

## Практичне заняття №1

**Тема заняття:** Удосконалення роботи водозабірних інженерних об'єктів  
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 та їх гідравлічних розрахунків.

### Задача №1.

Визначити витрату води, яку можна отримати з трьох свердловин, що обладнані насосами ЕЦВ – 10 – 63 – 40Г з подачею  $Q = 40 \div 80 \text{ м}^3/\text{год}$  при напорі  $H = 50 \div 30 \text{ м}$  і розміщені біля річки відповідно з рис.1. Визначити зниження статичного рівня в кожній із них. Дати аналіз зміни основних параметрів при збільшенні водовідбору на 25%. В вихідному стані можливий дебіт однієї свердловини  $q_i$ , водопроникність напірного пласту  $K_{\phi m}$ ; радіус кожної із свердловин  $r_0 = 0,2 \text{ м}$ . Свердловини досконалі. Геометрична висота підйому води для всіх свердловин  $H_r$ . Втрати напору в фільтрі і щілині між обсадною трубою та електродвигуном, в водопідйомних трубах і арматурі умовно прийняти рівними  $h_2$ . Відстані кожної із свердловин від ріки відповідно дорівнюють  $l_1, l_2, l_3$ , а від збірного резервуару відповідно  $l_4, l_5, l_6$ .

Діаметри трубопроводів:

- від кожної свердловини до загальної лінії, яка подає воду в збірний резервуар, -  $d = 150 \text{ мм}$ ;
- від вузла 1 до вузла 2 (рис. 4) -  $d = 200 \text{ мм}$ ;
- від вузла 2 до збірного резервуара -  $d = 250 \text{ мм}$ .

Труби сталеві з питомими втратами для труб  $d = 150 \text{ мм}$  -  $S_{01} = 38,969$  (для  $Q$  в  $\text{м}^3/\text{с}$ ),  $d = 200 \text{ мм}$  -  $S_{02} = 6,785$ ,  $d = 250 \text{ мм}$  -  $S_{03} = 2,147$ .

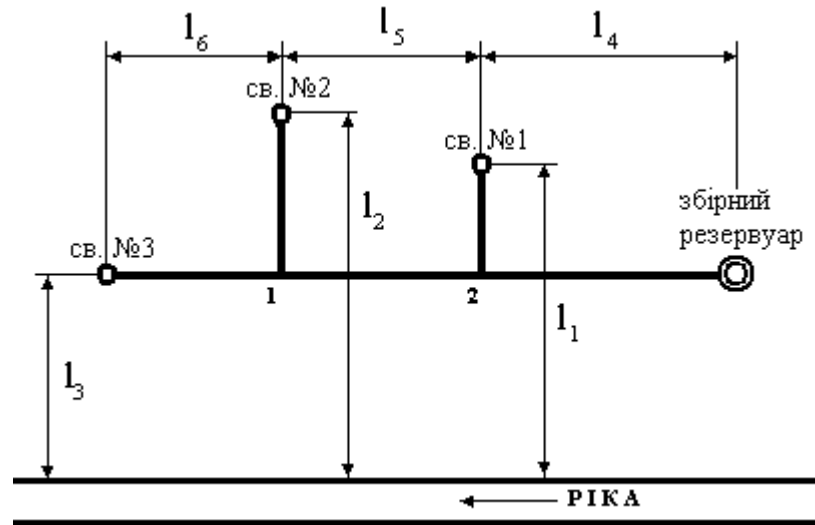


Рисунок 1. – Схема підземного водозабору.

**Розв'язування типової задачі.**

Дано:  $q_i = 20$  л/с,  $K_{фm} = 500$  м<sup>2</sup> / добу,  $H_r = 17$  м,  $h_2 = 6$  м,  $l_1 = 250$  м,  $l_2 = 300$  м,  $l_3 = 200$  м,  $l_4 = 80$  м,  $l_5 = 40$  м,  $l_6 = 50$  м.

Відстань між свердловинами невелика, і вони будуть працювати у взаємодії. Для розрахунку впливу однієї свердловини на іншу, розмістимо вихідну схему в системі координат X-Y, сумістивши вісь Y з урізом води у річці, а вісь X провівши через центр св.№1 перпендикулярно до вісі Y. Отримаємо схему, яка показана на рис. 2.

