

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних,  
сільськогосподарських машин і обладнання



**02-01-484М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних і практичних робіт з нормативної навчальної  
дисципліни «Приводи машині та обладнання» для здобувачів  
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійними програмами спеціальності  
133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм  
навчання

Рекомендовано  
Науково-методичною  
радою з якості ІННМІ  
Протокол № 11 від 18.05.2021 р.

Рівне – 2021

Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт з нормативної навчальної дисципліни «Приводи машині та обладнання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 133 „Галузеве машинобудування”, денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Серілко Д. Л. – Рівне : НУВГП, 2021. – 43 с.

Укладач: Серілко Д. Л., к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Відповідальний за випуск – Кравець С. В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Керівник групи забезпечення Нечидюк А. А.

© Д. Л. Серілко, 2021  
© НУВГП, 2021

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Лабораторна робота №1. Вентилятори та вентиляторні установки.....	4
2. Лабораторна робота №2. Компресори.....	6
3. Лабораторна робота №3. Компресорні установки.....	10
4. Лабораторна робота №4. Апарати керування пневматичними приводам.....	14
5. Лабораторна робота №5. Пневматичні приводи машин та обладнання.....	15
6. Лабораторна робота №6. Пневматичні двигуни.....	17
7. Лабораторна робота №7. Виробничі ситуації в експлуатації пневматичних систем.....	20
8. Лабораторна робота №8. Шестеренні, насоси і гідромотори..	22
9. Лабораторна робота №9. Роторно-поршневі (аксіальні) гідромашини.....	25
10. Лабораторна робота №10. Пластинчасті насоси і гідромотори.	28
11. Лабораторна робота №11. Гідравлічні циліндри.....	30
12. Лабораторна робота №12. Гідравлічні розподільники.....	33
13. Лабораторна робота №13. Принципові гідравлічні схеми об'ємних гідроприводів.....	34
14. Лабораторна робота №14. Дослідження роботи об'ємного гідропривода.....	36
Література.....	40
Додатки.....	41

## ВСТУП

Сучасна будівельна індустрія вимагає усе більш досконалих і більш продуктивних машин і механізмів. У рішенні цих завдань важливу роль відіграють гідравлічні і пневматичні 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 машини 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

### ВЕНТИЛЯТОРИ ТА ВЕНТИЛЯТОРНІ УСТАНОВКИ

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

#### 1. Питання для самостійної підготовки

- 1.1. Призначення та класифікація вентиляторів [1] с.206,251.
- 1.2. Конструктивні і аеродинамічні схеми відцентрових та осьових вентиляторів загального призначення [1] с.216, 249, 253.
- 1.3. Вентиляторні установки [1] с.229.
- 1.4. Аеродинамічні характеристики вентиляторів [1] с.213, 253.
- 1.5. Регулювання аеродинамічних характеристик вентиляторів [1] с.212.

#### 2. Обладнання робочого місця

- 2.1. Плакати.
- 2.2. Слайди.
- 2.3. Вентилятори.
- 2.4. Вимірювальний інструмент.

#### 3. Порядок виконання роботи

- 3.1. Накреслити схему відцентрового вентилятора.
- 3.2. Виміряти діаметр, ширину та частоту обертання робочого колеса відцентрового вентилятора.
- 3.3. Розрахувати витрати (продуктивність), тиск, який розвиває вентилятор, та потужність його приводу, якщо кут лопаті на виході робочого колеса  $\beta_2$  складає  $145^\circ$ .
- 3.4. Накреслити схему осьового вентилятора.
- 3.5. Накреслити схему аеродинамічної характеристики вентилятора.

## Методика розрахунку

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

Теоретичні витрати визначаються залежністю:

$$Q_T = \pi D_2 b_2 C_{2r}, \quad (1.1)$$

де  $D_2$ ,  $b_2$  - відповідно зовнішній діаметр і ширина робочого колеса;  $C_{2r}$  - радіальна швидкість повітряного потоку на виході з робочого колеса:

$$C_{2r} = \frac{U_2 - C_{2U}}{\operatorname{ctg} \beta_2}, \quad (1.2)$$

де  $U_2$ ,  $C_{2U}$  - відповідно колова швидкість і проекція на колову абсолютної швидкості повітряного потоку на виході з робочого колеса:

$$C_{2U} = \mu_2 U_2, \quad (1.3)$$

де  $\mu_2$  - коефіцієнт співвідношення величини проекції абсолютної швидкості повітряного потоку на колову швидкість і колової (при кутах на виході робочого колеса  $\beta_2 > 90^\circ$ ,  $\mu_2 = 1,1 \dots 1,6$ ).

$$U_2 = \pi D_2 n. \quad (1.4)$$

Дійсні витрати визначаються:

$$Q_o = Q_T \eta_o, \quad (1.5)$$

де  $\eta_o$  - об'ємний коефіцієнт корисної дії вентилятора ( $\eta_o = 0,96 \dots 0,98$ ).

Теоретичний тиск, який розвиває вентилятор

$$p_m = \rho U_2^2 \mu_2 \eta_c, \quad (1.6)$$

де  $\rho$  - густина повітря ( $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ).

