

Практичне заняття

Тема заняття: Управління робочими режимами насосних станцій.

Питання для перевірки засвоєння і контролю теоретичного матеріалу:

- Сутність задач удосконалення водозаборів з підземних джерел?
- Які проблеми виникають при намаганні збільшити продуктивність водозабору, який існує?
- Як враховується взаємний вплив свердловин при визначенні їх продуктивності?
- Суть методів відновлення продуктивності свердловин, які експлуатуються

Мета заняття-набути навички виконання аналізу роботи водозабірних інженерних об'єктів з підземних джерел та виконання розрахунків гідравлічних режимів їх роботи.

Сучасні системи водопостачання мають нестабільні характеристики. Ця нестабільність пов'язана з динамікою роботи системи, яка визначається характером водорозбору на протязі доби, що залежить від особливостей життя і праці населення міста. З однієї сторони вона визначається тенденцією концентрації населення в містах, яка приводить до росту водоспоживання і зміни структури водорозподільчої мережі, з другої сторони - особливостями формування і розвитку промислового виробництва, з третьої - нестабільністю в часі характеристик окремих елементів систем водопостачання (зменшення пропускної можливості мереж і водоводів як наслідок корозії в них, зміни характеристики насосів як наслідок їх зносу і т.д.)

Загальна задача удосконалення роботи системи зводиться до визначення і реалізації заходів, які можливості системи водопостачання приводять у відповідність до вимогам споживачів. Розв'язування цієї задачі досягається розв'язуванням наступних приватних завдань:

- збільшення пропускної можливості мережі;
- перерозподіл потоків в мережі;
- зонування мережі;
- збільшення продуктивності головних споруд систем водопостачання (водозаборів, насосних станцій I і II підйомів, очисних споруд);
- заміна технологічного і механічного обладнання для збільшення продуктивності;
- заміна морально застарілого обладнання.

Задача.

Перевірити можливість збільшення на $p\%$ забору води із трьох свердловин (рис.3), з яких вода за допомогою сифонного водопроводу подається в збірний колодезь. Із збірного колодезя вода збирається насосом марки К 160/30, який при подачі $112 \div 198 \text{ м}^3/\text{год}$ ($31,1 \div 55 \text{ л/с}$) розвиває напір $36,5 \div 28 \text{ м}$. Водозабір характеризується такими даними:

- глибина шару води в пласті від водонепроникного шару до статичного рівня води h_e м;
- коефіцієнт фільтрації K_f м/добу;
- радіус впливу $R=l_1$ м ;
- радіус свердловини $r = 0.2$ м;
- відстань між свердловинами l_3 м;
- водоносний шар – ізольований і необмежений;
- втрати напору в комунікаціях свердловини h_k м;
- геометрична висота підйому води 18 м;
- довжина одного напірного водогону l_7 м;
- кількість напірних водогонів – 2;
- втрати напору в комунікаціях напірної станції h_n м;
- питомий опір водогону $S_{ov} = 0,000006785 \text{ (с/л)}^2 \cdot \text{м}$.

