

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх та меліоративних машин



**02-01-579М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни  
**«Приводи машин та обладнання»** для здобувачів вищої освіти  
першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною  
програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання»  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості ННМІ  
Протокол № 4 від 31.12.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Приводи машин та обладнання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Серілко Д. Л. – Рівне : НУВГП, 2024. – 31 с.

Укладач:

Серілко Д. Л. к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Протокол № 4 від 31 грудня 2024 року.

Відповідальний за випуск: Тхорук Є. І. к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Керівник групи забезпечення спеціальності: Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Попередня версія МВ 02-01-484

© Д. Л. Серілко, 2024

© НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	4
1. <b>Лабораторна робота №1.</b> Шестеренні, насоси і гідромотори.....	5
2. <b>Лабораторна робота №2.</b> Роторно-поршневі (аксіальні) гідромашини.....	7
3. <b>Лабораторна робота №3.</b> Пластинчасті насоси і гідромотори.....	10
4. <b>Лабораторна робота №4.</b> Гідравлічні циліндри.....	12
5. <b>Лабораторна робота №5.</b> Дослідження роботи об'ємного гідроприводу.....	15
6. <b>Лабораторна робота №6.</b> Компресори.....	19
7. <b>Лабораторна робота №7</b> Компресорні установки.....	22
8. <b>Лабораторна робота №8.</b> Апарати керування пневматичними приводам.....	26
9. <b>Лабораторна робота №9.</b> Виробничі ситуації в експлуатації пневматичних систем.....	28
<b>Рекомендована література</b> .....	30
<b>Додатки</b> .....	31

## ВСТУП

Сучасна будівельна індустрія вимагає усе більш досконалих і більш продуктивних машин і механізмів. У рішенні цих завдань важливу роль відіграють гідравлічні і пневматичні та механічні приводи. Застосування їх спрощує в усіх випадках рішення багатьох технічних завдань, значно спрощує автоматизацію виробничих процесів і підвищує якість машин, а також дозволяє значно зменшити їх вагу і габарити. Це пояснює актуальність підготовки відповідних кваліфікованих спеціалістів. Нормативна навчальна дисципліна «Приводи машин та обладнання» і забезпечує необхідний об'єм базової інформації для підготовки фахівців вказаного напрямку, а представлені методичні вказівки є універсальним інструментом, що сприяє якісному засвоєнню навчального матеріалу.

# Лабораторна робота № 1

## ШЕСТЕРЕННІ ГІДРОМАШИНИ

**Мета роботи:** вивчення конструкцій і принципів роботи шестеренних гідромашин (насосів і гідромоторів).

### 1. Питання для самостійної підготовки

1.1. Визначення, конструкції, принципи роботи шестеренних насосів і гідромоторів [1], [2], [3].

1.2. Параметри шестеренних насосів і гідромоторів, їх взаємозв'язок [2], [3].

### 2. Обладнання для виконання лабораторної роботи

2.1. Плакати, 2.2. Зразки шестеренних насосів і гідромоторів.  
2.3. Вимірювальний інструмент (штангенциркуль).

### 3. Порядок виконання роботи.

3.1. За зразками шестеренних гідромашин, представлених в лабораторії кафедри вивчити їх конструкції, принципи роботи і призначення їх окремих елементів.

3.2. Накреслити схему і описати роботу одного з шестеренних насосів представлених в лабораторії кафедри.

3.3. На зразку шестеренної гідромашини, представленої в лабораторії кафедри, заміряти діаметр кола виступів  $D_e$  і ширину  $b$  зубів шестерні, порахувати кількість зубів  $z$ .

3.4. Розрахувати робочий об'єм  $q$  (питому подачу) насоса (гідромотора).

3.5. Побудувати графічну характеристику залежності теоретичної подачі насоса від частоти обертання шестерні.

3.6. На основі даних літературних джерел [1, 2, 3] показати графічну залежність фактичної подачі шестеренних насосів від

їх частоти обертання, порівняти її з побудованою характеристикою, визначити чим пояснюється їх відмінність.

### Методика розрахунку

На першому етапі визначається модуль зачеплення  $m$  зубчастої передачі досліджувальної шестеренної гідромашини:

$$m = D_a / (z + 2). \quad (1.1)$$

Крок зубів  $t$  зубчастого зачеплення дорівнює:

$$t = \pi \cdot m. \quad (1.2)$$

Висота зубів  $h$  шестерень дорівнює:

$$h = 2,2m. \quad (1.3)$$

Площа поперечного перерізу  $f$  западин шестерень досліджувальної гідромашини дорівнює:

$$f = h \cdot t / 2. \quad (1.4)$$

Об'єм западини  $V$  досліджуваної гідромашини дорівнює:

$$V = f \cdot b. \quad (1.5)$$

Робочий об'єм шестеренної гідромашини (питома подача)  $q_{н,м}$ , що відповідає об'єму западин двох шестерень дорівнює:

$$q_{н,м} = 2 \cdot V \cdot z. \quad (1.6)$$

Отримане значення  $q_{н,м}$  порівняти з аналогічним вказаним в технічній характеристиці досліджуваної гідромашини. Визначити чим пояснюється їх відмінність.

Теоретичні значення подачі і витрат об'ємних гідромашин (насосів  $Q_n$ , гідромоторів  $Q_m$ ) визначаються за залежністю

$$Q_{н,м} = q_{н,м} \cdot n, \quad (1.7)$$

де  $n=30 \text{ c}^{-1}$  - частота обертання шестеренної гідромашини (насоса і гідромотора).

### 4. Зміст звіту

4.1. Схеми шестеренного насоса і гідромотора.

4.2. Короткий опис конструкцій і принципу роботи шестеренних гідромашин.

4.3. Розрахунок робочого об'єму шестеренної гідромашини

(насоса і гідромотора) результати вимірювань і розрахунків звести в таблицю 1.1.

4.4. Чисельна (табл. 1.2) і графічна залежності подачі насоса від частоти обертання шестерень.

