

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічного завдання

з дисципліни

Насосні і повітродувні станції

(для студентів 4 - 5 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.060103- «Гідротехніка (Водні ресурси)» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092601, 7.06010108 "Водопостачання та водовідведення")

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічного завдання з дисципліни "Насосні і повітродувні станції" (для студентів 4 - 5 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.060103- «Гідротехніка (Водні ресурси)» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092601, 7.06010108 "Водопостачання та водовідведення") / Харк. нац. акад. міськ. госп - ва; уклад: М. М. Яковенко, В. М. Беляєва. – Х.: ХНАМГ, 2012 – 28 с.

Укладачі: М. М. Яковенко, В. М. Беляєва

Рецензент: доц. А. М. Колотило

Рекомендовано кафедрою ВВ і ОВ,
протокол № 1 від 2.09.2010 р.

Зміст

Вступ.....	4
1. Розрахунково-графічні завдання для насосної станції другого підйому..	5
2. Розрахунково-графічні завдання для насосної станції водовідведення...	6
3. Приклади розрахунків насосних станцій II підйому й каналізації.....	7
3.1. Насосна станція II підйому. Визначення продуктивності насосів I та II ступеня.....	7
3.2. Насосна станція водовідведення.....	15
4. Список використаних джерел.....	27

ВСТУП

Насоси та водопідйомники належать до одних з перших механізмів, якими людство користувалося ще за довго до нашої ери. Конструктивно вони змінювалися від найпростіших: вороти, «Журавлі», водопідйомні колеса до сучасних різноманітних насосів.

У стародавній Греції та Римі використовувалися поршневі насоси для викачування води з трюмів кораблів.

Ідея відцентрового насоса виникла ще в XVII сторіччі.

Розповсюдження відцентрових насосів довго стримувалося відсутністю швидкісних двигунів. З появою електродвигунів почалося розповсюдження відцентрових, а згодом і осьових насосів.

Значний внесок у розвиток теорії насосів і практики їхнього використання зробили такі вчені, як Г. Ф. Проскура, А. Г. Шухов, С. С. Руднев, А. Є. Караваєв, В. Я. Карелін, М. Г. Малішевський.

Вивчення курсу «Насосні і повітродувні станції» потребує від студентів підготовки за низкою загально - технічних і спеціальних дисциплін, до яких можна віднести гідравліку, деталі машин та електротехніку.

**1. РАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ П ПІДЙОМУ**

Продуктивність м ³ /доб.		Z _{рчв}	Z _{зміш}	Z _{земл}	Z _{мережі}	H _{вільн}	l _{всм}	l _{напору}	H _{вільн.} пож	K _{год}
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	70000	126	136	127	136	26	10	1000	35	1.35
2	75000	127	127	128	137	28	15	1100	33	1.35
3	80000	128	138	129	138	30	20	1200	37	1.35
4	85000	129	139	130	139	30	25	1300	37	1.5
5	90000	130	140	131	140	28	30	1400	33	1.5
6	95000	131	141	132	141	26	35	1500	35	1.5
7	10000	132	142	133	142	26	40	1350	38	1.6
8	7300	133	143	134	143	28	20	1380	37	1.6
9	7800	134	144	135	144	30	22	1450	36	1.5
10	8300	135	145	136	145	28	24	1550	35	1.6
11	8800	136	146	137	146	26	30	1600	38	1.6
12	9300	137	147	138	147	30	33	1650	29	1.6
13	10200	138	148	139	148	26	38	1800	33	1.5
14	10550	139	149	140	149	28	35	1850	36	1.50
15	11500	140	150	141	150	30	24	1700	38	1.35
16	11850	141	151	142	151	30	22	1750	37	1.70
17	11050	142	152	143	152	28	18	1900	35	1.70
18	12000	143	153	144	153	26	28	1950	37	1.35
19	12350	144	154	145	154	26	38	1980	38	1.70
20	12580	145	155	146	155	30	35	2000	36	1.35
21	13000	146	156	147	156	30	30	5100	37	1.35
22	13500	147	157	148	157	28	25	2200	39	1.35
23	13370	148	158	149	158	28	20	2300	36	1.60
24	14050	149	159	150	159	30	18	2400	38	1.35
25	14580	150	160	151	160	30	16	2500	37	1.35
26	15000	151	161	152	161	30	40	2600	39	1.5
27	16000	149	159	150	159	28	35	1850	35	1.5
28	17000	135	145	136	156	28	24	1600	33	1.5
29	17000	130	140	131	140	28	35	1350	32	1.5

**2. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Продуктивність м ³ /доб		K _{год}	Z _{випливу}	Z _{землі}	Z _{лот. колект}	Z _{мін.усв}	l _{всм}	l _{напору}
1		2	3	4	5	6	7	8
1	20000	1,80	100,00	68,50	63,50	62,00	2,00	200,00
2	25000	1,70	102,00	70,50	65,50	64,00	3,00	300,00
3	30000	1,60	104,00	72,50	67,50	66,00	4,00	400,00
4	35000	1,50	106,00	74,50	69,50	68,00	5,00	500,00
5	40000	1,40	108,00	76,50	71,50	70,00	4,00	250,00
6	45000	1,60	110,00	78,50	73,50	72,00	3,00	350,00
7	50000	1,70	112,00	80,50	75,50	74,00	6,00	450,00
8	55000	1,80	114,00	82,50	77,50	76,00	4,00	320,00
9	60000	1,40	116,00	84,50	79,50	78,00	5,00	270,00
10	65000	1,60	118,00	86,50	81,50	80,00	4,00	300,00
11	70000	1,50	120,00	88,50	83,50	82,00	3,00	350,00
12	75000	1,70	122,00	90,50	85,50	84,00	2,00	470,00
13	80000	1,80	124,00	92,50	87,50	86,00	5,00	520,00
14	85000	1,40	126,00	94,50	89,50	88,00	4,00	220,00
15	90000	1,50	128,00	96,50	91,50	90,00	6,00	230,00
16	100000	1,60	130,00	98,50	93,50	92,00	4,00	260,00
17	10500	1,70	111,00	79,50	74,50	73,00	3,00	360,00
18	11000	1,80	113,00	81,50	76,50	75,00	5,00	330,00
19	11500	1,40	115,00	83,50	78,50	77,00	4,00	380,00
20	12000	1,50	117,00	85,50	80,50	79,00	3,00	280,00
21	12500	1,60	119,00	87,50	82,50	81,00	2,00	270,00
22	12700	1,40	132,00	100,50	98,50	97,00	3,00	250,00
23	13000	1,50	134,00	102,50	100,50	99,00	4,00	300,00
34	13500	1,60	136,00	104,5	102,50	101,00	5,00	350,00
25	14000	1,70	138,00	106,50	104,50	103,00	6,00	270,00
26	14500	1,80	140,00	108,50	106,50	105,00	7,00	370,00
27	15000	1,60	142,00	110,50	108,50	107,00	5,00	400,00
28	15500	1,50	144,00	112,50	110,50	109,0	6,00	320,00
29	16000	1,70	146,00	114,50	112,50	111,00	3,00	270,00
30	16500	1,40	148,00	116,50	114,50	113,00	5,00	180,00

3. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ І ПІДЙОМУ Й КАНАЛІЗАЦІЇ

3.1. Насосна станція ІІ підйому

Визначення продуктивності насосів І та ІІ ступені

ВИХІДНІ ДАНІ

Максимальна продуктивність насосної станції	60000 м ³ /добу
Коефіцієнт годинної нерівномірності	K _{ГОД} = 1,25
Позначка рівня води в РЧВ	Z _{РЧВ} = 115 м;
Позначка рівня води в змішувачі	Z _{ЗМ} = 125 м;
Позначка землі в насосної станції	Z _З = 116 м;
Позначка початкової точки водогінної мережі міста	Z _{МЕР.} = 118 м;
Вільний напір	H _{ВІЛ.} = 18 м;
Вільний напір при пожежі	H _{ВІЛ. ПОЖ.} = 10 м;
Довжина всмоктувальних труб	L _{ВС} = 30 м;
Довжина напірних труб	L _{НАП} = 170 м.

