

Лекція:5. Насоси. Основні параметри насосів. Відцентрові і поршневі насоси. Порівняння і області застосування насосів різних типів. Типи і основні параметри компресорних машин. Порівняння і області застосування компресорних машин різних типів.

**Мета:** ознайомитися з будовою та призначенням основних типів насосів та компресорних машин.

#### План лекції

#### Вступ

1. Насоси. Основні параметри насосів
2. Відцентрові і поршневі насоси.
3. Порівняння і області застосування насосів різних типів.
4. Типи і основні параметри компресорних машин.
5. Порівняння і області застосування компресорних машин різних типів

#### Висновки

#### Література

#### Питання

#### Вступ

В хімічній промисловості важливе значення має транспортування рідких і газоподібних продуктів по трубопроводах як всередині підприємства між окремими апаратами і установками, так і поза ним.

Рух рідин по трубопроводах і через апарати зв'язано з затратами енергії. В деяких випадках, наприклад при русі з більш високого рівня на більш низький, рідина переміщується самовільно, тобто без затрат зовнішньої енергії, внаслідок перетворення власної потенціальної енергії в кінетичну. При переміщенні рідини по горизонтальних трубопроводах, або з нижчого рівня на вищий застосовують насоси, або стиснений газ (повітря) – газліфт і монтежю.

Насоси – це гідравлічні машини, які перетворюють механічну енергію двигуна на енергію рухомої рідини, підвищуючи її тиск. Різниця тисків рідини в насосі і трубопроводі обумовлює її переміщення.

Розрізняють насоси двох типів: динамічні і об'ємні. В динамічних насосах рідина переміщується внаслідок дії сил на незамкнений об'єм рідини, який безперервно сполучається з входом у насос і виходом з нього. В об'ємних насосах рідина переміщується (витискується) при періодичній зміні замкнутого об'єму рідини, який періодично сполучається з входом у насос і виходом з нього.

Динамічні насоси за характеристикою сил, що діють на рідину, поділяються на лопатні і насоси тертя. Лопатні насоси в свою чергу поділяються на відцентрові і осьові. У відцентрових насосах рідина рухається через робоче колесо від центру до периферії, а в осьових – у напрямі осі колеса.

Насоси тертя – це динамічні насоси, в яких рідина переміщується під дією сил тертя. До насосів тертя належать, зокрема, струминні і вихрові насоси.

Поршневі, плунжерні, діафрагмові, шестеренчасті, пластинчасті і гвинтові насоси належать до об'ємних насосів.

Основними параметрами будь-якого типу насоса є продуктивність, напір і потужність.

**Продуктивність або подача,  $Q$  (м<sup>3</sup>/с)** визначається об'ємом рідини, яка подається в нагнітаючий трубопровід за одиницю часу.

**Напір  $H$  (м)** характеризує питому енергію, яка передається насосом одиниці ваги рідини, що перекачується. Цей параметр показує настільки зростає питома енергія рідини при проходженні її через насос і визначається за допомогою рівняння Бернуллі ( $z + \frac{P}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}$ ). Напір можна представити як висоту на яку може бути піднятий 1 кг рідини, що перекачується, за рахунок

енергії, яка передається їй насосом. Тому напір не залежить від питомої ваги  $\gamma$  (кгс/м<sup>3</sup>) або густини  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) рідини, що перекачується.

**Корисна потужність  $N_k$ .** Це потужність, яка витрачається насосом на надання рідині енергії і рівна добутку питомої енергії  $H$  на вагову витрату  $\gamma Q$  рідини

$$N_k = \gamma QH = \rho gQH$$

**Потужність на валу  $N_b$**  більша за корисну потужність у зв'язку з втратами енергії в насосі, які враховуються коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.) насосу  $\eta_n$

$$N_b = \frac{N_k}{\eta_n} = \frac{\rho gQH}{\eta_n}$$

**Коефіцієнт корисної дії  $\eta_n$**  характеризує досконалість конструкції та економічність експлуатації насосу. Значення к.к.д. залежить від конструкції і степені зносу насосу і в середньому складає: для відцентрових насосів 0,6-0,7; для поршневих насосів 0,8-0,9 і для більш удосконалених 0,93-0,95.