Дійсний тиск

$$p_o = p_m \eta_c, \quad (1.7)$$

де  $\eta_c$  - гідравлічний коефіцієнт корисної дії (при  $\beta_2 > 90^\circ$ ,  $\eta_c = 0,6 \dots 0,7$ ).

Потужність приводу вентилятора

$$N = Q_o p_o / \eta_m, \quad (1.8)$$

де  $\eta_m$  - механічний коефіцієнт корисної дії ( $\eta_m = 0,95 \dots 0,96$ ).

#### 4. Зміст звіту

- 4.1. Конструктивні схеми осьового та відцентрового вентиляторів.
- 4.2. Аеродинамічна характеристика вентиляторів.
- 4.3. Розрахунки продуктивності вентилятора, тиску, який розвиває вентилятор і потужності приводу вентилятора. Результати розрахунків подайте у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Результата розрахунків

$Q_m$	$C_{2r}$	$C_{2u}$	$U_2$	$Q_o$	$p_o$	$N$
1	2	3	4	5	6	7

#### 5. Питання для самоконтролю

- 5.1. Призначення вентиляторів.
- 5.2. Класифікація вентиляторів.
- 5.3. Конструкція і робота відцентрового вентилятора.
- 5.4. Конструкція і робота осьового вентилятора.
- 5.5. Аеродинамічна схема вентилятора.
- 5.6. Аеродинамічна характеристика вентилятора.
- 5.7. Засоби регулювання аеродинамічної характеристики вентилятора.

### Лабораторна робота № 2

#### 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] с. 296; [2] с. 21.
- 1.2. Конструкція поршневих, роторних, відцентрових, осьових, струминних компресорів і вакуум-насосів. [1] с. 318, 331, 347, 384; [2] с. 28.
- 1.3. Аеродинамічні характеристики компресорів. [2] с. 33.
- 1.4. Регулювання аеродинамічних характеристик компресорів. [1] с. 296-388.

## 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 впускним дроселем.
- 3.4. Розрахувати витрати (продуктивність) і потужність приводу компресора при встановленому в системі тиску, якщо втрати тиску у впускній лінії складають  $p_{\text{втр.вх.}} = 4000 \text{ Па}$ , 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

$$Q_1 = [1 - a (\varepsilon^{1/n_p} - 1)] \eta_m \eta_c V_p n z, \quad (2.1)$$

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

$$n = n_g, \quad (2.2)$$

де  $n_g$  – частота обертання вала компресора.

Робочий об'єм циліндра

$$V_p = \frac{\pi}{4} D_c^2 S, \quad (2.3)$$

де  $D_c$  – діаметр циліндра;  $S$  – хід поршня.

Ступінь підвищення тиску

$$\varepsilon = \frac{p_2}{p_1}, \quad (2.4)$$

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

$$p_2 = p_m + p_a,$$

$$p_1 = p_a - p_{\text{втр.вх.}}, \quad (2.5)$$

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

Потужність приводу компресора

$$N = \frac{p_1 Q_1 \ln \varepsilon}{\eta_{iz} \eta_m}, \quad (2.6)$$



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. Зміст 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 2.1.

Таблиця 2.1

#### 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 № 3**

#### **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] с. 377-380.
- 1.2. Структурна, функціональна схема компресорної установки та її робота [1] с. 378.
- 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. Шлюсарні та вимірювальні інструменти.

##### **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

$$n_{сер} = \frac{n_n + n_k}{2}, \quad (3.1)$$

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

$$p_{сер} = \frac{p_m + p_a}{2}, \quad (3.2)$$

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 :

$$m = Q \rho_a t_n, \quad (3.3)$$

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

Об'єм ресиверів

$$V = \frac{m}{\rho_c}, \quad (3.4)$$

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

$$\rho_c = \frac{p_c}{R T_c}, \quad (3.5)$$

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

$T_c$  - температура повітря в системі в К.

$$p_c = p_a + p_m. \quad (3.6)$$

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

$$t_g = \frac{m_g}{M_g}, \quad (3.7)$$

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

При витіканні повітря в атмосферу

$$M_g = Q_v \rho_a. \quad (3.8)$$

$$m_o = m - m_o, \quad (3.9)$$

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

$$m_o = V \rho_k, \quad (3.10)$$

де  $\rho_k$  - густина повітря при кінцевому тиску

$$\rho_k = \frac{p_k}{R T_c}. \quad (3.11)$$

#### 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 3.1.

Таблиця 3.1

Результати розрахунків

$n_{сер}$	$p_{сер}$	$m$	$V$	$\rho_c$	$p_c$	$t_6$	$M_6$	$m_6$	$m_o$	$\rho_K$
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 маслотовологовідокремлювачі 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 № 4**

#### АПАРАТИ КЕРУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНИМИ ПРИВОДУМИ

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] с.53-79; [3] с.64.
- 1.2. Розподільники і їх робота [3] с.64; [4] с.374-376.