Таблиця 1.1

Результати вимірювань і розрахунків

$D_6$ , мм	$h$ , мм	$b$ , мм	$m$ , мм	$t$ , мм	$q$ , см <sup>3</sup>

Таблиця 1.2

$n$ , с <sup>-1</sup>	$Q$ , л/с

## 5. Запитання для самоконтролю

- 5.1. Що визначає робочий об'єм насоса і гідромотора?
- 5.2. Як впливає ширина шестерні на подачу насоса?
- 5.3. Які засоби для розвантаження шестерень насоса і гідромотора від сил тиску використовуються в цих гідромашинах?
- 5.4. Як можна регулювати (змінювати) подачу шестеренних насосів?
- 5.5. Як можна регулювати (змінювати) частоту обертання валів шестеренних гідромоторів?
- 5.6. Що обмежує крутний момент на валах шестеренних насосів і гідромоторів?
- 5.7. Як впливає величина робочого тиску в системі на об'ємний ККД шестеренних гідромашин?

## Лабораторна робота № 2

### РОТОРНО-ПОРШНЕВІ (АКСІАЛЬНІ) ГІДРОМАШИНИ

**Мета роботи:** вивчення конструкцій, принципів роботи роторно-поршневих (аксіальних) насосів і гідромоторів, визначення взаємозв'язків їх параметрів.

## **1. Питання для самостійної підготовки**

- 1.1. Визначення, конструкції, принцип роботи роторно-поршневих (аксіальних) насосів і гідромоторів [1], [2], [3].
- 1.2. Параметри роторно-поршневих (аксіальних) насосів і гідро-моторів, їх взаємозв'язок; [2], [3].

## **2. Обладнання для виконання лабораторної роботи**

- 2.1. Плакати.
- 2.2. Зразки роторно-поршневих (аксіальних) гідромашин (насосів і гідромоторів).
- 2.3. Вимірювальний інструмент (штангенциркуль, кутомір).

## **3. Порядок виконання роботи**

- 3.1. За зразками роторно-поршневих (аксіальних) гідромашин, представлених в лабораторії кафедри вивчити їх конструкції, принципи роботи і призначення їх складових елементів і вузлів.
- 3.2. Накреслити схему і описати принцип роботи роторно-поршневого (аксіального) насоса-гідромотора, представленого в лабораторії кафедри.
- 3.3. Заміряти діаметри поршня  $d_n$  і кола осей циліндрів  $D$ , а також кут нахилу вісі блока циліндрів  $\gamma$  зразків роторно-поршневої (аксіальної) гідромашини.
- 3.4. Розрахувати робочі об'єми  $q_{н,м}$  (питому подачу і питому витрату) досліджуваних гідромашин.

Отримані значення  $q_{н,м}$  порівняти з аналогічними, вказаними в технічних характеристиках досліджуваних гідромашин. Зробити висновки.

Результати вимірювань і розрахунків подати в табличній формі (табл. 9.1).

- 3.5. Представити в графічному вигляді теоретичні залежності перепаду тиску  $\Delta p$  у дослідженому роторно-поршневому (аксіальному) гідромоторі від моменту на його валу  $M$  і частоти обертання  $n$  його вала від витрати  $Q$  на вході в гідромотор.



Результати вимірювань і розрахунків подати в табличній формі (табл. 2.2).

### Методика розрахунків

Робочий об'єм  $q_{н,м}$  роторно-поршневих (аксіальних) гідромашин (насосів і гідромоторів) дорівнює:

$$q_{н,м} = 0,25 \cdot \pi \cdot d_n^2 \cdot Z \cdot D \cdot \text{tg} \gamma, \quad (2.1)$$

де  $Z$  - кількість поршнів;  $d_n, D$  - діаметри поршнів і кола осей циліндрів;  $\gamma$  - кут нахилу осі блока циліндрів.

Частота обертання вала гідромотора  $n_m$  дорівнює:

$$n_m = Q_m \eta_0 / q, \quad (2.2)$$

де  $Q_m$  - витрата, що надходить в гідромотор;  $\eta_0$  - об'ємний ККД гідромотора ( $\eta_0=0,95 \dots 0,98$ );  $q_m$  - робочий об'єм гідромотора.

Перепад тиску  $\Delta p_m$  в гідромоторі дорівнює:

$$\Delta p_m = 2\pi M / (q_m \eta_{zm}), \quad (2.3)$$

де  $M$  - крутний момент на валу гідромотора ;  $\eta_{zm}=0,9 \dots 0,95$  - гідромеханічний ККД гідромотора.

## 4. Зміст звіту

4.1. Схема роторно-поршневої (аксіальної) гідромашини (насоса-гідромотора).

4.2. Короткий опис принципи роботи досліджуваної роторно-поршневої (аксіальної) гідромашини представленої в лабораторії кафедри.

4.3. Розрахунок робочого об'єму роторно-поршневої (аксіальної) гідромашини (табл. 2.1).

4.4. Графічні і чисельні залежності (табл. 2.2) перепаду тиску  $\Delta p_m$  в гідромоторі від моменту на його валу і частоти обертання  $n_m$  вала гідромотора від витрати  $Q_m$  на його вході.

Таблиця 2.1

Результати вимірювань і розрахунків

$d_n$ , мм	$D$ , мм	$\gamma$ , град.	$Z$ , мм	$q$ , см <sup>3</sup> /об.

Таблиця 2.2

$\Delta p_M$ , МПа	$M$ , Нм	$n$ , с <sup>-1</sup>	$Q$ , л/хв.

### 5. Запитання для самоконтролю

5.1. Як впливає розмір діаметра поршня роторно-поршневого (аксіального) насоса на його продуктивність?

5.2. Як впливає хід поршня роторно-поршневого (аксіального) насоса на його продуктивність?

5.3. Як впливає діаметр поршня роторно-поршневого (аксіального) гідромотора на крутний момент на його валу?

5.4. Як залежить крутний момент на валу гідромотора від перепаду тиску на ньому?

5.5. Яка залежність частоти обертання вала гідромотора від його витрати?

5.6. Як впливає частота обертання вала роторно-поршневого (аксіального) насоса на його продуктивність?