Години роботи: 22.00 - 7.00 – І ступінь:

$$g_{ГОД.МАХ}^I = 3,85\% Q_{ДОБ.МАХ}$$

Максимальна продуктивність за годину, м³/ГОД:

$$Q_{АІА}^2 = \frac{Q_{АІА} \cdot g_{АІА}}{100},$$

$$Q_{АІА}^2 = \frac{42000 \cdot 3,85}{100} = 1578,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальна секундна витрата:

$$Q_{\dot{N}}^2 = \frac{Q_{АІА}^2 \cdot 1000}{3600},$$

$$Q_{\dot{N}}^2 = \frac{1578,5 \cdot 1000}{3600} = 438,47 \text{ л/с}.$$

Години роботи: 7.00 - 22.00 – ІІ ступінь

$$g_{АІА}^{II} = 5,2\% \cdot Q_{\dot{N}}^2,$$

$$Q_{АІА}^{II} = \frac{4200 \cdot 5,2}{100} = 2132 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$Q_{\dot{N}}^{II} = \frac{2132 \cdot 1000}{3600} = 592,22 \text{ л/с}.$$

Кількість населення в місті N = 130000 чол. Запас води на гасіння пожеж зберігається у загальному об'ємі РЧВ. Приймаємо:

- кількість пожеж – 3;
- витрата на одну пожежу – 40л/с.

Витрата води на гасіння пожежі:

$$Q_{\dot{I}} = n \cdot g_N,$$

де n – кількість пожеж;

g_N - витрата води на 1 пожежу, л/с.

$$Q_{\dot{r}} = 3 \cdot 40 = 120 \text{ ґ/ґ},$$

$$Q_{\text{ПОЖ.МАХ}} = Q_{\text{МАХ}}^{\text{ХОЗ-ПИТ}} + Q_{\text{II}} = 592,22 + 120 = 712,22 \text{ л/с}$$

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків

Режим водоспоживання	Витрата Qp, л/с
I ступінь	438,47
II ступінь	592,22
Максимальна витрата	712,22

Гідравлічні розрахунки усмоктуючих і напірних трубопроводів

Усмоктуючі труби за станцією чавунні раструбні $l_{\text{УСМ}} = 30 \text{ м}$.

Усмоктуючих труб – 2, тоді розрахункова витрата кожної труби наступна:

$$Q_{\text{РОЗ}} = \frac{Q_{\text{С}}}{2},$$

$$Q_{\text{РОЗ}}^{\text{I}} = \frac{438,47}{2} = 219,24 \text{ л/с},$$

$$Q_{\text{РОЗ}}^{\text{II}} = \frac{592,22}{2} = 296,11 \text{ л/с}.$$

На випадок пожежі:

$$Q_{\text{РОЗ}}^{\text{ПОЖ}} = 712,22 \text{ л/с}$$

Гідравлічний розрахунок усмоктуючих трубопроводів проводимо за максимальною витратою II ступеня $Q = 296,11 \text{ л/с}$, $d_{\text{УСМ}} = 500 \text{ мм}$, $V = 1,5 \text{ м/с}$, $1000i = 5,94$.

Економічно вигідну швидкість перевіряємо

$$V_{\text{ОПТ}} = 0,7 + 0,0011d_{\text{ВЛ}} = 0,7 + 0,0011 \cdot 500 = 1,25 \text{ м/с}$$

Втрати напору:

$$h_{\text{УСМ}} = h_{\text{ДОВ}} + \sum h_{\text{М}}$$

Втрати напору за довжиною:

$$h_{\text{ДОВ}} = i \cdot l_{\text{ВС}} = 0,00594 \cdot 30 = 0,178 \text{ м}$$

До місцевих втрат напору входять:

- лійка, на початку, всмоктуючого трубопроводу $\xi_{\text{Л}} = 0,15$;
- засувка перед насосом $\xi_{\text{З}} = 5,0$;

$$\sum h_{\dot{r}} = (0,15 + 5,0) \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,591 \text{ м}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{\text{ВЛ}} = 0,178 + 0,591 = 0,769 \text{ м}$$

При максимальній витраті

$$Q = 712,22 \text{ л/с}, d = 800 \text{ мм}, v = 1,414 \text{ м/с}, 1000 i = 2,876.$$

Втрати напору на тертя, м:

$$h_{\text{АІА}} = \lambda \cdot l_{\text{ОНІ}} = 0,002876 \cdot 30 = 0,0863 \text{ м}$$

Місцеві втрати, м:

$$\sum h_i = (0,15 + 5,0) \cdot \frac{1,414^2}{2 \cdot 9,81} = 0,525 \text{ м}$$

Загальні втрати:

$$h_{\text{всЛ}} = 0,0863 + 0,525 = 0,6113 \text{ м}$$

Напірних труб теж вибираємо – дві:

$$Q_{\text{РОЗ}} = \frac{Q_{\text{С}}}{2}$$

I ступень $Q_{\text{РОЗ}}^I = 219,24 \text{ л/с}$

II ступень $Q_{\text{РОЗ}}^{II} = 296,11 \text{ л/с}$

Максимальне водоспоживання при пожежі:

$$Q_{\text{П}} = 712,22 \text{ л/с}$$

Розрахунок проводимо за II ступенем:

$$Q = 296,11 \text{ л/с}; d = 450 \text{ мм};$$

$$v = 1,86 \text{ м/с}; 1000 i = 10,4.$$

При пожежі

$$Q_{\text{П}} = 712,22 \text{ л/с}; d = 700 \text{ мм};$$

$$v = 1,854 \text{ м/с}; 1000 i = 5,852.$$

Втрати напору по довжині:

$$h_{\hat{A}\hat{A}} = 3 \cdot l_f$$

II ступінь $h_{\hat{A}\hat{A}} = 0,0104 \cdot 170 = 1,768 \text{ м}$

при пожежі: $h_{\hat{A}\hat{A}} = 0,00585 \cdot 170 = 0,9948 \text{ м}$

Загальні втрати напору, м:

$$h_f = 1,1 \cdot h_{\hat{A}\hat{A}}$$

II ступінь $h_f = 1,1 \cdot 1,768 = 1,945 \text{ м}$

пожежа $h_f = 1,1 \cdot 0,9948 = 1,0943 \text{ м}$

Повна висота підйому насосної станції

Таблиця 3.2 - Основні розрахункові параметри усмоктуючих і напірних трубопроводів

Трубопроводи	Кількість	d, мм	Q, л/с	v, м/с	1000i	h, м
Усмоктуючий:						
- госп-ко – питний	2	500	296.11	1.50	5.940	0.7688
- пожежний	1	800	712.22	1.414	2.876	0.6113
Напірний:						
- госп-ко – питний	2	450	296.11	2.780	23.420	4.379
- пожежний	1	700	712.22	1.854	5.850	1.0943

Потрібний напору насосної станції II підйому

$$H_p = H_\Gamma + \sum h + h_{HC} ,$$

де H_Γ - геометрична висота підйому води

$$H_\Gamma = (Z_C + H_{CB} + \sum h_w) - Z_{PЧВ} ,$$

де Z_C - позначка початкової точки мережі водопостачання, м;

H_{CB} - вільний напір, м;

$\sum h_w$ - втрати опору в мережі водопостачання, 3м;

$Z_{PЧВ}$ - позначка рівня води у РЧВ, м;

h_{HC} - втрати напору в внутрішніх комунікаціях насосної станції, м,
(рекомендовано 2 - 2,5м).

Потрібний напору насосної станції при роботі насосів II ступеня:

$$H_\Gamma = (118 + 18 + 3) - 115 = 24\text{м}$$

утрати напору

$$\sum h = 0,7688 + 4,3795 = 5,1483\text{ì}$$

$$H_p = 24 + 5,1483 + 5,8517 = 35\text{м}$$

Напору насосної станції, коли працюють пожежні насоси.

Геометричний напору:

$$H_\Gamma = (118 + 10 + 26,5) - 115 = 39,5\text{м}$$

Утрати напору у трубах:

$$\sum h = 0,6111 + 1,0943 = 1,7054\text{м}$$

Тоді:

$$H_D^i = 39,5 + 1,7054 + 2,2946 = 44\text{ì} .$$

Потрібний напір при роботі насосів I ступеня.