#### 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 переміщенням 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 № 5

### ПНЕВМАТИЧНІ ПРИВОДИ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

Мета роботи: Вивчити конструкції і роботу пневматичних приводів машин та обладнання, основних

елементів пневматичних ліній, оцінити процеси, які в них відбуваються.

## 1. Питання для самостійної підготовки

- 1.1. Структурна, функціональна схема пневматичного приводу та його робота [2] с.5; [3] с.69, 87; [4] с.345.
- 1.2. Апарати пневматичних ліній приводів (з'єднання, дроселі, редуктори, клапани швидкого випуску повітря, клапани послідовності, зворотні клапани, захисні крани) їх призначення та робота [2]; [3] с.62-68; [4] с.367-383.

## 2. Обладнання робочого місця

- 2.1. Плакати. 2.2. Слайди. 2.3. Стенд з пневматичним приводом. 2.4. Пневматичні апарати. 2.5. Слюсарні і вимірювальні інструменти.

## 3. Порядок виконання роботи

### 4.

- 4.1. Накреслити структурні схеми: автомобіля, автомобільного крана, одноківшевого екскаватора, маніпулятора.
- 4.2. Розглянути конструкції з'єднань, дроселів, редукторів, клапана швидкого випуску повітря, клапанів послідовності, захисних кранів в розібраному стані.
- 4.3. Підключити по чергово апарати до діючої пневматичної лінії, перевірити їх роботоздатність і здійснити аналіз функціонування.
- 4.4. Підключити до діючих ресиверів через кран і регульований дросель місткість з манометром. Виміряти час заповнення місткості до манометричного тиску 100; 200; 300; КПа при трьох пропускних здатностях дроселя і сталому тиску в ресивері.
- 4.5. Побудувати графік залежності тиску в місткості при її заповненні з дроселюванням від часу.



## 5. Зміст звіту

- 5.1. Структурні схеми приводів.
- 5.2. Залежності тиску в місткості при її заповненні з дроселюванням від часу.

## 6. Питання для самоконтролю

- 6.1. Які елементи машин приводяться в дію за допомогою пневматичних приводів?
- 6.2. Для чого призначені обертові з'єднання і які конструкції обертових з'єднань ви знаєте?
- 6.3. Для чого призначені дроселі і які конструкції останніх ви знаєте?
- 6.4. Для чого призначені редуктори і які конструкції останніх ви знаєте?
- 6.5. В яких приводах застосовуються клапани швидкого випуску повітря і де вони встановлюються?
- 6.6. Що дає установка в приводі дроселя зі зворотним клапаном?
- 6.7. Яку функцію виконують клапани послідовності? Опишіть роботу клапанів послідовності.
- 6.8. В яких випадках спрацьовують захисні крани?
- 6.9. Опишіть роботу редуктора з постійним тиском на виході.
- 6.10. Чому швидкість зростання тиску при заповненні місткості з часом зменшується?

## Лабораторная работа № 6

### ПНЕВМАТИЧНІ ДВИГУНИ

Мета роботи: Вивчити конструкції, роботу пневматичних двигунів, оцінити зв'язок їх параметрів і характеристик.

1. Питання для самостійної підготовки

- 1.1. Конструкція та робота пневматичних двигунів (пневматичних камер, циліндрів, енергоакумуляторів, вакуумних камер, радіальних камер; поворотних, лопатевих, роторних двигунів). [2] с.84-87, 102-115, [3] с.64-75, [4] с.240, 387, 392.
- 1.2. Розрахунки пневматичних двигунів [4] с.386-407.

## 2. Обладнання робочого місця

- 2.1. Плакати.
- 2.2. Слайди.
- 2.3. Двигуни.
- 2.4. Пневматичний привод.
- 2.5. Слюсарні і вимірювальні інструменти.

## 3. Порядок виконання роботи

- 2.1. Розглянути конструкції пневматичних двигунів у розібраному стані.
- 2.2. Накреслити схеми пневматичної камери, пневматичного циліндра, вакуумної камери, турбінного двигуна.
- 2.3. Включити компресор і заповнити ресивери повітрям. Виміряти тиски в робочій порожнині пневматичної камери при переміщенні штока на  $S=50$  мм в холостому режимі ( $p_{м.х.}$ ) та режимі навантаження ( $p_{м.н.}$ ) важільною системою приводу гальмівних колодок.
- 2.4. Виміряти діаметри діафрагми ( $D$ ) і металевої шайби ( $d$ ) пневматичної камери.
- 2.5. Розрахувати жорсткість пружини ( $C$ ) і силу опору переміщенню штока з боку механізму приводу гальмівних колодок ( $p_3$ ).

### Методика розрахунку

На першому етапі визначаємо ефективну площу пневматичної камери:

$$F_e = \frac{\pi}{12} (D^2 + D d + d^2). \quad (6.1)$$

Тоді ефективний діаметр пневматичної камери:

$$D_e = \sqrt{\frac{4 F_e}{\pi}}. \quad (6.2)$$

Оскільки з другого боку

$$F_e = \frac{p_z \pm m g + p_o + c S}{(0,9 p_n - p_a)}, \quad (6.3)$$

де  $m$  – маса рухомих частин з'єднаних зі штоком в тому числі і штока (в нашому випадку можна знехтувати);  $g$  – прискорення сили тяжіння;  $p_o$  – сила попереднього натягу пружини (в нашому випадку  $p_o = 0$ );  $p_n$  – повний тиск в системі;  $p_a$  – атмосферний тиск.

