

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

### ТЕМА ЗАНЯТТЯ: Елементарні комбінації в гідравлічних комплексах і їх характеристики

**Задача №1.** Визначити, в яких межах буде змінюватися подача насоса, який забирає воду з резервуару глибиною  $H_{рез}$  і подає її в резервуар такої ж глибини, якщо вісь насоса знаходиться на рівні максимальної позначки води в нижньому резервуарі, а відстань від вісі насоса до низу верхнього резервуару  $H_7$ . Напірно-витратна характеристика насоса описується залежністю:

$$H = 84,49 - 0,00098 Q^2,$$

опір всмоктувальної лінії  $S_{вс}$ , а напірної лінії –  $S_H$ . Чисельні значення прийняти згідно з додатком А.

#### Розв'язування типової задачі

Дано:  $H_{рез} = 4\text{м}$ ,  $H_7 = 50\text{м}$ ,  $S_{вс} = 10^{-4}$  (для витрат в л/с),

$$S_H = 4 \times 10^{-4} \text{ (для витрат в л/с).}$$

Схема елементарної комбінації приведена на рис.2.

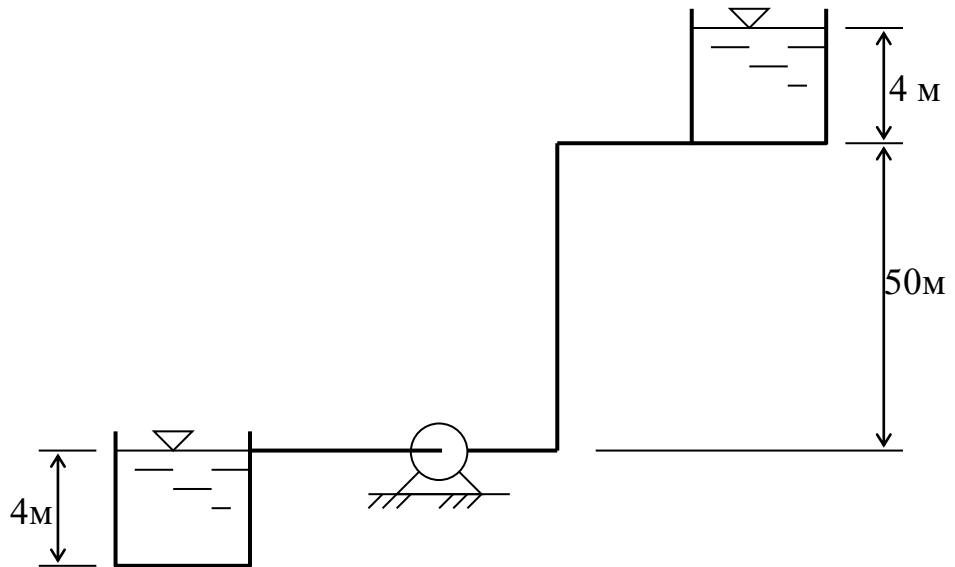


Рисунок 2.1 – Схема першої комбінації елементів в комплексах

Необхідний повний напір насоса дорівнює

$$H = H_{Г.В.} + H_{Г.Н.} + S_{вс}Q^2 + S_nQ^2 = H_{Г.П.} + (S_{вс} + S_n)Q^2.$$

Найбільша витрата буде подаватись насосом, коли геометрична висота підйому буде мінімальною, тобто коли  $H_{Г.П.}=50$ м, а найменша витрата буде при найбільшій геометричній висоті підйому, тобто

$$H_{Г.П.} = 50 + 4 + 4 = 58 \text{ м.}$$

Тоді характеристика елементарної комбінації при максимальній подачі може бути описана системою рівнянь

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 50 + (0,0001 + 0,0004)Q^2; \end{cases}$$

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 50 + 0,0005Q^2. \end{cases}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, одержимо

$$0 = 34,49 - 0,00148 Q^2,$$

$$Q^2 = 34,49 / 0,00148 = 23304,$$

$$Q_{\text{макс}} = 152,7 \text{ л/с.}$$

При мінімальній подачі характеристика елементарної комбінації описується системою рівнянь

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 58 + 0,0005Q^2. \end{cases}$$

Віднявши з першого рівняння друге отримаємо

$$0 = 26,49 - 0,00148 Q^2 .$$

Звідки

$$Q^2 = 26,49 / 0,00148 = 17899,$$

$$Q_{\text{макс}} = 133,8 \text{ л/с} .$$

Таким чином, при перекачці води з одного резервуара в інший для умов задачі подача насосу буде змінюватися в межах 133,8...152,7л/с.

**Задача №2.** Розв'язати попередню задачу за умовою, що на напірній лінії є два фіксованих відбора: перший з витратою  $Q_7$  на відстані від насосної станції, яка еквівалента повному опоріві  $S_1$ , другий з витратою  $Q_8$  на відстані від першого відбору, еквівалентній повному опоріві  $S_2$ . Чисельні значення прийняти по додатку А.