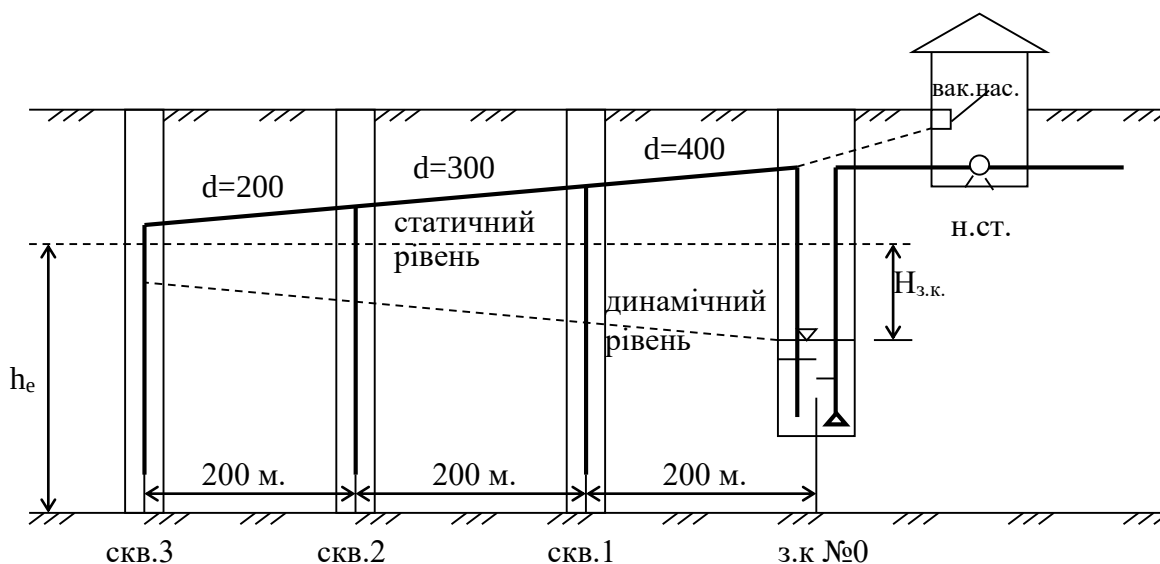


Рисунок 3. – Схема водозабору

Розв'язування типової задачі.

Нехай вихідні дані для задачі будуть: $p = 30\%$, $h_e = 14 \text{ м}$, $K_f = 25 \text{ м/добу}$, $R = 300 \text{ м}$, $l_7 = 200 \text{ м}$, $h_k = 1 \text{ м}$, $l_8 = 1200 \text{ м}$, $h_n = 3 \text{ м}$.

Визначимо середній дебіт однієї свердловини. Прийнемо середню подачу насоса рівною:

$$Q_n = \sum q_i = 170 \text{ м}^3 / \text{год} = 47,2 \text{ л} / \text{с}.$$

Тоді середній дебіт однієї свердловини буде:

$$q_1 = 47,2 / 3 = 15,7 \text{ л} / \text{с}.$$

Знайдемо параметри аналітичної характеристики насоса H_ϕ та S_ϕ :

$$S_\phi = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2} = \frac{36,5 - 28}{55^2 - 31,1^2} = 0,00413 (\text{с} / \text{л})^2 * \text{м},$$

$$H_\phi = H_1 + S_\phi * Q_1^2 = H_2 + S_\phi * Q_2^2 = 36,5 + 0,00413 * 31,1^2 = 40,5 \text{ м}.$$

Визначити зниження рівня води в свердловинах з врахуванням їх взаємодії і збільшення витрат на $p\%$.

$$h_i = h_e - \sqrt{h_e^2 - \sum_1^n \frac{100 + p}{100} q_i N_{ij} / (\pi * K_\phi)},$$

де q_i – дебіт свердловини в $\text{м}^3/\text{добу}$;

N_{ij} – гідралічний опір для кожної свердловини з врахуванням взаємодії.

Для однієї свердловини:

$$N_0 = \ln \frac{1,65 * R}{r},$$

де R – радіус впливу, $R = 300 \text{ м}$,

r – радіус свердловини, $r = 0,2 \text{ м}$.

$$N_0 = \ln \frac{1,65 * 300}{0,2} = 7,81.$$

Для свердловини №1 при її взаємодії із свердловиною №2:

$$N_{1-2} = \ln \frac{R}{l_{1-2}} = \ln \frac{300}{200} = 0,41.$$

При взаємодії першої свердловини із третьою:

$$N_{1-3} = \ln \frac{R}{l_{1-3}} = \ln \frac{300}{400} = -0,29.$$

Для свердловини №2 при її взаємодії із першою свердловиною:

$$N_{2-1} = N_{1-2} = 0,41.$$

При взаємодії другої і третьої свердловини:

$$N_{2-3} = N_{2-1} = 0,41.$$

При взаємодії третьої і другої свердловини:

$$N_{3-2} = N_{2-3} = 0,41.$$

При взаємодії третьої і першої свердловини:

$$N_{3-1} = N_{1-3} = -0,29.$$

Зниження рівня в першій і третій свердловинах буде:

$$h_1 = h_3 = 14 - \sqrt{14^2 - 1,3 \frac{15,7 * 3,6 * 24}{3,14 * 25} (7,81 + 0,41 - 0,29)} = 9,77 \text{ м},$$

