робочої камери за один оборот валу або за подвійний хід робочого органу насоса.
2. **Подача насоса** Q, м3/с, – об'єм рідини, що перекачується насосом за одиницю часу. У насосах використовується об'ємна подача: м³/с, м³/год, л/хв, л/с та ін.

Теоретичну подачу розраховують за формулою: $Q_m = V_o \cdot n$
де n – кількість обертів валу.

Дійсна подача насоса: $Q = Q_m - q$
де q – об'ємні втрати рідини.

3. **Напір насоса** H, м, – різниця питомих енергій (одиниці ваги рідини) або повних напорів після насоса і перед ним:
н - позначення напірного патрубка;
в – всмоктувального патрубка

$$H = \frac{p_н - p_в}{\rho \cdot g} + \frac{V_н^2 - V_в^2}{2 \cdot g} + (Z_н - Z_в)$$

В об'ємних насосах напір, м, розраховують за формулою:

$$H = \frac{p_н - p_в}{\rho \cdot g}$$

4. **Тиск насоса** p, Па, – різниця між тиском на виході і вході насоса:

$p = p_н - p_в$, або $p = \rho g H$

5. **Потужність** N, кВт.

5.1 **Корисна** (гідравлічна) **потужність** N – це робота, яка передається насосом за одиницю часу:

$N_к = \rho g H Q = pQ.$

5.2. **Споживана насосом потужність** (підведена від двигуна) N: $N = M\omega$

де M – крутний момент на валу насоса;

ω – кутова швидкість обертання валу.

Для насоса зворотно-поступальної дії потужність на штоці N : $N = F \cdot V \cdot n$,

де F – зусилля на штоці;

V – швидкість руху поршня.

6. **Коефіцієнт корисної дії** (к.к.д.) η – це відношення корисної потужності насоса до споживаної: $\eta = N_к / N$

7. **Втрати потужності** в насосах поділяють на три види:

7.1. Гідравлічні – це втрати напору на тертя і вихроутворення під час руху рідини через елементи насоса. Їм відповідає гідравлічний к.к.д.:

$$\eta_Г = \frac{H}{H_m} = \frac{H}{H + \sum h},$$

де $H_т$ – теоретичний напір, тобто напір, який створює робочий орган насоса;

$\sum h$ – сумарні втрати напору.

7.2. **Об'ємні** – це втрати потужності на перетікання частини рідини q через зазори між робочим органом і корпусом.

Об'ємним втратам відповідає об'ємний к.к.д.:

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q+q}.$$

7.3. **Механічні** – це втрати потужності на тертя в підшипниках, ущільненнях, дискове тертя та ін. Їм відповідає механічний к.к.д.:

$$\eta_м = \frac{N - N_{мех}}{N},$$

де $N_{мех}$ – механічні втрати потужності.

Коефіцієнт корисної дії всієї гідромашини – це добуток гідравлічного, об'ємного та механічного к.к.д.:

$$\eta = \eta_m \eta_o \eta_{мех}$$

8. **Частота обертання робочого колеса** (валу) n, 1/с, або кількість подвійних ходів штока за 1 секунду.

Поршневі насоси. Принцип дії. Подача поршневого насоса

Обертальний рух валу двигуна (рис. 4) за допомогою корбово-гонкового механізму перетворюється на зворотно-поступальний рух поршня.

За один подвійний хід поршня насос виконує одне всмоктування й одне нагнітання (однобічної дії).

