



Національний університет
водного господарства та
природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-05-43

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково - графічної роботи з дисципліни:
«ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І
ВОДОВІДВЕДЕННЯ ТА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЯ»

для студентів спеціальності 7.06010108
«Водопостачання та водовідведення»

Рекомендовано методичною комісією
за спеціальністю 7.06010108,
8.06010108 «Водопостачання та
водовідведення» навчально-наукового
інституту водного господарства та
природо облаштування
Протокол № 2 від 22.10.13 р.

Рівне, 2014



Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни: «Обладнання систем ВіВ та їх експлуатація» для студентів спеціальності 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення» / О.М.Квартенко. – Рівне: НУВГП, 2014- 10 с.

Упорядник: О.М. Квартенко, канд. тех. наук, доцент кафедри водопостачання та бурової справи;

Відповідальний за випуск: В.О. Орлов, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання та бурової справи.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Струменеві гідрокомпресорні установки	3
2. Можливі варіанти схем струменевих гідрокомпресорних установок	3
3. Розрахунок гідрокомпресорних установок	5
Рекомендована література	8
Додатки	9

В методичних вказівках розглянуті методи розрахунку гідроструменевих установок. В процесі виконання роботи студенти отримують навички розрахунку альтернативних компресорам та повітродувкам апаратів, які забезпечують більш надійну подачу повітря та можуть бути застосованими у різних галузях водопровідно-каналізаційного господарства.

Дані методичні вказівки можуть бути корисними при виконанні розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Обладнання систем ВіВ та їх експлуатація»

© Квартенко О.М., 2014

© НУВГП, 2014



Розрахунково-графічна робота «Розрахунок струменевих гідрокомпресорних установок» виконується в процесі вивчення дисципліни «Обладнання систем ВіВ та їх експлуатація» у 9 семестрі студентами 6.060101 «Будівництво» за фаховим спрямуванням «Водопостачання та водовідведення». В процесі виконання роботи студенти отримують навички розрахунку альтернативних компресорам та повітродувкам апаратів, які забезпечують більш надійну подачу повітря та можуть бути застосованими у різних галузях водопровідно-каналізаційного господарства.

1. Струменеві гідрокомпресорні установки

Здатність всмоктувати гази із атмосфери та підвищувати їх тиск дозволяє застосувати гідроструменеві апарати (гідрокомпресори) в установках для подачі стислого повітря. В галузі водопостачання - водовідведення гідрокомпресорні установки можуть застосовуватися для подачі стислого повітря в біофільтри, аеротенки, флотатори, замість повітродувки на станціях очистки природних і стічних вод. Установка забезпечує більшу надійність подачі повітря ніж звичайні повітродувки.

2. Можливі варіанти схем струменевих гідрокомпресорних установок

Установки (рис.1 а, в) представляють собою відкриті (проточні схеми) з одноразовим застосуванням води. Робоча рідина з витратою Q_p та тиском p_p подається до сопла гідроструменевого ежектора 4, який підсмоктує повітря із атмосфери з тиском p_n та об'ємними витратами Q_n .

Повітряна суміш надходить до баку-ресивера 5, де повітря відділяється від води. Для поліпшення розділу повітря та води служить перегородка 3. Повітря через вантуз 2 поступає до споживачів, а вода через засувку 1 скидається або поступає для повторного використання. Установка по рис. 1.в відрізняється тим, що ежектор 4 встановлений на деякій висоті над рівнем води в баці 5. Це дозволяє при однаковому, із схемою рис.1.а, тиском p_c після ежектора отримати більшу подачу повітря Q_n або при рівних подачах створити більший тиск повітря в баці -ресивері 5.

Установки за відкритими схемами (рис. 1.а,б) потребують витрату більшої кількості робочої води, яка після використання, як правило йде на скид. Більш економічними є установки, які виконані за циркуляційною схемою (рис.1. б, г). Витрати води обумовлені лише необхідністю підтримання температури води у циркуляційному баці у заданих межах, або відведенні забруднень, які поступають з повітря, що перекачується. Завдяки тому, що тиск стислого повітря, який створюється в баці 5 передається через насос 6 на робоче сопло ежектора, установки, зображені на рис.1.б, г, забезпечують більші коефіцієнти підсмоктування, ніж установки, виконані за схемами а,в.

