

МІНІСТЕРСТВО ВИЩОЇ І СЕРЕДНЬОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ ОСВІТИ УРСР
КИЇВСЬКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО ЧЕРВОНОГО ПРАПОРА
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ "ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК
УСТАНОВКИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА"
З ДИСЦИПЛІНИ "ГІДРАВЛІКА І ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ"
для студентів спеціальності І7.06
денної форми навчання

Затверджено
на засіданні РВР
факультету ТБК
Протокол № 8 від 27.II.90

Київ КТІХП 1991

Методические указания к самостоятельной работе "Гидравлический расчет установки центробежного насоса" по дисциплине "Гидравлика и гидравлические машины" для студентов специальности 17.06 дневной формы обучения /Сост. В.Р.Куличенко, И.К.Мотуз, О.В.Савцова. - К.: КПИИ, 1991. - 36 с. - На укр.яз.

Упорядники: В.Р.Куліченко, канд.техн.наук

І.К.Мотуз

О.В.Савцова, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск І.Ф.Малечик, д-р техн.наук,
проф.

Методичні вказівки призначені для полегшення студентам самостійної роботи з оволодіння методикою і технікою гідравлічних розрахунків типових задач, характерних для всіх галузей харчової промисловості як споживача гідравлічних машин – насосів, які найчастіше зустрічаються в інженерній практиці.

Виконуючи самостійну роботу при безпосередній допомозі викладача, використовуючи відповідну методичну, навчальну і технічну літературу, студенти поглиблюють свої знання, вміння і досвід творчої діяльності, здобуті під час аудиторних занять.

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

1.1. Рівняння Бернуллі та закон постійності витрат рідини

При розрахунку напірних технологічних трубопроводів використовується рівняння Бернуллі

$$z_a + \frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_a^2}{2g} = z_b + \frac{p_b}{\rho g} + \frac{v_b^2}{2g} + h_w \quad /1/$$

та рівняння постійності витрат рідини

$$Q_i = v_a F_a = v_b F_b = \dots = v_i F_i = const, \quad /2/$$

де z – геометричний напір – перевищення центра тяжіння живого перетину над довільно обраною горизонтальною площиною /енергетичний

має рівномірний крок, починаючи від нуля до $Q = Q_r + 2$. За отриманими значеннями H_i та Q_r будемо графік /рис.1/ їх залежності, який називають характеристикою трубопроводу. Цей графік використовується при подальшому графоаналітичному розрахунку установки.

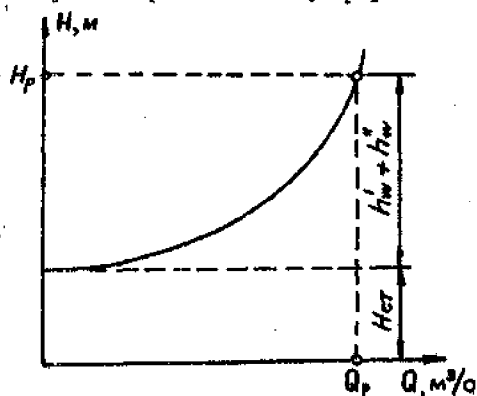


Рис. 1

ється числом Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \alpha \rho}{\mu} = \frac{\rho d}{\mu}$$

та відносною шорсткістю

$$\bar{\Delta} = \Delta / d_r,$$

де Δ - абсолютна шорсткість /табл.Д.7/.

Від параметрів Re та $\bar{\Delta}$ залежать розрахункові рівняння, за якими визначаються коефіцієнти опору тертя λ . Так, для ламінарного режиму руху рідини $\lambda = f(Re)$ визначається залежністю

$$\lambda = 64 / Re.$$

Для в'язких рідин, наприклад патоки, сиропів, клерсів та ін., при $Re < 100$

$$\lambda = 132 / Re^{4.2}.$$

Щоб визначити коефіцієнт опору тертя при турбулентному режимі руху, необхідно знати зону гідравлічного опору, для чого можна запропонувати два методи розрахунку.

Побудові характеристики трубопроводу передують такі розрахунки. Для кожного значення Q_r і відомого діаметра d_r визначаємо за /3/ середню швидкість руху рідини.

Для визначення втрат напору по довжині трубопроводу

$$h_i = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad 16/$$

необхідно знати режим руху рідини, який характеризу-

1. За допомогою граничних значень чисел Рейнольдса.

У випадках, коли

$$Re < Re_{гг},$$

$$Re_{гг} = 20/\bar{\Delta},$$

труба вважається гідравлічно гладкою і $\lambda = f(Re)$. Розрахунки доцільно виконувати за рівняннями:

П.М.Конакова

$$\lambda = 1/(4,8 \lg Re - 1,5)^2, Re > 2320; \quad /7/$$

Блазуса

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25} \quad 2320 < Re < 10^5. \quad /8/$$

Якщо значення розрахункового числа Рейнольдса знаходиться в межах $Re_{гг} < Re < Re_{кв}$, зона опору доквадратична,

$$Re_{кв} = 600/\bar{\Delta},$$

труба вважається гідравлічно шорсткою і $\lambda = f(\bar{\Delta}, Re)$. Розрахунок виконується за формулою А.Д.Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\bar{\Delta} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}. \quad /9/$$

При $Re > Re_{кв}$ зона опору квадратична, в якій $\lambda = f(\bar{\Delta})$. У цьому разі використовується рівняння Б.Л.Шифринсона

$$\lambda = 0,11 (\bar{\Delta})^{0,25}. \quad /10/$$

2. За допомогою аналогів чисел Рейнольдса.

Якщо $\bar{v} \Delta / \nu < 63$ - гідравлічно гладкі труби, використовуємо /7/-/8/. При $63 < \bar{v} \Delta / \nu < 1260$ зона опору доквадратична, доцільно використовувати /9/; а при $\bar{v} \Delta / \nu > 1260$ зона опору квадратична і доцільно використовувати /10/.

Таким чином, маючи коефіцієнти опору по довжині трубопроводу λ , підраховані за пп.1, 2, визначимо втрати напору по довжині труби згідно з /6/.

Після цього визначимо коефіцієнти місцевих опорів ξ , значення яких залежно від типу місцевого опору знаходяться за [2]. Обчислимо суми окремих коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi$ для нагнітального і всмоктувального трубопроводів, і підставляємо їх в /5/.

Таким чином, визначені втрати напору за довжиною і на місцеві опори залежно від відповідних значень коефіцієнтів λ і $\sum \xi$.

має рівномірний крок, починаючи від нуля до $Q = Q_i + 2$. За отриманими значеннями H_i та Q_i будемо графік /рис.1/ їх залежності, який називають характеристикою трубопроводу. Цей графік використовується при подальшому графоаналітичному розрахунку установки.