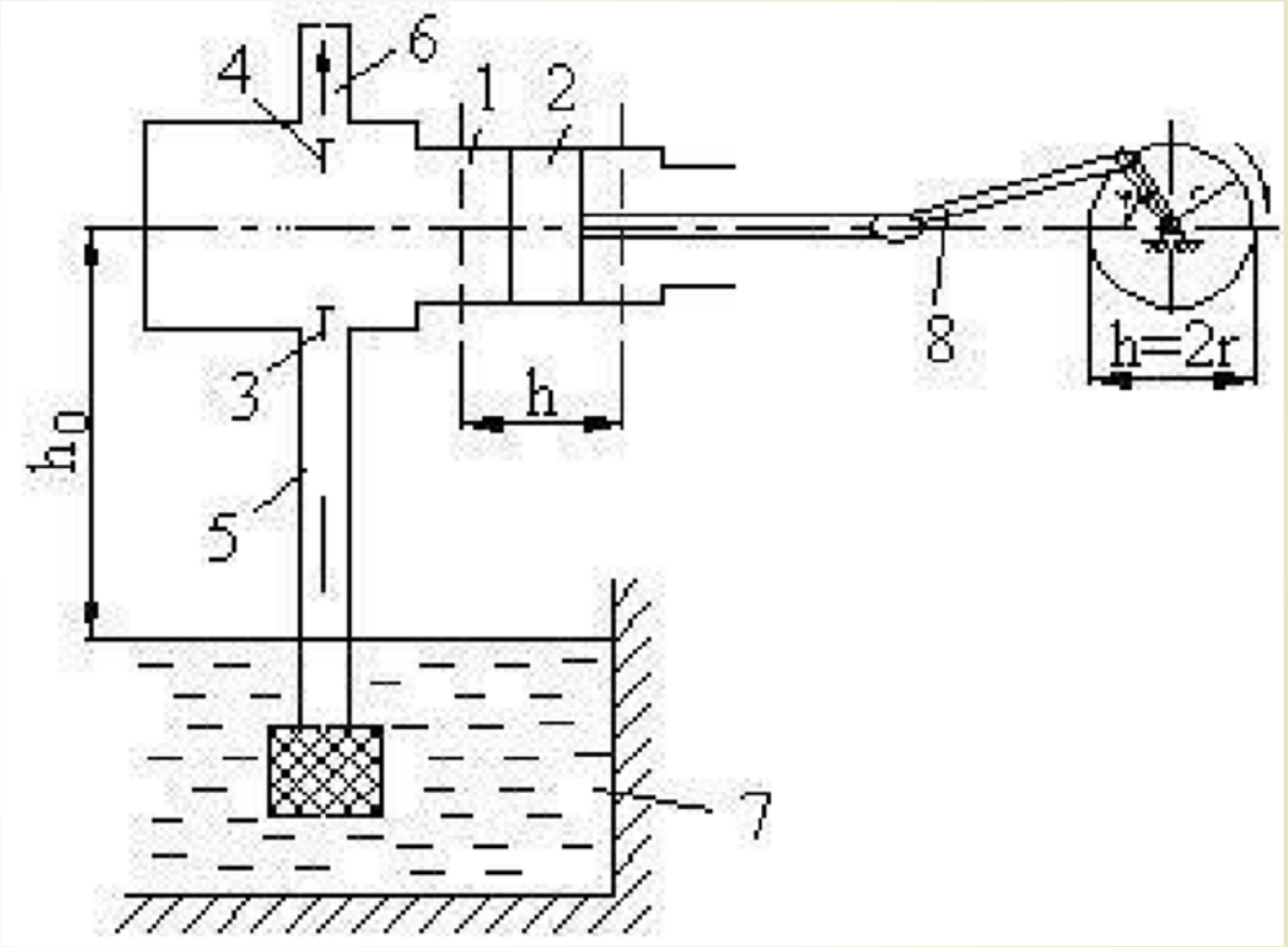


Рис. 4. Схема поршневого насоса: 1 – робоча камера; 2 – поршень; 3, 4 – клапани; 5, 6 – напірний і всмоктувальний трубопроводи; 7 – резервуар; 8 – корбово-гонковий механізм

Подача поршневого насоса однобічної дії:

Ідеальна (теоретична) подача: $Q_i = V_o \cdot n$

де V – робочий об'єм;

n – кількість подвійних ходів поршня за одиницю часу.

Робочий об'єм визначають із виразу: $V_o = S \cdot h$

де S – площа поршня;

h – хід поршня.

Площа поршня:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

де D – діаметр поршня.

Хід поршня: $h = 2r$

Секундна подача насоса Q, м³/с:

$$Q = \frac{V_0 n}{60}\eta_0,$$

де η_o – об'ємний к.к.д.(η_o = 0,8 - 0,97).

Подача насоса пропорційна куту повороту корби.