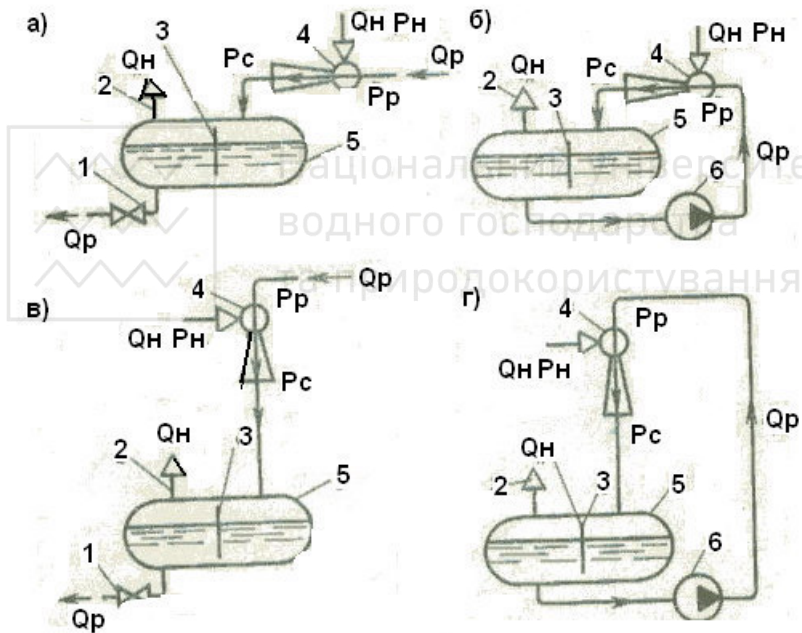


Рис 1. Схеми гідрокомпресорів струменевого типу.

а, в - відкриті схеми відповідно з низьким та високим розташуванням струйного апарату; б,г - циркуляційні схеми-відповідно з низьким та високим розташуванням струменевого апарату.



3. Розрахунок гідрокомпресорних установок

Розрахувати струменеву гідрокомпресорну установку. Вода до робочого сопла ежектора подається відцентровим насосом, який створює абсолютний тиск $p_{\text{нас.}} = 0,6$ МПа, при витраті робочої води $Q_p = 20$ м³/год. Установки повинні створювати абсолютний тиск повітря в баці $p_c' = 0,2$ МПа. Температура робочої води становить $T = 40^{\circ}\text{C}$. Повітря забирається із атмосфери, $p_n = 0,1$ МПа при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

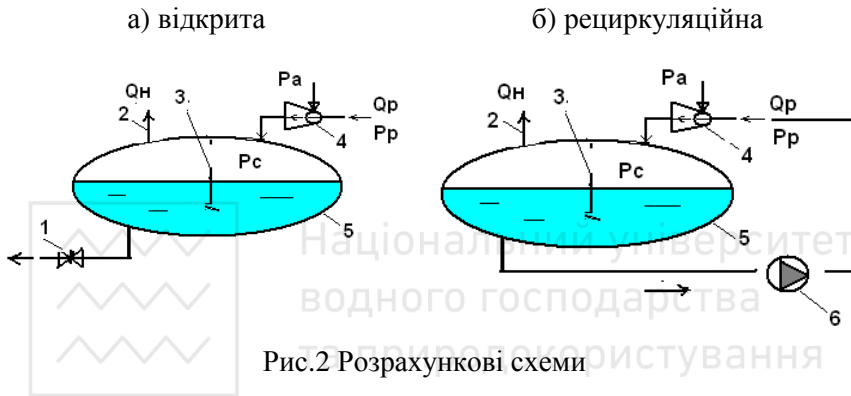


Рис.2 Розрахункові схеми

Використовуючи номограму на рис.3. додаток 2, визначають об'ємний коефіцієнт підсмоктування U_o , який приведений до тиску на всмоктуванні, та основний геометричний параметр ежектора d_r/d_c - який необхідний для забезпечення оптимального режиму гідроструменевого ежектору.