в другій свердловині:

$$h_2 = 14 - \sqrt{14^2 - 1.3 \frac{15.7 * 3.6 * 24}{3.14 * 25} (7.81 + 0.41 + 0.41)} = 12,54 \text{ м.}$$

Ці зниження в свердловинах не дозволяють просто збільшити відбір з них на 30% тому, що величина їх перебільшує навіть теоретично можливе зниження (на 10м).

Перевіримо, яка повинна бути глибина води в збірному колодязі при збільшенні відбору води на 30%.

$$H_{зк} = H_{\phi} - H_{Г} - (S_{\phi} + S_{кн} + S_{\epsilon}) * Q^2,$$

де $H_{Г}$ - геометрична висота підйому, $H_{Г} = 18$ м,

$S_{кн}$ – опір комунікацій насосної станції.

$$S_{кн} = h_k / Q^2 = 3 / (\sum q_i)^2 = 3 / (47.3)^2 = 0.001347 (c / л)^2 * м;$$

S_{ϵ} – опір водогонів

$$S_{\epsilon} = \frac{S_{ов} * l_7}{n^2},$$

n – кількість водогонів, n = 2.

$$S_{\epsilon} = \frac{0,000006785 * 1200}{4} = 0,0020355 (c / л)^2 * м.$$

Q – подача насосної станції з врахуванням її збільшення

$$Q = 1.3 * \sum_1^3 q_i = 1.3 * 47.2 = 61.36 л / с .$$

Тоді

$$H_{з.к.} = 40,5 - 18 - (0,00413 + 0,001347 + 0,0020355) * 61,36^2 = -5,8 \text{ м.}$$

Таким чином, збільшення відбору води на 30 % неможливе.

Контрольні питання

1. Назвіть заходи до заходів щодо підвищення технологічної надійності водозабірних інженерних об'єктів.
2. Як визначається частота ушкоджень елементів мереж?
3. Яким чином контролюється якість очистки води на очисних спорудах?
4. Як оцінюється економічна ефективність роботи інженерних об'єктів водопостачання?
5. За якими показниками слід зупиняти водозабірний процес з підземного джерела на ремонтні роботи для заміни насосного обладнання?

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення: 15.09. 2019).
2. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості . [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [www. http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_i	л/с	19	18	20	21	22	23	24	25	24	23
$K_{\phi m}$	$m^2/\text{добу}$	550	540	530	520	510	500	510	520	530	540
H_{Γ}	м	17	18	18	17	16	15	16	15	17	15
h_2	м	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3
l_1	м	320	350	360	370	380	390	380	365	355	340
l_2	м	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
l_3	м	300	310	290	320	330	340	320	340	330	310
l_4	м	70	74	76	78	80	82	84	86	88	86
l_5	м	42	44	46	44	42	44	46	48	46	44
l_6	м	48	50	52	54	56	58	60	58	56	54
K_{ϕ}	м/добу	23	22	20	19	23	19	20	21	22	23
L	м	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
B	м	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
H_p	м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
v	мм/с	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1
u	мм/с	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49
Q	1,5	1	2,5	2	4,5	3,5	1,5	7,5	2,5	6,5	3
n	200	200	300	180	190	200	270	240	250	260	220
Споруда	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
V_{Π}	л	10	20	13	17	15	21	12	17	14	11
m_1	%	5	8	6	7	4	10	11	9	7	8
V_1	%	0,3	0,5	0,3	0,25	0,1	0,3	0,2	0,25	0,5	0,1
P_1	%	93	94	95	95	93	94	93	95	94	95
Pnn	%	93,5	92	93	94	95	96	90	91	92	93
Vn	m^3	6	7	5	4	3	7	3	8	5	3