Витрата $Q = 438,47/2 = 219,24\text{л/с/}$

При $d_{ycm} = 500\text{мм}$

$$1000\ i = 3,297$$

$$v = 1,116\text{ м/с}$$

При $d_{нан} = 450\text{мм}$

$$1000\ i = 5,702$$

$$v = 1,376\text{м/с}$$

Втрати напору на тертя:

$$h_{\Delta AB}^{\text{ONi}} = \overset{3}{\underset{\text{ONi}}{\lambda}} \cdot l_{\text{ONi}} = 0,003297 \cdot 30 = 0,0989\text{ì} ;$$

$$h_{\Delta AB}^i = \overset{3}{\underset{i}{\lambda}} \cdot l_i = 0,005702 \cdot 170 = 0,9693\text{ì} .$$

Утрати напору на місцевих опорах:

$$h = (0,15 + 5,0) \cdot \frac{1,16^2}{2 \cdot 9,81} = 0,3269\text{ì}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{ycm} = 0,0989 + 0,3296 = 0,425\text{м}$$

Загальні втрати напору в напірному трубопроводі:

$$h_f = 1,1 \cdot h_{0D} = 1,1 \cdot 0,9693 \cdot 1,0662i$$

Вибір марки насосу

Вибір насосів проводимо за показниками: витрата Q_p і напору H_p зведені в таблицю

Таблиця 3.3 - Вибір кількості насосів

Група насосів	Кількість робочих насосів	Витрата одного насоса, Q_p , л/с	Напір, H_p , м
Господарсько-питний I	2	219,24	29,0
Господарсько-питний II	2	296,11	35,0
Мах водоспоживання	1	712,22	44,0

У насосній станції II підйому проектують горизонтальні насоси з двобічним входом типу Д.

I ступінь – насос Д1600 - 90 $D = 460$ мм $n = 960$ об/хв.

II ступінь – насос Д1600 - 90 $D = 515$ мм $n = 960$ об/хв.

Максимальне водопостачання – Д 3200 - 75 $D = 755$ мм $n = 730$ об/хв..

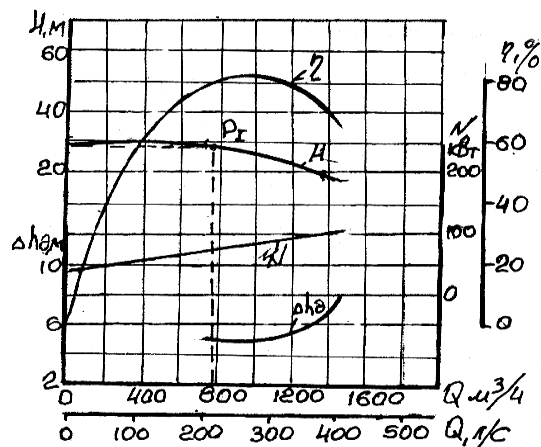


Рис. 3.1 - Характеристика насоса Д1600 - 90, $D = 460$ мм.

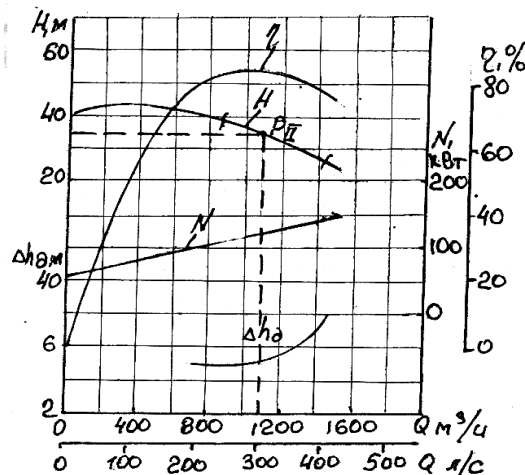


Рис. 3.2. - Характеристика насоса Д1600 - 90, $D = 525$ мм.

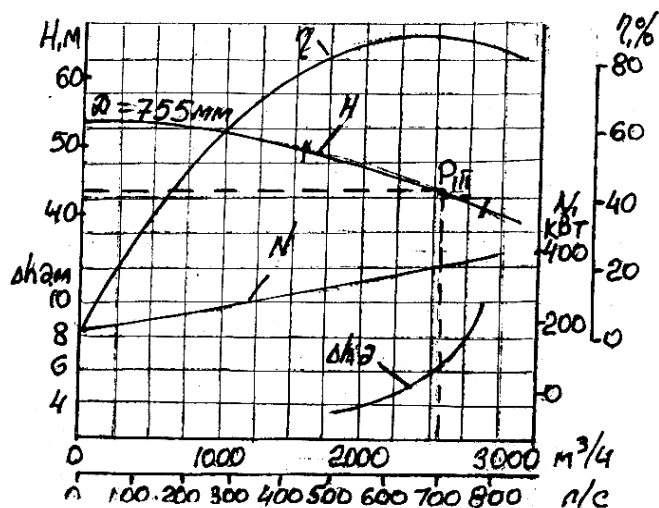


Рис 3.3 - Характеристика насоса Д3200 - 75, D = 755мм.

Сумісна робота насосів і водоводу

Характеристика трубопроводу має функціональний зв'язок між напором і витатою води $H = f(Q)_{тр}$:

$$H_{ТР} = H_{Г} + \sum \Delta h \text{ або}$$

$$H_{ТР} = H_{Г} + SQ^2$$

де $\sum \Delta h$ - загальні втрати напору в усмоктуючих, напірних і станційних комунікаціях;

S – опір труб залежно від діаметра й матеріалу труб:

$$S = \frac{\sum \Delta h}{Q_p^2}$$

звідки
$$\sum \Delta h = SQ_p^2 .$$

Розрахунки $Q_{ма}$ Н для I, II ступенів і мах водоспоживання (при пожежі) наведені в таблицях.

I ступень $Q = 219,24 \text{ л/с}$ $\sum \Delta h = 5,0 \text{ м}$ $S = 104,02$ $H_{Г} = 24 \text{ м}$

Таблиця 3.4 - Характеристика трубопроводу H- $Q_{тр}$ (I ступінь)

$Q, \text{м}^3/\text{с}$	0,056	0,111	0,167	0,222	0,278
$\sum \Delta h, \text{м}$	0,326	1,282	2,901	5,127	8,039
$H_{ТР} = H_{Г} + \sum \Delta h$	24,326	25,282	26,901	29,127	32,039

II ступень $Q = 296,11 \text{ л/с}$ $\sum \Delta h = 11,0 \text{ м}$ $S = 125,45$ $H_{Г} = 24 \text{ м}$

Таблиця 3.5 - Характеристика трубопроводу H - $Q_{тр}$ (II ступінь)

$Q, \text{м}^3/\text{с}$	0,056	0,111	0,167	0,222	0,278	0,333
$\sum \Delta h, \text{м}$	0,393	1,546	3,499	6,183	9,695	13,911
$H_{ТР} = H_{Г} + \sum \Delta h$	24,393	25,546	27,499	30,183	33,695	37,911

Максимальне водопостачання з урахуванням пожеж

$$Q = 712,22 \text{ л/с} \quad \sum \Delta h = 4,0 \text{ м} \quad S = 7,89 \quad H_{\Gamma} = 39,5 \text{ м}$$

Таблиця 3.6 - Характеристика трубопроводу $H-Q_{\text{тр}}$ max водоспоживання з урахуванням пожеж

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,069	0,139	0,278	0,347	0,417	0,556
$\sum \Delta h, \text{ м}$	0,038	0,152	0,610	0,950	1,372	2,439
$H_{\text{тр}} = H_{\Gamma} + \sum \Delta h$	39,538	39,652	40,110	40,450	40,872	41,939

За даними таблиць будемо характеристики трубопроводів.