Перевагою поршневих насосів є здатність до самовсмоктування і високий загальний к.к.д. – до 80 %.

Недоліками насосів є пульсації подачі, швидке зношування клапанів і великі габарити.

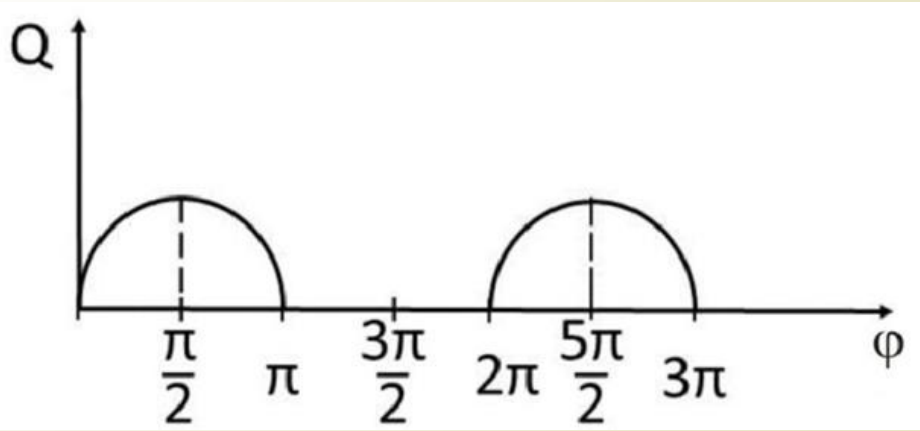


Рис. 5. Графік подачі насоса однобічної дії

Роторні насоси. Загальні властивості та класифікація

Загальні властивості роторних насосів:

а) мала питома маса та об'єм;
б) можливість регулювання і реверс подачі;
в) високий коефіцієнт корисної дії;
г) безклапанний розподіл рідини;
д) велика надійність.

Роторні насоси складаються з трьох основних частин: статора, ротора і витискувача.

Роторні насоси поділяють на два основних класи:

1) роторно-поступальні;
2) роторно-обертальні.

У **роторно-поступальних** насосах робочі органи рухаються зворотно-поступально щодо ротора, який обертається (пластинчасті та роторно-поршневі насоси – радіально-поршневі, в яких поршні розміщені за радіусом ротора; аксіально-поршневі – поршні розміщені вздовж осі ротора).

У **роторно-обертальних** насосах рідина витискується внаслідок обертального руху робочого органу (шестерні, пластини або гвинта). За видом робочого органу роторно-обертальні машини поділяють на шестеренні та гвинтові.