**Потужність, яка споживається насосом, або номінальна потужність двигуна  $N_{дв}$**  більша потужності на валу внаслідок механічних втрат в передачі від електродвигуна до насосу і в самому електродвигуні. Ці втрати враховуються коефіцієнтом корисної дії передачі  $\eta_{пер}$  і коефіцієнтом корисної дії двигуна  $\eta_{дв}$

$$N_{дв} = \frac{N_b}{\eta_{пер}\eta_{дв}} = \frac{N_k}{\eta_n\eta_{пер}\eta_{дв}}$$

Добуток  $\eta_n\eta_{пер}\eta_{дв}$  представляє собою повний коефіцієнт корисної дії установки  $\eta$ , який визначається як відношення корисної потужності  $N_k$  до номінальної потужності двигуна  $N_{дв}$  і характеризує повні втрати потужності насосної установки

$$\eta = \frac{N_k}{N_{дв}} = \eta_n\eta_{пер}\eta_{дв}$$

**Пускова потужність двигуна  $N_{пуск}$**  розраховують по величині  $N_{дв}$  з

врахуванням можливих перевантажень в момент пуску насосу, які виникають в зв'язку з необхідністю переборення інерції маси рідини, що знаходиться в спокої

$$N_{\text{пуск}} = \beta N_{\text{дв}}$$

Тут  $\beta$  – коефіцієнт запасу потужності; його значення визначають в залежності від номінальної потужності двигуна  $N_{\text{дв}}$

$N_{\text{дв}}$ , кВт	менше 1	1-5	5-50	Більше 50
$\beta$	2-2,5	1,5-1,2	1,2-1,15	1,1

### Напір насоса. Висота всмоктування.

**Напір.** Розглянемо схему насосної установки, представленій на рис. 1. Введемо позначення:  $p_0$  – тиск в ємності 1, з якої насосом 2 засмоктується рідина (умовно назвемо її прийомною ємністю);  $p_2$  – тиск в напірній ємності 3;  $p_{\text{всм}}$  – тиск у всмоктуючій патрубку насосу;  $H_{\text{всм}}$  – висота всмоктування;  $H_{\text{н}}$  – висота нагнітання;  $H_{\text{г}}$  – геометрична висота подачі рідини;  $h$  – відстань по вертикалі між рівнями установки манометра М і вакуумметра В.

Для визначення напору насосу застосуємо рівняння Бернуллі.

Прийmemo за площину порівняння рівень рідини в прийомній ємності (переріз 0-0).

Рівняння Бернуллі для перерізів 0-0 і 1-1

$$\frac{p_0}{\rho g} + \frac{w_0^2}{2g} = H_{\text{вс}} + \frac{p_{\text{вс}}}{\rho g} + \frac{w_{\text{вс}}^2}{2g} + h_{\text{вт.вс}}$$

Рівняння Бернуллі для перерізів 1'-1' і II-II

$$H_{\text{всм}} + h + \frac{p_{\text{н}}}{\rho g} + \frac{w_{\text{н}}^2}{2g} = H_{\text{всм}} + H_{\text{н}} + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}$$

В цих рівняннях

$w_0$  і  $w_2$  – швидкості рідини в прийомній і напірній ємностях (в перерізах 0-0 і II-II відповідно);

$w_{BC}$  і  $w_H$  – швидкості рідини у всмоктуючій і нагнітаючій патрубках насосу;  
 $h_{BT,BC}$  і  $h_{BT,H}$  – втрати напору у всмоктуючій і нагнітаючій трубопроводах.