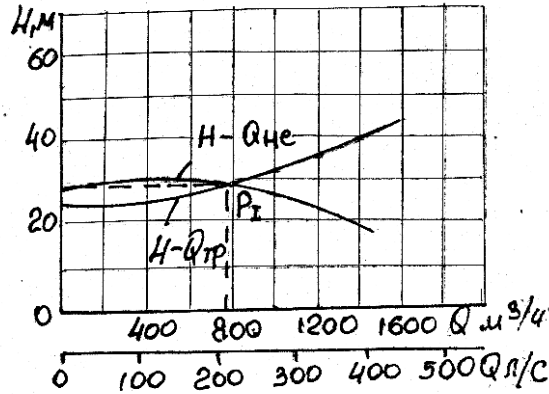


Рис. 3.4 - Характеристика трубопроводу $H - Q_{\text{тр}}$ (I ступінь)

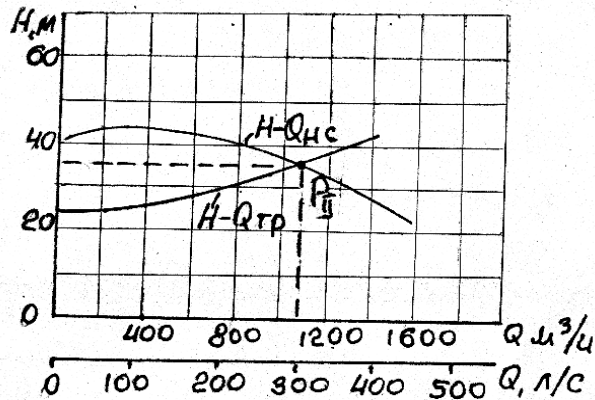


Рис. 3.5 - Характеристика трубопроводу $H - Q_{\text{тр}}$ (II ступінь)

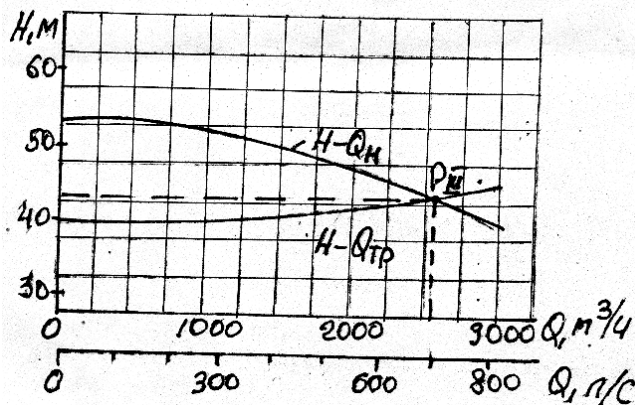


Рис. 3.6 - Характеристика трубопроводу $H - Q_{\text{тр}}$ max водоспоживання з урахуванням пожеж

Проектом передбачена паралельна робота двох однакових насосів Д1600 - 90 D = 460 мм (I ступінь) та Д1600 - 90 D = 515 мм (II ступінь) на два однакових напірних водоводи d = 450 мм.

Режимні точки системи “два насоси – два водоводи”:

I ступінь: $Q_I = 438,47$ л/с $H_I = 29$ м;

II ступінь: $Q_{II} = 592,22$ л/с $H_{II} = 35$ м;

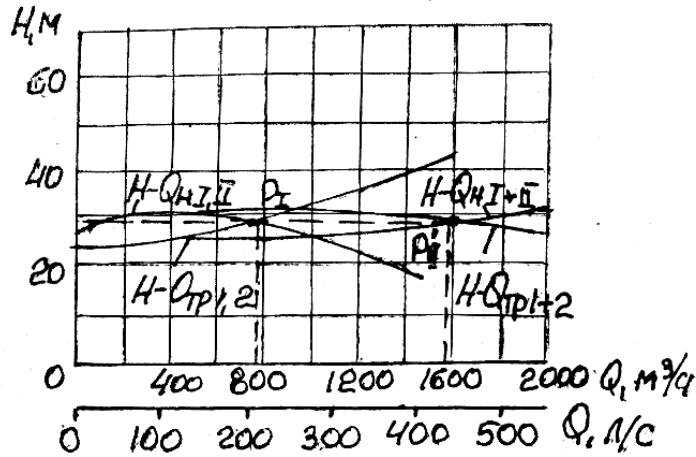


Рис. 3.7 - Паралельна робота двох насосів і двох водоводів (I ступінь)

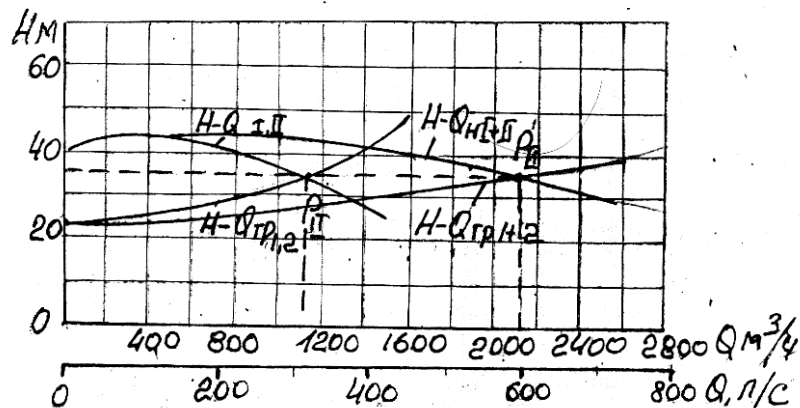


Рис. 3.8 - Характеристика паралельної роботи двох насосів і двох водоводів (II ступінь)

Заглиблення насосної станції:

$$H_{\text{зал}} = Z_3 - Z_{II},$$

де Z_3 - геодезична позначка поверхні землі;

Z_{II} - геодезична позначка полу машинного залу.

Позначка полу машинного залу:

$$Z_{II} = Z_3 - 1\text{м} - 0,5\text{м} - h_H - h_P - h_\Phi$$

де Z_3 - 117м;

h_H - висота насоса, 1.5 м;

h_P - висота рами на якій монтують насос, 0.2 м;

h_Φ - висота фундаменту, 0,5 м.

$$Z_{II} = 117 - 1 - 0,5 - 1,5 - 0,2 - 0,5 = 113,3 \text{ м}$$

$$H_{3AG} = 117 - 113,3 = 3,7 \text{ м}$$

Приймаємо $H_{3ар} = 4 \text{ м}$

3.2. Насосна станція водовідведення

ВИХІДНІ ДАННІ

1. Максимальний добовий приток стічних вод - $Q_{\max} = 18500 \text{ м}^3/\text{добу}$.
2. Коефіцієнт годинної нерівномірності водовідведення - $K_{\text{ч}} = 1,5$.
3. Позначка рівня стічних вод у кінці напірного водовода в точці зливу $Z_{\text{злива}} = 164 \text{ м}$.
4. Позначка землі у насосної станції $Z_{\text{землі}} = 129 \text{ м}$.
5. Позначка лотка колектора, що підводить, $Z_{\text{колектор}} = 124 \text{ м}$.
6. Позначка нижчого рівня стічних вод у приймальному резервуарі $Z_{\text{min}} = 122 \text{ м}$.
7. Довжина всмоктуючих труб трубопроводу $l_{\text{вс.}} = 4 \text{ м}$.
8. Довжина напірного водоводу $l_{\text{н}} = 450 \text{ м}$.

Загальна частина проекту

За основу під час виконання розрахунку прийнятий типовий проект каналізаційної насосної станції, що приймають при заглибленні колектора, що підводить, на 4 - 7 м.

Застосування типового проекту рекомендоване при проектуванні насосних станцій каналізації для перекачування господарчо-побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод із попереднім їхнім очищенням від відходів на механізованих ґратах і подальшим подрібненням зібраного сміття на дробарок конструкції Мосводоканалнійпроект - д - 3, що має продуктивність 300-600 кг/год.

Розглядається каналізаційна насосна станція шахтового типу діаметром 11 м, суміщена з приймальним резервуаром. Такі станції рекомендовано будувати поза зоною забудови житловими будівлями. При розміщенні станції в житловій зоні між житловими будівлями й каналізаційною насосною станцією передбачається розрив 20 - 25 м і захисні зелені насадження.