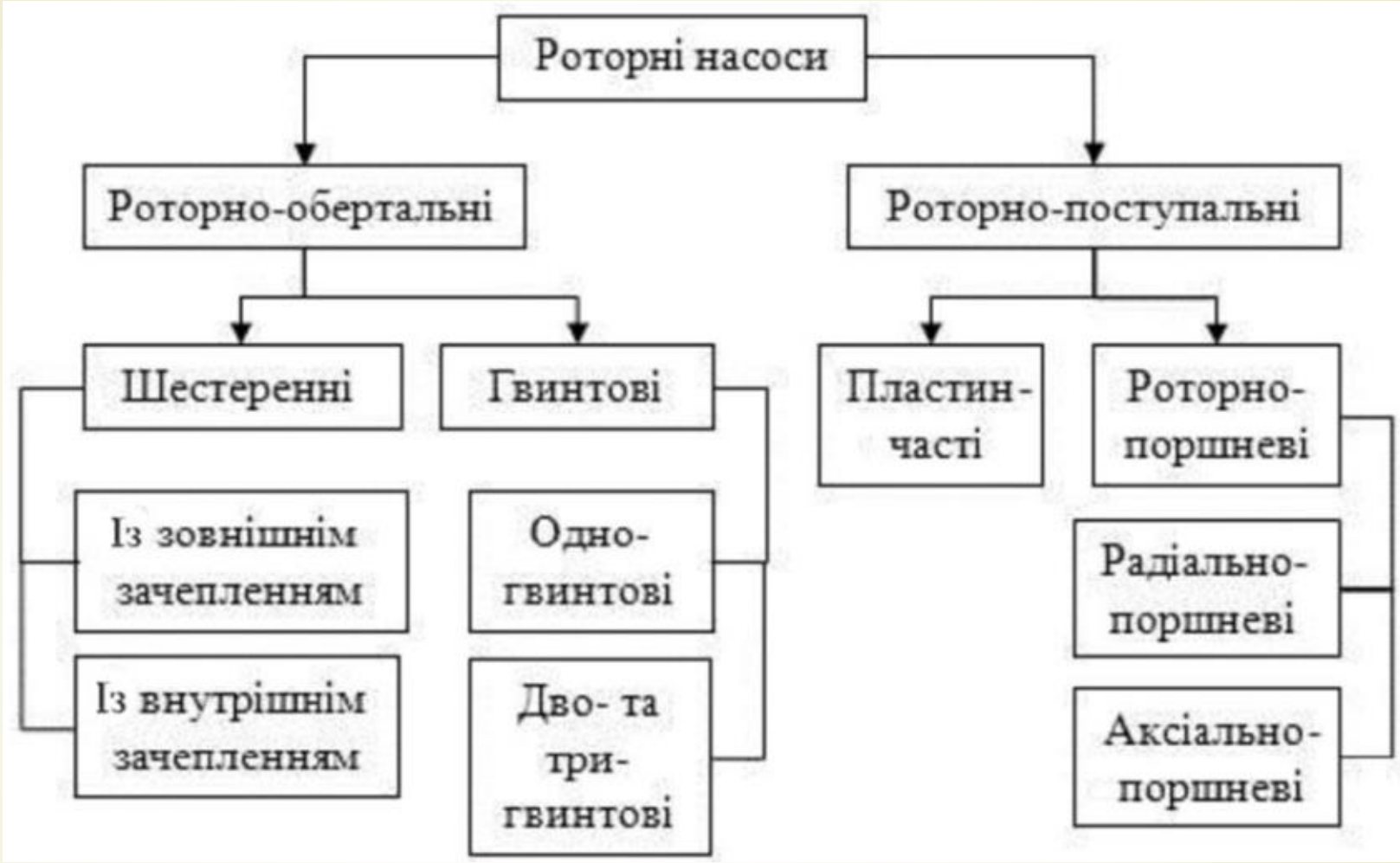


Рис. 9. Класифікація роторних насосів

Недоліки роторних насосів:

а) роторні насоси можуть працювати лише на чистих (відфільтрованих) рідинах – це неагресивні змащувальні рідини або мінеральні масла;

б) робота насосів на воді неможлива, оскільки вона викликає корозію.

Характеристикою об'ємних насосів (рис. 10) є залежність подачі насоса Q від тиску p: Q = f (p) за сталої швидкості обертання n = const.

Дійсну подачу об'ємного насоса визначають за формулою: $Q = Q_m - q$
де Q_m – теоретична подача; q – втрати на витікання рідини.