Після визначення:

$$p_{n.x.} = p_{m.x.} + p_a, \quad (6.4)$$

$$p_{n.n.} = p_{m.n.} + p_a, \quad (6.5)$$

Визначаємо:

$$c = \frac{\pi D_e^2 (0,9 p_{n.x.} - p_a)}{4 S}, \quad (6.6)$$

$$p_z = \frac{\pi D_e^2 (0,9 p_{n.n.} - p_a)}{4} - c S. \quad (6.7)$$

### 3. Зміст звіту

- 3.1. Схеми двигунів.
- 3.2. Розрахунок жорсткості пружини і сили опору переміщенню штока пневматичної камери з боку механізму приводу гальмівних накладок. Результати розрахунків подайте у вигляді таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Результата розрахунків

$F_e$	$D_e$	$p_{n.x.}$	$p_{n.n.}$	$c$	$p_z$
1	2	3	4	5	6

## 4. Питання для самоконтролю

- 4.1. Що являє собою пневматичний двигун?
- 4.2. Які типи двигунів ви знаєте?
- 4.3. Наведіть приклади застосування пневмокамер і циліндрів односторонньої і двосторонньої дії, опишіть їх роботу.
- 4.4. Наведіть приклади застосування вакуумних камер, опишіть їх роботу.
- 4.5. Наведіть приклади застосування пневмоенергоакумуляторів, опишіть їх роботу.
- 4.6. Де застосовуються турбінні двигуни і як вони працюють?
- 4.7. Наведіть приклади застосування радіальних камерних двигунів, опишіть їх роботу.
- 4.8. В яких випадках доцільне застосування роторних двигунів, які їх конструкції ви знаєте і як вони працюють?
- 4.9. Що являють собою поворотні двигуни, які їх конструкції ви знаєте і як вони працюють?
- 4.10. Чому в двигунах зворотно-поступальної дії переважно робочою є поршнева (безштокова) порожнина?
- 4.11. Коли швидкість штока буде більшою при однакових витратах системи в разі виконання роботи штокової чи поршневої порожнини? Поясніть чому.
- 4.12. Як впливає діаметр турбіни двигуна на крутний момент, який він розвиває?

### Лабораторная работа № 7

#### 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], с. 344-393

- 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 підрисункові 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 підрисунковими написами.
- 5.2. Запитання пункту 4 з відповідями на них.

## **Лабораторна робота № 8**

### 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 ([9] с. 69...73, [10] с. 83...90, [11] с. 202...207).
- 1.2. Параметри шестеренних насосів і гідромоторів, їх взаємозв'язок ([10] с. 83...90, [11] с. 204...205).

#### 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 (гідро-мотора).

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  $m$  зубчастой передачі досліджуваної шестеренної гідромашини:

$$m = D_e / (z + 2). \quad (8.1)$$

Крок зубів  $t$  зубчастого зачеплення дорівнює:

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

Висота зубів  $h$  шестерень дорівнює:

$$h = 2,2m. \quad (8.3)$$

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

$$f = h \cdot t / 2. \quad (8.4)$$

Об'єм западини  $V$  досліджуваної гідромашини дорівнює:

$$V = f \cdot b. \quad (8.5)$$

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

$$q_{н,м} = 2 \cdot V \cdot z. \quad (8.6)$$

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

$$Q_{n,m} = q_{n,m} \cdot n, \quad (8.7)$$

де  $n=30 \text{ с}^{-1}$  - 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 8.1.
- 4.4. Чисельна (табл. 8.2) і графічна залежності подачі насоса від частоти обертання шестерень.

Таблиця 8.1

Результати вимірювань і розрахунків

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

Таблиця 8.2

$n$ , 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 шестерен 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 № 9**

### **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 ([9] с. 76...82. [10] с. 98...101, [11] с. 215...234).

1.2. Параметри роторно-поршневих (аксіальних) насосів і гідромоторів, їх взаємозв'язок; ([10] с. 100..108, [11]с. 218...219, с. 228...229).

#### **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. 9.2).

#### Методика розрахунків

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

$$q_{н,м} = 0,25 \cdot \pi \cdot d_n^2 \cdot Z \cdot D \cdot \operatorname{tg} \gamma, \quad (9.1)$$

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:

$$n_m = Q_m \eta_0 / q, \quad (9.2)$$

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:

$$\Delta p_m = 2\pi M / (q_m \eta_{zm}), \quad (9.3)$$

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. 9.1).