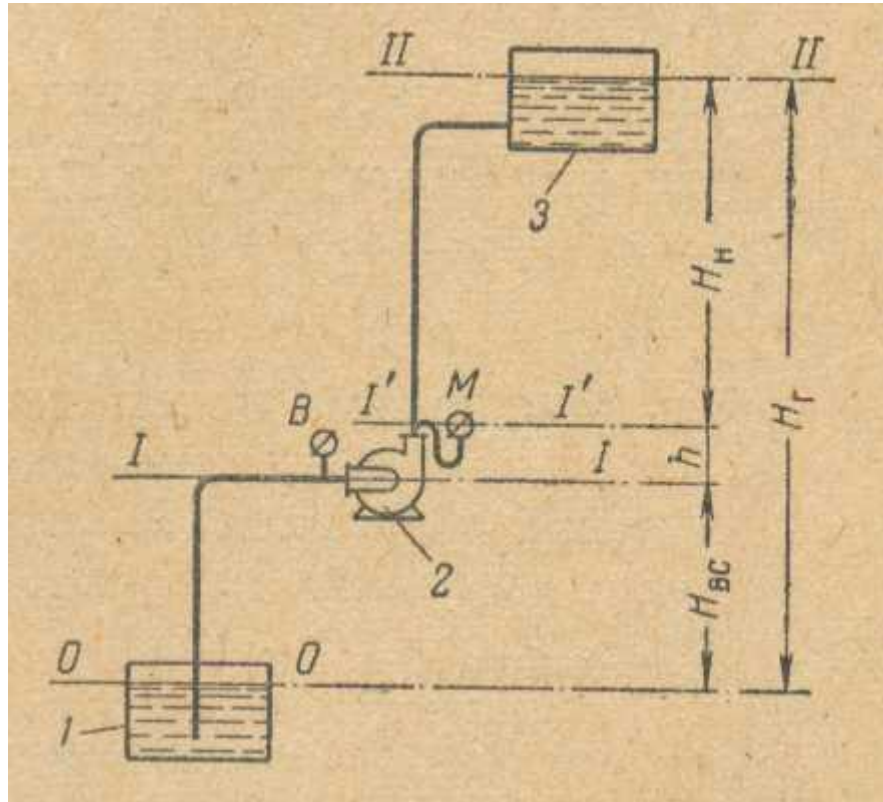


Рис. 1. Схема насосної установки.

1 – прийомна ємність; 2 – насос; 3- напірна ємність; М – манометр; В – вакуумметр.

Швидкість рідини  $w_0$  дуже мала в порівнянні зі швидкістю у всмоктуючому трубопроводі, тобто в порівнянні з  $w_{BC}$  і тому може бути

виключена з рівняння  $\frac{p_0}{\rho g} + \frac{w_0^2}{2g} = H_{BC} + \frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2}{2g} + h_{BT,BC}$ . Тоді з цього рівняння

питома енергія  $E_{BX}$  рідини на вході в насос

$$E_{BX} = H_{BC} + \frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2}{2g} = \frac{p_0}{\rho g} - h_{BT,BC}$$

Аналогічно  $w_2 \ll w_H$ ; нехтуючи величиною  $w_2$  і враховуючи, що  $H_{BC} + h + H_H = H_r$  – геометричній висоті підйому рідини, визначаємо по рівнянню

$H_{BCM} + h + \frac{P_H}{\rho g} + \frac{w_H^2}{2g} = H_{BCM} + H_H + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}$  питому енергію рідини на виході з насосу

$$E_{ВИХ} = H_{BCM} + h + \frac{P_H}{\rho g} + \frac{w_H^2}{2g} = H_{\Gamma} + \frac{P_2}{\rho g} + h_{BT.H}$$

Вираховуючи з лівої частини ліву частину попередніх 2 рівнянь знаходимо напір насосу

$$H = E_{ВИХ} - E_{BX} = h + \frac{P_H - P_{BC}}{\rho g} + \frac{w_H^2 - w_{BC}^2}{2g}$$

Це рівняння показує, що напір насосу рівний сумі трьох складових: висоти підйому рідини в насосі, різниці п'єзометричних напорів і різниці динамічних напорів у нагнітаючому і всмоктуючому патрубках насосу.

Зазвичай нагнітальний і всмоктуючий патрубків насосу мають однаків діаметр; відповідно  $w_H = w_{BC}$  і рівняння спрощується

$$H = h + \frac{P_H - P_{BC}}{\rho g}$$

Попередні 2 рівняння застосовують для розрахунку напору при проектуванні насосів.

Для визначення напору діючого насосу користуються показниками встановлених на ньому манометра ( $p_M$ ) і вакуумметра ( $p_B$ ). Виразимо абсолютні тиски  $p_H$  і  $p_{BC}$  через показники манометра і вакуумметра

$$p_H = p_M + p_a \quad p_{BC} = p_a - p_B$$

причому  $p_a$  – атмосферний тиск.