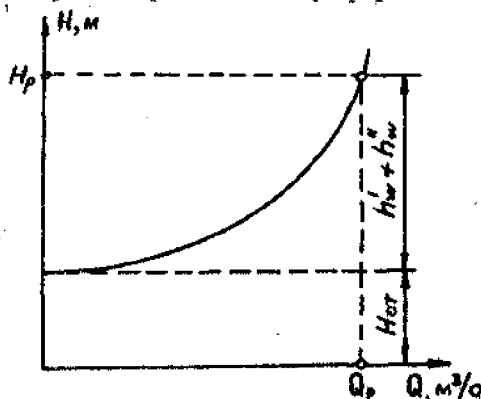


Рис. 1

ється числом Рейнольдса

$$Re = \frac{\delta \rho v}{\mu} = \frac{\delta d}{\nu}$$

та відносною шорсткістю

$$\bar{\Delta} = \Delta / d_r,$$

де Δ - абсолютна шорсткість /табл.Д,7/.

Від параметрів Re та $\bar{\Delta}$ залежать розрахункові рівняння, за якими визначаються коефіцієнти опору тертя λ . Так, для ламінарного режиму руху рідини $\lambda = f(Re)$ визначається залежністю

$$\lambda = 64 / Re.$$

Для в'язких рідин, наприклад патоки, сиропів, клерсів та ін., при $Re < 100$

$$\lambda = 132 / Re^{0.42}.$$

Щоб визначити коефіцієнт опору тертя при турбулентному режимі руху, необхідно знати зону гідравлічного опору, для чого можна запропонувати два методи розрахунку.

Побудові характеристики трубопроводу передують такі розрахунки. Для кожного значення Q_i і відомого діаметра d_r визначимо за /3/ середню швидкість руху рідини.

Для визначення втрат напору по довжині трубопроводу

$$h_z = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad /6/$$

необхідно знати режим руху рідини, який характеризу-

1. За допомогою граничних значень чисел Рейнольдса.

У випадках, коли

$$Re < Re_{гп},$$

$$Re_{гп} = 20/\bar{\Delta},$$

труба вважається гідравлічно гладкою і $\lambda = f(Re)$. Розрахунки доцільно виконувати за рівняннями:

П.М.Конакова

$$\lambda = 1/(1,8 \lg Re - 1,5)^2, Re > 2320; \quad /7/$$

Блазіуса

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25} \quad 2320 < Re < 10^5. \quad /8/$$

Якщо значення розрахункового числа Рейнольдса, знаходиться в межах $Re_{гп} < Re < Re_{кв}$, зона опору доквадратична,

$$Re_{кв} = 600/\bar{\Delta},$$

труба вважається гідравлічно шорсткою і $\lambda = f(\bar{\Delta}, Re)$. Розрахунок виконується за формулою А.Д.Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\bar{\Delta} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}. \quad /9/$$

При $Re > Re_{кв}$ зона опору квадратична, в якій $\lambda = f(\bar{\Delta})$. У цьому разі використовується рівняння Б.Л.Шифринсона

$$\lambda = 0,11 (\bar{\Delta})^{0,25}. \quad /10/$$

2. За допомогою аналогів чисел Рейнольдса.

Якщо $v\Delta/v < 63$ - гідравлічно гладкі труби, використовуємо /7/-/8/. При $63 < v\Delta/v < 1260$ зона опору доквадратична, доцільно використовувати /9/; а при $v\Delta/v > 1260$ зона опору квадратична і доцільно використовувати /10/.

Таким чином, маючи коефіцієнти опору по довжині трубопроводу λ , підраховані за пп.1, 2, визначаємо втрати напору по довжині труби згідно з /6/.

Після цього визначаємо коефіцієнти місцевих опорів ξ , значення яких залежно від типу місцевого опору знаходиться за [2]. Обчислюємо суми окремих коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi$ для нагнітального і всмоктувального трубопроводів, і підставляємо їх в /5/.

Таким чином, визначені втрати напору за довжиною і на місцеві опори залежно від відповідних значень коефіцієнтів λ і $\sum \xi$.

Втрати напору для нагнітального і всмоктувального трубопроводів визначаються окремо. Розрахунок повторюємо 8-10 разів залежно від кількості проміжних значень подачі Q_i і отримуємо відповідну кількість значень H_i . Дані H_i та Q_i заносимо в таблицю.

Відповідно до табульованих значень $H_i - Q_i$ будемо графік /рис.1/, який є гідравлічною характеристикою трубопроводу. При побудові графіка $H_i - Q_i$ розрахункові значення цих величин H_p та Q_p повинні бути проміжними - меншими на два кроки від кінцевих значень.

Для набуття певного досвіду щодо розрахунків технологічних трубопроводів насосної установки доцільно розрахункові значення H_p та Q_p отримати без застосування програми для ЕОМ, а інші значення H_i визначити за допомогою запропонованої програми розрахунку. Таким чином, за розрахунковими значеннями, використавши їх як контрольний приклад, необхідно перевірити програму. Після того, як результати розрахунків за програмою будуть збігатися з контрольними значеннями, можна вводити свої числові значення вихідних даних і виконувати розрахунки.

Схема алгоритму розрахунку показана на рис.2.

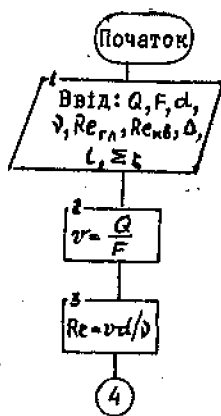


Рис.2

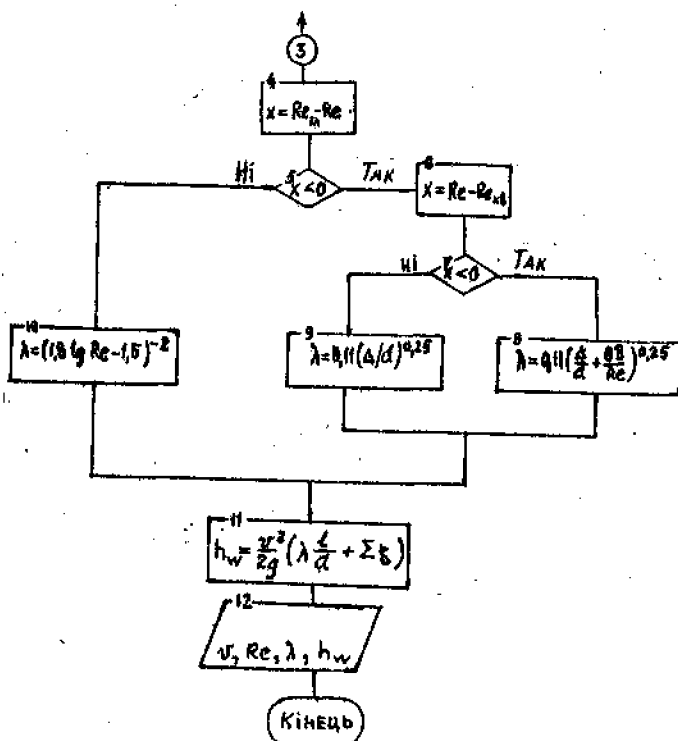


Рис.2. Закінчення

Наведемо розподіл змінних величин за адресними регістрами.