4.4. Графічні і чисельні залежності (табл. 9.2) 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 9.1

Результати вимірювань і розрахунків

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

Таблиця 9.2

$\Delta p_m$ , 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 № 10

### 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 ([9] с. 73...77, [10] с. 90...93, [11] с. 208...215).

1.2. Параметри пластинчастих насосів і гідромоторів, їх взаємозв'язок ([9] с. 73...77, [10] с. 90...93, [11] с. 208...211).

#### 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

$$q_{н,м} = 2b[0,25\pi \cdot (l^2 - d^2) - (l/2 - d/2) \cdot z\delta], \quad (10.1)$$

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. 10.1).

Таблиця 10.1

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 № 11

### 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 ([9] с. 90...94, [10] с. 108...113, [11] с. 233...234, 241...247).
- 1.2. Технічні параметри гідроциліндрів ([9] с. 235...240, [10] с. 108...113).

#### 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  $Q_u$  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

$$\mathcal{G}_{np} = h_{np}/t_{np}; \quad \mathcal{G}_{зв} = h_{зв}/t_{зв}, \quad (11.1)$$

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:

$$Q_{np} = Q_{зв} = Q_u, \quad (11.2)$$

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:

$$\mathcal{G}_{np} F_{n,np} = \mathcal{G}_{зв} F_{n,зв}, \quad (11.3)$$

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

$$F_{n,np} = \pi D_n^2/4, \quad F_{n,зв} = \pi D_n^2/4 - \pi d_{ш}^2/4. \quad (11.4)$$

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

$$Q_u = (\pi D_n^2 / 4) \cdot g_{np} \quad \text{або} \quad Q_u = (\pi D_n^2 / 4 - \pi d_{um}^2 / 4) \cdot g_{зв}. \quad (11.5)$$

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

$$T_{max_{np}} = p_{max} \cdot \pi D_n^2 / 4; \quad T_{max_{зв}} = p_{max} \cdot \pi \cdot (D_n^2 - d_{um}^2) / 4. \quad (11.6)$$

Максимальна потужність гідроциліндра  $N_{max}$

$$N_{max} = Q_u \cdot p_{max} = T_{max_{np}} \cdot g_{np} = T_{max_{зв}} \cdot g_{зв}. \quad (11.7)$$

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 11.1).

Таблиця 11.1

Таблиця параметрів гідроциліндра

$t_{np}$ с	$t_{зв}$ с	$h_{np}$ м	$h_{зв}$ м	$g_{np}$ м/с	$g_{зв}$ м/с	$d_{um}$ мм	$D_n$ мм	$Q_u$ дм <sup>3</sup> /хв	$T_{max_{np}}$	$T_{max_{зв}}$	$p_{max}$ а	$N_{max}$ 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 № 12**

### **ГІДРАВЛІЧНІ РОЗПОДІЛЬНИКИ**

Мета роботи: вивчення конструкцій та принципів роботи гідророзподільників.

#### **1. Питання для самопідготовки**

- 1.1. Визначення, конструкція і принципи роботи гідророзподільників ([9] с. 102...109, [10] с. 147...154, [11] с. 291...299).
- 1.2. Характеристики гідророзподільників ([9] с. 291...299).

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

- 2.1. Плакати. 2.2. Зразки стандартних гідророзподільників.  
2.3. Діюча гідравлічна система.

#### **3. Порядок виконання роботи**

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

3.2. На діючому об'ємному гідравлічному приводі представленому в лабораторії кафедри дослідити роботу гідророзподільника при вмиканні всіх позицій гідрозолотників, вимірюючи тиск в напірному трубопроводі.

3.3. Накреслити гідравлічну схему досліджуваного гідророзпо-дільника.

#### 4. Зміст звіту

4.1. Гідравлічні схеми гідророзподільників.

4.2. Опис принципів роботи гідророзподільників.

#### 5. Запитання для самоконтролю

5.1. Яку функцію в гідроприводі виконує гідророзподільник?

5.2. Як визначається кількість ходів гідророзподільника?

5.3. Як визначається кількість позицій гідророзподільника?

5.4. З яких основних елементів складається моноблочний гідророзподільник?

5.5. За яким принципом працює перепускний клапан і яку функцію він виконує в гідророзподільнику?

5.6. Яку функцію в гідророзподільнику виконують бустерні клапани золотника, за яким принципом вони працюють?

5.7. В яких випадках спрацьовує перепускний клапан гідророзподільника?

5.8. В яких випадках спрацьовує запобіжний клапан гідророзпо-дільника, та яку функцію він виконує?

5.9. Які ознаки і параметри характеризують гідророзподільники?

5.10. Що визначає кількість секцій гідророзподільника?

### Лабораторна робота № 13

#### ПРИНЦИПОВІ ГІДРАВЛІЧНІ СХЕМИ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ

Мета роботи: набуття навичок складання і розуміння принципів гідравлічних схем об'ємних гідроприводів.

## 1. Питання для самостійної підготовки

- 1.1. Визначення і призначення гідравлічних схем об'ємних гідроприводів.
- 1.2. Умовні позначення елементів об'ємних гідроприводів ([9] с. 156...168, [10] с. 194...214).
- 1.3. Основні принципові схеми об'ємних гідроприводів ([9] с. 156...168, [10] с. 194...214).