5.7. Як залежить продуктивність роторно-поршневого (аксіального) насоса від кута нахилу його похилої шайби (блока циліндрів)?

5.8. Як впливає кількість циліндрів роторно-поршневого (аксіального) насоса на пульсацію тиску, що він створює?

5.9. Яким чином можна змінювати подачу роторно-поршневих (аксіальних) насосів?

5.10. Яким чином можна змінювати частоту обертання вала роторно-поршневих (аксіальних) гідромоторів?

### Лабораторна робота № 3

#### ПЛАСТИНЧАСТІ НАСОСИ І ГІДРОМОТОРИ

**Мета роботи:** вивчення конструкцій, принципів роботи і параметрів пластинчастих гідромашин.

#### 1. Питання для самостійної підготовки

1.1. Визначення, загальна будова, принципи дії

пластинчастих насосів і гідромоторів [1], [2], [3].

1.2. Параметри пластинчастих насосів і гідромоторів, їх взаємозв'язок [1], [2], [3].

## **2. Обладнання робочого місця**

2.1. Плакати. 2.2. Зразки пластинчастих насосів і гідромоторів.

2.3. Вимірювальний інструмент (штангенциркуль).

## **3. Порядок виконання роботи**

3.1. За зразками пластинчастих гідромашин, представлених в лабораторії кафедри вивчити їх конструкції, принципи роботи і призначення їх окремих елементів.

3.2. Накреслити схему і описати принцип роботи пластинчастих гідромашин (насоса і гідромотора) двократної дії.

3.3. Заміряти діаметр ротора  $d$  і велику вісь еліпса корпусу  $l$ , ширину ротора  $b$ , товщину пластин  $\delta$ , порахувати кількість пластин  $Z$  пластинчастої гідромашини представленої в лабораторії кафедри.

3.4. За заміряними показниками розрахувати її робочий об'єм  $q_{н,м}$ .

## **Методика розрахунку**

Робочі об'єми пластинчастих гідромашин двократної дії визначаються за залежністю

$$q_{н,м} = 2b[0,25\pi \cdot (l^2 - d^2) - (l/2 - d/2) \cdot z\delta], \quad (3.1)$$

де  $z$  - кількість пластин.

## **4. Зміст звіту**

4.1. Схема пластинчастого насоса двократної дії.

4.2. Короткий опис принципів роботи пластинчастої гідромашини (насоса і гідромотора).

4.3. Розрахунок робочого об'єму  $q_{н,м}$  пластинчастої

гідромашини двократної дії насоса представленої в лабораторії кафедри. Результати розрахунків подати у табличній формі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Результати вимірів і розрахунків

$d$ , мм	$l$ , мм	$b$ , мм	$\delta$ , мм	$z$	$q$ , см <sup>3</sup>

## 5. Запитання для самоконтролю

- 5.1. Чим відрізняються конструкції пластинчастих насосів і гідромоторів?
- 5.2. Переваги і недоліки пластинчастих гідромашин.
- 5.3. Як впливає зміна ексцентриситету пластинчастого насоса на його подачу?
- 5.4. Якими способами змінюють подачу пластинчастих насосів?
- 5.5. Як впливає зміна навантаження вала пластинчастого гідромотора на тиск в приводі?
- 5.6. Чим обмежується величина крутного моменту на валу пластинчастого гідромотора?
- 5.7. Які переваги має пластинчастий насос двократної дії порівняно з аналогічним насосом однократної дії?
- 5.8. Які переваги має пластинчастий гідромотор двократної дії порівняно з аналогічним гідромотором однократної дії?

## Лабораторна робота № 4

### ГІДРАВЛІЧНІ ЦИЛІНДРИ

**Мета роботи:** визначення, призначення, конструкції і принципи роботи гідроциліндрів. Визначення параметрів гідроциліндра лабораторної установки кафедри.

#### 1. Питання для самостійної підготовки

- 1.1. Визначення і принцип роботи гідроциліндрів [1], [2], [3].

1.2. Технічні параметри гідроциліндрів [1],[2].

## **2. Обладнання для виконання лабораторної роботи**

2.1. Плакати. 2.2. Зразки гідроциліндрів. 2.3. Діючий об'ємний гідропривод (лабораторний стенд). 2.4. Вимірювальні інструменти (штангенциркуль і секундомір).

## **3. Порядок виконання роботи**

3.1. Вивчити конструкції зразків гідроциліндрів представлених в лабораторії кафедри.

3.2. Накреслити схему гідроциліндра двохсторонньої дії з одно-стороннім штоком і описати його роботу.

3.3. Заміряти діаметр штока  $d_{ш}$  гідроциліндра гідравлічного привода, представленого в лабораторії кафедри.

3.4. Ввімкнути гідророзподільником діючого гідравлічного привода прямий хід поршня і заміряти цей час  $t_{np}$ ; включити зворотний хід поршня і заміряти цей час  $t_{зв}$ . Досліди повторити не менше трьох раз. Для подальших розрахунків прийняти їх середні значення.

3.5. Заміряти максимальне значення тиску  $p_{max}$  в напірному трубопроводі гідропривода.

3.6. Розрахувати витрати рідини  $Q_{ш}$  на вході в гідроциліндр, максимальні сили на його штоці  $T_{max\ np}$ ,  $T_{max\ зв}$  і максимальні потужності гідроциліндра  $N_{max\ np}$ ,  $N_{max\ зв}$  при прямому і зворотному ході його поршня, прийнявши загальний ККД гідроциліндра рівним 1.

## **4. Методика розрахунку**

Визначити середні швидкості прямого (вверх)  $\mathcal{G}_{np}$  і зворотного (вниз)  $\mathcal{G}_{зв}$  ходів поршня гідроциліндра лабораторного стенда за формулами

$$\mathcal{G}_{np} = h_{np}/t_{np}; \quad \mathcal{G}_{зв} = h_{зв}/t_{зв}, \quad (4.1)$$

де  $h_{np}$  і  $h_{зв}$  - відповідно максимальний хід штока гідроциліндра

при прямому і зворотному ходах;  $t_{np}$  і  $t_{зв}$  - відповідно експериментально заміряний і розрахований середній час руху поршня при його прямому і зворотному ходах.