RG 0	Q
RG 1	F
RG 3	d
RG 4	γ
RG 6	Re _{гн}
RG 7	Re _{нв}
RG 8	Δ
RG α	l
RG 8	Σζ

Програма розрахунків наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Адреса	Написання на клавішу	Код	Адреса	Написання на клавішу	Код	Адреса	Написання на клавішу	Код
00	$\Pi \rightarrow X 0$	60	34	F_X^3	24	68	1	01
01	$\Pi \rightarrow X 1$	61	35	0	00	69	.	0-
02	$\div$	13	36	.	0-	70	5	05
03	$X \rightarrow \Pi 2$	42	37	1	01	71	-	11
04	C/Π	50	38	1	01	72	F_X^2	22
05	$\Pi \rightarrow X 3$	63	39	X	12	73	$F_{1/x}$	23
06	X	12	40	$X \rightarrow \Pi 9$	49	74	$X \rightarrow \Pi 9$	49
07	$\Pi \rightarrow X 4$	64	41	C/Π	50	75	C/Π	50
08	:	13	42	БΠ	51	76	$\Pi \rightarrow x_2$	4-
09	$X \rightarrow \Pi 5$	45	43	7 6	76	77	$\Pi \rightarrow X 3$	63
10	C/Π	50	44	$\Pi \rightarrow X 8$	68	78	$\div$	13
11	/ - /	0	45	$\Pi \rightarrow X 3$	63	79	$\Pi \rightarrow X 9$	69
12	$\Pi \rightarrow X 6$	66	46	$\div$	13	80	x	12
13	+	10	47	0	00	81	$\Pi \rightarrow x_2$	6
14	$F_X < 0$	5Г	48	.	0-	82	+	10
15	6 2	62	49	2	02	83	$\Pi \rightarrow X 2$	62
16	$\Pi \rightarrow X 5$	65	50	5	05	84	F_X^2	22
17	$\Pi \rightarrow X 7$	67	51	$\leftrightarrow$	14	85	x	12
18	-	11	52	F_X^3	24	86	9	09
19	$F_X < 0$	5Г	53	0	00	87	.	0-
20	4 4	44	54	.	0-	88	8	08
21	$\Pi \rightarrow X 8$	68	55	1	01	89	1	01
22	$\Pi \rightarrow X 3$	63	56	1	01	90	.	13
23	$\div$	13	57	X	12	91	2	02
24	6	06	58	$X \rightarrow \Pi 9$	49	92	$\div$	13
25	8	08	59	C/Π	50	93	C/Π	50
26	$\Pi \rightarrow X 5$	65	60	БΠ	51			
27	$\div$	13	61	7 6	76			
28	+	10	62	$\Pi \rightarrow X 5$	65			
29	0	00	63	F_{1g}	17			
30	.	0-	64	1	01			
31	2	02	65	.	0-			
32	5	05	66	8	08			
33	$\leftrightarrow$	14	67	x	12			

1.3. Визначення показів приладів. Енергетичний баланс насосної установки

На підставі рівняння Бернуллі /1/ визначимо тиск /розрідження/ у всмоктувальному патрубку відцентрового насоса, який вимірюється манометром /вакуумметром/ і тиск у нагнітальному патрубку, вимірюваний манометром.

1.3.1. Енергетичний баланс при всмоктуванні

1.3.1.1. Випадок, коли рідина подається насосом з місткості нижче його рівня /рис.3/. Баланс енергії складаємо для розрахункових перетинів $a-a$ і $b-b$. Порівняльну площину умовно проводимо по перетину $a-a$. Запишемо рівняння Бернуллі

$$z_a + \frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_a^2}{2g} = z_b + \frac{p_b}{\rho g} + \frac{v_b^2}{2g} + h'_w, \quad a-b$$

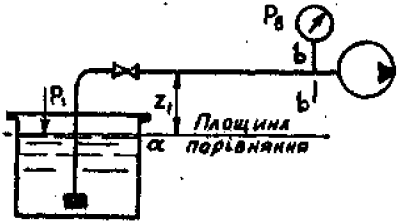


Рис. 3

в якому $z_a = 0$, $p_a = p_1$, $v_a = 0$;

$z_b = z_1$, $p_b = ?$, $v_b = v'_{tr}$,

втрати напору h'_w , визначені за /5/, беремо з попередніх розрахунків.

Підставляючи в рівняння значення кожного доданка, отримаємо:

$$\frac{p_b}{\rho g} = \frac{p_1}{\rho g} - z_1 - \frac{(v'_{tr})^2}{2g} - h'_w \quad [\text{м.ст.рідини}]$$

або

$$p_b = p_1 - \rho g z_1 - \rho \frac{(v'_{tr})^2}{2} - \rho g h'_w \quad [\text{Па}]$$

При цьому тиск, що вимірюється вакуумметром, Па:

$$p_{\text{вак}} = p_{\text{ат}} - p_b$$

Це відповідає показнику приладу при вході рідини в насос.

1.3.1.2. Випадок, коли рідина подається насосом з місткості вище його рівня /рис.4/. Баланс енергії складаємо для розрахункових перети-

нів $a-a$ і $b-b$. Порівняльну площину умовно проводимо через горизонтальну вісь насоса. Рівняння Бернуллі за формою запису відповідає попередньому випадку, але значення окремих доданків відрізняються від попередніх: $z_a = z_1$, $P_a = P_1$, $v_a = 0$; $z_b = 0$, $P_b = ?$, $v_b = v'_{rp}$, а значення h'_w раніш визначені за /5/.

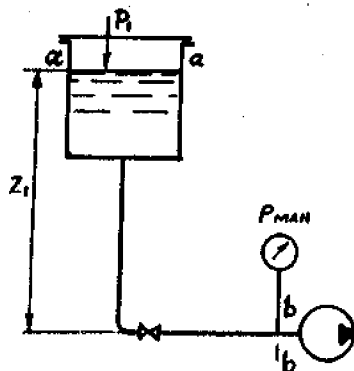


Рис. 4

Після підстановки всіх величин в рівняння Бернуллі отримаємо

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{(v'_{rp})^2}{2g} + h'_w \quad [\text{м.ст.рідини}]$$

або

$$P_b = \rho g z_1 + P_1 - \rho \frac{(v'_{rp})^2}{2} - \rho g h'_w \quad [\text{Па}].$$

Тиск P_b відповідає абсолютному тиску рідини на вході її в насос. Показник вимірального приладу – манометра, Па:

$$P_{\text{ман}} = P_b - P_{\text{ат}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{ат}}.$$

1.3.2. Енергетичний баланс при нагнітанні

Аналогічно всмоктуванню запишемо рівняння Бернуллі для розрахункових перетинів $e-e$ і $d-d$ /рис.5/. Порівняльну площину умовно проводимо через перетин $e-e$.