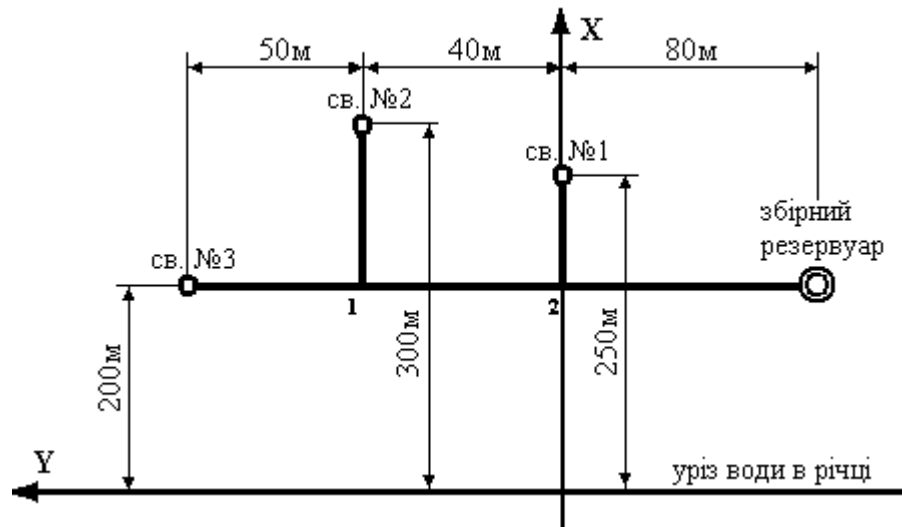


Рисунок 2. – Розрахункова схема водозабору.

Визначаємо питомий дебіт кожної свердловини за формулою:

$$q_{i.num} = \frac{2\pi K_{\phi} m}{\ln(2x_{0i} / r_{0i})},$$

де  $K_{\phi} m$  - водопроникність напірного пласту,  $K_{\phi} m = 500 \text{ м}^2 / \text{добу}$ ;

$x_{0i}$  – координата  $X$   $i$ -тої свердловини;

$r_{0i}$  – радіус  $i$ -тої свердловини.

Тоді для першої свердловини отримаємо:

$$q_{1.num} = \frac{2 * 3,14 * 500}{\ln(2 * 250 / 0,2)} = \frac{3140}{\ln(2500)} = \frac{3140}{7,82} = 401,5 \text{ м}^3 / (\text{добу} * \text{м}) = 16,7 \text{ м}^3 / (\text{год} * \text{м}) = 4,65 \text{ л} / (\text{с} * \text{м}).$$

Питомий дебіт для свердловини №2:

$$q_{2.num} = \frac{2 * 3,14 * 500}{\ln(2 * 300 / 0,2)} = \frac{3140}{8,01} = 392,01 \text{ м}^3 / (\text{добу} * \text{м}) = 16,33 \text{ м}^3 / (\text{год} * \text{м}) = 4,54 \text{ л} / (\text{с} * \text{м})$$

Питомий дебіт для свердловини №3:

$$q_{3.num} = \frac{2 * 3,14 * 500}{\ln(2 * 200 / 0,2)} = \frac{3140}{7,6} = 413,16 \text{ м}^3 / (\text{добу} * \text{м}) = 17,21 \text{ м}^3 / (\text{год} * \text{м}) = 4,78 \text{ л} / (\text{с} * \text{м})$$

Повне зниження статичного рівня в свердловині при відкачці  $H_{id}$  визначається за формулою:

$$H_{id} = q_i / q_{i.num} + \Delta h_i, \quad (1)$$

де  $q_i$  – питомий дебіт  $i$  – ої свердловини,

$q_{i \text{ пит.}}$  – розрахункове додаткове зниження статичного рівня води в свердловині при її взаємодії з сусідніми свердловинами (зрізка).

$$\Delta h_i = \sum_{j=2}^n \frac{q_j}{2\pi K_{\phi} m} * \ln \frac{\rho_{j,i}}{r_{j,i}}, \quad (2)$$

де  $n$  - кількість свердловин, що працюють;

$r_{j,i}$  – відстань між свердловинами;

$\rho_{j,i}$  - параметр, який характеризує взаємозв'язок свердловин.

