

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра „Теплотехніка та теплові двигуни”

**ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО
КОМПРЕСОРА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до лабораторної роботи з дисциплін
«ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА» та «ТЕПЛОТЕХНІКА»**

Харків – 2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Теплотехніка і теплові двигуни» 21 березня 2011 р., протокол № 5.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів спеціальності «Теплоенергетика», «Вагони», «Локомотиви», БКМ, ПБЦ всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти В.І. Рубльов,
Ю.А. Бабіченко

Рецензент

доц. С.В. Угольніков

ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з дисциплін
«ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА» та «ТЕПЛОТЕХНІКА»

Відповідальний за випуск Рубльов В.І.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 15.04.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Теплотехніка та теплові двигуни”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

«Вивчення роботи поршневого компресора»

до лабораторної роботи
з дисциплін «Технічна термодинаміка» та «Теплотехніка»

Харків
2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Теплотехніка і теплові двигуни» 21 березня 2011 р., протокол № 5.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів спеціальності «Теплоенергетика», «Вагони», «Локомотиви», БКМ, ПБЦ всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти В.І. Рубльов,
Ю.А. Бабіченко

Рецензент

доц. С.В. Угольніков

ЗМІСТ

| | | |
|---|---|----|
| | Мета роботи..... | 4 |
| 1 | Схема та опис конструкції компресора..... | 4 |
| 2 | Лабораторний стенд..... | 6 |
| 3 | Випробування компресора..... | 8 |
| 4 | Обробка результатів випробувань..... | 10 |
| | Контрольні питання..... | 13 |
| | Список літератури..... | 14 |

МЕТА РОБОТИ

Вивчити основні характеристики робочого процесу поршневого компресора та його конструктивні особливості.

Виконання лабораторної роботи студенти розпочинають з вивчення лабораторного стенда та встановленого на ньому компресора, після цього приступають до вивчення методики випробування компресорних установок.

1 СХЕМА ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ КОМПРЕСОРА

Поршневий компресор відноситься до нагнітачів об'ємної дії. Робота таких машин основана на всмоктуванні і витісненні повітря робочим органом компресора (рисунок 1.1).

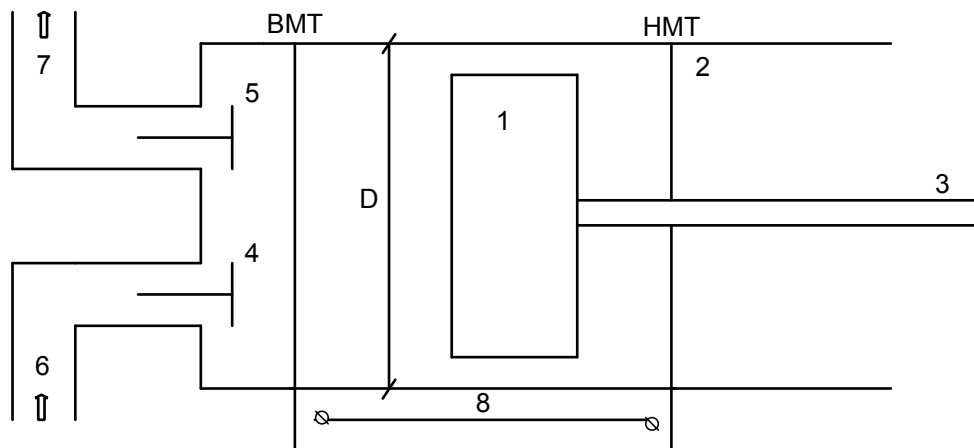


Рисунок 1.1 – Схема поршневого компресора

Крутний момент передається від джерела механічної енергії через кривошипно-шатунний механізм 3 на поршень 1. При русі поршня в циліндрі 2 з крайнього лівого положення в крайнє праве положення (такт всмоктування) відкривається впускний клапан 4 і робоче тіло через впускний патрубок 6 надходить в циліндр в порожнину над поршнем. В цей час нагнітальний клапан 5 закритий. Зворотний рух поршня відбувається при закритому впускному клапані і викликає зростання тиску в циліндрі (такт стиснення). В момент відкриття випускного клапана робоче тіло починає надходити в нагнітальний патрубок 7 (такт виштовхування). Цикл завершується розширенням тиску, що залишився в порожнині над поршнем (такт розширення).

Теоретично процеси стиснення і розширення повітря в компресорі можуть бути описані рівнянням політропи

$p + V^n = const$, а процеси виштовхування і всмоктування - рівнянням ізобари $p = const$. В реальних компресорах протікання процесів стиснення і розширення в значній мірі визначаються умовами теплообміну між газом і навколишнім середовищем. Зазвичай поршневі компресори виготовляються з водяним охолодженням циліндра і кришки компресора. Для них показники політропи для процесів стиснення і розширення в середньому можуть бути прийняті $n_p = 1,35$ і $n_p = 1,2$ відповідно.