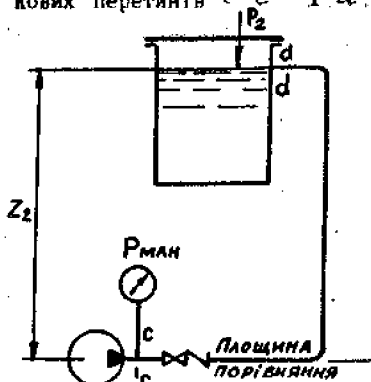


Рис. 5

При цьому

$$z_e + \frac{P_e}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g} = z_d + \frac{P_d}{\rho g} + \frac{v_d^2}{2g} + h''_w,$$

де $z_e = 0$, $P_e = ?$, $v_e = v''_{rp}$ і $v_d = v''_{rp}$, $z_d = z_2$, $P_d = P_2$, h''_w – визначені втрати напору за /5/, беремо з попередніх розрахунків.

Підставивши в рівняння Бернуллі значення кожного доданка, отримаємо:

$$\frac{P_2}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h_w'' \quad [\text{м.ст.рідини}]$$

або

$$P_c = \rho g z_2 + P_2 + \rho g h_w'' \quad [\text{Па}].$$

Тиск P_c відповідає абсолютному тиску рідини на виході із насоса. Показник вимірювального приладу – манометра, Па:

$$P_{\text{ман}} = P_c - P_{\text{ат}} = P_{\text{асе}} - P_{\text{ат}}.$$

1.3.3. Загальний баланс енергії

Для насосної установки загальний баланс енергії являє собою не що інше, як алгебраїчну суму частинних балансів для всмоктувальної і нагнітальної мереж трубопроводів. Так, для випадку, коли рідина подається насосом з місткості нижче його рівня в місткість вище свого рівня /рис.6/.

$$\frac{P_1}{\rho g} + H = \frac{P_2}{\rho g} + z_1 + z_2 + h_w' + h_w'', \quad /11/$$

звідки

$$H = z_1 + z_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_w, \quad /12/$$

де $h_w = h_w' + h_w''$.

Для випадку, коли рідина подається насосом з місткості вище його рівня /рис.7/,

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + H = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h_w' + h_w'', \quad /13/$$

звідки

$$H = z_2 - z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_w. \quad /14/$$

Значення H в /11/ - /14/ відповідає напору насоса, тобто механічній енергії, яка передається відцентровим насосом одиниці ваги рідини /1,Н/ і має лінійну розмірність.

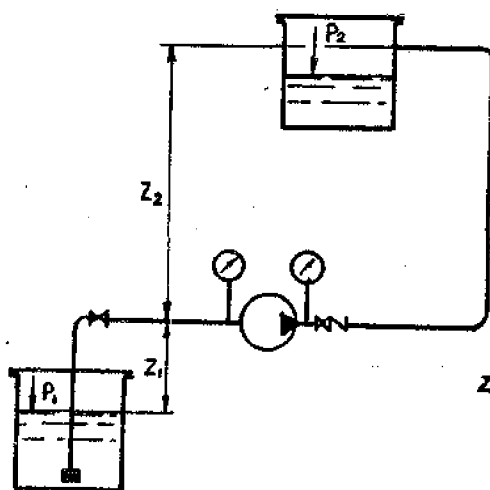


Рис. 6

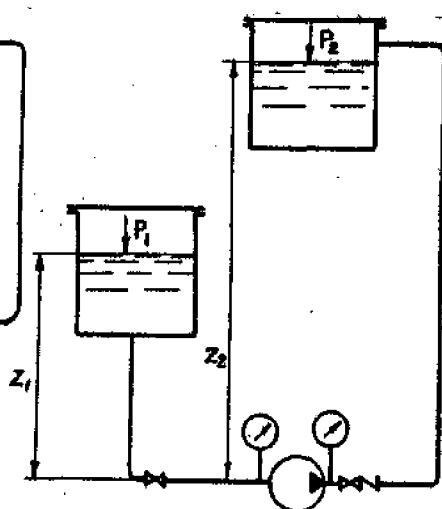


Рис. 7

1.4. Вибір відцентрового насоса

За даними [3] залежно від розрахункових значень H_p і Q_p вибираємо відцентровий насос. Працездатність насоса визначається суміщенням на одному і тому самому графіку в однакових масштабах робочої характеристики насоса $H-Q$ з аналогічною характеристикою насосної установки /трубопроводів/. Остання являє собою параболу при турбулентному режимі течії, зміщену по осі напорів на величину статичного напору установки H_{cr} .

Насос в такій установці працює в режимі, при якому споживаний напір дорівнює напору насоса. Точка перетину двох названих характеристик називається робочою /точка R , рис.8/.

На рисунку використані такі позначення: 1 - характеристика трубопроводу; 2 - характеристика трубопроводу з частковим закриттям запірного органа; 3 - $H-Q$ - характеристика насоса. Якщо робоча точка відповідає оптимальному режиму роботи насоса /зона максимального значення ККД, яка відмічається галочками в [3]/, то насос вважається підібраним правильно.

1.5. Визначення характеристики насоса при частковому закритті запірною органа

Часткове закриття запірною органа на нагнітальному трубопроводі викликає збільшення напору і зменшення подачі. Ці зміни відповідають новому значенню живого перетину течії в запірному органі, які приводять до збільшення крутизни характеристики трубопроводу. Так, якщо запірний орган прикриємо на $n\%$, то нове значення подачі

$$Q_{зак} = (100 - n) Q_p / 100.$$

Графоаналітичним методом визначаємо нове значення напору насоса $H_{зак}$, яке відповідає $Q_{зак}$ /точка А на рис.8/. При цьому напір в трубопроводі зміниться на $\Delta H = H_A - H_B$ /відстань між точками А і В в напрямку осі ординат/ і становитиме

$$H_{зак} = H_B = H_A - \Delta H.$$

Новим значенням $Q_{зак}$ і $H_{зак}$ будуть відповідати $N_{зак}$ /точка F / і $Q_{зак}$ /точка I/.

Втрати потужності насоса на часткове закриття запірною органа

$$\Delta N = \rho g Q_{зак} \Delta H / 102 \eta_{зак},$$

а зміна опору трубопроводу

$$\Delta H_{тр} = H_B - H_{ст}.$$

1.6. Послідовна та паралельна робота відцентрових насосів

При розрахунку послідовного сполучення відцентрових насосів з однаковими $H-Q$ характеристиками слід пам'ятати, що сумарна $H_{1+2}-Q$ характеристика може бути отримана збільшенням вдвоє ординат напорів для кожної подачі. Точка перетину сумарної характеристики роботи обох насосів з характеристикою трубопроводу визначає робочу точку А /рис.9/, що відповідає подачі двох насосів Q_{1+2} і напору H_{1+2} , який ними створюється при сумісній роботі. На рисунку використані такі позначення: 1 - характеристика трубопроводу; 2 - характеристика насоса; 3 - паралельна робота насосів; 4 - послідовна.

