



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ГІДРАВЛІКА ТА ГІДРОПНЕВМОПРИВОД**  
**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ "ГІДРАВЛІКА ТА ГІДРОПНЕВМОПРИВОД"**  
**ДЛЯ СТУДЕНТІВ МАШИНОБУДІВНОГО ТА АВТОМОБІЛЬНОГО**  
**ФАКУЛЬТЕТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ**  
**(ПЕРЕВИДАННЯ)**




**КРЕМЕНЧУК 2004**

Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни "Гідравліка та гідропневмопривод" для студентів машинобудівного та автомобільного факультетів денної та заочної форм навчання (перевидання)

Укладач: доктор технічних наук, професор О.О. Федурець

Кафедра верстатів і верстатних комплексів

 28.02.2008

Затверджено методичною радою університету

Протокол № 19 від 30.03.2004 р.

Голова методичної ради  проф. В.В. Костін



## ВСТУП

“Гідравліка та гідропневмопривод” є загальнотехнічною дисципліною, яка нерозривно по'язана з вивченням цілого ряду спеціальних дисциплін, що входять в навчальні плани підготовки інженерів машинобудівних спеціальностей.

Вивчення закономірностей руху рідин та газів дозволило практично вирішити складні інженерні питання в найважливіших галузях народного господарства: машинобудуванні, авіаційній промисловості, космонавтиці, гідроенергетиці, кораблебудуванні, де гідравлічні та пневматичні приводи набули досить широкого поширення. Тому вивчення цієї дисципліни має важливе практичне значення в підготовці інженерів-машинобудівників.

Ці методичні вказівки та контрольні завдання складені в відповідності до програми курсу “Гідравліка та гідропневмопривод”. Виконання контрольної роботи дозволяє студентам закріпити вивчення теоретичного матеріалу та здобути навички самостійного вирішення інженерних задач.

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ ТА РОЗДІЛІВ КУРСУ

## ЧАСТИНА I. ГІДРАВЛІКА

### РОЗДІЛ 1. ГІДРОСТАТИКА

#### 1.1. Основні фізичні властивості рідини.

Рідиною називається фізичне тіло, в якому зв'язки між окремими частинами надзвичайно слабкі із-за малих сил зчеплення, що діють між ними. Цим пояснюється те, що рідини надзвичайно рухливі і не мають власної форми.

Основними фізичними властивостями рідин є густина, питома вага, стисливість, температурне розширення і в'язкість.

Густина – це маса рідини в одиниці її об'єму :

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

де  $\rho$  - густина, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  - маса рідини, кг;  $V$  - об'єм рідини, м<sup>3</sup>.

Питома вага – це відношення <sup>ваги</sup> рідини до її об'єму:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (1.2)$$

де  $\gamma$  - питома вага, Н/м<sup>3</sup>;  $G$  – вага рідини, Н.

Зв'язок між питомою вагою та густиною:

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (1.3)$$

де  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння.

Стисливість рідини характеризується коефіцієнтом об'ємного стиснення  $\beta_p$ :

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}, \quad (1.4)$$

де  $V$  - об'єм рідини, м<sup>3</sup>;  $p$  – тиск, Н/м<sup>2</sup>.

Температурне розширення характеризується коефіцієнтом  $\beta_t$ :

$$\beta_t = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dT}, \quad (1.5)$$

де  $T$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

В'язкість – це здатність рідини чинити опір відносному зсуву своїх частинок під дією зовнішніх сил. Сила тертя  $R_{\text{тр}}$  між шарами рідини визначається законом Ньютона-Петрова:

$$R_{\text{тр}} = \mu_d \cdot S \cdot \frac{dU}{dy}, \quad (1.6)$$

де  $\mu_d$  – динамічна в'язкість рідини, Па·с;

$S$  – поверхні контактуючих шарів рідини,  $\text{м}^2$ ;

$\frac{dU}{dy}$  – градієнт швидкості по нормалі  $i$  до напрямку руху.

В гідравлічних розрахунках використовується кінематична в'язкість рідини:

$$\nu = \frac{\mu_d}{\rho}, \quad (1.7)$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість, стокс (Ст.).

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}.$$

1.2. Основне рівняння гідростатики. Тиск рідини на плоскості та криволінійні стінки.

Основне рівняння гідростатики дозволяє визначити тиск в довільній точці рідини, що знаходиться в стані спокою:

$$p = p_0 + \gamma h, \quad (1.8)$$

де  $p$  – повний або абсолютний тиск в довільній точці рідини;

$p_0$  – тиск на вільній поверхні рідини;

$\gamma$  – питома вага;

$h$  - глибина точки, де визначається тиск.

Одиниця тиску в технічній системі та СІ:

$$1 \text{ атм} = 1 \text{ кг/см}^2 = 10 \text{ т/м}^2 = 10 \text{ м вод. ст.} = 736 \text{ мм.рт.ст.} = 98070 \text{ Н/м}^2.$$

Манометричний (надлишковий) тиск визначається за залежністю:

$$P_M = p - P_{\text{атм}}, \quad (1.9)$$

де  $P_M$  - манометричний (надлишковий) тиск;

$p$  - повний (абсолютний) тиск;

$P_{\text{атм}}$  - атмосферний тиск.