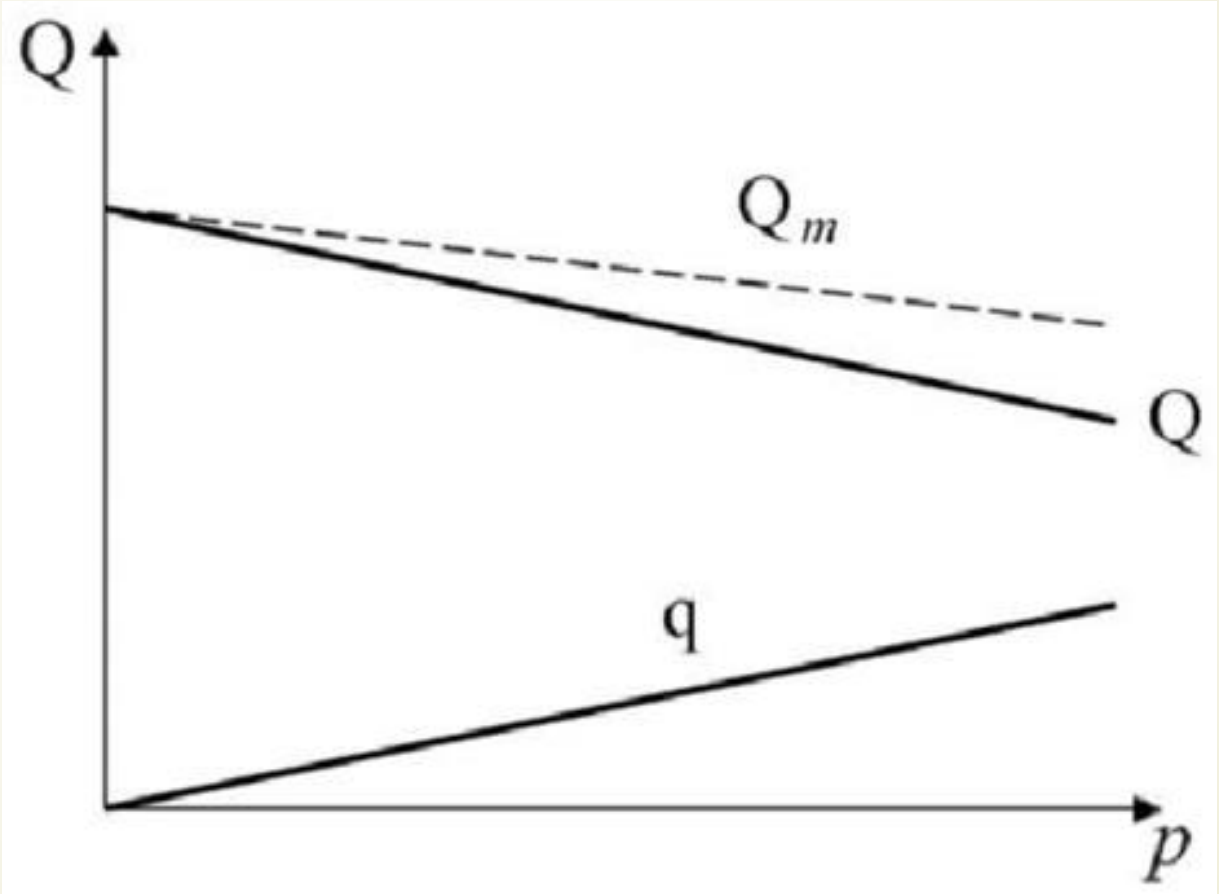


Рис. 10. Характеристика роторних насосів: Q – дійсна подача; Qт – теоретична подача; q – витікання рідини

Роторно-поступальні радіально-поршневі насоси

Ротор 2 радіально-поршневого насоса (рис. 11) розміщений всередині статора 4 з ексцентриситетом e. Робоча камера в насосі утворюється поверхнями циліндрів і торцями поршнів.

Розподілення рідини в насосі цапфове. Цапфа 3 має дві порожнини (верхню і нижню), які за допомогою осьових каналів з'єднані з вікнами підведення 5 і відведення 6 рідини.

Для збільшення робочого об'єму насоси виконують багаторядними.

Подача рідини буде за умови, якщо ексцентриситет $e \neq 0$.

Робочий об'єм насоса розраховують за формулою:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot Z \cdot e \cdot m$$

де d – діаметр поршня;
Z – кількість поршнів;
e – ексцентриситет;
m – кількість рядів поршнів.

