

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ ТА ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

Лабораторна робота № 17

"Дослідження роботи багатоступінчатого
компресора високого тиску"

МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення з будовою і роботою багатоступінчастого поршневого компресора високого тиску, розрахунок потужності і визначення коефіцієнта подачі.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Компресором називають машини, які призначені для стиснення газів, в яких ступінь стиснення (відношення кінцевого тиску газу до початкового тиску) більше трьох:

$$\frac{P_k}{P_1} > 3 \quad (1)$$

Основними частинами поршневого компресора є циліндр і рухомий у ньому поршень. Під час стиснення в циліндрі газ збільшує свою температуру і тиск. На рис. 1 зображена діаграма T-S, в якій показані різні типи стиснення. Якщо під час стиснення газу тепло не відводиться і не підводиться – компресор ідеально тепло-ізолюваний, тертя і теплообмін в ньому відсутні, то стиснення в ньому відбувається при постійній ентропії – адіабатично (лінія АВ). Якщо все тепло, яке виділяється під час стиснення, повністю відводиться, наприклад, водою, яка охолоджує стінки компресора, то стиснення відбувається при постійній температурі (лінія АД). Якщо тепло, що виділяється, не відводиться повністю, а лише частково, то стиснення буде політропним (лінія АС). Отже, кінцева температура газу залежить від виду стиснення і визначається узагальненим рівнянням

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{m-1}{m}} \quad (2)$$

де T_1, T_2 – початкова і кінцева температура газу, °К;

m – показник політропи стиснення;

(для ізотермічного процесу $m = 1$ і $T_2 = T_1$; для адіабатичного процесу $m = 1,4$; $T_2 > T_1$).

Робота, яка затрачається при стисненні газу, також залежить від виду процесу. Оскільки при ізотермічному процесі АД затрата роботи найменша, то такий, процес стиснення є найекономішним. Однак його здійснення в реальному компресорі неможливо, оскільки неможливо відвести все тепло, яке виділяється за короткий час стиснення. Тому реальні процеси стиснення близькі за своїм характером до адіабатичних.

Потужність, яка споживається при адіабатичному стисненні, визначається виразом:

$$N = \frac{K}{K-1} \cdot P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \quad (3)$$

де K – показник адіабати (для повітря $K=1,4$);

P_1 – тиск всмоктування (Н/м²);

P_2 – тиск нагнітання (Н/м²);

V_1 – продуктивність компресора, приведена до умов всмоктування (м³/с).

Для досягнення високих ступенів стиснення використовується багатоступінчасте стиснення. При цьому після стиснення в першому ступені і відповідного підвищення температури газу (рис.2) відбувається його охолодження в проміжному холодильнику при постійному тиску P_2 .

Температура при цьому стисненні знижується від T_2 до T_1 , після чого стиснення здійснюється в тих самих температурних умовах в другому ступені і т.д. Така організація процесу дозволяє уникнути надмірного підвищення температури стисненого газу. Крім того, проміжне охолодження дає змогу виконати стиснення з меншою затратою енергії, ніж в умовах одноступінчастого стиснення при тому самому ступені стиснення.

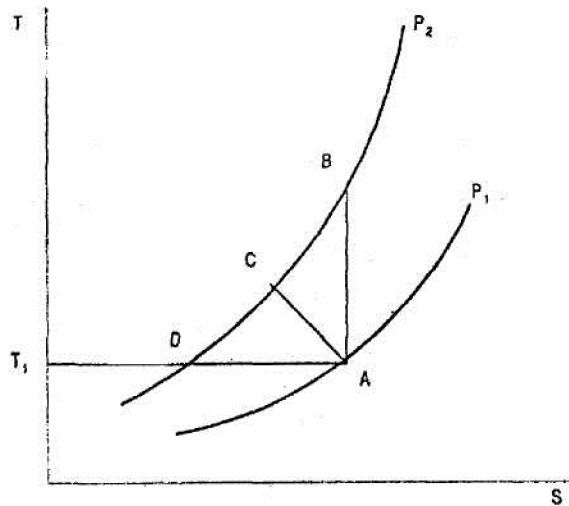


Рис. 1. Діаграма T-S

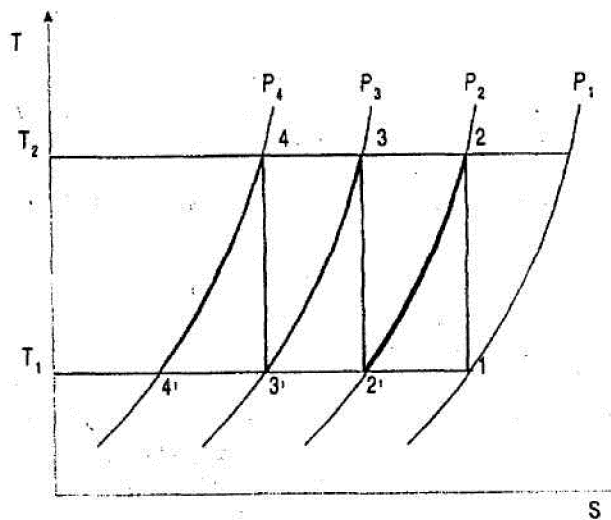


Рис. 2. T-S діаграма багатоступеневого стиснення і підвищення температури

Продуктивність багатоступінчастого компресора визначається за першим його ступенем за формулою:

$$V_1 = \eta_v (2F - f) S \cdot N \quad (4)$$

де F – площа поршня;

f – площа січення штоку;

S – хід поршня;

N – кількість обертів кривошипа в секунду;

η_v – коефіцієнт подачі, який враховує всі втрати продуктивності компресора.