Щоб уникнути удару поршня об кришку компресора в положенні верхньої мертвої точки (ВМТ), циліндри виготовляються з «мертвим» (шкідливим) простором, заповненим газом.

Наявність «мертвого» простору призводить до того, що не весь робочий об'єм заповнюється свіжим зарядом робочого тіла.

Оцінюється об'єм «мертвого простору» зазвичай в частках від робочого об'єму циліндра

$$a = V_M / V_h,$$

де V_M – об'єм «мертвого» простору.

V_h – робочий об'єм компресора.

У зв'язку з наявністю «мертвого» простору об'єм всмоктуваного газу менш робочого об'єму. Відношення цих величин визначає об'ємний коефіцієнт подачі компресора λ_o .

Крім цього, на об'єм газу, що подається, негативно впливають нагрів робочого тіла, що надходить, при контакті з нагрітими деталями компресора (коефіцієнт λ_r); негерметичність деталей (коефіцієнт λ_{yT}); дроселювання при русі робочого тіла через клапани (коефіцієнт $\lambda_{др}$).

З урахуванням сказаного подача поршневого компресора односторонньої дії може бути визначена

$$Q = \lambda_o + \lambda_{\bar{a}} + \lambda_{\acute{o}\acute{o}} + \lambda_{\grave{a}\grave{o}} + \lambda_h + n = \lambda + V_h + n,$$

де λ – коефіцієнт подачі, n – число подвійних ходів поршня за одиницю часу.

Зворотно-поступальний рух поршня пов'язаний з виникненням великих величин інерції, тому середня швидкість поршня не перевищує, як правило, 5 м/с. Це дещо обмежує подачу поршневих компресорів. Разом з тим, конструкція нагнітачів такого типу дозволяє досягати великих значень ступеня підвищення тиску, навіть при незначних швидкостях руху поршня. В таблиці 1.1 подано паспортні дані випробувального компресора.

Таблиця 1.1 – Паспортні дані компресора

| Найменування | Позначення | Розмірність | Чисельне значення |
|---------------------|------------|-------------|-------------------|
| Діаметр циліндра | d | м | 0.096 |
| Хід поршня | S | м | 0.112 |
| Кількість циліндрів | Z | шт. | 2 |

2 ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД

Для проведення випробувань поршневого компресора в лабораторії кафедри встановлений стенд, схема якого подана на рисунку 2.1.

Повітря надходить в компресор, проходячи через ротаційний лічильник 1, необхідний для встановлення продуктивності компресора, та впускний ресивер 2 для згладжування коливань тиску при замірі продуктивності. У впускному тракті термометром 3 та U – подібним рідинним манометром 4 вимірюється відповідно температура і тиск повітря, що надходить.

Після стиснення в компресорі повітря потрапляє у впускний тракт, в якому встановлений термометр 5 та механічний манометр 6 для визначення температури і тиску повітря, що

нагнітається. Для згладжування коливань стисненого повітря використовується ресивер 7.

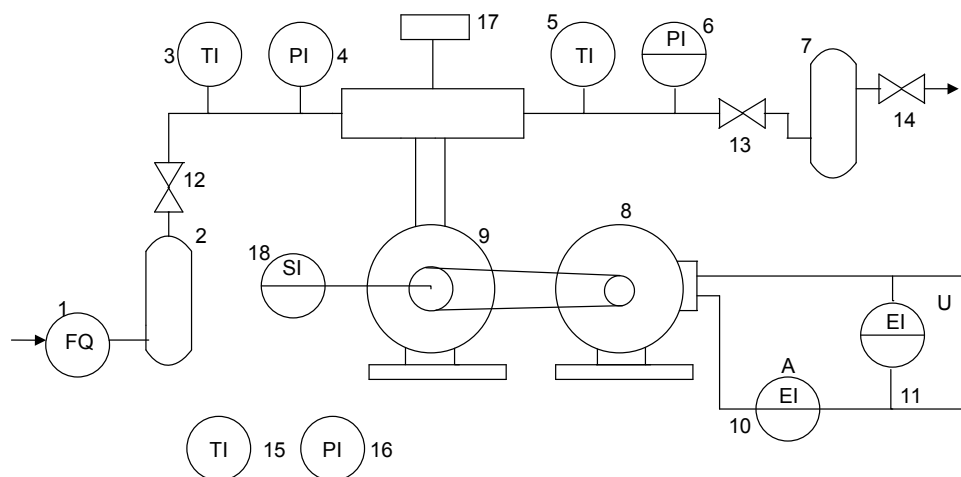


Рисунок 2.1 – Лабораторний стенд

Привід компресора здійснюється від електродвигуна 8 через клинопасову передачу 9. Вимірювання величини струму і напруги на клеммах електродвигуна виконується за допомогою амперметра 10 та вольтметра 11.