Сила абсолютного гідростатичного тиску на плоску стінку  $P$  дорівнює добутку тиску в центрі тяжіння стінки на величину її площі:

$$P = (p_0 + \gamma h_{\text{цт}}) \cdot \omega, \quad (1.10)$$

де  $(p_0 + \gamma h_{\text{цт}})$  - повний тиск в центрі тяжіння стінки;

$h_{\text{цт}}$  - глибина занурення центру тяжіння;

$\omega$  - площа стінки.

Якщо тиск  $p_0$  на вільній поверхні рідини дорівнює атмосферному, то сила манометричного (надлишкового) тиску на плоску стінку можна обчислити за формулою:

$$P_M = \gamma \cdot h_{\text{цт}} \cdot \omega. \quad (1.11)$$

Координату центру тиску  $l_D$  можна визначити за формулою:

$$l_D = l_{\text{цт}} + \frac{I_0}{\omega l_{\text{цт}}}, \quad (1.12)$$

де  $l_{\text{цт}}$  - координата занурення центру тяжіння стінки;

$I_0$  - момент інерції площі відносно центральної осі.

У випадку, коли стінка вертикальна, залежність (1.12) запишеться у вигляді:

$$h_d = h_{цм} + \frac{I_0}{\omega h_{цм}}, \quad (1.13)$$

де  $h_d$  - глибина занурення під вільною поверхнею центру тиску;  
 $h_{цм}$  - глибина занурення центру тяжіння стінки.

Результуюча сила тиску  $P$  на криволінійну поверхню буде (для плоскої задачі):

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}, \quad (1.14)$$

де  $P_x$  - горизонтальна складова тиску;  
 $P_z$  - вертикальна складова тиску.

Горизонтальна складова тиску на криволінійну стінку дорівнює:

$$P_x = \gamma \cdot h_{цм(z)} \cdot \omega_z, \quad (1.15)$$

де  $h_{цм(z)}$  - глибина занурення центру тяжіння вертикальної проекції криволінійної стінки;  
 $\omega_z$  - площа вертикальної проекції криволінійної стінки.

Вертикальна складова тиску на криволінійну стінку дорівнює:

$$P_z = \gamma \cdot V, \quad (1.16)$$

де  $V$  - об'єм призми тиску.

Кут нахилу результуючої сили  $P$  можна визначити з формули:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_z}{P_x}. \quad (1.17)$$

Провівши під кутом  $\alpha$  радіус, можна знайти центр тиску, тобто точку прикладення результуючої сили.



## РОЗДІЛ 2. ГІДРОДИНАМІКА

### 2.1. Основні поняття.

**Потік рідини.** Потокотом рідини в гідравліці називають масу рідини, що рухається в обмежуючих її контурах і складаються з безлічі елементарних струминок.

Основними параметрами потоку є витрата рідини та середня швидкість потоку.

**Живий переріз потоку.** Живим перерізом потоку  $\omega$  є плоский поперечний переріз, нормальний до основного напрямку руху рідини.

**Витратою потоку рідини  $Q$**  називається об'єм рідини, який пройшов через живий переріз потоку за одиницю часу. Розмірність витрати  $\text{м}^3/\text{с}$ . Витрата потоку рідини дорівнює добутку середньої швидкості потоку  $v$  на площу живого перерізу  $\omega$ :

$$Q = v \cdot \omega. \quad (2.1)$$

**Середньою швидкістю потоку** називається така швидкість, при якій витрата буде дорівнювати реальній витраті потоку, обчисленій за реальними витратами елементарних струминок.

**Рівняння нерозривності** для потоку рідини можна записати, враховуючи, що для двох перерізів:

$$v_1 \cdot \omega_1 = v_2 \cdot \omega_2, \quad (2.2)$$

де  $v_1$  та  $v_2$  – середні швидкості потоку відповідно в перерізах 1-1 та 2-2;

$\omega_1$  та  $\omega_2$  – площі відповідних перерізів.

### 2.2. Рівняння Д. Бернуллі для потоку реальної рідини.

Для двох перерізів потоку реальної рідини рівняння Д. Бернуллі запишеться у вигляді:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + h_w, \quad (2.3)$$

де  $z_1$  та  $z_2$  – геометричні напори в перерізах (висота від початку координат до центру відповідного перерізу);

- $\frac{P_1}{\gamma}$  та  $\frac{P_2}{\gamma}$  – п'езометричні напори в перерізах (відстань від відповідних центрів в перерізах до рівня рідини в п'езометрах);
- $\frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g}$  та  $\frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g}$  – швидкісні напори в перерізах (відстань від рівня рідини в п'езометрах до рівня рідини в трубках повного напору);
- $\alpha$  – коефіцієнт кінетичної енергії (коефіцієнт Коріоліса);
- $h_w$  – втрати напору на подолання потоком гідравлічного опору.

Коефіцієнт Коріоліса представляє собою співвідношення реальної кінетичної енергії в живому перерізі потоку, обчисленої за реальними швидкостями в елементарних струминках, до кінетичної енергії в перерізі, обчисленої за середньою швидкістю потоку.

В практичних розрахунках для турбулентного потоку  $\alpha = 1,05 \dots 1,1$ . При наближених розрахунках можна приймати  $\alpha = 1,0$ . Для ламінарного руху рідини  $\alpha = 2,0$ .

Гідравлічний уклін – є відношення втрат напору  $h_w$  між перерізами 1-1 та 2-2 до відстані між цими перерізами  $l$ :

$$I = \frac{h_w}{l} \quad (2.4)$$

### 2.3. Режими руху рідини. Втрати напору.

Дослідами встановлено наявність двох режимів руху рідини: ламінарного та турбулентного.