Q/ст	тис. м ³ /доб	2,0	2,2	1,9	1,7	3,8	3,5	2,5	4,7	5,2	6,0
q _{макс}	м ³ /год	85	95	85	75	160	148	110	200	220	255
C,	мг/л	200	220	150	100	250	240	230	210	190	180
d	мкм	50	150	150	100	100	95	90	85	80	75
ρ _ф	кг/м ³	1500	1200	1300	1400	1600	1550	1280	1200	1230	1950
ρ _р	кг/м ³	1000	1000	1050	980	990	1000	1010	1020	1030	1035
μ,10 ³	Па*с	2	1	1,5	1,8	1,9	1,5	5,4	3,8	1,6	2,5
α	град	45	50	55	60	46	51	56	61	47	49
h _{яp}	мм	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
δ	мм	3	3	3205	205	205	4	4	4	3,5	3,5
c	мг/л	1,5	1,0	1,3	1,8	2,0	1,7	1,4	1,2	0,9	1,6
d	мг/л	10	6,7	8,7	12,1	13,4	11,4	9,4	8,0	5,8	10,7
a _a	мг/л	1,5	1,8	1,6	2,0	1,7	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4

a _ц	мг/л	4,9	5,2	5,3	5,4	4,6	4,8	4,7	5,0	5,1	5,2
П _р	мг/л	115	120	125	110	112	118	124	128	119	116
W _м	97	96	98	97,5	96,5	97,5	97	96	98	97,5	W _м
h _к	м	0,9	0,95	1,1	1,05	1,2	1,3	1,2	1,15	1,1	1,0
l ₇	м	1000	1050	1100	1200	1250	1300	1250	1200	1150	1100
h _н	м	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
h _е	м	13	14	15	16	17	16	15	14	13	14
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 ³	1,5	1,8	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
W ₂	м ³	1,8	2,1	2,3	2,7	2,6	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	%	15	18	20	17	19	25	22	24	21	28
$H_{рез}$	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
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
$S_1 \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	1,9	2,0	1,8	2,2
$S_2 \times 10^4$	(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
ΔZ_1	м	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
ΔZ_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
ΔH	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
$Q_{1к}$	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
$Q_{4к}$	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

$H_{I\kappa}$	м	52	51	50	52	50	51	52	51	50	52
$H_{2\kappa}$	м	50,0	49,5	49	50	49	49,5	50	49,5	50	50
$H_{3\kappa}$	м	48	47,5	47,5	48	47,5	47,5	48	47,5	48	48
$H_{4\kappa}$	м	46	46	45,5	46	45,5	46	46,5	46	46	46,5
$H_{5\kappa}$	м	44	44	43,5	44	43,5	44	44	44	44	44
$H_{6a\kappa}$	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0

q_1	л/с	4	5	4	3	1	2	1	3	1	3
ϕ	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
ϕ_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
q_2	л/с	10	9	8	7	6	5	7	9	8	5
n_1	разів	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
m_1	шт.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
W_{oc}	м ³	650	910	1300	700	1100	1200	750	1300	1500	1000
D_k	мг/л	100	90	80	100	95	85	95	75	65	70
$Q_{ст}$	м ³ /добу	20000	25000	22000	26000	28000	35000	40000	41000	50000	45000
$W_1, \%$	96,5	96,3	97	97,2	97,3	97,7	98	98,2	96,5	96,6	96,8
$X, \%$	50	45	55	40	60	65	45	55	50	45	60
$C, \text{г/л}$	1.5	1.0	1.2	1.5	1.1	1.4	2	1.2	1.5	1.3	1.5
$A_1, \%$	90	91	93	95	90,5	91,5	92	92,5	93	93,5	94
$A_2, \%$	40	42	44	42	40,5	41,5	42	42,5	43	43,5	44
$D_1, \%$	3,4	3,5	3,2	3,3	3,1	3	2,9	3,6	3	3,7	3,1
$D_2, \%$	11	12	10	10,5	11,5	12,5	10	1	11	11,5	12,5