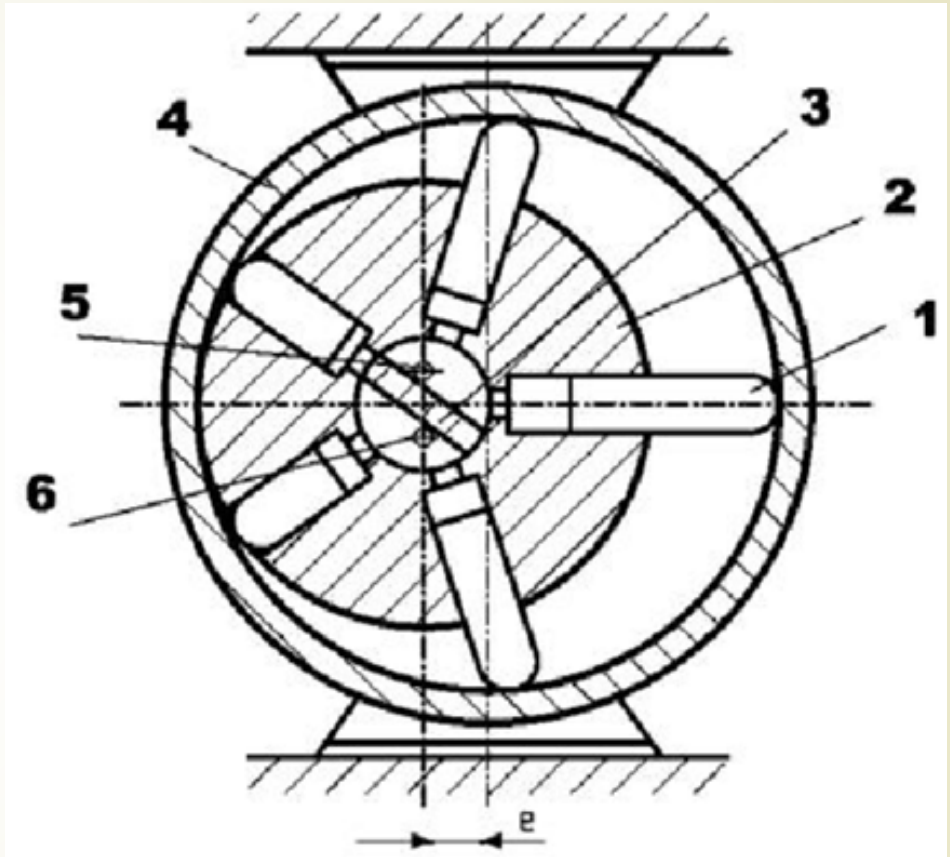


Рис. 11. Схема радіально-поршневого насоса: 1 – поршень (плунжер); 2 – ротор; 3 – розподільна цапфа; 4 – статор; 5, 6 – вікна підведення і відведення рідини

Подача насоса:
де n – швидкість (частота) обертання ротора;
η - об'ємний к.к.д.
Насоси є зворотними машинами.

$$Q = \frac{V_0 \cdot n}{60} \cdot \eta_0,$$

Роторно-поступальні аксіально-поршневі насоси

Аксіально-поршневі насоси бувають двох основних видів:
а) з похилим диском (рис. 12), б) з похилим блоком.

Подача (див. ф. вище)
Робочий об'єм насоса :

$$V_0 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot zDtg\beta,$$

де d – діаметр поршня;
z – кількість поршнів;
D – діаметр блока циліндрів;
β – кут нахилу диска.
Для зміни подачі змінюють кут β
Насоси є зворотними машинами, надійні в роботі, компактні, мають високий к.к.д. (90 %).