Насосна станція запроектована для роботи в автоматичному режимі (без постійного обслуговуючого персоналу). Разом із тим, в проекті передбачені приміщення для обслуговуючого персоналу на період налаштовувальних і ремонтних робіт.

Продуктивність станції: 2340 м³/год при трьох робочих насосах марки СМ 200 – 150 – 500 / 4, коефіцієнт корисної дії яких 71%.

Технологічна частина проекту

Насосна станція каналізації шахтного типу складається з надземної і підземної частин. Остання, у свою чергу, поділяється на два приміщення: приймальний резервуар і приймальне відділення станції. Підземна частина будівлі – круглої форми в плані – з монолітного залізобетону; надземна частина прямокутної форми – з цеглини.

Приймальний резервуар

Об'єм регулюючої ємкості приймального резервуару розраховується відповідно до режиму роботи і величини загальної подачі насосної станції: якщо регулюючий об'єм малий, то він не забезпечить рівномірності роботи станції; якщо ж він дуже великий, то з'явиться небезпека випадання великої кількості зважених речовин із стічної води, що призведе до швидкого замулювання приймального резервуару і, можливо, до загнивання стічної рідини.

Відповідно до розрахунку ємкість приймального резервуару $W = 200 \text{ м}^3$, глибина робочої частини приймального резервуару 2 м, дну додається ухил від зовнішніх стін до приямку $i = 0,5$.

Каламучення осаду, що випадає в резервуарі, проводиться за допомогою укладених по периметру ємкості трубопроводів каламучення, куди подається вода з напірного трубопроводу. Мінімальний діаметр трубопроводів каламучення – 50 мм.

Під час профілактичних ремонтів резервуару або в годин мінімального періодично змивається осад з мертвих зон резервуару брандспойтами. Спуск до приймального резервуару здійснюється через спеціальний люк ходовими скобами.

Грабельне приміщення

У грабельному приміщенні розташовується два канали, що підводять, в одному з яких встановлені механічні граблі марки МІЛІГРАМА 1000/1600-11А шириною 1000 мм, в іншому грати з ручним очищенням (ремонтна) і дірчасте корито для відходів з грат. Для дроблення відходів встановлюється дробарка молоткового типу марки Д-3 продуктивністю 300-600 кг/год., конструкції Мосводоканалніпроєкту. Грати з ручним очищенням включаються в роботу під час ремонту механічних грат. Другий комплект механічних грат і дробарки зберігається на складі.

Машинний зал станції

У машинному залі розміщено три відцентрові каналізаційні насоси марки 2К - ба, відкачування дренажних вод проводиться насосом типу ГНОМ 25-20. Трубопроводи в межах насосної станції – сталеві із сталевими зварними фасонними частинами. З'єднання фасонних частин з арматурою і насосами на фланцях. Усмоктуючі й напірні труби насоса з перекачування стічної рідини мають діаметр $d = 400 \text{ мм}$.

Насоси СМ200-150-500/4 встановлюють під затоку; їх робота автоматизована і залежить від рівня стічних вод в приймальному резервуарі. На напірних патрубках насосів встановлюють зворотні клапани.

Засувки на всмоктуючих і напірних водоводах у насосів СМ200-150-500/4 здійснюється при відкритих засувках на всіх трубопроводах. При виключенні або аварійній зупинці одного з працюючих насосів, а також при аварійному рівні стічних вод в приймальному резервуарі передбачається автоматичне включення резервного насоса.

Підйомно-транспортне устаткування

Для монтажу й демонтажу устаткування, виконання ремонтних робіт в машинному відділенні передбачені:

у підземній частині – кран ручний підвісний однобалочний вантажопідйомністю 5 т;

у надземній частині – монорельс із талю вантажопідйомністю 5 т.

Для виконання ремонтних робіт в підземній частині грабельного приміщення передбачений монорельс з ручною талю вантажопідйомністю 3 т.

Внутрішній водопровід і каналізація

Насосна станція обладнана системами господарсько-питного й виробничого водопроводу, каналізацією, а також припливно-витяжною вентиляцією, окремою для приймального резервуару і машинного залу. Вода подається з міської водопровідної мережі двома водоводами діаметрами: $d_1 = d_2 = 50$ мм.

Система господарсько - питного водопроводу забезпечує подачу води до всіх санітарних приладів; система виробничого водопроводу подає воду для охолодження масляних ванн електродвигунів, мастила вкладишів підшипників насосів, ущільнення і охолодження сальників, мастила підшипників грат.

Стоки від санітарних приладів скидаються безпосередньо в канал приймального резервуару перед ґратами.

Визначення продуктивності насосів і ємності приймального резервуару

Визначення продуктивності насосів

Режим роботи каналізаційних насосних станцій визначається режимом добового притоку стічних вод, який залежить від величини коефіцієнта годинної нерівномірності об'єкту, що каналізується [3, 4, 8].

У таблиці 3.7 наводиться добовий розподіл притоки стічних вод від населення і підприємств міста за заданого $K_{ч} = 1,4$.

Зазвичай на практиці для станцій подібного типу продуктивність насосів приймається рівною максимальному годинному притоку стічних вод: $q_{\max,ч} = 5,85\% \cdot Q_{\max,сут.}$ що складає 650 л/с (2340 м³/год.).

Продуктивність кожного з прийнятих на станції трьох робочих насосів дорівнює $Q_{\text{нас.}} = \frac{5,85\%}{3} = 1,95\% \cdot Q_{\max,сут.}$ що складає $Q_{\text{нас.}} = 780 \text{ м}^3/\text{ч} = 216 \text{ л/с}$.

Таблиця 3.7 – Сумарне надходження стічних вод від населення міста і підприємств по годиннику доби при $K_{ч} = 1,4$.

N, п/п	Години доби	Добова притока		
		%	м ³ /год.	л/с
1	0-1	1,65	660	183,3
2	1-2	1,65	660	183,3
3	2-3	1,65	660	183,3
4	3-4	1,65	660	183,3
5	4-5	1,65	660	183,3
6	5-6	4,20	1680	466,7

Продовження табл. 3. 7.

7	6-7	5,80	2320	644,4
8	7-8	5,80	2320	644,4
9	8-9	5,85	2340	650
10	9-10	5,85	2340	650
11	10-11	5,85	2340	650
12	11-12	5,05	2020	561,1
13	12-13	4,20	1680	466,7
14	13-14	5,80	2320	644,4
15	14-15	5,80	2320	644,4
16	15-16	5,80	2320	644,4
17	16-17	5,80	2320	644,4
18	17-18	5,75	2300	638,9
19	18-19	5,20	2080	577,8
20	19-20	4,75	1900	527,8
21	20-21	4,10	1640	455,6
22	21-22	2,85	1140	316,7
23	22-23	1,65	660	183,3
24	23-24	1,65	660	183,3
	Разом	100	40000	1111

Визначення ємкості приймального резервуару

стічних вод до насосної станції нерівномірний по годинам доби. Для забезпечення максимально можливого оптимального режиму роботи насосів необхідно встановити (залежно від їх подачі) необхідну регулюючу місткість приймального резервуару, яка визначається за суміщеним графіком побутових стічних вод (з урахуванням надходження стічних вод від промислових підприємств) і відкачування стічної рідини.

Графік притоку побутових стічних вод до резервуара за годинами доби приймається залежно від загального коефіцієнта нерівномірності (за завданням $K_{\text{ч}} = 1,4$).

Як вже наголошувалося, при проектуванні насосних станцій каналізації подачу насосів приймають рівним максимальному годинному притоку. СНІП передбачає створення мінімальної приймальної ємкості, яка розраховується на п'ятихвилинний приток під час максимального притоку стічних вод.

У години мінімального і середнього притоку подача насосів перевищує притік рідини, тому їх доводиться часто вимикати та вмикати. Частота включення насосів залежить від характеру керування ними. При автоматичному управлінні допускається до п'яти включень на годину.

На графіці на осі ординат відкладаються значення добової води і подачі насосів відсотках від добової, а на осі абсцис – час в хвилинах. Подачу насосів приймають рівною максимальній годинні – 5,85%.