## 2. Обладнання робочого місця

- 2.1. Типові схеми гідроприводів.
- 2.2. Діюча гідравлічна система - лабораторний стенд кафедри БДММіО.

## 3. Порядок виконання роботи

- 3.1. Розробити і накреслити принципову схему гідропривода, представленого стендом з додатковими елементами, які передбачені наступними варіантами завдань:

- остання цифра залікової книжки: 0 - двигун неповноповоротний; 1 - гідроциліндр телескопічний двосторонньої дії; 2 - гідроциліндр плунжерний; 3 - гідроциліндр двосторонньої дії; 4 - гідромотор нерегульований з постійним напрямком потоку; 5 - гідромотор нерегульований з реверсивним напрямком потоку; 6 - гідроциліндр з двостороннім штоком; 7 - гідроциліндр односторонньої дії з підводом робочої рідини через шток; 8 - гідромотор регульований; 9 - гідроциліндр телескопічний односторонньої дії;

- передостання цифра залікової книжки: 0 - дросель; 1 - регулятор швидкості; 2 - регулятор тиску; 3 - обертове з'єднання трубопроводів; 4 - дросель зі зворотним клапаном; 5 - регулятор швидкості; 6 - редукційний клапан; 7 - регулятор тиску; 8 - дросель регульований.

- 3.2. Вивчити, прочитати і описати роботу гідросистеми по гідравлічній схемі одноківшевого екскаватора (рис.1, додаток 2).

## 4. Зміст звіту

- 4.1. Принципова схема об'ємного гідравлічного привода (лабора-торного стенда кафедри) з додатковими елементами, згідно завдання.

4.2. Гідравлічна схема одноківшевого гідравлічного екскаватора ЭО-3321.

### 5. Запитання для самоконтролю

5.1. Як вмикаються прямий і зворотний ходи штока гідроциліндра виносних опор і по яких гідролініях при цьому рухається робоча рідина (рис. 1, додаток 2)?

5.2. Як вмикається прямий і зворотний ходи штока гідроциліндра відвала бульдозера і по яких гідролініях при цьому рухається робоча рідина (рис. 1, додаток 2)?

5.3. Як вмикається правий поворот поворотної колонки екскаватора і по яких гідролініях при цьому рухається робоча рідина (рис. 1, додаток 2)?

5.4. Як вмикається прямий і зворотний ходи гідроциліндра стріли і по яких гідролініях при цьому рухається робоча рідина?

5.5. Як вмикаються прямий і зворотний ходи гідроциліндрів рукояті і по яких гідролініях при цьому рухається робоча рідина?

5.6. Як вмикається прямий і зворотний ходи гідроциліндра ковша і по яких гідролініях при цьому рухається робоча рідина (рис. 1, додаток 2)?

5.7. Яку функцію в гідроприводі екскаватора виконують зворотні клапани 11, клапанні блоки 6 і 14 (рис. 1, додаток 2)?

## Лабораторна робота № 14

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА

Мета роботи: практичне вивчення загальної будови і принципу дії об'ємного гідропривода; визначення дослідним шляхом його об'ємного ККД  $\eta_v$ .

#### 1. Обладнання робочого місця

1.1. Лабораторна установка гідравлічної системи.

1.2. Вимірвальний 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. 7.1. 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 швидкості переміщення поршня гідроциліндра при русі вгору і вниз. Дані занести в журнал досліджень (табл. 14.1).
- 3.4. Провести необхідні розрахунки по визначенню сил і потужності

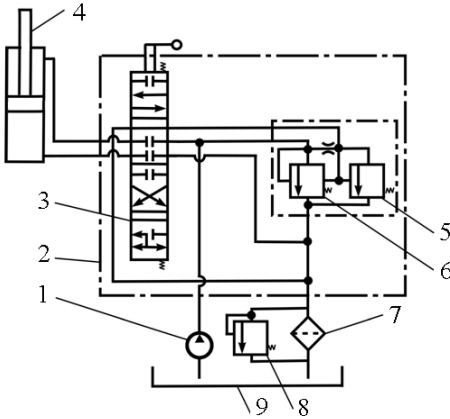


Рис. 14.1. Гідравлічна схема лабораторної установки: 1 - насос; 2 - золотниковий гідравлічний розподільник; 3 - золотник розподільника; 4 - гідроциліндр; 5 - запобіжний клапан; 6 - перепускний клапан; 7 - фільтр; 8 - запобіжний клапан фільтра; 9 - бак

на штоці гідроци-ліндра при тиску  $p=10$  МПа, а також об'ємного ККД  $\eta_0$  досліджуваного об'ємного гід-ропривода, 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 лійнійці, 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  $\mathcal{G}_i^{e,H}$ , м/с:

$$\mathcal{G}_i^{e,H} = l / t_{сер}^{e,H}, \quad (14.1)$$

де  $l$  - хід поршня, м;  $t_{сер}^{e,H}$  - середній час руху поршня відповідно вверх і вниз, с.