ОПИС ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

На рис. 3 зображена схема 4-ступінчастого поршневого компресора для стиснення повітря. Привід компресора виконаний з використанням ремінної передачі від електродвигуна до шківів компресора (який одночасно є маховиком). Обертальний рух маховика за допомогою кривошипно-шатунного механізму перетворюється в поступальний рух штоку з поршнями всіх ступенів. Циліндр кожного ступеня оснащений всмоктувальним і нагнітальним тарільчастими клапанами. Міжступінчасті холодильники виконані у вигляді коротких змійовиків, які розміщені в посудині з проточною водою. Для рівномірної подачі повітря високого тиску, що виходить, використовують ресивер. Установа оснащена манометрами для контролю тиску за ступенями, лічильником для вимірювання витрати повітря (продуктивності компресора).

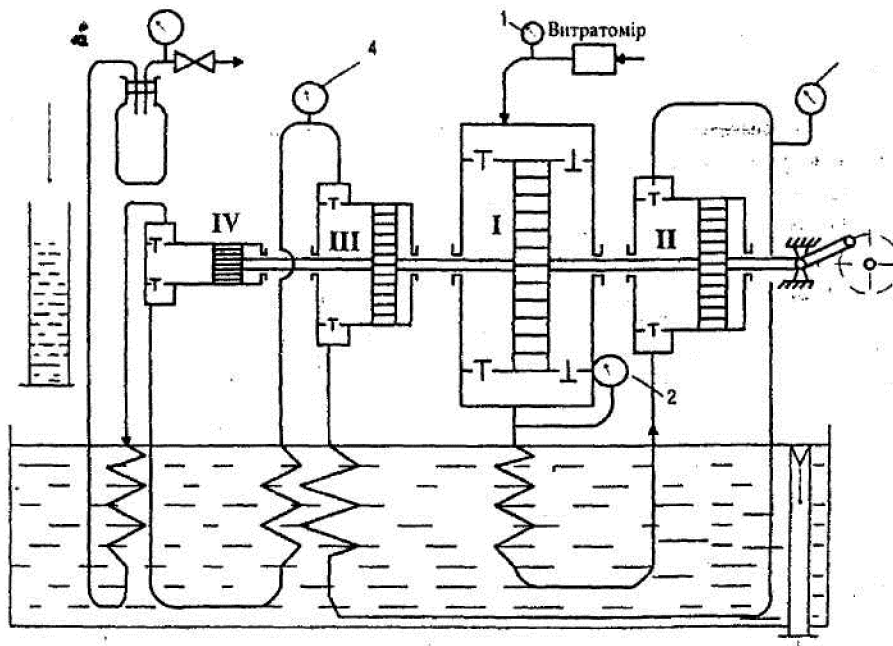


Рис. 3. Схема 4-ступінчастого поршневого компресора

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з конструкцією 4-ступінчастого компресора і зарисувати його схему:
 - а) ступені стиснення;
 - б) привід;
 - в) холодильники;
 - г) ресивер;
 - д) прилади для контролю;
 - е) систему мазки.
2. Відкрити вентиль на виході з ресивера (за вказівкою викладача).
3. Запустити в хід електродвигун компресора; час роботи 5 хв. До стаціонарного стану (постійного тиску в ресивері).
4. Здійснити всі вимірювання: тиски всмоктування і за ступенями P1, P2, P3, P4, P5; продуктивність V1 по лічильнику.
5. Зупинити електродвигун; випустити повітря з ресивера.

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДУ

1. Визначити коефіцієнт подачі:

$$\eta_v = \frac{V_1}{\frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) S \cdot N} \quad (5)$$

де V_1 – продуктивність компресора, приведена до умов всмоктування, м³/с;

D – діаметр поршня першого ступеня; $D = 0,09$ м;

d – діаметр штока; $d = 0,022$ м;

S – хід поршня; $S = 0,085$ м;

N – кількість обертів у секунду, $N = 4,83$ об/с.

2. Визначити адіабатичну і ізотермічну потужності компресора:

$$N_a = \frac{K}{K-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} + \left(\frac{P_3}{P_2} \right)^{\frac{K-1}{K}} + \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{K-1}{K}} + \left(\frac{P_5}{P_4} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 4 \right] \quad (6)$$

$$N_u = P_1 V_1 \ln \frac{P_5}{P_1} \quad (7)$$

і порівняти їх між собою.