Прийняти:

$$Q_{np} = Q_{зв} = Q_u, \quad (4.2)$$

де  $Q_{np}$ ,  $Q_{зв}$  - відповідно витрати робочої рідини гідроциліндром лабораторної установки при прямому і зворотному ходах його поршня;  $Q_u$  - розрахункове значення витрати робочої рідини гідроциліндра.

З останнього рівняння виходить:

$$g_{np} F_{n,np} = g_{зв} F_{n,зв}, \quad (4.3)$$

де  $F_{n,np}$  і  $F_{n,зв}$  - відповідно площі поршня, на які діє більший тиск при прямому і зворотному його ходах.

$$F_{n,np} = \pi D_n^2 / 4, \quad F_{n,зв} = \pi D_n^2 / 4 - \pi d_{шт}^2 / 4. \quad (4.4)$$

Витрати робочої рідини гідроциліндром  $Q_u$  при прямому і зворотному ходах поршня відповідно дорівнюють:

$$Q_u = (\pi D_n^2 / 4) \cdot g_{np} \quad \text{або} \quad Q_u = (\pi D_n^2 / 4 - \pi d_{шт}^2 / 4) \cdot g_{зв}. \quad (4.5)$$

Звідки визначити діаметр поршня  $D_p$ .

Отримане значення  $D_p$  порівняти з  $D_{ст} = 0,095$  м, що вказано в технічній характеристиці гідроциліндра лабораторного стенда. При розходженні цих даних пояснити причини.

Визначити максимальну силу на штоці при прямому  $T_{max np}$  та зворотному  $T_{max зв}$  ходах поршня гідроциліндра

$$T_{max np} = p_{max} \cdot \pi D_n^2 / 4; \quad T_{max зв} = p_{max} \cdot \pi \cdot (D_n^2 - d_{шт}^2) / 4. \quad (4.6)$$

Максимальна потужність гідроциліндра  $N_{max}$

$$N_{max} = Q_u \cdot p_{max} = T_{max np} \cdot g_{np} = T_{max зв} \cdot g_{зв}. \quad (4.7)$$

примітка: Розрахунки виконати в одиницях системи СІ.

## 5. Зміст звіту

- 5.1. Схема гідроциліндра.
- 5.2. Опис принципу роботи гідроциліндра.
- 5.3. Розрахунки параметрів гідроциліндра (результати звести в

таблицю 4.1).

Таблиця 4.1

Таблиця параметрів гідроциліндра

$t_{np}$ , с	$t_{зв}$ , с	$h_{np}$ , м	$h_{зв}$ , м	$g_{np}$ , м/с	$g_{зв}$ , м/с	$d_{ш}$ , мм	$D_n$ , мм	$Q_{ц}$ , дм <sup>3</sup> /хв	$T_{max,np}$	$T_{max,зв}$	$P_{max}$ , мПа	$N_{max}$ , кВт

## 6. Запитання для самоконтролю

- 6.1. Чому сила на штоці гідроциліндра, що створюється при його прямому ході більша ніж при зворотному?
- 6.2. Чому швидкість поршня при його прямому ході менша ніж при зворотному?
- 6.3. Чому максимальна потужність гідроциліндра при прямому і зворотному ходах штока не змінюється?
- 6.4. Як змінюється максимальна сила на штоці гідроциліндра при його прямому ході, якщо діаметр поршня гідроциліндра збільшити в 2, 3, 4 рази?
- 6.5. Як зміниться швидкість поршня гідроциліндра при його прямому ході, якщо діаметр поршня зменшити в 2, 3, 4 рази?
- 6.6. Як зміниться потужність гідропривода при зміні діаметра його поршня?
- 6.7. Як зміниться потужність гідроциліндра при збільшенні витрат в гідроприводі?
- 6.8. Як впливає навантаження штока гідроциліндра на тиск в гідроприводі?
- 6.9. Як технічно обмежується максимальна сила навантаження на штоці гідроциліндра?

## Лабораторна робота № 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА

**Мета роботи:** практичне вивчення загальної будови і принципу дії об'ємного гідропривода;

визначення дослідним шляхом його об'ємного ККД  $\eta_0$ .

## **1. Обладнання робочого місця**

- 1.1. Лабораторна установка гідравлічної системи.
- 1.2. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, лінійка, секундомір.

## **2. Лабораторна установка**

Лабораторна установка - це діюча тракторна гідравлічна система з приводом від електродвигуна. Принципова схема гідравлічного об'ємного гідропривода зображена на рис. 5.1. Вона включає насос 1, гідроциліндр 4, бак 9, розподільник 2, який складається з золотника 3, запобіжного 5 і перепускного 6 клапанів. Робоча рідина із розподільника 2 може зливатися в бак 9 (нейтральне положення золотника), подаватися в гідроциліндр 4 - в штокову або в безштокову порожнини. Із гідроциліндра робоча рідина через розподільник 2, а звідти, через фільтр 7 надходить в бак 9. Якщо фільтр засмічений, то робоча рідина проходить через клапан 8 в бак 9 без очистки, для запобігання руйнування фільтра.