При паралельній роботі двох однакових насосів на один трубопровод сумарна $H-Q_{1+2}$ характеристика отримується збільшенням вдвоє

абсцис /подачу/ для кожного напору. $H-Q_{1+2}$ характеристика перетинає характеристику трубопроводу в робочій точці 8 /рис.9/. Збільшення подачі буде тим значніше, чим пологіша характеристика трубопроводу. Це можливе тоді, коли втрати напору h_w незначні.

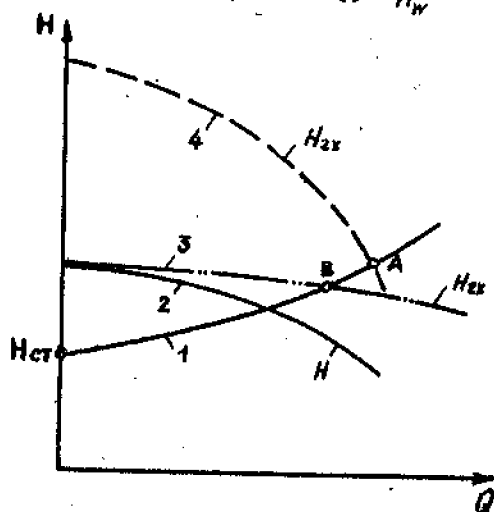


Рис. 9

Виконуючи самостійну роботу, рис. 1, 8 і 9 доцільно подавати як один на міліметровці формату А-4.

1.7. Умови безкавітаційної роботи насосної установки

Надмірне падіння тиску на всмоктувальному боці насоса може спричинити виникнення кавітації, внаслідок якої різко зменшується ККД насоса, зменшуються подача і напір. Крім цього, виникає сильна вібрація, яка супроводиться характерним шумом. Для запобігання кавітації насос необхідно встановити таким чином, щоб тиск рідини в ньому був більшим від тиску насиченої пари рідини при заданій температурі. Це забезпечується обмеженням висоти всмоктування насоса /див.рис.6/. Допустима висота всмоктування насоса

$$z_1 \leq \frac{p}{\rho g} - \left(h'_w + \frac{p}{\rho g} + 6 H_p \right), \quad /16/$$

де q/p_0 - тиск на вільній поверхні рідини ємності, з якої вона всмоктується; h'_w - втрати напору всмоктувального трубопроводу при розрахунковій подачі; p_s - тиск насиченої пари рідини при температурі t , °C / табл. Д.8/; δ - коефіцієнт кавітації.

Коефіцієнт кавітації δ знаходять залежно від швидкохідності насоса

$$\delta = (10/H_p) (n\sqrt{Q_p}/c)^{4/3},$$

де n - частота обертання робочого колеса; c - кавітаційний коефіцієнт швидкохідності: при $n_s = 50...80$ $c = 600...800$, при $n_s = 80...150$ $c = 800...1000$; для насосів з підвищеними кавітаційними властивостями $c = 1300...3000$.

Коефіцієнт швидкохідності залежить від типу насоса і розраховується за рівняннями:

для одноступінчастих насосів:

з одностороннім всмоктуванням

$$n_s = 3,65 n \sqrt{Q_p} / H^{3/4},$$

з двостороннім всмоктуванням

$$n_s = 3,65 n \sqrt{Q_p/2} / H^{3/4};$$

для багатоступінчастих насосів:

з одностороннім всмоктуванням

$$n_s = 3,65 n \sqrt{Q_p} / (H/A)^{3/4}, \quad /17/$$

з двостороннім всмоктуванням

$$n_s = 3,65 n \sqrt{Q_p/2} / (H/A)^{3/4}, \quad /18/$$

де A - кількість ступенів відцентрового насоса.

Визначивши коефіцієнт кавітації, розраховуємо добуток δH_p і праву частину нерівності /16/. Порівнюємо граничне значення Z_1 з допустимою висотою вакуумметричного всмоктування, яке подається в характеристиках всіх типів насосів залежно від подачі.

Якщо розрахункове значення Z_{1p} менше від заданого умовами

$$Z_{1p} < Z_1,$$

необхідно опустити насос на величину

$$Z_{оп} = Z_1 - Z_{1p}$$

або збільшити тиск на поверхні рідини p_1 , підвищивши тим самим тиск

2. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Розрахувати насосну установку для перекачування води при вихідних даних, значення яких за варіантами наведені в таблиці вихідних даних /табл.2/:

подача насоса	Q , м ³ /с;
висота всмоктування	Z_1 , м;
висота нагнітання	Z_2 , м;
тиск на вільну поверхню води в місткості:	
з якої вона відкачується	P_1 , ата;
куди вода надходить	P_2 , ата;
довжина трубопроводу	
всмоктувального	l_1 , м;
нагнітального	l_2 , м;
кути нахилу трубопроводів	α, β , град ;
температура відкачуваної води	t , °C;
наявність /+/-/ чи відсутність /-/	
додаткового запірного органа	K ;
матеріал і стан внутрішньої поверхні трубки	M .

Схема установки відцентрового насоса показана на рис.10.

Розраховуючи насосну установку, необхідно:

- 1/ провести гідрравлічний розрахунок трубопроводу для заданих умов роботи;
- 2/ за каталогом підібрати відцентровий насос;
- 3/ визначити робочу точку і відповідні їй параметри: напір, подачу, витрати потужності, ККД;
- 4/ визначити експлуатаційні характеристики насоса і трубопроводу при зменшенні подачі на 20%, при цьому розглянути шляхи зменшення подачі, віддубати втрати напору при зменшенні подачі і втрати потужності, які спостерігаються в цьому випадку;
- 5/ графічно встановити, що дасть підключення ще одного такого самого насоса послідовно та паралельно;
- 6/ перевірити відповідність висоти всмоктування умовам безкавітаційної роботи насоса;
- 7/ виконати ескіз насоса в розрізі.