Роблячи підстановку цих виразів в рівняння  $H = h + \frac{P_H - P_{BC}}{\rho g}$  одержимо

$$H = h + \frac{P_M - P_B}{\rho g}$$

Таким чином напір діючого насосу може бути визначений як сума показань манометра і вакуумметра (виражених в м стовпа перекачуваної рідини) і віддалі по вертикалі між точками розміщення цих приладів.

Напір насосу можна виразити також таким рівнянням

$$H = H_{\Gamma} + \frac{p_2 - p_0}{\rho g} + h_{BT}$$

Де  $h_{BT} = h_{BT.H} + h_{BT.BC}$  – сумарний гідравлічний опір всмоктуючого і нагнітаючого трубопроводів.

Згідно попереднього рівняння в насосній установці напір насосу витрачається на переміщення рідини на геометричну висоту його підйому ( $H_{\Gamma}$ ), переборення різниці тисків у напірній і прийомній ємностях  $\frac{p_2 - p_0}{\rho g}$  і сумарного гідравлічного опору ( $h_{BT}$ ) у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах. Це рівняння використовують при підборі насосів для технологічних установок.

Якщо тиски в прийомній і напірній ємностях однакові ( $p_0 = p_2$ ), то рівняння напору приймає вигляд

$$H = H_{\Gamma} + h_{BT}$$

При перекачуванні рідини по горизонтальному трубопроводі  $H_{\Gamma} = 0$

$$H = \frac{p_2 - p_0}{\rho g} + h_{BT}$$

У випадку рівності тисків у прийомній і напірній ємностях для горизонтального трубопроводу ( $p_0 = p_2$  і  $H_{\Gamma} = 0$ ) напір насосу

$$H = h_{BT} \quad (2.77)$$

**Висота всмоктування.** Всмоктування рідини насосом відбувається під дією різниці тисків в прийомній ємності  $p_0$  і на вході в насос  $p_{BC}$  або під дією різниці напорів  $\frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_{BC}}{\rho g}$ . Висота всмоктування може бути визначена за рівнянням

$$H_{BC} = \frac{p_0}{\rho g} - \left( \frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2 - w_0^2}{2g} + h_{BT.BC} \right)$$

Враховуючи, що практично швидкість  $w_0 \approx 0$ , одержимо

$$H_{BC} = \frac{p_0}{\rho g} - \left( \frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2}{2g} + h_{BT.BC} \right)$$

Таким чином, висота всмоктування насосу збільшується зі зростанням тиску  $p_0$  в прийомній ємності і зменшується зі збільшенням тиску  $p_{вс}$ , швидкості рідини  $w_{вс}$  і втрат напору  $h_{вт.вс}$  у всмоктуючій трубопроводі.

Якщо рідина перекачується з відкритої ємності, то тиск  $p_0$  рівний атмосферному. Тиск на вході в насос  $p_{вс}$  повинен бути більший тиску  $p_t$  насиченої пари рідини, що перекачується, при температурі всмоктування  $p_{вс} > p_t$ ), так як інакше рідина в насосі почне кипіти. При цьому в результаті інтенсивного виділення з рідини парів і розчинених в ній газів можливий розрив потоку і зменшення висоти всмоктування до нуля. Отже

$$H_{вс} \leq \frac{p_a}{\rho g} - \left( \frac{p_t}{\rho g} + \frac{w_{вс}^2}{2g} + h_{вт.вс} \right)$$

З рівняння виходить, що висота всмоктування залежить від атмосферного тиску, швидкості руху і густини рідини, що перекачується, її температури (і відповідно – тиску її парів) і гідравлічного опору всмоктуючого трубопроводу.

При збільшенні температури рідини, що перекачується, висота всмоктування насосу зменшується. Тому при перекачуванні гарячих рідин насос встановлюють нижче рівня прийомної ємності, щоб забезпечити деякий підпір зі сторони всмоктування, або створює надлишковий тиск в прийомній ємності. Таким же чином перекачують високов'язкі рідини.