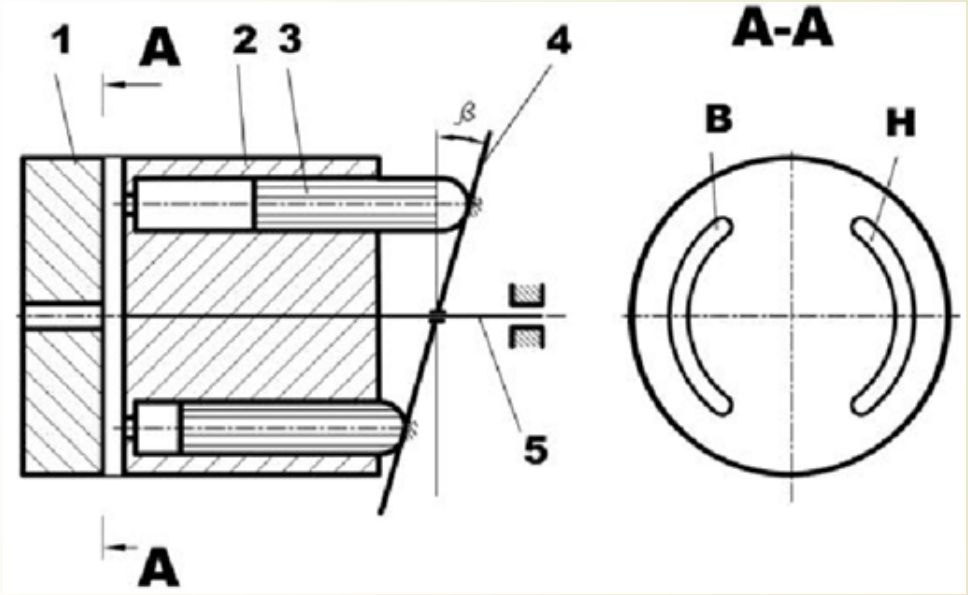


Рис. 12. Схема аксіально-поршневого насоса: 1 – розподільний диск (шайба) із вікнами всмоктування (В) і нагнітання (Н); 2 – блок циліндрів; 3 – поршні; 4 – похилий диск; 5 – вал; в – кут нахилу диска

Роторно-обертальні пластинчасті насоси

Пластинчасті насоси (рис. 13) мають відносно просту конструкцію, надійні, довговічні й малошумні (гідроприводи металорізальних верстатів).

Робочий об'єм насоса:

$$V_0 = 2e(2\pi R - Z\delta)b,$$

де e – ексцентриситет;
R – радіус ротора;
Z – кількість пластин;
δ – товщина пластини;
b – ширина пластини.

Подача насоса: $$Q = \frac{V_0 \cdot n}{60} \cdot \eta_0,$$

Подачу насоса можна регулювати зміною ексцентриситету e під час роботи (регульований та зворотний насос).

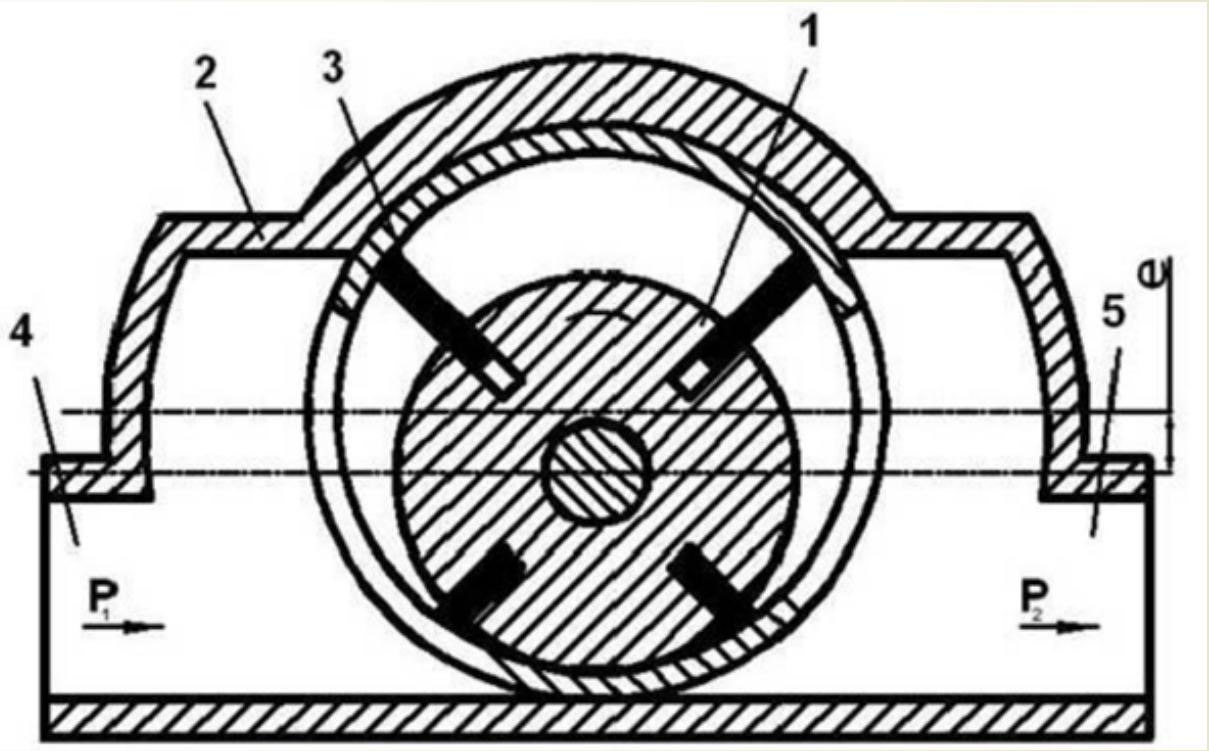


Рис. 13. Схема пластинчастого насоса:
1 – ротор; 2 – статор; 3 – пластини;
4 – порожнина всмоктування;
5 – порожнина нагнітання