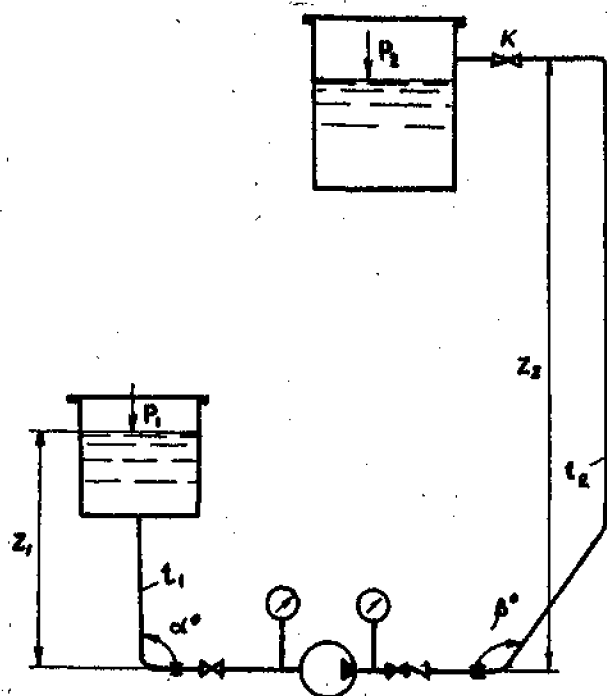


Рис. 10

Таблица 2

Показ- ник	Вариант										
	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011
<i>Q</i>	0,11	0,05	0,02	0,06	0,15	0,12	0,08	0,20	0,25	0,02	0,03
<i>z₁</i>	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5,5	-5,0	-4,5	-4,0
<i>z₂</i>	55	50	40	35	50	48	60	50	40	35	25
<i>p₁</i>	1,1	1,1	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	0,5	0,6	0,7	0,8
<i>p₂</i>	1,7	1,1	1,1	1,0	1,2	1,3	1,6	1,2	1,3	1,4	1,5
<i>l₁</i>	18	16	30	15	32	12	16	20	22	19	18
<i>l₂</i>	120	130	145	80	100	160	85	100	110	120	130
<i>α</i>	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
<i>β</i>	100	110	120	130	135	140	145	100	105	110	115
<i>ε</i>	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
<i>K</i>	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>M</i>	1	6	11	16	5	10	15	4	9	14	3

Показ- ник	Вариант												
	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023	
<i>Q</i>	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	
<i>z₁</i>	-3,0	-3,0	-2,5	-2,0	1,5	-1,0	-0,5	0,00	0,5	1,0	1,5	2,0	
<i>z₂</i>	30	40	35	30	26	24	20	18	15	16	17	18	
<i>p</i>	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
<i>q</i>	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	
<i>l₁</i>	24	16	15	19	20	18	17	25	24	23	22	21	
<i>l₂</i>	140	145	150	160	170	180	190	200	80	90	100	110	
<i>α</i>	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	
<i>β</i>	120	125	130	135	140	145	150	90	95	100	105	110	
<i>ε</i>	75	80	85	90	95	20	25	30	35	40	45	50	
<i>K</i>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
<i>M</i>	8	13	2	7	12	1	6	11	16	5	10	15	

Продовження табл. 2

Показ- ник	Варіант											
	024	025	026	027	028	029	030	031	032	033	034	035
Q	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,02	0,03
Z_1	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,0	5,5	5,0
Z_2	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A_1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
A_2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
L_1	20	27	26	25	24	23	22	21	20	22	23	24
L_2	120	130	140	150	160	170	180	190	200	80	90	100
α	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260
β	115	120	125	130	135	140	145	150	90	95	100	105
t	55	60	65	70	75	80	85	90	95	20	25	30
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	4	9	14	3	8	13	2	7	12	1	6	11

Показ- ник	Варіант											
	036	037	038	039	040	041	042	043	044	045	046	047
Q	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
Z_1	4,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Z_2	32	34	36	35	34	30	33	38	40	42	46	40
A_1	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
A_2	4,4	2,5	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
L_1	25	24	23	22	21	20	19	18	16	19	17	20
L_2	110	130	125	120	135	140	145	150	155	160	165	170
α	265	270	265	250	245	240	235	230	225	220	215	210
β	110	115	120	125	135	130	145	140	145	150	90	95
t	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	16	2	7	12	1	6	11	16	5	10	15	4

Продовження табл. 2

Показ- ник	Варіант											
	048	049	050	051	052	053	054	055	056	057	058	059
Q	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
Z_1	3,0	2,5	2,0	1,0	0,5	0,00	-14	-13	-12	-10	-9	-8
Z_2	36	38	41	42	43	44	60	58	57	56	55	54
P_1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
P_2	1,4	1,5	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
L_1	21	22	21	20	19	15	17	16	18	19	20	21
L_2	175	180	185	190	196	80	85	90	95	100	105	130
L	205	200	195	190	185	180	90	95	100	105	110	115
B	100	110	115	120	125	130	135	140	145	150	90	95
t	95	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	9	14	13	8	3	2	7	12	1	6	11	16

Показ- ник	Варіант											
	060	061	062	063	064	065	066	067	068	069	070	071
Q	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
Z_1	-7,5	-6,5	-5,5	-5,0	-4,5	-4,0	-3,5	-3,0	-2,5	-2,0	-1,0	-0,5
Z_2	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42
P_1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,5
P_2	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
L_1	22	23	24	25	18	19	19	20	21	22	23	25
L_2	110	115	120	125	130	135	150	155	160	165	170	175
L	120	125	130	135	140	145	155	150	165	160	175	170
B	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	90
t	75	60	65	90	95	20	25	30	35	40	45	50
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	5	10	15	4	9	14	3	8	13	2	7	12

Продовження табл. 2

Показ- ник	Варіант											
	072	073	074	075	076	077	078	079	080	081	082	083
Q	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51
Z_1	0,00	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
Z_2	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29
ρ_1	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5
ρ_2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,4	1,1
L_1	26	15	18	16	17	19	20	21	22	23	24	25
L_2	180	145	155	160	140	150	135	130	125	120	115	110
$\angle$	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
B	95	105	100	110	115	120	125	130	135	140	145	150
t	55	60	65	70	75	80	85	90	95	20	25	30
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	1	3	8	13	2	7	12	1	6	11	16	5

Показ- ник	Варіант											
	084	085	086	087	088	089	090	091	092	093	094	095
Q	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
Z_1	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	5,0	-14	-13	-12	-11
Z_2	28	26	25	24	23	22	23	24	68	67	65	64
ρ_1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
ρ_2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2
L_1	26	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	16
L_2	105	100	85	80	90	95	175	170	160	155	150	145
$\angle$	240	245	250	255	260	265	270	215	230	90	95	100
B	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
t	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	10	15	4	9	14	3	8	13	2	7	12	1

Продовження табл. 2

Показ- ник	Варіант											
	096	097	098	099	100	101	102	103	104	105	106	107
Q	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
Z_1	-10	-9,5	-9,0	-8,5	-8,0	-7,0	-6,0	-5,0	-4,0	-3,0	-2,5	-2,0
Z_2	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	50
P_1	1,8	1,9	2,0	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
P_2	2,3	2,4	2,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,9	1,9
L_1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	18
L_2	140	135	125	130	120	115	110	105	90	95	100	85
α	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160
β	150	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
t	95	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	6	11	16	5	10	15	4	9	14	3	8	13

Показ- ник	Варіант											
	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
Q	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38
Z_1	-1,5	-1,0	-0,5	-0,00	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Z_2	48	46	44	42	40	39	36	35	34	33	32	31
P_1	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
P_2	2,0	2,1	2,2	2,3	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
L_1	16	17	19	18	20	21	22	23	24	25	26	16
L_2	80	80	85	100	110	120	140	155	130	165	85	90
α	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220
β	145	150	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
t	75	80	85	90	95	20	25	30	35	40	45	50
K	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
M	2	4	9	14	3	8	13	2	7	12	1	6