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

$$Q^e = \mathcal{G}^e \pi D_u^2 / 4; \quad (14.2)$$

$$Q^n = \mathcal{G}^n \pi (D_u^2 - d_{um}^2) / 4, \quad (14.3)$$

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

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

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

$$Q_m = q_0 \cdot n, \quad (14.4)$$

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,  $\eta_0$  %:

$$\eta_0 = 100 Q_{сер} / Q_m. \quad (14.6)$$

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

$$F^с = p (\pi D_u^2 / 4), \text{ кН}, \quad (14.6)$$

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:

$$F^n = p \pi (D_u^2 - d_{um}^2) / 4, \text{ кН}, \quad (14.7)$$

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

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

$$N^{с,н} = F^{с,н} \mathcal{G}^{с,н}, \text{ кВт}. \quad (14.8)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 14.1.

Таблиця 14.1

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

## 5. Зміст звіту

- 5.1. Назва роботи;
- 5.2. Мету роботи;
- 5.3. Гідрравлічну 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. 14.1).
- 6.3. Покажіть по гідросхемі (рис. 14.1) рух рідини при кожній по-зиції золотника 3 гідророзподільника 2.
- 6.4. На який тиск регулюється запобіжний клапан 5 (рис. 14.1).

## Література

1. Черкаский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М. : Энергоиздат, 1984, 414 с.
2. Атоян К. М., Каминский Я. Н., Старинский А. Д., Поляков В. А. Пневматические системы автомобилей. М. : Транспорт, 1969, 147 с.
3. Беркман И. Л., Рапнев А. В., Рейш А. К. Универсальные одноковшовые экскаваторы. М. : Высшая школа, 1981, 304 с.
4. Федорець В. О., Педченко М. Н., Федерець О. О. Технічна гідромеханіка. Гідравліка і гідропневмопривод. Житомир : ЖІТІ, 1998, 412 с.
5. Стефановський Х. Х. Розрахунок та експлуатація пневмотранспортних установок. К. : Будівельник, 1966, 83 с.
6. Калинушкин М. П. Вакуумна пылеуборка. М. Легкая индустрия, 1979, 62 с.
7. Торovníков Б. М., Табачник В. Е., Ефанов Е. М. Проектирование промывной вентиляции. К. : Будівельник, 1983, 355 с.
8. Штокман Е. А. Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и пневмотранспорта табачных фабрик. М. : Пищевая промышленность, 1974, 296 с.
9. Нестеренко В. П. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 328 с.
10. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропневмопривод : підручник / В. О. Федорець, М. Н. Педченко, О. О. Федорець та ін. ред. В. О. Федорець. Житомир : ЖІТІ, 1998. 412 с. : іл.
11. Пелевін Л. Є. Гідро- та пневмоприводи будівельних машин : навч. посібник / Л. Є. Пелевін, В. М. Смірнов, О. М. Гаркавенко, А. В. Фомін, 2-е вид., доп. і перероб. К. : Укрархбудінформ, 1999. 330 с.