#### Розв'язування типової задачі

Припустимо, що  $Q_7=20$ л/с,  $S_1=2 \times 10^{-4}$  (для витрати в л/с),  $Q_8=30$ л/с, а  $S_2=1 \times 10^{-4}$  (для витрати в л/с).

По аналогії з попередньою задачею при максимальній подачі характеристика елементарної комбінації буде описуватися системою рівнянь

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 50 + S_{\text{вс}} Q^2 + S_1 Q^2 + S_2 (Q - 20)^2 + (S_H - S_1 - S_2)(Q - 20 - 30)^2. \end{cases}$$

Підставивши величини опорів в систему, отримаємо

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 50 + 0,0001Q^2 + 0,0002Q^2 + 0,0001(Q^2 - 40Q + 400) + 0,0001(Q^2 - 100Q + 2500) \end{cases}$$

Спростуючи друге рівняння, одержимо

$$H = 50 + (0,0001 + 0,0002 + 0,0001 + 0,0001)Q^2 - (0,004 + 0,01)Q + 0,04 + 0,25,$$

$$H = 50 + 0,0005Q^2 - 0,014Q + 0,29.$$

Тоді система, що описує елементарну комбінацію, буде мати вигляд

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 50,29 - 0,014Q + 0,0005Q^2. \end{cases}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, отримаємо

$$0,00148Q^2 - 0,014Q - 34,2 = 0,$$

$$Q^2 - 9,46Q - 23108 = 0,$$

$$Q = \frac{9,46}{2} \pm \sqrt{(9,46/2)^2 + 23108} = 4,73 \pm \sqrt{22,37 + 23108} = 4,73 \pm 152,01.$$

Фізичний зміст має тільки позитивний результат.

Тоді при максимальній подачі в систему буде надходити

$$Q_{\max} = 4,73 + 152,09 = 156,82 \text{ л/с.}$$

При мінімальній подачі характеристика системи описується такою системою рівнянь

$$\begin{cases} H = 84,49 - 0,00098Q^2, \\ H = 58,29 - 0,014Q + 0,0005Q^2. \end{cases}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, отримаємо

$$0,00148Q^2 - 0,014Q - 26,2 = 0,$$

$$Q^2 - 9,46Q - 17703 = 0,$$

$$Q = 4,73 \pm \sqrt{4,73^2 + 17703} = 4,73 \pm \sqrt{17725} = 4,73 \pm 133,13 .$$

Мінімальна подача насоса буде

$$Q_{\min} = 4,73 + 133,13 = 137,86 \text{ л/с.}$$

### Питання для самоконтролю

- З яких елементарних комбінацій складаються гідравлічні комплекси?
- В чому особливість першої елементарної комбінації і де вона частіше всього використовується?
- В чому особливість другої елементарної комбінації і яка її область використання?
- В чому особливість третьої елементарної комбінації і яка область використання?

– Додаток А

–

### – Вихідні дані для розв'язування задач

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H_1$	м	67	68,5	70	71	72	65	63	70	68	79,5
$H_2$	м	64	66	68	69,5	70,5	61,5	59	66	63,5	75,5
$H_3$	м	62	64,5	66,5	68	69,6	59,5	56,5	63	61	73
$H_4$	м	60,5	63	65	67	68,8	58	54,6	61	58,5	71
$H_5$	м	55,5	58,5	61	64	66	52	48,6	54,6	52	65,5
$H_6$	м	42	55	58	61	63,5	48	44	50	43,3	61,4
$Q_1$	л/с	100	90	80	70	60	110	120	130	140	150
$Q_2$	л/с	115	105	95	85	75	125	135	145	155	165
$Q_3$	л/с	123	113	103	93	83	133	143	153	163	173

$Q_4$	л/с	129	119	109	99	89	139	149	159	169	179
$Q_5$	л/с	146	136	126	116	106	156	166	176	186	196
$Q_6$	л/с	157	147	137	127	117	167	177	187	197	207
$n$	штук	3	4	2	3	4	5	2	3	4	5
$K$	разів	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
$Z_1$	м	92	89	86	81	79	97	100	105	110	115
$Z_2$	м	70	68	65	61	58	75	80	85	90	95
$Z_3$	м	82	79	75	71	67	91	96	101	106	111
$Z_4$	м	115	112	105	102	99	123	128	133	138	143
$W_1$	м <sup>3</sup>	1,5	1,8	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
$W_2$	м <sup>3</sup>	1,8	2,1	2,3	2,7	2,6	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7
$P_1$	МПа	0,25	0,27	0,30	0,35	0,37	0,40	0,40	0,35	0,35	0,30
$H_{бак}$	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
$P_n$	м.вод.с т	7	6	7	8	8	6	8	6	7	9
$H_{рез}$	м	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4
$H_7$	м	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59
$S_{вс} \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$S_H \times 10^4$	(для Q в л/с)	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9

– Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_1$	л/с	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$Q_2$	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$S_I \times 10^4$	(для Q	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	1,9	2,0	1,8	2,2

	в л/с)										
$S_{2 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3
$\Delta Z_1$	м	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
$\Delta Z_2$	м	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
$S_{3 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$S_{6 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	6	5	6	5	7	8	7	6	6	7
$\Delta H$	м	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$S_{4 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$S_{5 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	25	27	29	28	26	26	28	29	30	32
$l_1$	км	4,1	3,5	4,0	3,6	4,2	4,5	5,0	4,9	3,3	3,6
$l_2$	км	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,1	2,2	2,3	2,4
$H_6$	м	34,0	34,5	35,0	35,5	36,0	35,5	35,0	34,5	34,0	35,0
$q_1$	л/с	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$q_2$	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$q_3$	л/с	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$S_{H-1} \times 10^4$	(для Q в л/с)	35	36	37	38	39	40	39	38	37	36
$S_{1-2} \times 10^4$	(для Q в л/с)	30	31	32	33	34	33	32	31	30	29
$S_{2-3} \times 10^4$	(для Q в л/с)	24	23	23	22	22	24	22	25	26	27
$S_{3-B} \times 10^4$	(для Q в л/с)	10	11	12	13	12	11	13	9	8	7
$q_4$	л/с	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5
$q_5$	л/с	3	5	7	9	11	9	8	7	5	4

$q_6$	л/с	5	9	7	8	12	9	6	5	4	10
$q_7$	л/с	4	5	6	7	6	5	4	3	2	2
$S_{2-5 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	2	3	4	2,5	2,8	3,4	3,5	3,1	3,2	3,3
$S_{5-7 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1	1,5	1,6	1,8	1,9	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5
$S_{7-8 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1

– Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q_8$	л/с	10	9	8	7	6	5	4	3	2	5
$q_9$	л/с	5	6	7	8	9	10	9	5	6	4
$q_{10}$	л/с	10	9	8	7	6	5	7	9	8	5
$q_{11}$	л/с	15	14	12	10	11	13	10	9	9	10
$q_{12}$	л/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6
$q_{13}$	л/с	9	10	11	12	13	14	15	16	17	12
$q_{15}$	л/с	4	5	4	3	1	2	1	3	1	3
$q_{16}$	л/с	6	7	8	9	10	11	10	9	8	8
$q_{17}$	л/с	5	4	3	4	2	1	3	4	6	2
$q_{18}$	л/с	15	14	13	12	11	10	9	8	7	9
$q_{19}$	л/с	4	4	5	4	6	5	4	5	8	6
$q_{21}$	л/с	8	9	10	11	12	13	14	15	16	11
$q_{22}$	л/с	17	17	15	14	13	10	9	8	9	10
$q_{23}$	л/с	19	18	17	19	18	17	19	18	17	15



$q_{24}$	л/с	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$q_{25}$	л/с	35	34	33	32	31	32	33	34	35	32
$q_{26}$	л/с	55	56	57	58	59	58	57	56	55	56
$q_{27}$	л/с	50	49	48	47	46	45	46	47	48	46
$H_{p1}$	м	10	10,5	10	9	9	8,5	9,2	9,3	9,2	9,6
$H_{p2}$	м	6,2	6,3	6,0	6,2	6,1	6,0	6,1	6,2	6,3	6,1
$S_{7 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	9	10	11	12	11	10	9	10	11	10
$S_{8 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	20	21	22	20	21	22	21	20	19	20
$Q_{1к}$	л/с	26	27	28	25	28	27	26	27	25	26
$Q_{2к}$	л/с	31	32	33	31	33	32	30	32	31	30
$Q_{3к}$	л/с	36	37	38	36	38	37	35	37	36	35

– Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{4к}$	л/с	41	42	43	41	43	42	40	42	41	40
$Q_{5к}$	л/с	47	48	49	47	49	48	46	48	47	46
$H_{1к}$	м	52	51	50	52	50	51	52	51	50	52
$H_{2к}$	м	50,0	49,5	49	50	49	49,5	50	49,5	50	50
$H_{3к}$	м	48	47,5	47,5	48	47,5	47,5	48	47,5	48	48
$H_{4к}$	м	46	46	45,5	46	45,5	46	46,5	46	46	46,5
$H_{5к}$	м	44	44	43,5	44	43,5	44	44	44	44	44
$l_3$	м	14	15	19	16	22	19	21	18	20	17
$\varphi$	разів	1,4	1,6	1,6	1,7	2	1,9	2	1,7	2	1,8

$n_0$	шт	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2
$L$	м	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$\varphi_2$	разів	1,1	1,2	1,4	1,2	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,2
$l_4$	м	140	160	170	130	120	140	150	160	170	180

—