## **3. Порядок виконання роботи**

- 3.1. Ознайомитися з інструкцією роботи лабораторної установки та інструкцією по техніці безпеки при роботі на ній.
- 3.2. Вивчити будову вузлів і деталей об'ємного гідропривода.
- 3.3. Провести трьохкратні дослідження по визначенню швидкостей переміщення поршня гідроциліндра при русі ввверх і вниз. Дані занести в журнал досліджень (табл. 5.1).
- 3.4. Провести необхідні розрахунки по визначенню сил і потужності



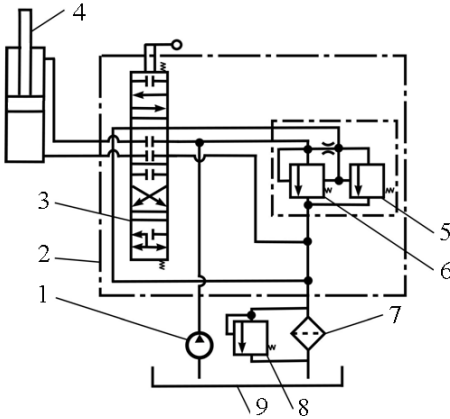


Рис. 5.1. Гідралічна схема лабораторної установки: 1 - насос; 2 - золотниковий гідралічний розподільник; 3 - золотник розподільника; 4 - гідроциліндр; 5 - запобіжний клапан; 6 - перепускний клапан; 7 - фільтр; 8 - запобіжний клапан фільтра; 9 - бак

на штоці гідроциліндра при тиску  $p=10$  МПа, а також об'ємного ККД  $\eta_0$  досліджуваного об'ємного гідропривода, виходячи з середніх значень швидкостей поршня.

3.5. Оформити звіт по лабораторній роботі.

3.6. Вимір часу максимального ходу штока циліндра проводиться тричі. В таблицю заноситься середнє арифметичне значення. Час прямого та зворотного ходу вимірюють по секундоміру, а хід штока по лінійці, встановленій на установці

#### 4. Методика розрахунку

Експериментальна і розрахункова частини лабораторної роботи виконується у наступному порядку:

4.1. Визначається швидкість ходу поршня циліндра вверх і вниз  $\mathcal{G}_i^{6,H}$ , м/с:

$$\mathcal{G}_i^{6,H} = l / t_{\text{ср}}^{6,H}, \quad (5.1)$$

де  $l$  - хід поршня, м;  $t_{\text{ср}}^{6,H}$  - середній час руху поршня відповідно вверх і вниз, с.

4.2. Визначається витрата рідини  $Q_{6,H}$ , м<sup>3</sup>/с, що подається в циліндр виходячи із значень середньої швидкості руху поршня гідроциліндра відповідно вверх і вниз:

$$Q^e = \mathcal{G}^e \pi D_u^2 / 4; \quad (5.2)$$

$$Q^n = \mathcal{G}^n \pi (D_u^2 - d_{um}^2) / 4, \quad (5.3)$$

де  $d_u=0,11$  м - внутрішній діаметр циліндра, м;  $d_{um}=0,04$  м - діаметр штока, м.

Для подальших розрахунків приймається середнє значення  $Q_{сер} = 1/2(Q_e + Q_n)$ .

4.3. Визначається теоретична продуктивність насоса  $Q_m$ , м<sup>3</sup>/с:

$$Q_m = q_0 \cdot n, \quad (5.4)$$

де  $q_0=46 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/об. - теоретична питома подача (робочий об'єм) шестеренного насоса НШ-46;  $n$  - частота обертання насоса, об/хв.

4.4. Визначається об'ємний коефіцієнт корисної дії насоса,  $\eta_0$  %:

$$\eta_0 = 100 Q_{сер} / Q_m. \quad (5.6)$$

4.5. Визначається сила на штоці  $F^e$  при ході поршня ввєрх:

$$F^e = p(\pi D_u^2 / 4), \text{ кН}, \quad (5.7)$$

де  $p=10$  МПа - тиск в гідросистемі;  $D_u=0,04$  м - внутрішній діаметр циліндра, м.

4.6. Визначається сила на штоці  $F^n$  при ході поршня вниз:

$$F^n = p\pi(D_u^2 - d_{um}^2) / 4, \text{ кН}, \quad (5.8)$$

де  $d_{um}=0,055$  м - діаметр штока, м.

4.7. Потужності на штоці гідроциліндра при ході поршня ввєрх і вниз визначаються за формулою

$$N^{e,n} = F^{e,n} \mathcal{G}^{e,n}, \text{ кВт}. \quad (5.9)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

$n$	$t_{сер}^e$	$t_{сер}^n$	$l$	$\mathcal{G}_{сер}^e$	$\mathcal{G}_{сер}^n$	$Q^e$	$Q^n$	$\eta_0$	$F^e$	$F^n$	$N^e$	$N^n$

## 5. Зміст звіту

5.1. Назва роботи;

5.2. Мету роботи;

- 5.3. Гідравлічну схему лабораторної установки;
- 5.4. Журнал досліджень;
- 5.5. Висновки.

## **6. Запитання для самоконтролю**

- 6.1. Поясніть, що враховує об'ємний ККД гідросистеми.
- 6.2. Яку функцію виконують клапани 5, 6 гідророзподільника 2 (рис. 5.1).
- 6.3. Покажіть по гідросхемі (рис. 5.1) рух рідини при кожній позиції золотника 3 гідророзподільника 2.
- 6.4. На який тиск регулюється запобіжний клапан 5 (рис. 5.1).

## **Лабораторна робота № 6**

### **КОМПРЕСОРИ**

**Мета роботи:** Вивчити призначення, будову та роботу компресорів, оцінити зв'язок параметрів і характеристик компресорів.

#### **1. Питання для самостійної підготовки**

- 1.1. Призначення та класифікація компресорів [1], [2].
- 1.2. Конструкція поршневих, роторних, відцентрових, осьових, струминних компресорів і вакуум-насосів [1], [2].
- 1.3. Аеродинамічні характеристики компресорів [2].
- 1.4. Регулювання аеродинамічних характеристик компресорів [1].

#### **2. Обладнання робочого місця**

2.1. Плакати. 2.2. Слайди. 2.3. Компресори. 2.4. Вимірювальні та слюсарні інструменти.

#### **3. Порядок виконання роботи**

- 3.1. Накреслити конструктивні схеми поршневого, роторного та відцентрового компресорів.
- 3.2. Розібрати поршневий компресор, виміряти діаметр його циліндра і хід поршня.
- 3.3. Включити приводний двигун і виміряти частоту обертання вала компресора при усталеному тиску, величина якого вимірюється манометром і задається випускним дроселем.
- 3.4. Розрахувати витрати (продуктивність) і потужність приводу компресора при встановленому в системі тиску, якщо втрати тиску у впускній лінії складають  $p_{\text{втр.вх.}} = 4000$  Па, а відносний мертвий простір

$$a = \frac{V_{\text{м(мертвий об'єм)}}}{V_{\text{р(робочий об'єм)}} = 0,06.$$

- 3.5. Порівняти результати розрахунків з даними аеродинамічної характеристики.
- 3.6. Накреслити схему аеродинамічної характеристики компресора.