На висоту всмоктування впливає явище кавітації. Виникає кавітація внаслідок високих швидкостей обертання робочих коліс відцентрових насосів та під час перекачування гарячих рідин, коли пара швидко конденсується. Рідина, що утворюється, заповнює місця де була пара, це явище супроводжується ударами, шумом і вібрацією насосу. Кавітація призводить до швидкого руйнування насосу. При кавітації продуктивність і напір насосу різко знижується.



Практична висота, на яку може засмоктуватися вода при перекачуванні

Температура, °С	10	20	30	40	50	60	65
Висота всмокт., м	6	5	4	3	2	1	0

## **Відцентрові і поршневі насоси.**

У відцентрових насосах всмоктування і нагнітання рідини відбувається безперервно і рівномірно під дією відцентрової сили, що виникає при обертанні робочого колеса з лопатями, розміщеного в спіралеподібному корпусі.

Відцентрові насоси діляться на одноступеневі і багатоступеневі. Схема відцентрового насосу представлена на рис 2.

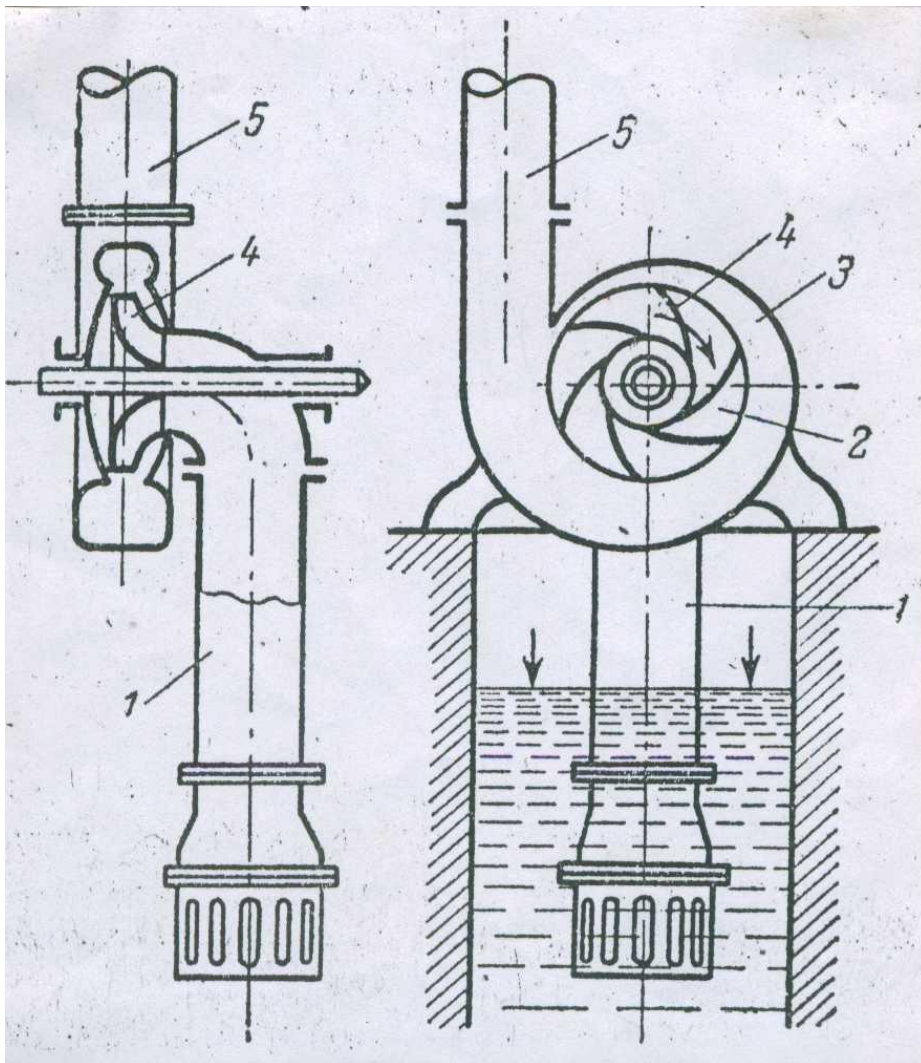


Рис. 2. Схема відцентрового насосу.

1 – всмоктуючий трубопровід; 2 – робоче колесо; 3 – корпус; 4 – лопаті; 5 – нагнітаючий трубопровід.