Для установки, яка виконана по відкритій схемі (рис. 1, а) при $p_p = p_{\text{нас.}} = 0,6$ МПа, та $p_c = 0,2$ МПа (по завданню) отримують $U_o = 0,9$, $d_r/d_c = 2,25$.

У випадку застосування циркуляційної установки (рис.1. б): $p_p = p_{\text{нас.}} + p_c' = 0,6 + 0,2 - 0,1 = 0,7$ МПа (так як додається абсолютний тиск, то з результату добутку необхідно відняти 0,1 МПа (атмосферний тиск)). При $p_o = 0,7$ МПа та $p_c = 0,2$ МПа для циркуляційної установки маємо $U_o = 1,1$, $d_r/d_c = 2,4$.

Визначають об'ємні коефіцієнти підсмоктування ежекторів по



$$U_{o.c} = k_n \cdot k_\tau \cdot U_0 \quad (1)$$

де $k_n = 1 - (p_{н.п}/p_n)$ - поправочний коефіцієнт на тиск насичених парів рідини;

$p_{н.п}$ - абсолютний тиск насичених водяних парів в залежності від температури води τ (додаток 1)

$p_n = 0,1$ МПа - атмосферний тиск;

$$k_\tau = \left(\frac{T_n}{T_p} \right) \quad (2)$$

k_τ - поправочний коефіцієнт на різницю абсолютних температур робочої води T_p , та повітря, яке підсмоктується, $T_n = 293$ К ($t=20^\circ\text{C}$).

Абсолютний тиск насичених парів, при температурі робочої води 40°C , $p_{н.п}=0,007$ МПа (додаток 1), тоді:

$$k_n = 1 - \left(\frac{0,007}{0,1} \right) \approx 1,0;$$

$$k_\tau = \left(\frac{T_n}{T_p} \right) = \frac{293}{313} = 0,87$$

Об'ємний коефіцієнт підсмоктування по сухому повітрю для відкритої схеми: $U_{o.c} = k_n \cdot k_\tau \cdot U_0 = 0,9 \cdot 0,98 = 0,78$

$$U_{o.c} = k_n \cdot k_\tau \cdot U_0 = 0,9 \cdot 0,98 = 0,78$$

Об'ємний коефіцієнт підсмоктування по сухому повітрю для циркуляційної схеми:

$$U_{o.c} = k_n \cdot k_\tau \cdot U_0 = 1,1 \cdot 0,87 = 0,96$$

3.3. Привести об'ємні коефіцієнти підсмоктування до тиску в баці-ресивері $p_c'=0,2$ МПа;

$$U_o' = U_{o.c} \cdot \frac{p_n}{p_c} \quad (3)$$



для відкритої схеми:

$$U_o' = U_{o.c.} \cdot \frac{p_n}{p_c} = \frac{0,78 \cdot 0,1}{0,2} = 0,39$$

для циркуляційної схеми:

$$U_o' = 0,96 \cdot \frac{0,1}{0,2} = 0,48$$

3.4. О'ємна витрата сухого повітря приведена до тиску на всмоктуванні:

$$Q_g = U_{o.c.} \cdot Q_p, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4)$$

-для відкритої схеми

$$Q_g = U_{o.c.} \cdot Q_p = 0,78 \cdot 20 = 15,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

-для циркуляційної схеми:

$$Q_g = U_{o.c.} \cdot Q_p = 0,96 \cdot 20 = 19,2 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Відповідні витрати стислого повітря, приведені до тиску в баці ($p_c' = 0,2$ МПа), і складають:

$$Q_n' = U_{o.c.}' \cdot Q_p \quad (5)$$

-для відкритої схеми:

$$Q_n' = U_{o.c.}' \cdot Q_p = 0,9 \cdot 20 = 7,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

-для циркуляційної схеми:

$$Q_n' = U_{o.c.}' \cdot Q_p = 0,48 \cdot 20 = 9,6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3.5. Розміри сопла та камери змішення розраховують за допомогою номограми (додаток 2, рис.4).