### Методика розрахунку

*Примітка:* Розрахунки вести в прямих одиницях системи СІ.

Витрати поршневого компресора визначаються залежністю

$$Q_1 = \left[ 1 - a \left( \varepsilon^{1/n_p} - 1 \right) \right] \eta_m \eta_z V_p n z, \quad (6.1)$$

де  $n_p$  – показник політропи ( $n_p = 1,2 \dots 1,35$ );  $\eta_m$  – температурний к.к.д. ( $\eta_m = 0,9 \dots 0,95$ );  $\eta_z$  – гідравлічний к.к.д. ( $\eta_z = 0,95 \dots 0,98$ );  $z$  – число циліндрів;  $n$  – число подвійних ходів поршня

$$n = n_g, \quad (6.2)$$

де  $n_g$  – частота обертання вала компресора.

Робочий об'єм циліндра

$$V_p = \frac{\pi}{4} D_c^2 S, \quad (6.3)$$

де  $D_c$  – діаметр циліндра;  $S$  – хід поршня.  
Ступінь підвищення тиску

$$\varepsilon = \frac{p_2}{p_1}, \quad (6.4)$$

де  $p_2$  і  $p_1$  – відповідно, тиски в системі і на вході в циліндр

$$\begin{aligned} p_2 &= p_m + p_a, \\ p_1 &= p_a - p_{\text{втр.вх.}}, \end{aligned} \quad (6.5)$$

де  $p_a$  – атмосферний тиск;  $p_m$  – манометричний тиск.

Потужність приводу компресора

$$N = \frac{p_1 Q_1 \ln \varepsilon}{\eta_{із} \eta_m}, \quad (6.6)$$

де  $\eta_{із}$ ,  $\eta_m$  – відповідно ізотермічний і механічний к.к.д. ( $\eta_{із} = 0,65 \dots 0,85$ ;  $\eta_m = 0,8 \dots 0,9$ )

#### 4.3 міст звіту

- 4.1. Конструктивні схеми компресорів.
- 4.2. Аеродинамічна характеристика компресорів.
- 4.3. Розрахунки продуктивності і потужності приводу поршневого компресора. Результати розрахунків подайте у вигляді таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Результати розрахунків

$a$	$Q_1$	$n$	$V_p$	$\varepsilon$	$p_2$	$p_1$	$N$
1	2	3	4	5	6	7	8

## **5. Питання для самоконтролю**

- 5.1. Чим є і для чого призначені компресори?
- 5.2. За якими ознаками класифікуються компресори?
- 5.3. Які конструкції поршневих компресорів ви знаєте?
- 5.4. Які конструкції роторних компресорів ви знаєте?
- 5.5. Які конструкції відцентрових компресорів ви знаєте?
- 5.6. Які конструкції осьових компресорів ви знаєте?
- 5.7. Які конструкції вакуум-насосів ви знаєте?
- 5.8. Що таке струменевий компресор?
- 5.9. Якими засобами регулюються аеродинамічні характеристики компресорів?
- 5.10. Приведіть схему аеродинамічної характеристики компресорів.
- 5.11. Назвіть можливі причини падіння продуктивності компресорів.
- 5.12. Що являє собою мертвий простір компресора?
- 5.13. Що являє собою ступінь підвищення тиску компресора?
- 5.14. Як впливають діаметр циліндра і хід поршня компресора на його продуктивність?

### **Лабораторна робота № 7**

#### **КОМПРЕСОРНІ УСТАНОВКИ**

**Мета роботи:** Вивчити призначення, будову, роботу компресорної установки та її елементів, оцінити зв'язок параметрів і характеристик компресорної установки.

#### **1. Питання для самостійної підготовки**

- 1.1. Призначення та класифікація компресорних установок [1].
- 1.2. Структурна, функціональна схема компресорної установки та її робота [1].

- 1.3. Апарати компресорної установки (фільтри, регулятори тиску, холодильники, маслотовологовідокремлювачі, засоби боротьби із замерзанням, крани зливу конденсату, ресивери, відвідні крани) їх призначення та робота.

## **2. Обладнання робочого місця**

- 2.1. Плакати. 2.2. Слайди. 2.3. Компресорна установка. 2.4. Слюсарні інструменти. 2.5. Тахометр цифровий лазерний безконтактний .

## **3. Порядок виконання роботи**

- 3.1. Накреслити структурну схему компресорної установки.
- 3.2. Розглянути апарати компресорної установки в розібраному стані.
- 3.3. Включити компресор і виміряти час ( $t_n$ ) наповнення ресиверів від атмосферного до заданого тиску в системі, величина якого контролюється манометром, вимірюючи частоту обертання вала компресора на початку і в кінці процесу наповнення системи.
- 3.4. Визначити масу повітря, яке поступає в ресивери і об'єми останніх, встановивши середню продуктивність компресора при середніх тиску і частоті обертання вала компресора з аеродинамічної характеристики.
- 3.5. Визначити час, протягом якого впаде тиск в ресиверах до  $p_k = 150$  кПа, якщо повітря витікає з останніх через редуктор з постійним тиском на виході в 100 кПа при витратах в атмосферу встановлених дроселем  $Q_v = 0,001$  м<sup>3</sup>/с.

## **Методика розрахунку**

*Примітка:* Розрахунки виконувати в прямих одиницях системи СІ.

Користуючись аеродинамічною характеристикою компресора при середніх значеннях частоти обертання компресора, яка визначається залежністю

$$n_{\text{сеп}} = \frac{n_n + n_k}{2}, \quad (7.1)$$

де  $n_n$  і  $n_k$  - відповідно частота обертання вала компресора на початку і в кінці процесу наповнення системи і середньому тиску:

$$p_{\text{сеп}} = \frac{p_m + p_a}{2}, \quad (7.2)$$

де  $p_m$  і  $p_a$  - відповідно манометричний і атмосферний тиски.