В одноступеневому відцентровому насосі (рис.2.) рідина з всмоктуючої труби 1 надходить вздовж осі робочого колеса 2 в корпус 3, попадає на лопаті 4 і набуває обертального руху. Відцентрова сила відкидає рідину в канал

між корпусом і робочим колесом, в якому швидкість рідини зменшується до швидкості в нагнітальному трубопроводі 5. При цьому, відповідно до рівняння Бернуллі, відбувається перетворення кінетичної енергії потоку рідини в статичний напір, що забезпечує підвищення тиску рідини. На вході в колесо створюється розрідження і рідина з ємності безперервно надходить у насос. Напір одноступеневих відцентрових насосів не перевищує 50 м.

Для утворення вищих напорів застосовують багатоступеневі насоси, які мають кілька робочих коліс, розміщених на одному валі.

У поршневому насосі всмоктування і нагнітання рідини відбувається при зворотно-поступальному русі поршня 1 в циліндрі 2 насосу (рис.3).

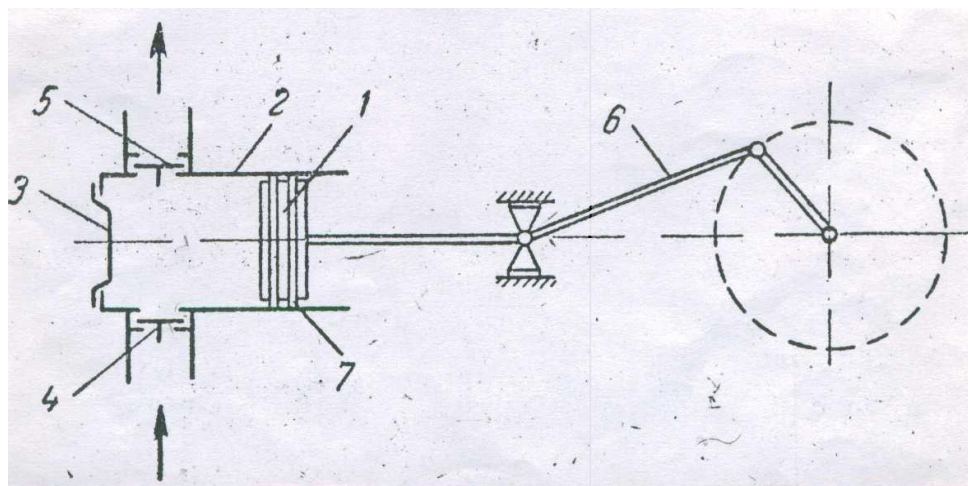


Рис. 3 Схема горизонтального поршневого насосу простої дії.

1 – поршень; 2 – циліндр; 3 – кришка циліндра; 4 – всмоктуючий клапан; 5 – нагнітальний клапан; 6 – кривошипно-шатунний механізм; 7 – ущільнюючі кільця.

Під час руху поршня вправо в замкненому просторі між кришкою 3 циліндра і поршнем створюється розрідження. Під дією різниці тисків у ємності і циліндрі рідина всмоктується по трубопроводі і надходить у циліндр через клапан 4, при цьому клапан 5 закривається під тиском рідини. Коли поршень рухається вліво, виникає тиск під дією якого клапан 4

закривається, а клапан 5 відкривається. Рідина через клапан 5 надходить у напірний трубопровід і далі в напірну ємність. Поршень насоса приводиться в рух кривошипно-шатунним механізмом 6, яким обертовий рух валу перетворюється на зворотно-поступальний рух поршня.

Порівняння і області застосування насосів різних типів.

В хімічній промисловості найбільш поширені відцентрові насоси, які мають значні переваги в порівнянні з поршневыми. Це такі переваги:

1. рівномірність подачі;
2. швидкохідність (можливість безпосереднього з'єднання з двигуном);
3. компактність;
4. простота будови;
5. можливість перекачування забруднених рідин, так як у відцентрових насосів є великі зазори між кожухом і насосом і відсутні клапани;
6. для установки відцентрових насосів не потрібні масивні фундаменти.