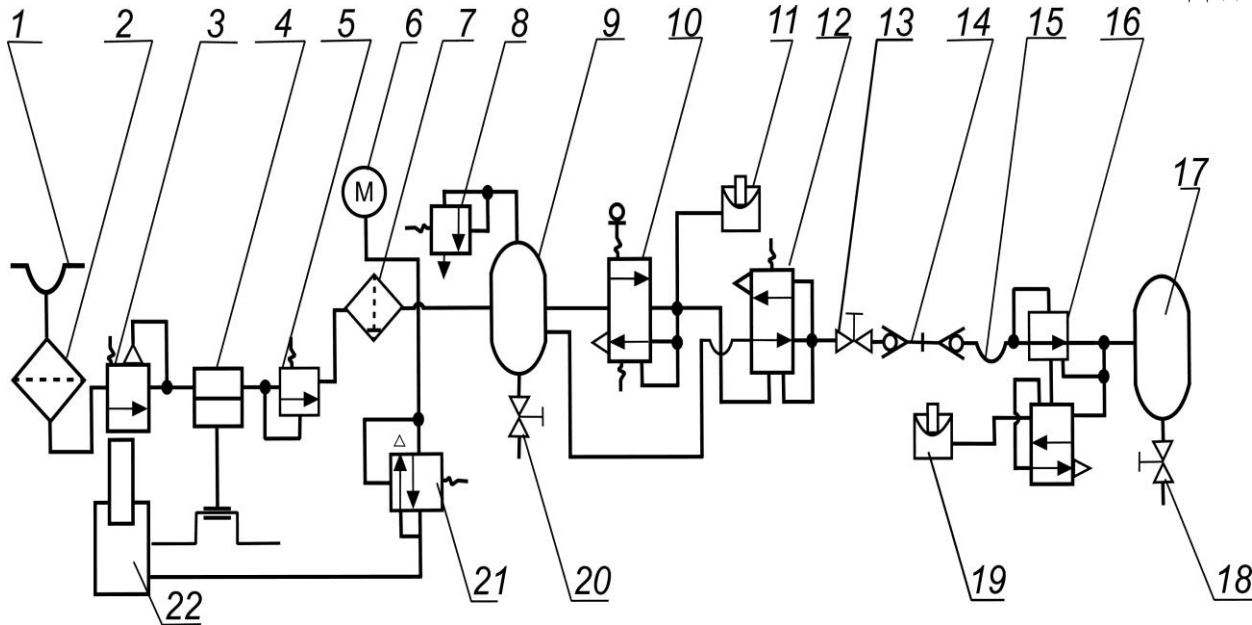


Рис 1. Схема пневматичної системи: 1 – повітрязабірник; 2 – фільтр; 3 – впускний клапан компресора; 4 – компресор; 5 – випускний клапан компресора; 6 – манометр; 7 – маслотовловлювач; 8 – запобіжний клапан; 9, 17 – ресивер; 10 - впускний диференціальний кран; 11, 19 – пневматична камера; 12 – випускний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

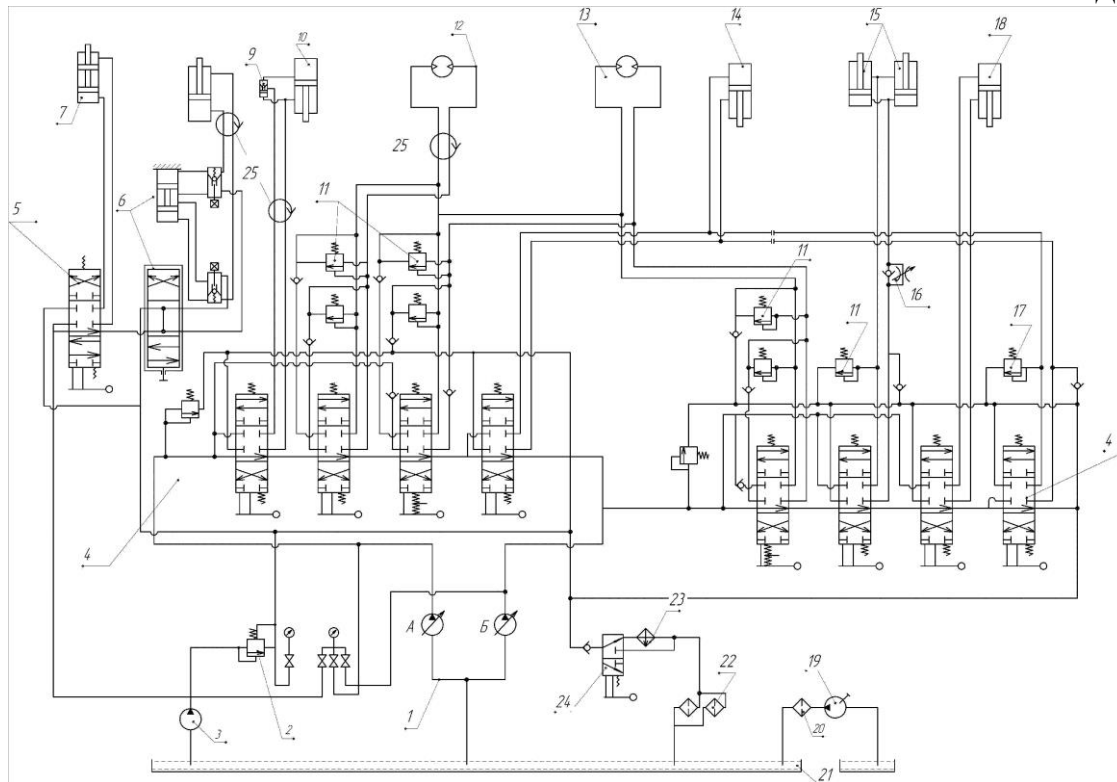


Рис. 1. Гідравлічна схема приводу робочих органів екскаватора ЭО-3321: 1 - насос аксіально-поршневий типу 223,25 здвоєний, з регулятором потужності; 2 - золотник напірний ЕГ-54-22; 3 - насос шестеренний системи рульового управління НШ-10Е; 4 - гідророзподільник моноблочний типу ГР-432; 5 - золотник реверсивний з ручним управлінням; 6 - гідропідсилювач курма; 7 - гідроциліндр повороту грейфера; 8 - гідроциліндр повороту коліс; 9 - гідрозамок; 10 - гідроциліндр виносу опор; 11 - блоки запобіжних клапанів КЗ.20.30; 12 - гідромотор повороту платформи 210.25; 13 - гідромотор механізму пересування типу 210.32; 14 - гідроциліндр рукояті; 15 - гідроциліндр стріли; 16 - дросель із зворотнім клапаном; 17 - запобіжний клапан; 18 - гідроциліндр ковша; 19 - ручний насос типу БКФ-2М для заповнення гідробака робочою рідиною; 20 - фільтр заправочний з паперовими фільтроелементами типу 1.2.25-25; 21 - гідробак; 22 - фільтр зливний з паперовими фільтроелементами типу 1.1.50.25; 23 - теплообмінник; 24 - кран триходовий; 25 - центральний колектор