Визначаємо середню продуктивність компресора  $Q$ .

Маса повітря, яка надходить в ресивери за визначений час:

$$m = Q \rho_a t_n, \quad (7.3)$$

де  $\rho_a$  - густина повітря при атмосферному тиску ( $\rho_a = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>).

Об'єм ресиверів

$$V = \frac{m}{\rho_c}, \quad (7.4)$$

де  $\rho_c$  - густина повітря при заданому тиску в системі

$$\rho_c = \frac{p_c}{R T_c}, \quad (7.5)$$

де  $p_c$  - повний тиск в системі;  $R$  - газова постійна (287 Дж/кг·К);

$T_c$  - температура повітря в системі в К.

$$p_c = p_a + p_m. \quad (7.6)$$

Час протягом якого падає тиск до заданої величини  $p_k$  при витіканні повітря з постійними витратами  $Q_b$

$$t_g = \frac{m_g}{M_g}, \quad (7.7)$$

де  $m_g$  - маса повітря, яке витікає;  $M_g$  - масові витрати.



При витіканні повітря в атмосферу

$$M_g = Q \rho_a . \quad (7.8)$$

$$m_g = m - m_o , \quad (7.9)$$

де  $m_o$  – маса повітря, яке залишається в ресиверах

$$m_o = V \rho_k , \quad (7.10)$$

де  $\rho_k$  - густина повітря при кінцевому тиску

$$\rho_k = \frac{P_k}{RT_c} . \quad (7.11)$$

#### 4. Зміст звіту

- 4.1. Структурна схема компресорної установки.
- 4.2. Розрахунки маси повітря, яке поступає в ресивери, об'єму останніх, часу витікання повітря з ресиверів до встановленого тиску при заданих постійних витратах. Результати розрахунків подайте у вигляді таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

##### Результати розрахунків

$n_{сеп}$	$p_{сеп}$	$m$	$V$	$\rho_c$	$p_c$	$t_g$	$M_g$	$m_g$	$m_o$	$\rho_k$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

#### 5. Питання для самоконтролю

- 5.1. Для чого призначенні компресорні установки?
- 5.2. Які типи компресорних установок ви знаєте?
- 5.3. Які апарати містить компресорна установка?
- 5.4. Які конструкції фільтрів ви знаєте і для чого вони призначені?
- 5.5. Для чого призначені регулятори тиску і які конструкції останніх ви знаєте?
- 5.6. Для чого призначені холодильники і які конструкції останніх ви знаєте?

- 5.7. Для чого призначені масловологовідокремлювачі і які конструкції останніх ви знаєте?
- 5.8. Яку функцію виконують запобіжні клапани і які конструкції останніх ви знаєте?
- 5.9. Які конструкції кранів зливу конденсату ви знаєте?
- 5.10. Які конструкції засобів боротьби з замерзанням пневматичних систем ви знаєте?
- 5.11. Для чого призначені ресивери?
- 5.12. Які конструкції відвідних кранів ви знаєте?
- 5.13. Що буде відбуватися з тиском в пневматичній системі при охолодженні ресиверів?
- 5.14. Як зміниться продуктивність компресора при забиванні фільтра?
- 5.15. Як зміняться параметри компресорної установки при послабленні пружини регулятора тиску?
- 5.16. Як вплине на роботу компресорної установки закупорка каналів регулятора тиску ?
- 5.17. Як вплине на роботу компресорної установки послаблення пружини запобіжного клапана?
- 5.18. Як вплине на роботу компресорної установки залягання в гнізді запобіжного клапана або регулятора тиску металевої стружки?
- 5.19. Назвіть можливі причини падіння тиску в системі.

## **Лабораторна робота № 8**

### **АПАРАТИ КЕРУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНИМИ ПРИВОДАМИ**

**Мета роботи:** Вивчити конструкції та роботу кранів і розподільників, які використовуються для керування пневматичними приводами, оцінити процеси, які в них відбуваються.

#### **1. Питання для самостійної підготовки**

- 1.1. Диференціальні крани і їх робота [2], [3].
- 1.2. Розподільники і їх робота [3], [4].

## **2. Обладнання робочого місця**

2.1. Плакати. 2.2. Слайди. 2.3. Крани, розподільники. 2.4. Пневматичний привод. 2.5. Слюсарні і вимірювальні інструменти.

## **3. Порядок виконання роботи**

- 3.1. Розглянути крани і розподільники в розібраному стані.
- 3.2. Заповнити ресивери приводу повітрям і включити переміщення важеля або педалі з певним кроком диференціальний кран, фіксувати переміщення важеля (педалі) і тиск в робочій порожнині пневматичного двигуна.
- 3.3. Побудувати залежність тиску в робочій порожнині двигуна від переміщення важеля (педалі).
- 3.4. Накреслити структурні схеми ділянки приводу з диференціальними камерами.

## **4. Зміст звіту**

- 4.1. Структурні схеми ділянки приводу з диференціальними камерами.
- 4.2. Залежність тиску в двигуні (пневмокамері).

## **5. Питання для самоконтролю**

- 5.1. В яких випадках в пневматичних приводу застосовують диференціальні крани?
- 5.2. Опишіть роботу впускних диференціальних кранів.
- 5.3. Наведіть приклади застосування впускних диференціальних кранів.
- 5.4. Опишіть роботу впускного диференціального крана з механічною системою включення.
- 5.5. Опишіть роботу впускного пневмокерованого диференціального крана.

- 5.6. В яких випадках використовують диференціальні камери? Назвіть приклади застосування диференціальних камер і опишіть їх роботу.
- 5.7. Які апарати можна використати для включення диференціальної камери.
- 5.8. Які типи жорстких розподільників ви знаєте? Назвіть приклади застосування двопозиційних і трипозиційних розподільників, опишіть їх роботу.
- 5.9. Поясніть залежність тиску в робочій порожнині пневматичного двигуна від переміщення важеля включення диференціального крана.