Щоб визначити зрізки води в свердловинах при їх взаємодії, обчислюємо величини відстаней між ними  $r_{j,i}$  та параметри  $\rho_{j,i}$  (рис.5).

Для першої свердловини при її взаємодії із свердловиною №2:

$$r_{2-1} = \sqrt{(x_{01} - x_{1,2})^2 + y_{1,2}^2},$$

$$\rho_{2-1} = \sqrt{(x_{01} + x_{1,2})^2 + y_{1,2}^2},$$

де  $x_{01}$  – координата  $x_0$  свердловини №1,

$x_{1,2}$  і  $y_{1,2}$  - координати  $X$  та  $Y$  свердловини №2,

$$r_{2-1} = \sqrt{(250 - 300)^2 + 40^2} = 64,0 \text{ м},$$

$$\rho_{2-1} = \sqrt{(250 + 300)^2 + 40^2} = 551,4 \text{ м},$$

$$\ln \frac{\rho_{2-1}}{r_{2-1}} = \ln \frac{551,4}{64} = \ln 8,6156 = 2,15.$$

При взаємодії першої свердловини із третьою:

$$r_{3-1} = \sqrt{(x_{01} - x_{1,3})^2 + y_{1,3}^2} = \sqrt{(250 - 200)^2 + 90^2} = 103,0\text{м},$$

$$\rho_{3-1} = \sqrt{(x_{01} + x_{1,3})^2 + y_{1,3}^2} = \sqrt{(250 + 200)^2 + 90^2} = 458,9\text{м},$$

$$\ln \frac{\rho_{3-1}}{r_{3-1}} = \ln \frac{458,9}{103} = \ln 4,4553 = 1,49.$$

Для свердловини №2 при її взаємодії з першою :

$$r_{1-2} = r_{2-1} = 64,0\text{м}, \quad \rho_{1-2} = \rho_{2-1} = 551,4\text{м}, \quad \ln \frac{\rho_{1-2}}{r_{1-2}} = 2,15.$$

При її взаємодії із свердловиною №3:

$$r_{3-2} = \sqrt{(x_{02} - x_{3,2})^2 + y_{3,2}^2} = \sqrt{(300 - 200)^2 + 50^2} = 111,8\text{м},$$

$$\rho_{3-2} = \sqrt{(x_{02} + x_{3,2})^2 + y_{3,2}^2} = \sqrt{(300 + 200)^2 + 50^2} = 502,5\text{м},$$

$$\ln \frac{\rho_{3-2}}{r_{3-2}} = \ln \frac{502,5}{111,8} = \ln 4,4946 = 1,50.$$

Для свердловини №3 при її взаємодії із свердловинами №1 та №2:

$$r_{1-3} = r_{3-1} = 103,0\text{м}, \quad \rho_{1-3} = \rho_{3-1} = 458,9\text{м}, \quad \ln \frac{\rho_{1-3}}{r_{1-3}} = 1,49,$$

$$r_{2-3} = r_{3-2} = 111,8\text{м}, \quad \rho_{2-3} = \rho_{3-2} = 502,5\text{м}, \quad \ln \frac{\rho_{2-3}}{r_{2-3}} = 1,50.$$

Користуючись рівнянням (6), визначаємо зрізки в кожній із свердловин:

– для першої свердловини:

$$\Delta h_1 = \frac{20 * 3,6 * 24}{2 * 3,14 * 500} (2,15 + 1,49) = 2,00\text{м};$$

– для другої свердловини:

$$\Delta h_2 = \frac{20 * 3,6 * 24}{2 * 3,14 * 500} (2,15 + 1,50) = 2,01\text{м};$$

– для третьої свердловини:

$$\Delta h_3 = \frac{20 * 3,6 * 24}{2 * 3,14 * 500} (1,49 + 1,50) = 1,64\text{м}.$$