Ємкість приймального резервуару W_{min} , м³, визначається по формулі:

$$W_{\text{min}} = \frac{5,85 \cdot 5}{60} = 0,4875\% \cdot Q_{\text{сут. max}} = 195 \text{ м}^3$$

Приймаємо ємкість приймального резервуару $W_{\min} = 200 \text{ м}^3$.

З графіка видно, що прийнята місткість резервуару забезпечує допустиму частоту включення насосних агрегатів.

Продуктивність насосної станції $Q_{\text{НС}} = 2340 \text{ м}^3/\text{год} = 650 \text{ л/с}$, ємкість приймального резервуару $W_{\min} = 200 \text{ м}^3$. Необхідно визначити режим роботи насосів протягом доби, а також час роботи насосів в кожну годину доби. Для цього, відповідно до суміщеного графіка притоку і відкачування складається графік режиму роботи насосів.

На осі абсцис відкладається час роботи насосів кожної години доби, а по осі ординат – кількість працюючих насосів.

Попереднє визначення повного напору насосної станції

Повний насосів:

$$H = H_{\text{геом.}} + h_{\text{вн}} + h_{\text{НС}},$$

де $H_{\text{геом.}}$ – геометричний напір, м ;

$h_{\text{вн}}$ – втрати напору в напірному водоводі, м ;

$h_{\text{НС}}$ – втрати напору в комунікаціях насосної станції, м .

Заздалегідь визначається геометрична висота підйому стічних вод каналізаційними насосами станції:

$$H_{\text{геом.}} = h_1 + h_2 + h_3, \text{ м}$$

де h_1 – відстань від нижчого рівня стічних вод у приймальному резервуарі до лотка колектора, м ;

$$h_1 = Z_{\text{к}} - Z_{\text{min.усв}}; h_1 = 1,5 \text{ м};$$

h_2 – глибина залягання колектора, що підводить, м ;

$$h_2 = Z_{\text{зНС}} - Z_{\text{к}}; h_2 = 5 \text{ м};$$

h_3 – перевищення відмітки поверхні землі в кінці напірного водовода в точці переливу, над відміткою землі насосної станції, м .

$$h_3 = Z_{\text{изл.}} - Z_{\text{зНС}}; h_3 = 31,5 \text{ м}.$$

Геометрична висота підйому насосів (геометричний напір):

$$H_{\text{геом.}} = 1,5 + 5 + 31,5 = 38 \text{ м}.$$

Втрати в напірних водоводах обчислюються після добору діаметрів напірних ліній. Приймаються два напірних водовода поза станцією, для відведення стічних вод від каналізаційної насосної станції до очисних споруд.

При розрахунковій витраті рідини в одній напірній лінії $q = 216 \text{ л/с}$ за допомогою таблиці 44 [5] добирається діаметр $d_{\text{н}} = 400 \text{ мм}$. При цьому значення діаметру шляхом інтерполяції встановлюється швидкість руху стічних вод в напірних водоводах $V_{\text{нагн.}} = 2,41 \text{ л/с}$.

Питомі втрати напору $i = 0,0195 \text{ м}$.

Втрати напору по довжині на тертя в напірному водоводі завдовжки $l_{\text{н}} = 250 \text{ м}$:

$$h_{\text{тр.нагн.}} = i \cdot l_{\text{н}} = 0,0195 \cdot 250 = 4,875 \text{ м}$$

Втрати напору на місцеві опори в напірному водоводі орієнтовно приймають рівними 10% від витрат напору по довжині:

$$h_{\text{м.нагн.}} = 4,875 \cdot 0,1 = 0,4875 \text{ м.}$$

Загальні витрати напору: $h_{\text{WH}} = 4,875 + 0,4875 = 5,36 \text{ м.}$

При попередньому підрахунку напору для підбору насосного устаткування станції, сумарні втрати напору в комунікаціях усередині насосної станції можна прийняти орієнтовно рівними 3 м. Повний напору, що розвивається насосами:

$$H = 38 + 5,36 + 2,64 = 46 \text{ м.}$$

За основними розрахунковими параметрами:

- подачі $Q_{\text{max.н}} = 216 \text{ л/с (780 м}^3\text{/ч)}$
- напору $H = 46 \text{ м.}$

За допомогою графіка полів $Q - H$ насосів для стічних рідин добирається необхідна марка насоса (СМ200-150-500/4).

Розрахунок трубопроводів і устаткування насосної станції

У проекті прийнято два всмоктуючі трубопроводи завдовжки $l_{\text{вс}} = 4 \text{ м}$ та два напірні трубопроводи завдовжки $l_{\text{н}} = 250 \text{ м.}$

Всмоктуючі лінії

Втрати напору в всмоктуючому трубопроводі при $q_{\text{вс}} = 325 \text{ л/с}$ $d_{\text{вс}} = 600 \text{ мм.}$ Інтерполяцією $V_{\text{вс}} = 1,09 \text{ м/с}$ $i = 0,00241$.

$$h_{\text{w.вс}} = h_{\text{l.вс}} + \sum h_{\text{м.вс}}$$

де $h_{\text{l.вс}}$ – втрати напору по довжині, м;

$h_{\text{м.вс}}$ – сума місцевих втрат напору у всмоктуючому трубопроводі, м;

Втрати напору по довжині $hl_{\text{вс}}$, м, всмоктуючих труб визначається за формулою:

$$h_{\text{l.вс}} = i \cdot l_{\text{вс}},$$

де i – питомі втрати напору ($i = 0,00241$);

$$hl_{\text{вс}} = 4 \text{ м;}$$

$$h_{\text{l.вс}} = 0,00241 \cdot 4 = 0,00964 \text{ м.}$$

Втрати на місцеві опори у всмоктуючому трубопроводі:

$$\sum h_{\text{м}} = \sum \xi \frac{V^2}{2 \cdot g},$$

де V – середня швидкість у трубопроводі, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\sum \xi_{\text{ом}}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів, до складу яких входять всмоктуючи воронки, коліно, перехід, засувки.

1. Воронка всмоктуюча за нормального сортаменту $\xi_{\text{вор.}} = 0,1$; $V = 1,09 \text{ м/с}$ при прийнятому $d_{\text{вс}} = 600 \text{ мм.}$

$$h_{\text{вор.}} = \frac{0,1 \cdot 1,09^2}{2 \cdot 9,81} = 0,006 \text{ м.}$$

2. Коліно з кутом 90° за нормального сортаменту $\xi_{\text{к}} = 0,55$ $V = 1,23$

$$h_{\text{вор.}} = \frac{0,55 \cdot 1,23^2}{2 \cdot 9,81} = 0,03 \text{ м.}$$

3. Перехід косий зварний з діаметром умовного проходу $d_{bc} = 400$ мм на діаметр $d_0 = 200$ мм $\xi_k = 0,1$:

$$V_2 = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{4 \cdot 0,216}{3,14 \cdot 0,2^2} = 6,88 \text{ м/с.}$$

$$h_{\text{пер.}} = \frac{0,1 \cdot 6,88^2}{2 \cdot 9,81} = 0,24 \text{ м.}$$

4. Засувка паралельна з висувним шпінделем, діаметром умовного проходу $d_0 = 200$ мм, повністю відкрита ($\xi_{\text{зав.}} = 0,15$ $V_2 = 6,88$

$$h_{\text{зав.}} = \frac{0,15 \cdot 6,88^2}{2 \cdot 9,81} = 0,36 \text{ м.}$$

Місцеві втрати напору в усмоктуючому трубопроводі $\sum h_{\text{м.вс}}$ м, рівні:

$$\sum h_{\text{м.вс}} = h_{\text{вор.}} + h_k + h_{\text{пер.}} + h_{\text{зав.}} = 0,006 + 0,03 + 0,24 + 0,36 = 0,636 \text{ м.}$$

Втрати напору у всмоктуючому трубопроводі:

$$h_{\text{w.вс}} = 0,0964 + 0,636 = 1,6 \text{ м.}$$

Напірні лінії

При визначенні втрат напору в напірному водоводі враховуються втрати на тертя і на місцеві опори. Втрати напору на тертя складають: $h_{\text{тр.}} = 4,875$ м.

До складу місцевих опорів входять: перехід, клапан, зворотний клапан, коліно, трійник, засувка.