Ламінарним режимом називається такий режим руху, при якому окремі шари (струминки) рідини не змішуються, а рухаються паралельно.

Турбулентним режимом руху рідини називається такий режим, при якому шари рідини змішуються (рухаються безладно).

Критерієм, що визначає режим руху, є безрозмірний параметр, який носить назву числа Рейнольдса.

Для круглих трубопроводів число Рейнольдса  $R_e$  визначається за формулою:

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (2.5)$$

де  $v$  - середня швидкість руху рідини;

$d$  - діаметр трубопроводу,  
 $v$  - кінематична в'язкість рідини.

Критичним числом Рейнольдса називається число  $R_e$ , при якому проходить зміна одного режиму іншим.

Встановлено наявність верхньої і нижньої межі критичного числа Рейнольдса  $R_{e(кр)}$ . Для труб  $R_{e(кр)} = 2320 \dots 4000$ .

Якщо  $R_e < R_{e(кр)} = 2320$  - режим ламінарний, при  $R_e > R_{e(кр)} = 4000$  - режим турбулентний.

Досліди показують, що втрати напору різні при різних режимах руху.

Втрати напору діляться на місцеві втрати напору  $h_m$  та втрати напору по довжині потоку  $h_{доп}$ .

Місцеві втрати напору обчислюються за формулою Вейсбаха:

$$h_m = \xi_m \frac{v^2}{2g}, \quad (2.6)$$

де  $\xi_m$  - коефіцієнт місцевого опору,  
 $v$  - середня швидкість руху рідини.

Коефіцієнт місцевого опору, як правило, визначається експериментальним шляхом і наводиться в довідниках. Лише для раптового розширення втрати напору можна визначити теоретично, використавши теорему Борда :

$$h_{p.p} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}, \quad (2.7)$$

де  $v_1$  - швидкість потоку до розширення,  
 $v_2$  - швидкість потоку після розширення.

Втрати напору за довжиною  $h_{доп}$  можна обчислити за формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$h_{доп} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (2.8)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт гідравлічного тертя (коефіцієнт Дарсі);  
 $l$  - довжина трубопроводу,  
 $d$  - діаметр трубопроводу,

$v$  - середня швидкість руху рідини.

При ламінарному режимі руху рідини втрати напору  $h_{\text{доо}}$  визначаються за формулою Пуазейля:

$$h_{\text{доо}} = \frac{32 \mu_d l v}{\gamma d^2}, \quad (2.9)$$

де  $\mu_d$  - динамічна в'язкість рідини;

$l, d$  - довжина трубопроводу та його діаметр;

$v$  - середня швидкість руху рідини;

$\gamma$  - питома вага рідини.

Загальні втрати напору  $h_w$  дорівнюють сумі місцевих втрат та втрат напору за довжиною, тобто:

$$h_w = h_m + h_{\text{доо}}, \quad (2.10)$$

або, враховуючи залежності (2.6) та (2.8), :

$$h_w = \left( \sum \xi_m + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g}. \quad (2.11)$$

При обчисленні втрат напору за формулою (2.8) необхідно знати величину коефіцієнта Дарсі  $\lambda$ . З цією метою різними дослідниками були проведені спеціальні досліді. Найбільшого поширення знайшли досліді І. Нікурадзе. Було визначено, що в різних зонах та областях опору  $\lambda$  необхідно обчислювати за різними формулами.

В зоні ламінарного режиму ( $0 < R_e < 2320$ ) величина  $\lambda$  обчислюється за формулою:

$$\lambda = \frac{64}{R_e}, \quad (2.12)$$

де  $R_e$  - число Рейнольдса.

В зоні турбулентного режиму відрізняються 3 області опору. Перша область – область гідравлічно гладких труб ( $4000 < R_* < 10 \frac{d}{K_*}$ ), де  $K_*$  – еквівалентна (рівномірна) шорсткість. В цій області коефіцієнт  $\lambda$  визначається за формулою Блазіуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_*^{0,25}} \quad (2.13)$$

Друга область – область доквадратичного опору. В цій області коефіцієнт Дарсі  $\lambda$  обчислюється за формулою А. Д. Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K_*}{d} + \frac{68}{R_*} \right)^{0,25} \quad (2.14)$$

Межі області  $10 \frac{d}{K_*} < R_* < 500 \frac{d}{K_*}$ .

Третя область – область квадратичного опору. В цій області  $\lambda$  не залежить від  $R_*$  і може бути обчислена за формулою Б. Л. Шифрінсона:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K_*}{d} \right)^{0,25} \quad (2.15)$$

### РОЗДІЛ 3. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.

#### 3.1. Вибір варіантів контрольної роботи.

Варіанти контрольної роботи ( №№ задач ) студент вибирає за останньою цифрою шифра залікової книжки згідно таблиці 1.

Числові значення указаних в задачах фізичних величин вибираються за передостанньою цифрою шифра залікової книжки (таблиця 2).