Недоліки відцентрових насосів:

1. трохи менший к.к.д. ніж у поршневих насосів (на 10-15 % нижчий);
2. необхідність заливки насосу і всмоктуючої труби рідиною перед його пуском;
3. зменшення продуктивності зі збільшенням напору;
4. різке зниження к.к.д. при малій продуктивності.

Поршневі насоси застосовують для перекачування невеликої кількості рідини при високих напорах, для перекачування високов'язких рідин, а також вогне- і вибухонебезпечних рідин (парові насоси).

При дуже великих подачах (до 30 м<sup>3</sup>/с) і невеликих напорах (до 10-15 м) замість відцентрових насосів застосовують пропелерні, які відрізняються простотою будови, компактністю і високим к.к.д.

Шестеренчасті насоси найбільш придатні для перекачування рідин, що не містять твердих зависей, при високих тисках (до 150 ат); однак продуктивність таких насосів не перевищує 0,1 м<sup>3</sup>/с.

Струминні насоси, монтежу і повітряні підйомники відрізняються простотою будови (відсутність рухомих частин) і можуть бути виготовлені з хімічно стійких матеріалів, але мають низький к.к.д. (не вище 20% для Монтежу і 30-35% для струминних насосів і повітряних підйомників).

Типи і основні параметри компресорних машин.



Компресорні машини або компресори призначені для переміщення і стиснення газів.

Відношення кінцевого тиску  $p_2$ , створеного компресорною машиною, до початкового тиску  $p_1$ , при якому відбувається всмоктування газу, називається ступенем стиснення газу.

Залежно від ступеня стиснення газу розрізняють наступні типи компресорних машин:

1. вентилятори ( $p_2/p_1 < 1,1$ ) – для переміщення великих кількостей газів;
2. газодувки ( $1,1 < p_2/p_1 < 3,0$ ) – для переміщення газів при високому опорі газопровідної мережі;
3. компресор ( $p_2/p_1 > 3,0$ ) – для створення високих тисків;
4. вакуум-насоси – для відсмоктування газів при тисках нижчих за атмосферний.

Не дивлячись на конструктивні відмінності кожної групи машин, принцип дії їх однаковий. Тому вентилятори, газодувки і вакуум-насоси можна розглядати як різновидності компресорів.

За принципом дії компресорні машини поділяються на:

- поршневі;
- ротаційні;
- відцентрові;
- осьові.

У поршневих машинах газу стискаються внаслідок зменшення об'єму, в якому міститься газ, при зворотно-поступальному русі поршня.

Стиснення газу в ротаційних машинах зумовлене зменшенням об'єму в якому міститься газ, при обертанні ексцентрично розміщеного ротора.

У відцентрових машинах енергія передається потоку газу силовою дією лопаток робочого колеса, внаслідок чого відбувається стиснення і підвищення кінетичної енергії газу. Ця енергія перетворюється на тиск у нерухомих частинах машини.

В осьових машинах газ стискується під час руху його вздовж осі робочого колеса і спрямовуючого апарату.

Як вакуум-насос може бути використаний будь-який компресор.

У хімічній промисловості застосовують також струминні компресори і вакуум-насоси за конструкцією подібні до струминних насосів для рідин.

Вентилятори і газодувки високої продуктивності, що створюють розрідження називаються ексгаустерами. Для створення глибокого вакууму застосовують поршневі і ротаційні вакуум-насоси, які за принципом дії не відрізняються від компресорів.

### **Типи компресорів.**

Поршневі компресори по числу ступенів стиснення діляться на одноступеневі, двоступеневі і багатоступеневі, а по характеру дії – на компресори простої (одинарної) і подвійної дії. Одноступеневі компресори виготовляються горизонтальними і вертикальними; горизонтальні компресори, в основному, є машинами подвійної дії, а вертикальні – простої дії.

Одноступеневий горизонтальний компресор простої дії подібний до поршневого насосу і працює за тим самим принципом.

Принцип дії і теорія відцентрових машин для стиснення і переміщення газів аналогічні принципу дії і теорії відцентрових насосів.

Вакуум-насоси мають ступінь стиснення у 3-4 рази більший, ніж у поршневих насосів. При високих ступенях стиснення різко знижується об'ємний коефіцієнт і продуктивність вакуум-насосу.