У впускній і випускній магістралях встановлені вентиля 12, 13, 14. Визначення температури навколишнього повітря виконується за допомогою термометра 15, барометричний тиск - барометром 16. В головці блока компресора закріплений індикатор 17 для знімання індикаторної діаграми. На пульті лічильник числа обертів колінчастого вала компресора 18.

3 ВИПРОБУВАННЯ КОМПРЕСОРА

Перед початком випробувань здійснюють запуск поршневого компресора та його прогрівання. В цей час у зв'язку з тепловим розширенням змінюються конструктивні зазори компресора, температура його деталей стабілізується.

Після досягнення встановленого теплового режиму, про що сповіщає припинення росту температури повітря, яке нагнітається, студенти за сигналом викладача приступають до заміру основних показників роботи компресора. Результати вимірювань записують в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювань

| Показник | Позначення | Розмірність | Значення |
|---------------------------------------|------------|----------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | |
| Барометричний тиск | B | Па | |
| Температура повітря на всмоктування | t_0 | °C | |
| Тиск повітря, що всмоктується | p_{om} | мм.в.ст | |
| Тиск повітря, що нагнітається | p_{km} | атм | |
| Температура повітря що нагнітається | t_n | °C | |
| Витрата повітря за час вимірювання | V_u | м ³ | |
| Число обертів вала за час вимірювання | n_u | об. | |
| Сила струму | I | А | |
| Напруга | U | В | |
| Час вимірювання витрати та обертів | τ | хв. | |
| Масштаб пружини індикатора | μ | | 1,6 |

Витрата повітря і число обертів колінчастого вала компресора визначається за час випробувань після стабілізації

робочих параметрів компресора. Орієнтовно цей час становить 3-5 хв.

Крім вказаних вище параметрів, у процесі вимірювання знімають індикаторну діаграму компресора, яка являє собою залежність тиску від об'єму в порожнині над поршнем компресора. Приклад індикаторної діаграми для реального компресора наведено на рисунку 3.1.

Позначення на діаграмі:

1-2 – стиснення повітря в циліндрі;

2-3 – виштовхування в магістраль;

3-4 – розширення повітря, що залишилося у шкідливому просторі;

4-1 – всмоктування нового заряду повітря.

Індикаторна діаграма необхідна для розрахунку середнього тиску повітря.

Середній індикаторний тиск являє собою такий тиск P_1 , який, будучи помноженим на робочий об'єм циліндра l , дасть площу прямокутника (роботу циклу), чисельно рівну площі індикаторної діаграми 1-2-3-4-1.

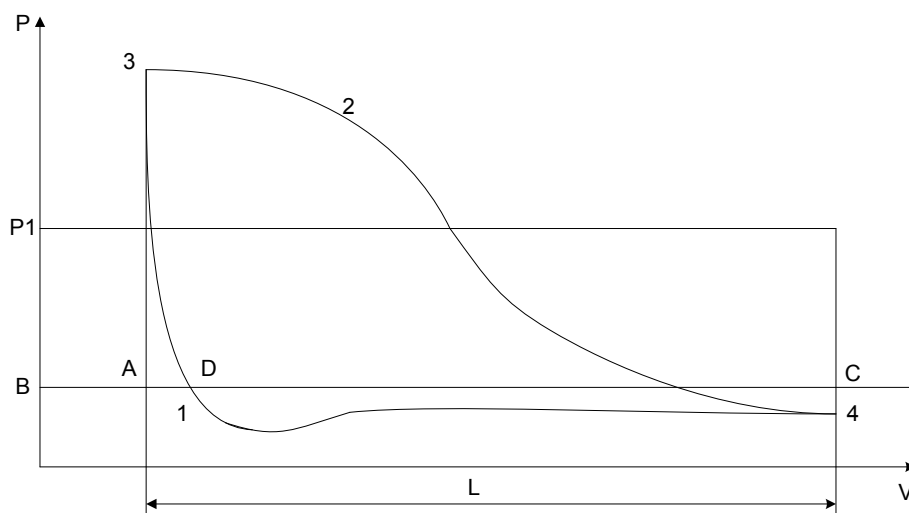


Рисунок 3.1 – Індикаторна діаграма

Використовуючи це визначення, розраховують середній індикаторний тиск, приймаючи масштаб планіметра $m=9,8 \cdot 10^8$. Площу індикаторної діаграми δ (см²) вимірюють планіметром.