1. Перехід прямий зварний (що розширюється) з діаметром умовного проходу $d_0 = 200$ мм на $d_n = 400$ мм; $\xi_{\text{зав.}} = 0,25$ $V_2 = 6,88$

$$h_{\text{пер.}} = \frac{0,15 \cdot 6,88^2}{2 \cdot 9,81} = 0,6 \text{ м.}$$

2. Клапан зворотний поворотний із діаметром умовного проходу $d_n = 400$ мм; $\xi_m = 1,7$:

$$V_2 = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_n^2} = \frac{4 \cdot 0,216}{3,14 \cdot 0,4^2} = 1,71 \text{ м/с.}$$

$$h_{\text{кл.}} = \frac{1,7 \cdot 1,71^2}{2 \cdot 9,81} = 0,25 \text{ м.}$$

3. Коліно з кутом 90° за нормального сортаменту $\xi_m = 0,55$ $V_3 = 1,71$

4. Трійник зварний фланцевий при з'єднанні потоків $\xi_{\text{тр.}} = 1,5$ $V_3 = 1,71$

$$h_{\text{пер.}} = \frac{1,5 \cdot 1,71^2}{2 \cdot 9,81} = 0,223 \text{ м.}$$

5. Засувка паралельна з нерухомим шпінделем, з діаметром умовного проходу $d_n = 400$ мм; повністю відкрита. $\xi_{\text{зав.}} = 0,15$ $V = 1,09$

$$h_{\text{зав.}} = \frac{0,15 \cdot 1,09^2}{2 \cdot 9,81} = 0,009 \text{ м.}$$

6. Трійник фланцевий на магістралі за відсутності витрати в відгалуженні $\xi_{\text{тр.}} = 1$ $V = 1,09$

$$h_{\text{тр.}} = \frac{1 \cdot 1,09^2}{2 \cdot 9,81} = 0,06 \text{ м.}$$

7. Клапан зворотній поворотній з діаметром умовного проходу $d_n = 400$ мм, поза будівлею станції; $\xi_{кл.} = 5$ $V = 1,09$

$$h_{кл.} = \frac{5 \cdot 1,09^2}{2 \cdot 9,81} = 0,3 \text{ м.}$$

Місцеві втрати складають:

$$\sum h_m = h_{пер.} + h_{кл.} + h_k + h_{тр.} + h_{задв.} + h_{тр.} + h_{кл.} = 0,6 + 0,25 + 0,082 + 0,223 + 0,009 + 0,06 + 0,3 = 1,524 \text{ м.}$$

Сумарні втрати в напірному трубопроводі складають:

$$h_{WH} = h_{in} + \sum h_m = 4,875 + 1,524 = 6,4 \text{ м.}$$

Визначення повного напору станції

Повний напір:

$$H = H_r + h_{wbc} + h_{WH} + h_{nc},$$

де H_r – геометрична висота підйому перекачуваної стічної рідини в цьому випадку, м;

h_{wbc} , h_{WH} – сумарні втрати напору у всмоктуючому і напірному трубопроводах, м;

h_{nc} – втрати напору у внутрішніх комунікаціях станції, м.

Необхідний розрахунковий напір станції:

$$H = 38 + 1,6 + 6,4 + 3 = 49 \text{ м.}$$

Підбір насосів і їх характеристика

При виборі марок насосів важливо встановити основні технічні показники, головним з яких є об'єм рідини, що подається насосом в одиницю часу (подача). Другим основним показником роботи насосів є тиск, що розвивається ними (напір).

Подачі $780 \text{ м}^3/\text{год.}$ і напір 49 м відповідає насос СМ 200-150-500/4. Насоси СМ випускаються по ТУ 26-06-1490-87, вони призначені для перекачування побутових, промислових стічних і інших забруднених рідин з водневим показником рН від 6 до 8,5, кінематичною в'язкістю не більше $1 \cdot 10$ (щільністю 1050 кг/м^3), температурою до 80°C із вмістом абразивних частинок за об'ємом не більше 1% розміром до 5 мм і мікротвердістю не більше 900 Па. Характеристики насоса СМ 200-150-500/4 приведені в таблиці 3.8. Розрахункова точка розташовується декілька нижче за головну характеристику насоса $H - Q$, при номінальному діаметрі робочого колеса передбачається, що надмірний натиск $H_{изб.} = 4 \text{ м}$ гаситься прикриттям засувки на напірному трубопроводі.

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика насоса СМ 200-150-500/4.

Характеристика насоса	СМ 200-150-500/4
Подача, Q	
$Q, \text{ м}^3/\text{год.}$	450
$Q, \text{ л/с}$	125
Повний натиск, $H, \text{ м}$	60
Кількість оборотів, об/хв.	1450

Потужність, N , kW на валу насоса електродвигуна	138,28 159,02
ККД насосів %	71
Допустима $H_{вс}$, m	7,5
Діаметр робочого колеса, D , mm	200
Комплектуючий електродвигун найменування потужність, kW	4A 3554У3 250
Габаритні розміри, mm	3140×720×1155
Маса агрегату орієнтування, kg	2635
Виробник	Рибницький насосний завод

Спільна робота насосів і трубопроводів

Систему «насос – трубопровід» розглядають як єдину систему, а насосне устаткування і трубопроводи обирають на підставі розрахунку спільної роботи складників цієї системи. Спільна робота насосів і трубопроводів характеризується режимною точкою системи (точка матеріальної і енергетичної рівноваги), яка на практиці гідравлічних розрахунків насосних станцій визначається графоаналітичним методом. Робота насоса визначається його головною характеристикою $Q - H$, трубопровід також має свою характеристику $H - Q_{тр}$.

Побудова характеристики трубопроводів і визначення робочої точки системи

Характеристика трубопроводу, що є функціональним зв'язком між витратою води в системі відповідає рівнянню:

$$H_{тр.} = H_r + \sum \Delta h$$

або

$$H_{тр.} = H_r + S \cdot Q^2$$

де $\sum \Delta h = 11 \text{ м}$ – сумарні втрати напору у всмоктуючих, нагнітальних трубах і внутрішньостанційних комунікаціях;

S – опір трубопроводу, $S = f$ (матеріалу труб, d).

Для даного трубопроводу $d = \text{const}$, S – величина постійна, не залежна від зміни витрати води в системі. Опір трубопроводу в системі:

$$S = \sum \Delta h \cdot Q^2$$

$$S = 11 \cdot 0,216^2 = 235,77$$

Беручи довільно значення витрат води Q , m^3/c , обчислюють відповідні ним значення втрат напору в трубопроводі.

$$\sum \Delta h = S \cdot Q^2$$

$$\sum \Delta h = 273,77 \cdot Q^2,$$

а потім обчислюють $H_{тр.}$. Результати обчислень зведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Значення втрат в трубопроводах.

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Y_{\text{дн}}, \text{ м}$	$H_{\text{тр.}} = 38 + Y_{\text{дн}}, \text{ м}$
0,028	0,21	38,21
0,055	0,83	38,88
0,083	1,89	39,89
0,110	3,31	41,31

Паралельна робота насосів і трубопроводів

У проекті передбачена паралельна робота трьох однакових насосів СМ 200-150-500/4 на два напірні трубопроводи $d = 400 \text{ мм}$.

Розрахунок режиму роботи за прийнятою схемою проводиться графічним способом. Режимна точка системи «два насоси – два трубопроводи» характеризується розрахунковими параметрами:

$$Q = 673 \text{ м}^3/\text{ч}, H = 49 \text{ м}.$$

Графік $H - Q$ дозволяє аналізувати роботу каналізаційної насосної станції і роботу всієї системи «два насоси – два трубопроводи» в цілому, за можливих змін в умовах експлуатації, а також у разі виходу з ладу одного з елементів системи.

Визначення потужності насоса і підбір електродвигунів

Початковими даними для визначення необхідної потужності насоса і електродвигуна є подача $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ і натиск $H, \text{ м}$.

Потужність на валу насоса, кВт :

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_p \cdot H_p}{1000 \cdot \eta},$$

де ρ – щільність рідини, що переміщується $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

Q_p – розрахункова подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

H_p – розрахунковий натиск, що створюється насосом, м ;

η – ККД насоса на розрахунковому режимі.