Поршневі вакуум-насоси поділяються на мокрі і сухі. Сухі вакуум-насоси за своєю конструкцією не відрізняються від поршневих насосів і компресорів. Вони використовуються тільки для перекачування газів.

Мокрі вакуум-насоси застосовуються для відкачки газу і рідини одночасно, наприклад у конденсаторах. Всмоктуючий і нагнітаючий клапани

в них трохи збільшені в зв'язку з необхідністю відводити значні кількості рідини, швидкість витікання якої повинна бути меншою ніж швидкість руху газу.. Тому мокрі вакуум-насоси мають збільшений об'єм мертвого простору і створюють розрідження значно менше, ніж сухі.

Розрізняють поршневі, водокільцеві і паро струминні вакуум-насоси.

## Порівняння і області застосування компресорних машин різних типів

Поршневі компресори в порівнянні з відцентровими мають такі недоліки:

- тихохідність;
- громіздкість;
- велику вагу;
- необхідність установки на масивні фундаменти.

Однак виготовлення відцентрових компресорів, розрахованих на невелику продуктивність і високий тиск зв'язано з великими труднощами. Тому при надлишковому тиску більше 10 ат, а також при меншому тиску і продуктивності до 100 м<sup>3</sup>/хв застосовують поршневі компресори. Найбільше поширення дістали вертикальні поршневі компресори, які більш компактні, швидкохідні і володіють більшим к.к.д. ніж горизонтальні поршневі компресори.

Відцентрові компресори (турбогазовушки і турбокомпресори) застосовують при помірних тисках  $p_{\text{надл}} = 10-12$  ат і не більше 30 ат для високої продуктивності, що не перевищує 50-100 м<sup>3</sup>/хв. Вони відрізняються компактністю, простотою будови, рівномірністю подачі. Суттєвим достоїнством їх є чистота газу, що подається, не забрудненого змазкою, що часто визначає вибір компресора. Відсутність інерційних зусиль і швидкохідність дозволяє монтувати турбокомпресори на більш легких фундаментах з безпосереднім приєднанням до приводу, як правило до газової або парової турбіни.

В області менших подач (до 10000 м<sup>3</sup>/год) в широкім діапазоні тисків (до 1000 ат) застосовують майже виключно поршневі компресори.

Ротаційні компресори, в порівнянні з поршневими, володіють тими ж перевагами, що і відцентрові, відрізняючись ще більшою компактністю і меншою вагою. К.к.д. ротаційних компресорів вищий ніж для турбокомпресорів. Вони застосовуються при продуктивності як правило, не більше 6000 м<sup>3</sup>/год і тисках не вище 15 ат (двохступеневі пластинчасті ротаційні компресори). Недоліками ротаційних компресорів є складність

виготовлення і обслуговування, а також високий знос пластин ротора, із-за чого порушується герметичність робочих камер і відбувається зменшення ступені стиску.

## Висновки

1. Насоси – це гідравлічні машини, які перетворюють механічну енергію двигуна на енергію рухомої рідини, підвищуючи її тиск. Різниця тисків рідини в насосі і трубопроводі обумовлює її переміщення.
2. У хімічній промисловості найбільш поширені відцентрові насоси, які мають значні переваги в порівнянні з поршневими.
3. Поршневі насоси застосовують для перекачування невеликої кількості рідини при високих напорах, для перекачування високов'язких рідин, а також вогне- і вибухонебезпечних рідин.
4. Компресорні машини або компресори призначені для переміщення і стиснення газів.
5. При надлишковому тиску більше 10 ат, а також при меншому тиску і продуктивності до 100 м<sup>3</sup>/хв застосовують поршневі компресори.

## Література

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 1973.
2. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. Химия, 1968.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Химия, 1969.
4. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Химия, 1969.
5. Чернобыльский И.И., Бондарь А.Г., Гаевский Б.А. и др. Машины и аппараты химических производств. Химия, 1962.
6. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Машиностроение, 1970.

## Питання

1. Які насоси належать до динамічних?

2. Які насоси належать до об'ємних?
3. Що є основними параметрами насосу?
4. За якою формулою визначають напір насосу?
5. Що представляють собою відцентрові насоси?
6. Опишіть будову поршневого насосу.
7. Наведіть переваги відцентрових насосів.