За значеннями величини (Q_p (м³/год) та Δp визначають d_c , мм; діаметр камери змішення d_c

$$\Delta p_p = p_p - p_n \text{ МПа}, \quad (6)$$

$$d_r = d_c \cdot \alpha, \text{ мм}, \quad (7)$$

де $\alpha = \frac{d_r}{d_c}$ (з номограми рис. 3). За Q_p та $v_p = 1,8 \dots 2,5$ м/с

підбирається діаметр диффузора D_2 , мм

Довжина диффузору $L_g = (6 \dots 7) D_2$, мм;

Довжина камери змішення $l_r = (6 \dots 10) d_r$;



$$\Delta p_p \cdot p_p = p_p \cdot p_n = 0,6 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ МПа}$$

$$d_c = 15 \text{ мм}$$

$$d_z = d_c \cdot \alpha = 15 \cdot 2,25 = 33,8 \approx 34 \text{ мм}$$

$$Q_p = \frac{20}{3,6} = 3,3 \text{ л/с}$$

$$D = 50 \text{ мм}$$

$$L_o = 6 \cdot 50 = 300 \text{ мм}$$

$$l_z = 10 \cdot d_z = 10 \cdot 34 = 340 \text{ мм}$$

$$\Delta p_p = p_p \cdot p_n = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ МПа}$$

$$d_c = 14,5 \text{ мм}$$

$$d_z = d_c \cdot \alpha = 14,5 \cdot 2,4 = 34,8 \approx 35 \text{ мм}$$

$$Q_p = \frac{20}{3,6} = 3,3 \text{ л/с}$$

$$D = 50 \text{ мм}$$

$$L_o = 6 \cdot 50 = 300 \text{ мм}$$

$$l_z = 10 \cdot d_z = 10 \cdot 35 = 350 \text{ мм}$$

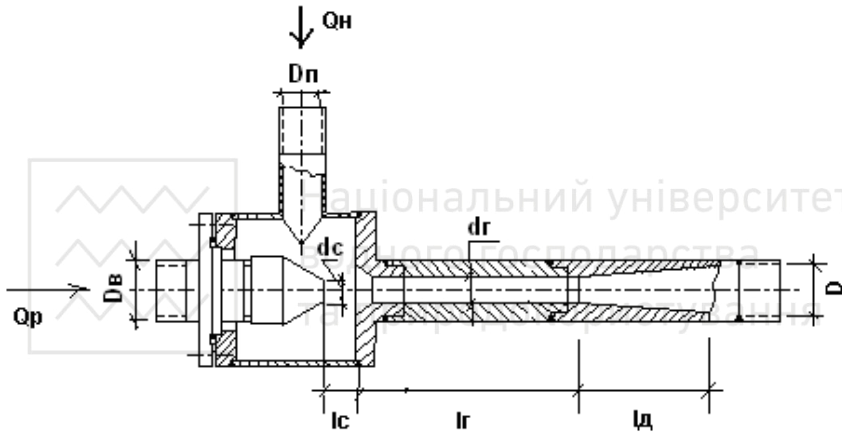


Рис. 2 Схема ежектора

l_c – відстань від сопла до камери змішування; l_r – довжина камери змішування; l_d – довжина дифузору; D_b , D_n , D – діаметри патрубків відповідно: подачі робочої рідини; підсмоктування повітря із атмосфери; подачі повітряно-водяної суміші; d_c – діаметр сопла; d_r – діаметр камери змішування.

3.6. По витраті Q_p ($\text{м}^3/\text{год}$) та необхідному тиску p_p , МПа, підбирається відцентровий насос.