Потужність насоса: $N = 105,47 \text{ кВт}$.

Потужність двигуна насоса $N_{\text{дв.}}, \text{ кВт}$, приймається більшою за потужність насоса на випадок перевантажень від неврахованих умов роботи, визначається за формулою:

$$N_{\text{дв.}} = \frac{K \cdot N}{\eta_{\text{пер.}}}$$

де $\eta_{\text{пер.}}$ – ККД передачі при з'єднанні двигуна і насоса за допомогою еластичної муфти $\eta_{\text{пер.}} = 1$;

K – коефіцієнт запасу на перевантаження електродвигуна, що приймається залежно від потужності насоса (при потужності насоса $50 - 300 \text{ кВт}$ приймається рівним 1,15);

Потужність двигуна насоса:

$$N_{\text{дв.}} = \frac{1,15 \cdot 105,47}{1} = 121,29 \text{ кВт}.$$

Відповідно до рекомендацій за каталогом підбирається тип електродвигуна і його характеристики. Приймається асинхронний двигун типу А3554уз потужністю 250 кВт.

Техніко – економічні показники насосної станції

Основні техніко-економічні показники роботи насосної станції:

- η – ККД насосній станції;
- $N_{уд.}$ – питома витрата електроенергії (теоретичний і фактичний);
- $\eta_{ісп.р.м.}$ – коефіцієнт використання робочої потужності.

Визначення ККД насосній станції

ККД насосної станції називають відношення корисної енергії, що передається насосами перекачувальної рідини, до енергії, споживаної електродвигунами.

За наявності на станції однотипних насосних агрегатів, що працюють в однаковому режимі протягом часу t , ККД насосній станції:

$$\eta_{НС} = \eta \cdot \eta_{пр.} \cdot \eta_{дв.}$$

де $\eta = 0,71$ – ККД насоса;

$\eta_{пр.}$ – ККД проміжної передачі, приймається $\eta_{пр.} = 1$;

$\eta_{дв.}$ – ККД електродвигуна, приймається за паспортними даними, здв. = 0,95.

ККД насосній станції:

$$\eta_{НС} = 0,71 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,67 .$$

Визначення теоретичної норми витрати енергії

Теоретична норма витрати електроенергії (витрата електроенергії, кВт•год) на подачу 1000 т перекачувальної рідини на висоту 1 м при режимі роботи насоса і електродвигуна з максимальним ККД визначається по формулі:

$$N_{уд.} = \frac{2,72}{\eta_n \cdot \eta_{дв.}}$$

Набуваючи розрахункових значень, отримують:

$$N_{уд.} = \frac{2,72}{0,71 \cdot 0,95} = 4,06$$

Фактична питома норма витрати енергії може відрізнитися від теоретичної.

Визначення фактичної норми витрати енергії

Фактична питома витрата електроенергії η – відношення фактично використаної кількості електроенергії до корисної роботи, що здійснюється насосом за той же час. Фактична питома норма витрати електроенергії визначається перед здачею насосної станції в експлуатацію.

Після визначення фактичної норми витрати електроенергії розраховується фактичний (дійсний) ККД насоса:

$$\eta = \frac{2,72}{N_{уд.} \cdot \eta_{дв.}} = \frac{2,72}{4,06 \cdot 0,95} = 0,71$$

Як показують дослідження, ККД електродвигуна практично не змінюється протягом експлуатації, його значення заноситься до паспорту. При значному зниженні дійсного ККД насоса в порівнянні з розрахунковим (теоретичним)

необхідно провести ревізію насосного агрегату і встановити причину зменшення ККД.

Порівняння фактичної питомої витрати електроенергії з теоретичним дозволяє говорити про економічний ефект роботи насосного агрегату.

Визначення коефіцієнта використання робочої потужності

Коефіцієнтом використання робочої потужності є відношення фактично витраченої енергії до тієї енергії, яку могли б витратити насосні агрегати при роботі протягом 24 годин в оптимальному режимі (при подачі і напорі, відповідних максимальному ККД):

$$\eta_{\text{исп.р.м.}} = \frac{Q \cdot H \cdot \eta_{\text{исп.р.м.}} \cdot t}{Q_p \cdot H_p \cdot \eta_{\text{НС}} \cdot 24}$$

де t – дійсний час роботи насосної станції, год.

Добір ґрат і дробарок

З метою запобігання засміченню всмоктуючих труб і можливої поломки насосів стічна вода, що поступає в приймальний резервуар, проходить попереднє механічне очищення від різних крупних домішків. Для цього на розподільних каналах встановлюються спеціальні сміттестримні ґрати.

Відповідно до обраної марки насоса за вказівками СНіП - ширина прозорів ґрат не більше 125 мм.

При виборі типу і кількості ґрат визначається сумарна площа перетину робочої частини ґрат $F_p, \text{ м}^2$:

$$\sum F_p = \frac{Q_{\text{max}}}{V}$$

де Q_{max} – максимальна притока стічної рідини, $\text{ м}^3/\text{с}$;

V – приймають рівним 0,9 м/с.

$$\sum F_p = \frac{0,65}{0,9} = 0,72 \text{ м}^2.$$

Приймаючи кількість робочих ґрат $n = 2$, визначають площу живого перетину прозорів робочої частини одних ґрат $F_p, \text{ м}^2$:

$$F_p = \frac{\sum F_p}{n} = \frac{0,72}{2} = 0,36 \text{ м}^2.$$

По таблиці 2 вибирають тип ґрат (Мґ9Т-1000).

Технічні характеристики ґрат Мґ9Т-1000:

- розміри каналу перед ґратами, мм;
- ширина $B = 1000$;
- висота $H = 1000$;
- площа проходів ґрат $P = 0,3 \text{ м}^3$;
- пропускна спроможність водою – $26000 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- маса – 1690 кг

ґрабельний механізм Мґ1000/1600-11а шириною 1000 мм скидає затримане сміття з ґрат на стрічковий транспортер, встановлений за ґратами. За допомогою транспортера сміття подається в спеціальні дробарки, звідки після дроблення скидається в канал перед ґратами.

Для дроблення сміття використовуються дробарки молоткастого типу, конструкції Моссьководоканалній проекту Д-3 продуктивністю 300 - 600 кг/год.

Список використаних джерел

1. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат. 1982
2. Белецкий Б. Ф. Зотов Н. И., Ярославский Л. Я. Конструкции водопроводно-канализационных сооружений. Спр. пособ. – М.: Стройиздат, 1989.
3. Карелин В. Я. Минаев А. В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1986.
4. Киселев П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам. - М.: Энергия, 1992.
5. Лопастные насосы: Справочник / Под ред. В. А. Зинницкого и В. А. Умова. – Л.: Машиностроение, 1996.
6. Лямаев Б. Ф. Гидроструйные насосы и установки. - Л.: Машиностроение, 1988.
7. Новодережкин Р. А. Насосные станции систем технического водоснабжения ТЭС и АЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
8. Попкович Г. С., Гордеев М. А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. – М.: Высшая школа, 1986.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Минэнерго. – М.: Энергоиздат, 1987.
10. Рекомендации по применению регулируемого электропривода в системах автоматического управления водопроводных и канализационных установок. М.: ,1997.
11. Сомов М. А. Водопроводные системы и сооружения. М.: Стройиздат, 1988.
12. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных и пластмассовых труб - М.: Стройиздат, 1984.
13. Яковлев С. В. Ласков Ю. М. Канализация. - М.: Стройиздат, 1987.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічного завдання з дисципліни "Насосні і повітродувні станції" для студентів 4 - 5 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.060103- «Гідротехніка (Водні ресурси)» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092601, 7.06010108 "Водопостачання та водовідведення")

Укладачі: **ЯКОВЕНКО** МИКОЛА МИХАЙЛОВИЧ
БЄЛЯЄВА ВАЛЕНТИНА МИХАЙЛІВНА

Відповідальний за випуск *С. С. Душкін*

Редактор *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2010, поз. 110 М.

Підп. до друку 21.12.2010
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 1,6
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011 р.