Таблиця 1

послед- няя цифра шифра	номера задач						
	5	9	15	17	21	27	32
0	5	9		17	21	27	32
1	2	10		18	22	26	29
2	3	11	15	19	23	25	31
3	4	12	16	20	23	26	32
4	5	11	16	19	21	25	30
5	6	12	13	18	24	28	29
6	7	9	15	17	24	25	31
7	1	10	14	20	23	26	30
8	8	12	16	17	22	27	32
9	6	11	14	18	24	28	31



ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Ж	вода	керосин	бензин	мин. масло	нефть	нефть	вода	бензин	керос.	мин. масло
	h, мм	300	280	320	400	350	370	290	310	340	360
	H <sub>1</sub> , м	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,0	1,4
5	Ж	вода	керос.	бензин	мин. масло	Нефть	масло	глицер.	спирт	керос.	бензин
	P <sub>н</sub> , Мпа	0,07	0,08	0,06	0,08	0,05	турб.	0,09	0,04	0,11	0,07
	H, м	15	2	3	4	3	3,5	4	3,6	3	4
6	Ж	нефть	бензин	керос.	вода	масло трансф.	глицер.	вода	керос.	масло турбин	бензин
	D, мм	100	200	300	120	140	160	180	200	180	160
	d, мм	50	100	140	60	70	80	90	100	90	80
7	Ж	масло транс	вода	глицер.	вода	масло турбин.	масло трансф.	вода	масло турбин.	вода	глицер.
	R, Н	25	30	35	40	45	40	35	30	25	30
	H, м	2,0	1,0	1,5	1,1	1,3	1,7	1,5	2,0	1,8	1,9
7	Ж	масло транс	вода	глицер.	вода	масло турбин.	масло трансф.	вода	масло турбин.	вода	глицер.
	D, мм	500	600	700	600	500	400	350	400	300	200
	d, мм	120	150	180	150	120	100	90	100	75	50
7	Ж	масло транс	вода	глицер.	вода	масло турбин.	масло трансф.	вода	масло турбин.	вода	глицер.
	a, мм	700	700	1000	700	800	500	600	650	500	400
	B, мм	70.	80	100	80	70	60	55	60	45	45





ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ж	вода	нефть	керос	минер. масло	бензин	трансф. масло	керос.	нефть	вода	бен- зин
13	h, м r, м b, м	2,4 1,1 3,0	2,6 1,2 3,1	1,8 1,3 3,2	1,9 1,4 3,3	1,3 1,5 3,4	1,5 1,6 3,2	1,7 1,5 3,4	2,0 1,0 3,5	2,1 1,4 3,0	2,2 1,2 3,1
14	h, м d, м b, м	1,5 1,0 2,2	1,4 1,2 2,0	1,6 1,4 2,1	1,7 0,8 2,3	1,3 0,6 2,4	1,2 0,8 2,5	1,5 1,0 2,6	1,8 1,2 2,0	1,4 1,0 2,3	1,3 1,4 2,5
15	h, м d, м	2,0 1,1	2,2 1,0	2,4 1,2	2,5 0,8	2,1 1,0	2,0 1,2	2,3 0,7	2,4 0,8	2,2 0,6	2,1 0,4
16	Ж	нефть	вода	мин. масло	бензин	керос.	трансф. масло	вода	керос.	бензин	нефт
	h, м d, м	3,1 1,0	3,0 0,8	2,9 0,9	2,8 0,8	2,7 1,1	2,6 1,2	2,5 1,0	2,7 0,9	2,8 0,7	3,0 0,6
17	H, м d, мм l, м	9 30 18	8 50 12	10 40 14	7 30 16	6 25 15	8 25 20	9 30 19	7 40 17	10 50 16	8 40 14
18	Ж	вода	трансф. масло	бензин	керос.	нефть	вода	бензин	керосин	нефть	мин. масло
	P <sub>0</sub> , атм l, м d, мм	2,2 6 50	2,4 5 40	2,1 4 30	2,0 3 25	2,1 4 50	2,5 6 40	2,7 5 30	2,3 4 50	2,6 6 50	2,5 4 30

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ж	керос.	вода	трансф. масло	бензин	минер. масло	нефть	вода	трансф. масло	минер. масло	керос.
19	$V_{\text{пер}}, \text{м}^3/\text{с}$ $D, \text{мм}$ $d, \text{мм}$ $l, \text{м}$	10 180 40 15	12 270 50 18	11 210 40 20	15 180 30 25	14 240 25 17	13 120 20 16	10 190 30 14	12 160 30 19	14 210 40 18	.13 150 20 21
<del>20</del>	$V_{\text{г}}, \text{м}^3/\text{с}$	2	2,5	1,5	3,0	1,8	1,9	1,7	1,6	2,4	2,2
21	$H_r, \text{м}$	30	45	26	30	25	50	50	16	15	20
	$d, \text{мм}$	200	100	250	100	160	160	160	200	160	250
	$l, \text{м}$	80	60	140	145	155	170	150	130	125	110
	$Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	<del>0,3</del> 0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	$H_0, \text{м}$	100	150	60	100	100	100	120	130	60	50
22	$H_r, \text{м}$	24	30	45	40	60	30	25	40	50	60
	$d, \text{мм}$	160	100	160	160	100	170	150	170	160	150
	$l, \text{м}$	185	190	185	190	210	175	125	175	200	260
	$Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	0,05	0,06	0,07	0,065	0,10	0,05	0,025	0,06	0,08	0,15
	$H_0, \text{м}$	80	100	150	130	200	100	80	140	160	200
23	$H_r, \text{м}$	60	24	30	45	40	60	30	25	40	50
	$d, \text{мм}$	200	150	150	150	150	200	150	100	160	200
	$l, \text{м}$	200	190	180	195	220	190	180	220	195	180
	$Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	0,15	0,05	0,06	0,07	0,065	0,10	0,05	0,025	0,06	0,08
	$H_0, \text{м}$	200	80	100	150	130	200	100	80	140	160
24	$H_r, \text{м}$	30	25	35	28	33	32	26	29	35	40
	$d, \text{мм}$	150	150	100	160	160	150	160	150	190	180
	$Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	0,06	0,07	0,05	0,04	0,03	0,065	0,045	0,08	0,06	0,05
	$H_0, \text{м}$	100	120	110	80	130	70	60	50	100	90
	$l, \text{м}$	150	100	130	120	140	130	120	150	115	110