Показ- ник	Варіант											
	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
<i>Q</i>	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
<i>z₁</i>	4,5	5,0	6,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,5	4,0
<i>z₂</i>	30	29	28	27	26	25	23	29	30	31	33	35
<i>p₁</i>	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
<i>p₂</i>	3,4	3,5	1,9	2,0	2,3	2,2	2,5	2,4	2,7	2,6	3,0	2,9
<i>l₁</i>	17	19	18	21	20	16	16	18	19	20	21	22
<i>l₂</i>	110	120	100	130	140	160	160	80	90	105	120	100
<i>L</i>	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	215	230
<i>B</i>	140	145	150	90	95	100	105	110	115	120	125	130
<i>t</i>	55	60	65	70	75	80	85	90	95	20	25	30
<i>K</i>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>M</i>	11	16	5	10	15	4	9	14	3	8	13	2

Показ- ник	Варіант												
	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	
<i>Q</i>	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	
<i>z₁</i>	-11	-13	-12	-10	-9,0	-8,0	-7,0	-6,0	-5,0	-4,0	-3,0	-2,0	
<i>z₂</i>	67	65	63	61	60	59	58	57	56	55	54	52	
<i>p₁</i>	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	
<i>p₂</i>	1,8	2,1	2,0	2,1	2,2	2,0	2,1	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	
<i>l₁</i>	23	24	25	26	15	17	18	19	20	21	22	24	
<i>l₂</i>	115	140	130	145	165	170	90	85	150	135	120	160	
<i>L</i>	95	90	100	110	115	120	125	130	135	140	145	150	
<i>B</i>	135	140	145	150	90	95	100	105	110	115	120	125	
<i>t</i>	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
<i>K</i>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
<i>M</i>	7	12	1	6	11	16	5	10	5	15	2	14	

Примітки: 1. Знак "мінус" перед значенням *z₁* вказує тільки місце розташування /вище насоса/ місткості, з якої видачується вода.

2. Нумерація в графі *M* /матеріал і стан труб/ відповідає наведеної в табл. Д.7.

Додаток
Таблиця Д.І

Стальні безшовні холоднодеформовані труби /ГОСТ 8734-78/

Зовнішній діаметр d_n , мм	Товщина стілки δ , мм	Зовнішній діаметр d_n , мм	Товщина стілки δ , мм
5	0,3...1,5	45, 48	1,0...10
6	0,3...2,0	50...76	1,0...12
7...9	0,3...2,5	80...95	1,2...12
10...12	0,3...3,5	100...108	1,5...18
13...15	0,3...4,0	110...130	1,5...22
16...19	0,3...5,0	140	1,6...22
20	0,3...6,0	150	1,8...22
21...23	0,4...6,5	160	2,0...22
24	0,4...7,0	170	2,0...24
25...28	0,4...8,0	180	2,0...24
30...36	0,4...9,0	190	2,8...24
38, 40	1,0...9,0	200...220	3,0...24
42	1,0...10	240...250	4,5...24

* Брати з ряду: 7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,21,22,23, 25,26,27,28,30,32,34,35,36,38,40,50,51,53,54,56,57,60,63,65,68,70, 73,75,76,80,83,85,89,90,95,100,102,108,110,120,130,200,210,220 мм.

** Брати з ряду: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26 мм.

Таблиця Д.2
Безшовні гарячедеформовані труби з корозійно стійкої
сталі /ГОСТ-9940-80/

Зовнішній діаметр*, мм	Товщина стінки**, мм
1	2
76, 83	3,5...10
89	3,5...14
95	5...16
102, 108	5...20

Закінчення табл. Д.2

1	2
114	5...22
121, 127	5...26
133, 159	4...26
163	7...26
180	8...23
194	9...23
219	10...23
245	11...25
273	11...20
325	12...16

* Брати з ряду: 133, 140, 146, 152, 159 мм.

мм
Брати з ряду: 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10 - 23 з інтервалом 1 мм.

Таблиця Д.3

Стальні безшовні гарлячекатані труби/ГОСТ-8732-78/

Зовнішній діаметр труб*, мм	Товщина стінки труб** мм
1	2
25...42	2,5...4,0
45	2,5...5,0
50	2,5...5,5
54	3,0...11
57	3,0...12
60...63,5	3,0...14
68; 70	3,0...16
73; 76	3,0...18
83	3,5...18
89...102	3,5...22
108...121	4,0...23
127	4,0...30
133	4,0...32
140...159	4,5...36

Закінчення табл. Д.3

I	2
168...194	5,0...45
203; 219	6,0...50
245; 273	7,0...50
299...351	8,0...75
377...426	9,0...75
450	16...75
480...530	25...75

* Брати з ряду: 28, 32, 38, 89, 95, 114, 140, 146, 152, 180, 229, 325, 402, 500 мм.

** Брати з ряду: 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 60, 63, 65, 70 мм.

Таблиця Д.4

Стальні водогазопровідні труби /ГОСТ-3262-78/

Умовний прохід	Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки труб, мм		
		легкий	звичайних	підсилений
1	2	3	4	5
6	10,2	1,8	2,0	2,5
8	13,5	2,0	2,2	2,8
10	17,0	2,0	2,2	2,8
15	21,3	2,5	2,8	3,2
20	26,8	2,5	2,8	3,2
25	33,5	2,8	3,2	4,0
32	42,3	2,8	3,2	4,0
40	48,0	3,0	3,5	4,0
50	60,0	3,0	3,5	4,5
65	75,5	3,2	4,0	4,5
80	88,5	3,5	4,0	4,5
90	101,3	3,5	4,0	4,5
100	114,0	4,0	4,5	6,0
125	140,0	4,0	4,5	5,5
150	165,0	4,0	4,5	6,5

Таблиця Д.5

Труби сталеві електрозварні із спіральним швом

Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм	ТУ, ГОСТ
1	2	3
114	4...12	ТУ 14-3-199-73
121	4...14	
127	4...14	
133	4...14	
140	4,5...14	
351	22	ТУ 14-3-136-73
402	22	
451	22	
325	40...60	МР ТУ 14-4-21-67
351	13...60	
377	13...60	
426	14...60	
465	18...45	
530	7,5...9	ЧМ ТУ 3-314-70
720	7,5...11	
820	8,5...11	
1220	11...15,2	
108	3...10	ЧМ ТУ 3-314-70
110	3,5...11	
120	3,5...12	
121	5...8	
127	5...8	
130	3,5...12	
133	5...8	
140	3,5...12	
146	5...8	
150	3,5...18	
159	5 - 8; 16	
160	4...18	
170	4...18	
180	4...18	

Закінчення табл.Д.5

1	2	3
200	4...14	ЧМ ТУ 3-314-70
220	4...14	
250	4...10	
530	6	ГОСТ 8696-74
630	6; 7	
820	8; 9	
1020	9	
1420	14	
530	6	ТУ 14-3-248-74
630	6; 7	
820	8	
1420	14	ТУ 14-3-333-74
1720	16	За погодженням

Таблиця Д.6

Труби чавунні /ГОСТ 9583-75/

Умовний прохід	Довжина труби, мм	Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм
1	2	3	4