Wilo-Multivert-MVI 5203

$N=6 \text{ кВт}$ $\eta=58\%$

Wilo-Multivert-MVI 5204

$N=7 \text{ кВт}$ $\eta=58\%$



1. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988.
2. Методичні вказівки для виконання розрахунково-графічної роботи „Розрахунок струменевих гідрокомпресорних установок” з курсу „Обладнання систем ВіВ” студентами 5 курсу спеціальності 7.092601 „Водопостачання та водовідведення” /Приходько В.П., Квартенко О.М./ - Рівне: РДТУ, 1999 (МВ 055-105).
3. Каталог насосов для водоснабжения. Высоконапорные центробежные насосы. Каталог ВЗ-50Гц-2007. WILO Pumpen Intelligen.175с.

Вихідні дані

№п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{нас}}$, МПа	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5
P_c , МПа	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3

№п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_D , м ³ /год	20	15	10	25	20	15	10	10	25	20
T , °С	10	20	20	10	15	5	20	5	15	15

Додаток 1

t , °С	0	5	10	20	30	40
$P_{\text{нп}}$, МПа	0,0006	0,0008	0,001	0,002	0,004	0,007
t , °С	50	60	70	80	90	100
$P_{\text{нп}}$, МПа	0,012	0,019	0,031	0,047	0,07	0,1

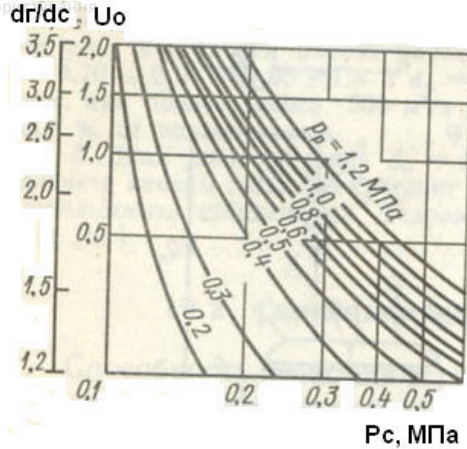


Рис. 3. Номограма для розрахунку гідрокомпресорів струменевого типу

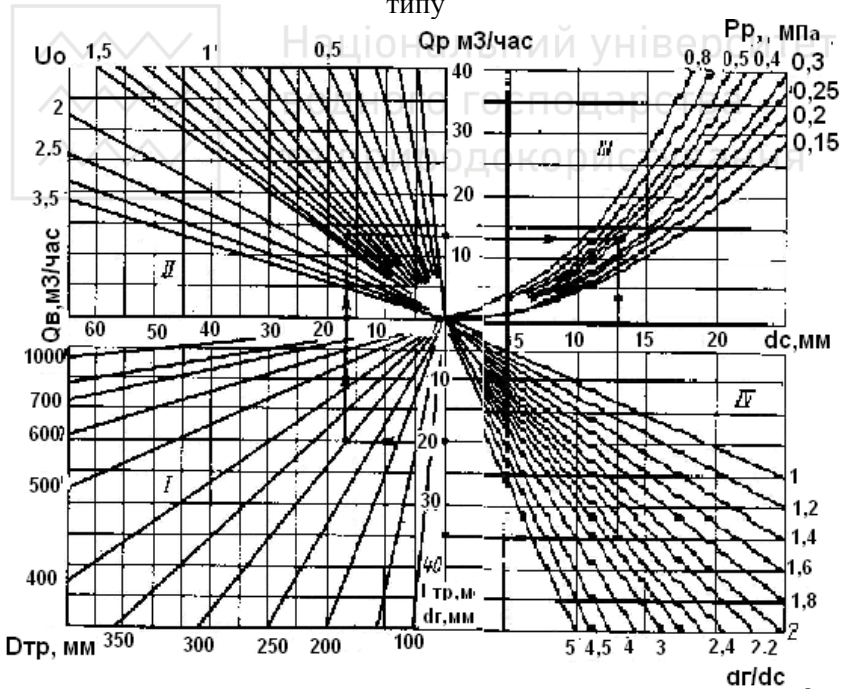


Рис.4. Номограма для розрахунку параметрів водоповітряного ежектора