### 3.2. Задачі контрольної роботи.

1. Визначити тиск  $p_0$  на вільній поверхні рідини Ж в закритому резервуарі, якщо показники U-образного манометра  $h_1$ ,  $h_2$ , та  $h_3$  (рис.1). Манометр приєднаний на глибині  $h_4$  від вільної поверхні рідини.

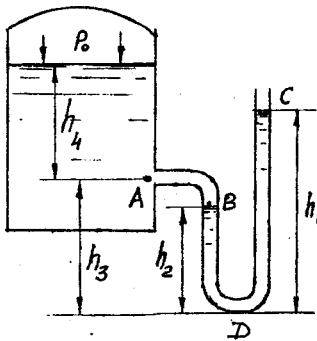


Рис.1

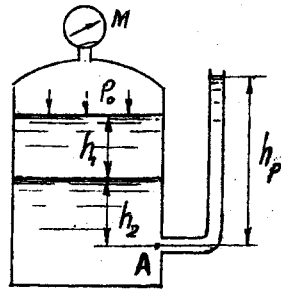


Рис. 2

2. В резервуар діаметром  $D$  залито  $W_1$  м<sup>3</sup> мінерального масла. В нижній частині резервуара знаходиться трансформаторне масло. Показання п'езометра, підключеного в точці  $A$  на глибині  $h_2$  від поверхні розділу масел,  $h_p$  (рис.2). Визначити абсолютний тиск  $P_0$  на вільній поверхні рідини і показник манометра  $M$ .
3. Диференційний ртутний манометр, підключений до трубопроводів  $A$  та  $B$ , показує різницю тиску  $h$ . Визначити тиск рідини Ж в трубопроводі  $B$ , якщо в трубопроводі  $A$  тиск  $p_1$  і відомі величини  $h_1$  та  $h_2$  (рис. 3).
4. Визначити різницю тиску рідини Ж в трубопроводах, якщо показник ртутного диференційного манометра  $h$  а трубопроводи розміщені відносно рівней ртуті в диференційному манометрі на висоті  $h_1$  та  $h_2$  (рис.4).

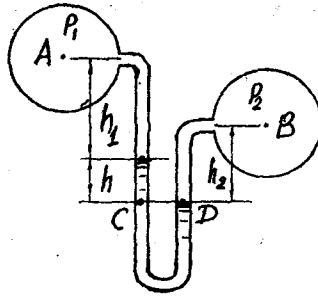


Рис. 3

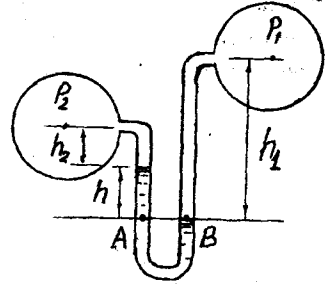


Рис. 4

5. Визначити величину та напрям сили  $F$ , що прикладена до штоку поршня для утримання його на місці. Праворуч від поршня знаходиться повітря. Ліворуч та в резервуарі, куди опущений відкритий кінець трубки, — рідина  $Ж$  (рис. 5). Пружинний манометр показує тиск  $p_m$ . Діаметр поршня  $D$ , штока —  $d$ .

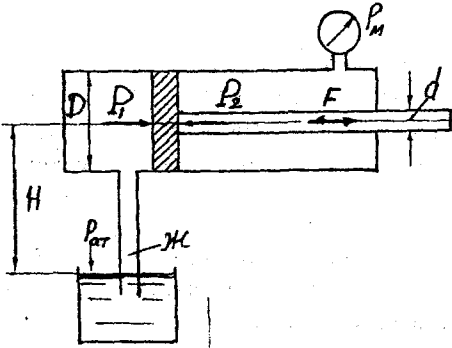


Рис. 5

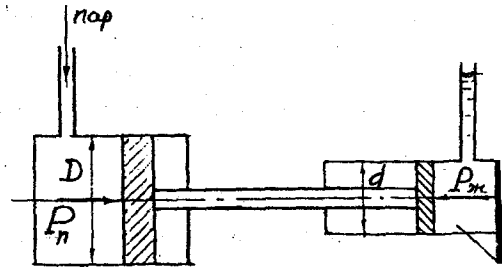


Рис. 6

6. Паровий прямодіючий насос подає рідину  $Ж$  на висоту  $H$  (рис. 6). Визначити абсолютний тиск пару, якщо діаметр парового циліндра  $D$ , а насосного циліндра  $d$ . Втратами тертя знехтувати.

7. Визначити силу пресування  $F$  гідравлічного пресу. Діаметр великого плунжера  $D$ , діаметр меншого плунжера  $d$ . Великий плунжер розміщений вище меншого на величину  $H$ . Робоча рідина  $\mathcal{Ж}$ . Сила прикладена до рычага  $R$ . Плечі важеля "а" та "б" (рис. 7).