Труби класу ЛА

65	2; 3	81	6; 7
80	3; 4	98	7,2
100	3...6	118	7,5
125	3...6	144	7,9
150	3...6	170	8,3
200	4...6	222	9,2
250	4...6	274	10
300	4...6	326	10,8
350	4...6	378	11,7
400	4...10	429	12,5
500	4...10	532	14,2
600	4...10	635	15,8

Продовження табл.Д.6

I	2	3	4
700	4...6	738	17,5
800	4...6	842	19,2
900	4...6	945	20,6
1000	4...6	1048	22,5

Труби класу А

65	2; 3	81	7,4
80	3; 4	98	7,9
100	3...6	118	8,3
125	3...6	144	8,7
150	3...6	170	10,0
200	4...6	222	10,1
250	4...6	274	11,0
300	4...6	326	11,9
350	4...6	378	12,8
400	4...10	429	13,3
500	4...10	532	15,6
600	4...10	635	17,4
700	4...6	738	19,3
800	4...6	842	21,1
900	4...6	945	22,3
1000	4...6	1048	24,8
1200*	4...6	1256	28,4

Труби класу В

65	2; 3	81	8,0
80	3; 4	98	8,8
100	3...6	118	9,0
125	3...6	144	9,5
150	3...6	170	10,0
200	4...6	222	11,0
250	4...6	274	12,0
300	4...6	326	13,0
350	4...6	378	14,0
400	4...10	429	15,0
500	4...10	532	17,0

Закінчення табл. Д.6

1	2	3	4
600	4...10	635	19,0
700	4...6	738	21,0
800	4...6	842	23,0
900	4...6	945	25,0
1000	4...6	1048	27,0

* Розміри відповідають ГОСТ 5525-61.

Таблиця Д.7

Значення абсолютної шорсткості труб

№ п/п	Характеристика поверхні труб	Шорсткість, мм

Суцільнотягнуті труби

1	Технічно гладкі з латуні, міді, свинцю і скла	0,0015...0,01
2	Нові сталеві	0,02...0,1
3	Сталеві, очищені після багатьох років експлуатації	До 0,4
4	Сталеві водяних систем опалення	0,2
5	Сталеві водопровідні, що перебувають в експлуатації	1,2...1,5

Суцільнозварні сталеві труби

6	Нові чи старі в хорошому стані	0,04...0,1
7	Ті, що були в експлуатації	0,1...0,15
8	Забруднені в процесі експлуатації, на воді не кородовані	0,95...1,0
9	Значні відкладення	2...4

Чавунні труби

10	Нові	0,25...1,0
11	Водопровідні, що були в експлуатації	1,4

Закінчення табл. Д.7

1	2	3
12	Ті, що були в експлуатації, кородовані	1,0...1,5
13	З відкладеннями	1,0...1,5
14	Значні відкладення	2,0...4,0
15	Очищені після багатьох років експлуатації	0,3...1,5
16	Значно кородовані	До 3,0

Таблиця Д.8

Залежність тиску насиченої водяної пари від температури

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$
1	2	1	2	1	2
15	1704	45	9584	75	38550
20	2337	50	12335	80	47360
25	3166	55	15740	85	57810
30	4241	60	19917	90	70110
35	5622	65	25010	95	84510
40	7375	70	31170	100	101325

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960. - 464 с.
2. Мотуз И.К. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по гидравлике. - К.: КИИП, 1983. - 95 с.
3. Ступин А.К. Насосы: Каталог-справочник. - М.: ГосНТИ "Машгиз", 1959. - 561 с.
4. Шлиппченко З.С. Насосы, компрессоры, вентиляторы. - К.: Техника, 1976. - 358 с.

ЗМІСТ

I. Загальні вказівки	3
I.1. Рівняння Бернуллі і закон постійності витрат рідини	3
I.2. Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів	4
I.3. Визначення показів приладів. Енергетичний баланс насосної установки	II
I.4. Вибір відцентрового насоса	II
I.5. Визначення характеристики насоса при част- ковому закритті запірного органа	16
I.6. Послідовна і паралельна робота відцентро- вих насосів	16
I.7. Умови безкавітаційної роботи насосної уста- новки	17
2. Завдання для самостійної роботи	19
Додаток	27
Список літератури	34

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
Киевский ордена Трудового Красного Знамени
технологический институт пищевой промышленности

Учебное издание

Методические указания
к самостоятельной работе "Гидравлический расчет
установки центробежного насоса"
по дисциплине "Гидравлика и гидравлические машины"
для студентов специальности 17.06
дневной формы обучения

Составители: Кулинченко Виталий Романович
Мотуз Игорь Константинович
Савцова Ольга Владимировна

Киев КТИП 1991

На украинском языке

Навчальне видання

Методичні вказівки
до самостійної роботи "Гідравлічний розрахунок
установки відцентрового насоса"
з дисципліни "Гідравліка і гідравлічні машини"
для студентів спеціальності 17.06
денної форми навчання

Упорядники: Кулінченко Віталій Романович
Мотуз Ігор Константинович
Савцова Ольга Володимирівна

Редактор В.Г.Шевельова

Коректори: М.П.Вадро
Н.М.Дзвона
Н.Ф.Слоніна

Підп. до друку 07.03.91.

друку № 3 . Друку офсетний. Ум. др. арк. 159.

Облік.-внд. арк. 176.

Зам. № 04204р. Безплатно

Формат 60×84¹/₁₆ Папір
Ум. фарбо-відд. 2,2
Тираж 500.

КТИП. 252601, Київ-17, Володимирська, 63.

РРБО «Украуздоліграф».
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

СУПРОВІДНА ІНФОРМАЦІЯ ДО ПУБЛІКАЦІЇ

Методичні вказівки і до самостійної роботи «Гідравлічний розрахунок установки відцентрового насоса» по дисципліні «Гідравліка і гідравлічні машини» для студентів спеціальності 17.06 денної форми навчання.

Укладачі В.Р. Кулінченко: І.К. Мотуз, О.В. Саввова.– К.: КТІХП, 1991.- 36 с.

Приводиться методика розрахунку відцентрового насоса з варіантами завдань

Ключові слова: вказівки, відцентровий насос

Методические указания и к самостоятельной работе «Гидравлический расчет установки центробежного насоса» по дисциплине «Гидравлика и гидравлические машины» для студентов специальности 17.06 дневной формы учебы.

Составители В.Р. Кулинченко: И.К. Мотуз, О.В.Саввова. – К.: КТИХП, 1991.- 36 с.

Приводится методика расчета центробежного насоса с вариантами заданий

Ключевые слова: указания, центробежный насос

Methodical pointing and to independent work the «Hydraulic calculation of setting of chempump» on discipline of «Gidravlika and hydraulic machines» for the students of speciality 17.06 daily form of studies.

Compilers: V.R. Kulinchenko: I.K. Motuz, O.V.Savvova. – К.: КТИФІ, 1991.- 36 p.

A method over of calculation of chempump is brought with the variants of tasks

Keywords: pointing, chempump