## **Лабораторна робота № 9**

### **ВИРОБНИЧІ СИТУАЦІЇ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПНЕВМАТИЧНИХ СИСТЕМ**

**Мета роботи:** Аналіз виробничих ситуацій, які виникають при експлуатації пневматичних систем та приводів.

#### **1. Питання самостійної підготовки.**

- 1.1. Конструкції і робота елементів пневматичних систем і приводів [4], [2].
- 1.2. Можливі несправності пристроїв пневматичних систем [4].

#### **2. Обладнання робочого місця.**

- 2.1. Стенд пневматичної системи.
- 2.2. Контрольно – вимірювальні прилади.

#### **3. Порядок виконання роботи.**

- 3.1. Накресліть функціональну схему системи додаток 1 і розпишіть підписані написи.

- 3.2. Включіть стенд і виконайте аналіз роботи пневматичної системи.
- 3.2. Дайте відповіді на поставлені питання.

#### **4. Ситуативні питання.**

- 4.1. Компресор включений. При тривалій роботі компресора манометр 6 показує тиск нижче нормативного, вкажіть причини.
- 4.2. При тривалій роботі компресора манометр 6 показує тиск вище нормативного, вкажіть причини.
- 4.3. Манометр 6 показує нормальний тиск системі. Після включення крана 10 пневматична камера 11 не розвиває потрібної сили, вкажіть причини.
- 4.4. При нормальному тиску в системі і включені крана 10 шток пневматичної камери 11 рухається дуже повільно, вкажіть причини.
- 4.5. При нормальному тиску в системі і включені крана 10 пневматична камера 19 не розвиває потрібної сили, вкажіть причини.
- 4.6 При нормальному тиску в системі і включені крана 10 шток пневматичної камери 19 рухається дуже повільно, вкажіть причини.
- 4.7. При нормальному тиску в системі і включені крана 10 шток пневматичної камери 19 не рухається, вкажіть причини.
- 4.8. При включені крана 10 шток пневматичної камери 19 не повертається в попереднє положення, вкажіть причини.

#### **5. Зміст звіту.**

- 5.1. Схема пневматичної системи з підписувковими написами.
- 5.2. Запитання пункту 4 з відповідями на них.

## Рекомендована література

1. Нестеренко В. П. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 328 с.
2. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропневмопривод : підручник / Федорець В. О., Педченко М. Н., Федорець О. О. та ін. Житомир : ЖІТІ, 1998. 412 с.
3. Пелевін Л. Є., Смірнов В. М., Гаркавенко О. М., Фомін А. В. Гідро- та пневмоприводи будівельних машин : навч. посіб., 2-е вид., переробл. і допов. Київ : Укрархбудінформ, 1999. 330 с.
4. Буренніков Ю. А., Немировський І. А., Козлов Л. Г. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013 . 276 с.

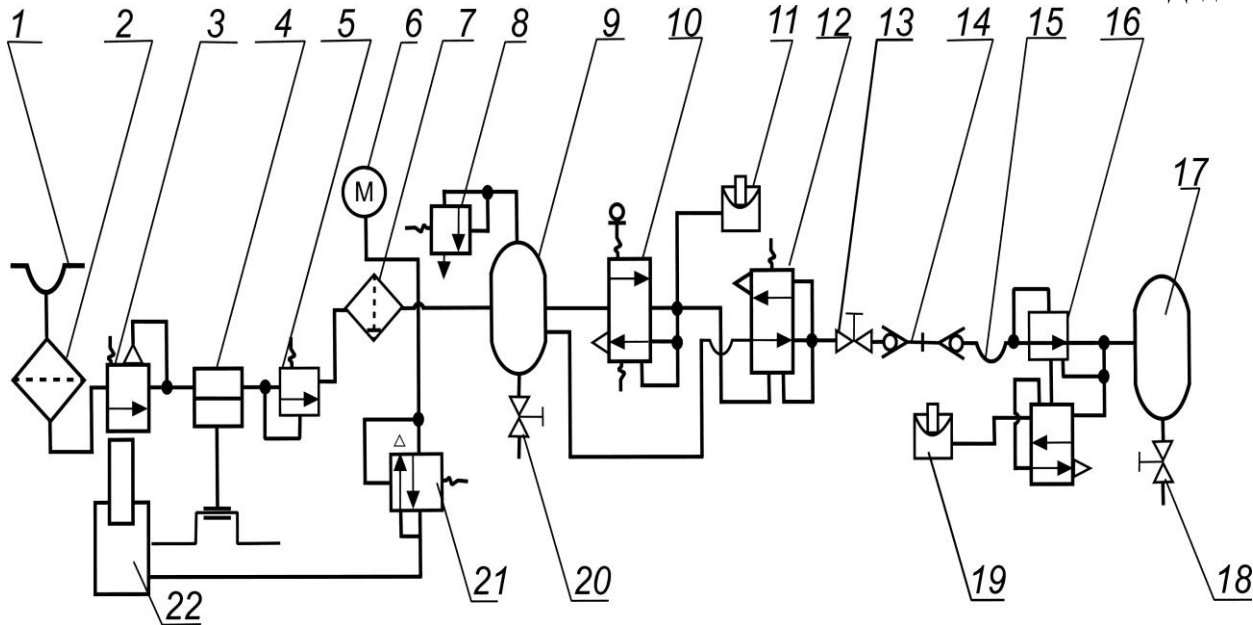


Рис 1. Схема пневматичної системи: 1 – повітрязабірник; 2 – фільтр; 3 – впускний клапан компресора; 4 – компресор; 5 – випускний клапан компресора; 6 – манометр; 7 – маслороздільник; 8 – запобіжний клапан; 9, 17 – ресивер; 10 - впускний диференціальний кран; 11, 19 – пневматична камера; 12 – випускний диференціальний кран; 13 – відвідний кран; 14 – розривне з'єднання; 15 – гнучкий рукав; 16 – диференціальна камера; 18, 20 – крани сливу конденсату; 21 регулятор тиску; 22 – плунжер відкриття впускного клапана