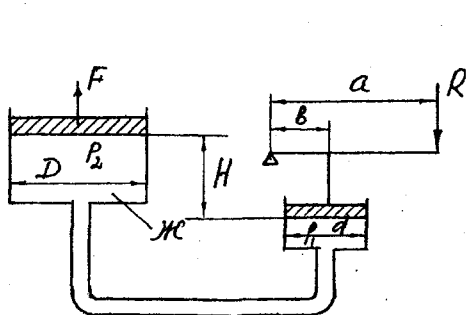


Рис. 7

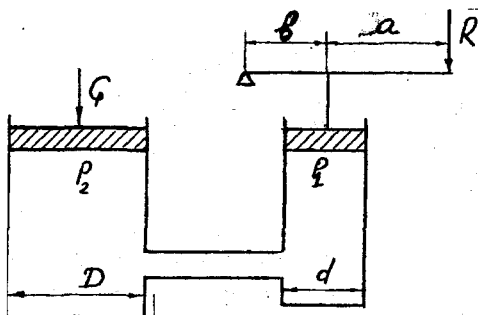


Рис. 8

8. Гідравлічний домкрат має діаметр більшого плунжера  $D$  і діаметр меншого -  $d$ . Плечі важеля "а" та "б". ККД домкрата  $\eta = 0,8$ . Визначити зусилля  $R$ , яке необхідне прикласти до кінця важеля, щоб підняти навантаження  $G$  (рис. 8).
9. В прямокутному закритому резервуарі знаходиться рідина  $\mathcal{Ж}$ . Ширина резервуара "а", довжина "б", глибина рідини в резервуарі  $h$ . Визначити сили надлишкового (манометричного) тиску рідини на бокові стінки резервуара та координати центру тиску. Тиск на вільній поверхні  $p_0$  (рис. 9).
10. Визначити силу надлишкового (манометричного) тиску та координату центра тиску на кришку, яка закриває круглий отвір в похилій стінці відкритого резервуара, заповненого рідиною  $\mathcal{Ж}$ . Діаметр кришки  $d$ , глибина занурення точки  $B$  дорівнює  $h$ , кут нахилу -  $\alpha$  (рис. 10).

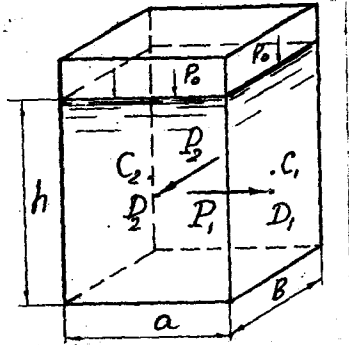


Рис. 9

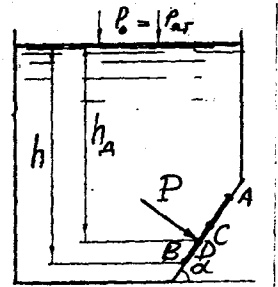


Рис. 10

11. У відкритому резервуарі, розділеному перегородкою на дві частини, ліворуч наліто мінеральне масло, праворуч – трансформаторне масло. Визначити силу тиску та положення рівнодіючої сили на перегородку. Глибина мінерального масла  $h_1$ , трансформаторного -  $h_2$ . Ширина перегородки "б" (рис. 11).

12. Закритий резервуар розділений на дві частини плоскою перегородкою, в якій є квадратний отвір зі стороною "а". Отвір закритий кришкою АВ. Тиск на вільній поверхні рідини Ж в лівому відсіку резервуара  $p_m$ . В правому відсіку – тиск повітря  $p_0$ . Визначити величину та точку прикладення рівнодіючої сили тиску на кришку, якщо відома глибина  $h$  занурення точки В (рис. 12).

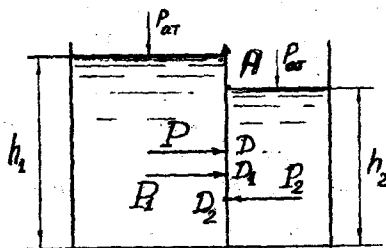


Рис. 11

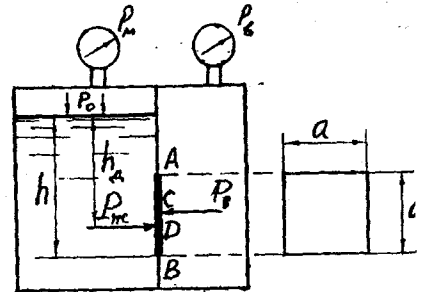


Рис. 12

13. Визначити силу тиску рідини Ж на циліндричну поверхню  $AB$ . Глибина занурення точки  $A$  дорівнює  $h$ , радіус циліндра  $r$ , ширина кришки "б" (рис. 13).

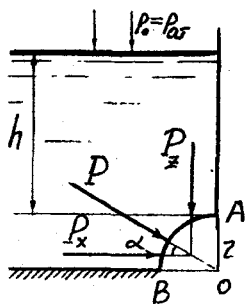


Рис. 13

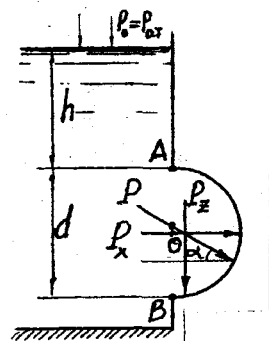


Рис. 14

14. Визначити величину тиску води на циліндричну кришку  $AB$  в стінці резервуару, якщо глибина занурення точки  $A$  дорівнює  $h$ , діаметр циліндра  $d$ , ширина кришки "б" (рис. 14).