Довжину діаграми l , відповідно робочому об'єму компресора, підставляють у формулу для визначення P_1 в міліметрах.

Також за індикаторною діаграмою визначається об'ємний коефіцієнт компресора: являє собою відношення об'єму всмоктування (відрізок «DC») до робочого об'єму (відрізок «AC»).

4 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

Використовуючи отримані за результатами випробувань компресора дослідні дані, розраховують його основні показники:

1) площа поршня

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ м}^2;$$

2) абсолютний тиск повітря, що нагнітається,

$$P_k = B + p_{km} \cdot 0,98 \cdot 10^5, \text{ Па};$$

3) абсолютний тиск повітря, що всмоктується,

$$P_o = B - p_{om} \cdot 0,98, \text{ Па};$$

4) частота обертання вала компресора

$$n = \frac{n_u}{\tau}, \text{ хв}^{-1};$$

5) робота стиснення за ізотермою

$$L_{iz} = P_0 \cdot \ln \left(\frac{P_k}{P_0} \right), \text{ Дж/м}^3;$$

6) робота стиснення за адіабатою

$$L_{ad} = \frac{k}{k-1} P_0 \cdot \ln \left[\left(\frac{P_\kappa}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k+1}} - 1 \right], \text{Дж/м}^3;$$

7) середній індикаторний тиск

$$P_i = \frac{\delta \cdot m}{\mu \cdot l}, \text{Па};$$

8) індикаторна потужність i -го циліндра

$$N_i = \frac{P_i \cdot F \cdot S \cdot n}{1000 \cdot 60}, \text{кВт};$$

9) індикаторна потужність компресора

$$N_\kappa = 2N_i, \text{кВт};$$

10) об'ємна продуктивність компресора при змінах всмоктування

$$V = \frac{V_u}{\tau}, \text{м}^3/\text{хв.};$$

11) об'ємна продуктивність компресора при змінах нагнітання

$$V_m = V \cdot \frac{P_0}{P_\kappa} \left[\frac{273 + t_u}{273 + t_0} \right], \text{м}^3/\text{хв.};$$

12) об'ємна продуктивність компресора при нормальних фізичних умовах (барометричний тиск – 101500 Па, температура – 0°C)

$$V_{\kappa} = V \frac{P_0}{101500} \frac{273}{273 + t_0}, \text{ м}^3/\text{хв.};$$

13) потужність на клеммах електродвигуна

$$N_e = \frac{U \cdot I}{1000}, \text{ кВт};$$

14) механічний ККД компресора

$$\eta = \frac{N_{\kappa}}{N_e \cdot \eta_{\text{ел.дв}} \cdot \eta_{\text{пер}}},$$

де $\eta_{\text{ел.дв}} = 0,97$ – ККД електродвигуна, $\eta_{\text{пер}} = 0,92$ – ККД передачі;

15) об'ємний коефіцієнт компресора (за індикаторною діаграмою)

$$\lambda_0 = \frac{DC}{AC};$$

16) коефіцієнт подачі компресора

$$\lambda = \frac{V_{\kappa}}{2 \cdot F \cdot S};$$

17) ізотермічний ККД компресора

$$\eta_{iz} = \frac{L_{iz} V_K}{6 \cdot 10^4 N_K};$$

18) адіабатний ККД компресора

$$\eta_{ad} = \frac{L_{ad} V_K}{6 \cdot 10^4 N_K}.$$

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Компресор: поняття, призначення.
- 2 Пояснити принцип роботи одноступінчатого компресора.
- 3 Які параметри і за допомогою яких приладів вимірюються в процесі виконання лабораторної роботи?
- 4 Які процеси можливі при стиску газу в компресорі? Який процес є найбільш вигідним?
- 5 Якими рівняннями визначається робота на привод компресора при ізотермічному, адіабатному і політропному процесах стиску?
- 6 Дійсна індикаторна діаграма одноступінчатого компресора.
- 7 «Мертвий» простір. Як впливає об'єм «мертвого» простору на процес стиску газу?
- 8 Об'ємний ККД компресора.
- 9 До яких тисків стискання газу застосовують одноступеневий компресор?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Перстик А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Высшая школа, 1972. – 342 с.

2 Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.

3 Техническая термодинамика: Учеб. пособие для ВУЗов / В.И. Крутов и др.; Под ред. В.И. Крутова. – М.: Высшая школа, 1991. – 344 с.