Роторно-обертальні шестеренні насоси

Шестеренні насоси (рис. 14) бувають внутрішнього й зовнішнього зачеплення та є зворотними машинами.

Робочі камери обмежені профілями западин зубів, поверхнями розточки корпусу 3 і бокових кришок.

Робочий об'єм шестеренного насоса:

$$V_0 = 2\pi Z m^2 b,$$

де z – кількість зубів;
m – модуль зачеплення;
b – ширина зуба.

Подачу насоса визначають за формулою:

$$Q = \frac{V_0 \cdot n}{60} \cdot \eta_0,$$

Об'ємний к.к.д. роторних насосів знаходиться в межах η_o = 0,7-0,98 (середнє значення η_o = 0,85-0,9). Найбільший к.к.д. (η = 0,95-0,98) мають аксіально-поршневі насоси.

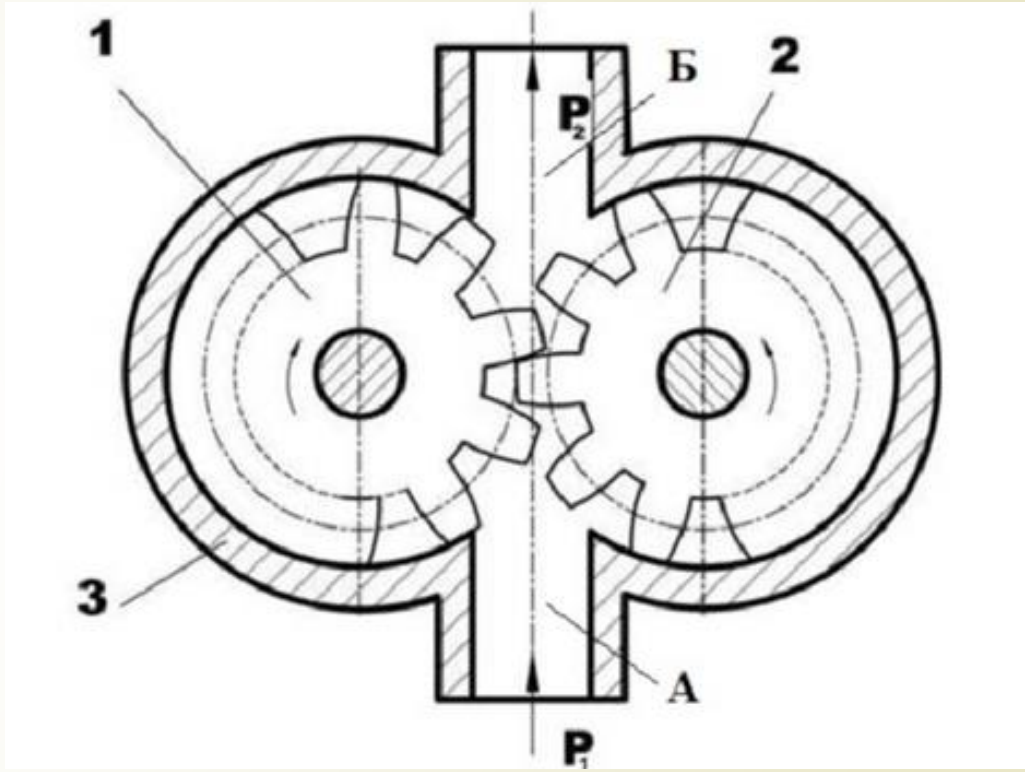


Рис. 14. Схема шестерного насоса: 1 – ведуче зубчасте колесо (шестерня); 2 – ведене зубчасте колесо; 3 – корпус із порожнинами: всмоктування А і нагнітання Б