15. Визначити горизонтальну та вертикальну сили тиску на кулю, що занурена на глибину  $h$  під вільною поверхнею. Діаметр кулі  $d$  (рис. 15).

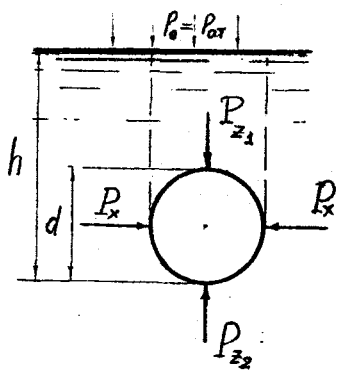


Рис. 15

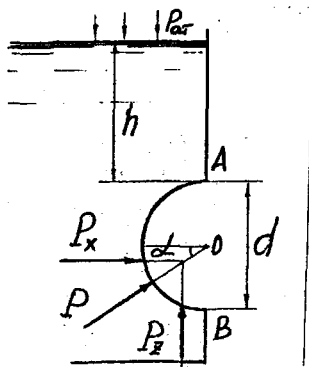


Рис. 16



16. Круглий отвір в стіні резервуара (рис. 16) закрито сферичною кришкою  $AB$ . Визначити силу тиску рідини  $\mathcal{J}$  на кришку. Глибина занурення точки  $A$  дорівнює  $h$ , діаметр кришки  $d$ .

17. Рідина витікає із резервуара в атмосферу при напорі  $H$  горизонтальним трубопроводом діаметром  $d$  та довжиною  $l$  (рис. 17). Визначити витрату  $Q$  та висоту рідини в п'єзометрі  $h$ , який встановлено на віддалі  $0,6l$  від резервуара. Коефіцієнт гідравлічного тертя  $\lambda = 0,035$ ,  $\sum \xi_m = 0,5$ .

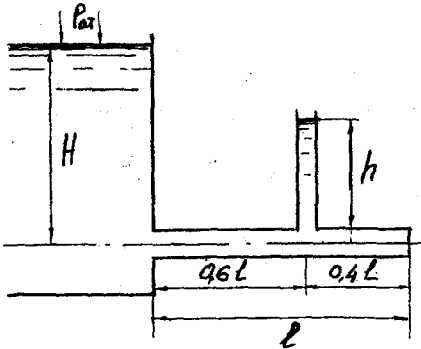


Рис. 17

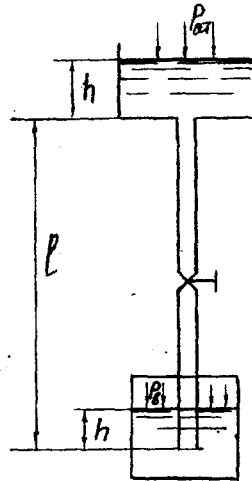


Рис. 18

18. Рідина  $\mathcal{J}$  подається у відкритий верхній бак вертикальною трубою довжиною  $l$  та діаметром  $d$  під тиском повітря в нижньому закритому резервуарі  $p_e$  (рис. 18). Визначити витрату рідини  $Q$ . Еквівалентна шорсткість  $K_e = 0,3$ ,  $\sum \xi_m = 10,6$ .

19. Поршень діаметром  $D$  рухається рівномірно вниз в циліндрі і подає рідину  $\mathcal{J}$  в відкритий резервуар (рис. 19). Діаметр трубопроводу  $d$ , довжина  $l$ . Коли поршень знаходиться нижче рівня рідини в резервуарі на величину  $H = 0,8$  м, швидкість його руху  $v_{пор}$ . Визначити витрату рідини та силу  $F$ , яка прикладена до поршня. Коефіцієнт  $\lambda = 0,03$ ,  $\sum \xi_m = 1,5$ .

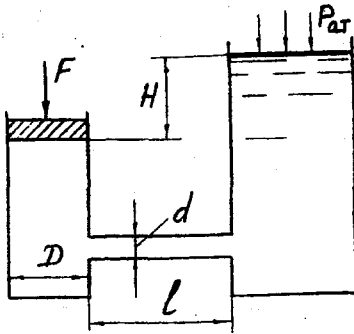


Рис. 19

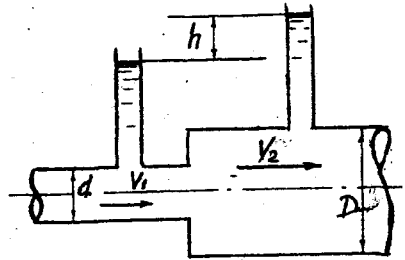


Рис. 20

20. При раптовому розширенні трубопроводу швидкість в широкій частині  $v_2$ . Відношення діаметрів  $D/d = 2$ . Визначити різницю рівнів піезометрів  $h$  (рис. 20).
21. Визначити подачу та напір центробіжного насосу (робочу точку) при подачі води на геодезичну висоту  $H_r$  трубопроводом діаметром  $d$  та довжиною  $l$ . Коефіцієнт  $\lambda = 0,035$ ,  $\sum \xi_m = 8$ . Як зміниться подача та напір насоса, якщо частота обертів робочого колеса збільшиться на 10%.