Для уточнення витрат із кожної свердловини визначаємо умовні опори загальних ділянок для кожної свердловини, виходячи із системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{\epsilon 1} = \left( \sum_{i=1}^n q_i \right)^2 * S_I / q_1^2, \\ S_{\epsilon 2} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n q_i \right)^2 * S_I + \left( \sum_{i=1}^n q_i - q_1 \right)^2 * S_{II} \right] / q_2^2, \\ \dots \\ S_{\epsilon n} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n q_i \right)^2 * S_I + \left( \sum_{i=1}^n q_i - q_1 \right)^2 * S_{II} + \dots + q_n^2 * S_N \right] / q_n^2 \end{array} \right.$$

де  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – витрати води з кожної свердловини, які необхідно визначити;

$\sum_{i=1}^n q_i$  - загальна (сумарна) витрата води з цих свердловин;

$S_I, S_{II}, \dots, S_N$  – повні опори окремих ділянок, які являються загальними для відповідних свердловин;

$S_{\text{в1}}, S_{\text{в2}}, \dots, S_{\text{вn}}$  – умовні опори для загальних ділянок.

Повні опори окремих загальних ділянок визначаються за формулою:

$$S_i = S_{oi} * l_i,$$

де  $S_{oi}$  - питомий опір  $i$ -ої загальної ділянки;

$l_i$  - довжина  $i$ -ої загальної ділянки.

Ділянка  $d = 250$  мм від збірного резервуара до вузла 2:

$$S_I = 2,147 * 80 / 1000000 = 0,0001717 (c / л)^2 * м;$$

ділянка  $d = 200$  мм від вузла 1 до вузла 2:

$$S_{II} = 6,785 * 40 / 1000000 = 0,0002714 (c / л)^2 * м;$$

ділянка  $d = 150$  мм від вузла 1 до свердловини 3:

$$S_{III} = 38,969 * 50 / 1000000 = 0,0019484 (c / л)^2 * м.$$

Тоді

$$S_{\epsilon 1} = \frac{(20 * 3)^2 * 0,0001717}{20^2} = 0,0015453 (c / л)^2 * м,$$

$$S_{\epsilon 2} = \frac{60^2 * 0,0001717 + (60 - 20)^2 * 0,0002714}{20^2} = 0,0026309 (c / л)^2 * м,$$

$$S_{\epsilon 3} = \frac{60^2 * 0,0001717 + (60 - 20)^2 * 0,0002714 + 20^2 * 0,0019484}{20^2} = 0,0045793 (c / л)^2 * м.$$

Уточнюються витрати кожної із свердловин за формулою:

$$q_i = \frac{-1 / q_{inum} + \sqrt{(1 / q_{inum})^2 + 4(H_{\phi i} - H_{\Gamma i} - \Delta h_i)(S_{\phi i} + S_{\kappa i} + S_{\epsilon i})}}{2(S_{\phi i} + S_{\kappa i} + S_{\epsilon i})}, \quad (7)$$

де  $H_{\phi i}$  і  $S_{\phi i}$  – параметри аналітичної напірно – витратної характеристики насосу  $i$ -ої свердловини,

$S_{ki}$  - загальний опір комунікацій в і-тій свердловині до загальних ділянок:

$$S_{ki} = h_2 / q_i^2 + 1,1 * S_{oi} * l_i,$$

де  $h_2$  – втрати напору в фільтрі і в щілині між обсадною трубою і електродвигуном, в водопідйомних трубах та арматурі свердловини;

$l_i$  – відстань від свердловини до загальних ділянок збірної мережі;

$S_{oi}$  – питома витрата для труби, яка відходить від свердловини,

$S_o = 38,969$  (для  $Q$  в  $m^3/c$ ).

$$S_{k1} = h_2 / q_1^2 + 1,1 * S_{o1} * l_{cb.1-2} = 6/20^2 + 1,1 * 38,969 * 10^{-6} * 50 = 0,015 + 0,00214 = 0,01714 (c/l)^2 * m,$$

$$S_{k2} = h_2 / q_2^2 + 1,1 * S_{o2} * l_{cb.2-1} = 6/20^2 + 1,1 * 38,969 * 10^{-6} * 100 = 0,015 + 0,00429 = 0,01929 (c/l)^2 * m,$$

$$S_{k3} = h_2 / q_3^2 = 6/20^2 = 0,015 (c/l)^2 * m.$$

Параметри аналітичної напірно-витратної характеристики насосу знаходимо виходячи з вихідних даних за формулами:

$$S_{\phi} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2},$$

де  $Q_1$  та  $Q_2$  – межі витрат, в яких рекомендується використання насосу,

$H_1$  та  $H_2$  – напори при подачі  $Q_1$  та  $Q_2$  відповідно.

$$S_{\phi} = \frac{50 - 30}{22,2^2 - 11,1^2} = 0,0541 (c/l)^2 * m.$$

$$H_{\phi} = H_1 + S_{\phi} * Q_1^2 = H_2 + S_{\phi} * Q_2^2 = 50 + 0,0541 * 11,1^2 = 56,7$$

м. За формулою (7) для свердловини №1 отримаємо:

$$q'_1 = \frac{-1/4,65 + \sqrt{(1/4,65)^2 + 4(56,7 - 17 - 2,0)(0,0541 + 0,01714 + 0,0015453)}}{2(0,0541 + 0,01714 + 0,0015453)} = 21,3 л / c,$$

$$q'_2 = \frac{-1/4,54 + \sqrt{(1/4,54)^2 + 4(56,7 - 17 - 2,01)(0,0541 + 0,0192 + 0,0026309)}}{2(0,0541 + 0,0192 + 0,0026309)} = 20,9 л / c,$$

$$q'_3 = \frac{-1/4,78 + \sqrt{(1/4,78)^2 + 4(56,7 - 17 - 1,64)(0,0541 + 0,015 + 0,0045793)}}{2(0,0541 + 0,015 + 0,0045793)} = 21,1 л / c.$$

Таким чином, загальна витрата з трьох свердловин буде:

$$Q = q'_1 + q'_2 + q'_3 = 21,3 + 20,9 + 21,1 = 63,3 л / c = 227,88 м^3 / год .$$

Уточнена зрізка в свердловинах при їх взаємодії, виходячи з формули (6) буде:

– в першій свердловині:

$$\Delta h'_1 = \frac{21,3 * 3,6 * 24}{2 * 3,14 * 500} * (2,15 + 1,49) = 2,13 м,$$

– в другій свердловині:

$$\Delta h'_2 = \frac{20,9 * 3,6 * 24}{2 * 3,14 * 500} * (2,15 + 1,50) = 2,10 м,$$

– в третій свердловині:

$$\Delta h_3' = \frac{21,1 * 3,6 * 24}{2 * 3,14 * 500} * (1,49 + 1,50) = 1,74 \text{ м.}$$

Загальне зниження рівня води в кожній із свердловин буде дорівнювати

$$H_{10} = 21.3 / 4.65 + 2.13 = 6.71 \text{ м,}$$

$$H_{20} = 20.9 / 4.54 + 2.10 = 6.70 \text{ м,}$$

$$H_{30} = 21.1 / 4.78 + 1.74 = 6.15 \text{ м.}$$

При збільшенні відбору води на 25% із свердловин витрата із однієї свердловини зросте до

$$20 * 1,25 = 25 \text{ л/с.}$$

Рахуючи в першому наближенні, що з кожної свердловини відбирається однакова витрата, а також лінійну залежність зрізки  $\Delta h_i$  від витрати, одержимо таке збільшення останніх в кожній свердловині:

$$\Delta h_1'' = 2.13 * 1.25 = 2.66 \text{ м,}$$

$$\Delta h_2'' = 2.10 * 1.25 = 2.62 \text{ м,}$$

$$\Delta h_3'' = 1.74 * 1.25 = 2.18 \text{ м.}$$

Загальне зниження рівня води в свердловинах зросте в середньому до таких величин:

$$H_{10}' = 25 / 4.65 + 2.66 = 8.04 \text{ м,}$$

$$H_{20}' = 25 / 4.54 + 2.62 = 8.13 \text{ м,}$$

$$H_{30}' = 25 / 4.78 + 2.18 = 7.41 \text{ м.}$$

З врахуванням зростання витрати напір насосів в свердловинах повинен становити величину, яка визначається за формулою:

$$H_{pi} = H_{zi} + \frac{q_{pi}}{q_{inmu}} + \Delta h_i'' + \sum h_i = H_{zi} + H_{i0}' + \sum h_i,$$