Таблиця 3. Дані для побудови характеристики насоса.

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0	$0,2 Q_0$	$0,4 Q_0$	$0,6 Q_0$	$0,8 Q_0$	$1,0 Q_0$
$H, \text{ м}$	$1,0 H_0$	$1,05 H_0$	$1,0 H_0$	$0,88 H_0$	$0,65 H_0$	$0,35 H_0$

22. Два однакових центр обіжних насоси працюють послідовно і подають воду на геодезичну висоту  $H_r$  трубопроводом діаметром  $d$  та довжиною  $l$ . Коефіцієнт  $\lambda = 0,03$ ,  $\sum \xi_m = 30$ . Визначити подачу та напір (робочу точку) при їх загальній роботі на трубопровід. Як зміниться сумарна подача та напір, якщо частота обертів робочого колеса одного з насосів зменшиться на 10%. Для побудови характеристики насоса використати таблицю 3 задачі 21.
23. Два однакових центр обіжних насоси працюють паралельно і подають воду на геодезичну висоту  $H_r$ . Визначити напір та подачу (робочу точку) при загальній роботі насосів на трубопровід довжиною  $l$  та діаметром  $d$ . Прийняти  $\lambda = 0,032$ ,  $\sum \xi_m = 24$ . Як зміниться сумарний напір і подача, якщо

частота обертів робочих коліс обох насосів збільшиться на 10%. Для побудови характеристики насоса використати таблицю 3 задачі 21.

24. Два однакових центробіжних насоси працюють на один трубопровід довжиною  $l$  та діаметром  $d$  і подають воду на геодезичну висоту  $H_f$ . Визначити напір і подачу (робочу точку) при паралельній та послідовній їх роботі. Коефіцієнт  $\lambda = 0,028$ ,  $\sum \xi_M = 35$ . Для побудови характеристики насоса використати таблицю 3 задачі 21.
25. Скласти гідросхему та описати спосіб процесу регулювання швидкості руху робочого органу (поршня гідроциліндра) з дроселем “на вході”.
26. Скласти гідросхему та описати спосіб регулювання швидкості руху робочого органу (поршня гідроциліндра) при диференційному підключенні силового циліндра.
27. Скласти гідросхему та описати спосіб регулювання швидкості руху робочого органу (поршня гідроциліндра) з паралельним підключенням дроселя.
28. Скласти гідросхему та описати спосіб диференційно-дросельного регулювання швидкості поршня гідроциліндра.
29. Скласти гідросхему та описати спосіб регулювання швидкості руху поршня гідроциліндра з дроселем “на виході”.
30. Скласти гідросхему та описати спосіб машинного регулювання швидкості руху поршня гідроциліндра.
31. Скласти гідросхему та описати спосіб ступінчатого регулювання швидкості руху поршня гідроциліндра.
32. Скласти гідросхему та описати спосіб комбінованого регулювання швидкості руху поршня гідроциліндра.

## Додаток 1

Питома вага рідин  $\gamma$  (середнє значення) та кінематична в'язкість  $\nu$  при  $t = 20^\circ\text{C}$

№№ п/п	Назва	Питома вага		$\nu$ , $\text{cm}^2/\text{s}$
		$\text{H/m}^2$	$\text{Kg/m}^3$	
1	Бензин авіаційний	7300	745	0,0073
2	Вода прісна	9790	998	0,010
3	Гліцерин	12260	1250	8,70
4	Керосин	8110	816	0,025
5	Масло мінеральне	8675	890	0,50
6	Нафта	8830	900	0,25
7	Ртуть	132900	13547	0,0016
8	Масло трансформаторне	8915	946	0,30

Зразок оформлення титульного листа

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет (машинобудівний, автомобільний)

Кафедра КМТО

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з дисципліни “Гідравліка і гідропневмопривод”

Виконав: студент групи ( № групи)  
(прізвище та ініціали)

Шифр: ( № залікової книжки)

Викладач: ( прізвище та ініціали)

Кременчук (рік)

### Список літератури

1. Федорец В.А., Педченко М.Н. и др. «Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков». – Киев.: «Вища школа», 1987, - 375 с.
2. Федорець В.О., Педченко М.Н., Федорець О.О. та ін. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропневмопривод. – Житомир.: ЖТГП, 1998.- 412 с.
3. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода. Справочник. Киев.: «Техника», 1969, - 319 с.
4. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы. Справочник. М.: Машиностроение, 1988. – 512 с.
5. Вакина В.В., Денисенко И.Д. и др.. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов. Киев.: Вища школа, 1987. – 208 с.
6. Федорець О.О. Гідравліка. Конспект лекцій. Кременчук.: Видавничий відділ КДПУ, 1999, - 115 с.
7. Федорец В.А., Федорец А.А. Гидроприводы. Конспект лекций. Кременчук.: Издательский отдел КГПИ, 1998. – 69 с.
8. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др.. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
9. Юшкин В.В. Гидравлика и гидравлические машины. Минск.: Высшейшая школа, 1974, - 271 с.



Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни “Гідравліка та гідропневмопривод” для студентів машинобудівного та автомобільного факультетів денної та заочної форм навчання (перевидання)

Укладач: доктор технічних наук, професор О.О. Федорець

Відповідальний за випуск доктор технічних наук, професор О.Ф. Саленко

Видавничий відділ КДПУ

Тираж 100 примірників

Кременчук 2004