де  $H_{zi}$  - геометрична висота підйому в і-ій свердловині,  $H_{zi} = 17$  м,

$q_{pi}$  - розрахункова витрата і-ої свердловини,  $q_{pi} = 25$  л/с,

$\sum h_i$  - сумарні втрати напору при збільшеній витраті.

$$H_{p1} = 17 + 8.04 + S_{k1} * q_{p1}^2 + S_I * q_I = 25.04 + 0.01714 * 25^2 + 0.0001717 * (25 * 3)^2 = 37.72 \text{ м;}$$

$$H_{p2} = 17 + 8.13 + S_{k2} * q_{p2}^2 + S_I * 75^2 + S_{II} * 50^2 = 25.13 + 0.01929 * 25^2 + 0.0001717 * 75^2 + 0.0002714 * 50^2 = 38.83 \text{ м;}$$

$$H_{p3} = 17 + 7.41 + S_{k3} * q_{p3}^2 + S_I * 75^2 + S_{II} * 50^2 + S_{III} * 25^2 = 24.41 + 0.015 * 25^2 + 0.96 + 0.68 + 0.0019484 * 625 = 36.64 \text{ м.}$$

Отримані напори показують, що без заміни обладнання свердловин збільшити витрату водозабору неможливо.

## 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](http://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://icssc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://icssc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).
3. Эпоян С.М., Благодарная Г.И., Душкин С.С. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография. Харьков: ХНАГХ, 2013. 190 с. URL:[http://eprints.kname.edu.ua. pdf](http://eprints.kname.edu.ua.pdf). (дата звернення: 29.01. 2020).



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
$H_{\Gamma}$	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
$K_{\phi}$	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
Спорууда	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
$V_{\Pi}$	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
$P_{nn}$	%	93,5	92	93	94	95	96	90	91	92	93
$V_n$	$m^3$	6	7	5	4	3	7	3	8	5	3

$Q/_{\text{ст}}$	тис. м <sup>3</sup> /доб	2,0	2,2	1,9	1,7	3,8	3,5	2,5	4,7	5,2	6,0
$Q_{\text{макс}}$	м <sup>3</sup> /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
$\rho_{\text{ф}}$	кг/м <sup>3</sup>	1500	1200	1300	1400	1600	1550	1280	1200	1230	1950
$\rho_{\text{р}}$	кг/м <sup>3</sup>	1000	1000	1050	980	990	1000	1010	1020	1030	1035
$\mu, 10^3$	Па*с	2	1	1,5	1,8	1,9	1,5	5,4	3,8	1,6	2,5
$\alpha$	град	45	50	55	60	46	51	56	61	47	49
$h_{\text{яр}}$	мм	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$\delta$	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

$a_{\text{ц}}$	мг/л	4,9	5,2	5,3	5,4	4,6	4,8	4,7	5,0	5,1	5,2
$\Pi_{\text{р}}$	мг/л	115	120	125	110	112	118	124	128	119	116
$W_{\text{М}}$	97	96	98	97,5	96,5	97,5	97	96	98	97,5	$W_{\text{М}}$
$h_{\text{к}}$	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
$h_{\text{н}}$	м	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
$h_{\text{е}}$	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 <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

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_1$	МПа	0,25	0,27	0,30	0,35	0,37	0,40	0,40	0,35	0,35	0,30
$H_{рез}$	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
$\Delta Z_1$	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
$\Delta H$	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
$Q_{1к}$	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

$H_{1κ}$	М	52	51	50	52	50	51	52	51	50	52
$H_{2κ}$	М	50,0	49,5	49	50	49	49,5	50	49,5	50	50
$H_{3κ}$	М	48	47,5	47,5	48	47,5	47,5	48	47,5	48	48
$H_{4κ}$	М	46	46	45,5	46	45,5	46	46,5	46	46	46,5
$H_{5κ}$	М	44	44	43,5	44	43,5	44	44	44	44	44
$H_{6ακ}$	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
$\phi$	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
$\phi_2$	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 <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup> /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