

Практичне заняття

Тема заняття: Метод двохконтурного управління роботою насосної станції

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 тривалий час?
- Яким чином визначається дійсний дебіт кожної із свердловин сифонного водозабору?
- Які особливості удосконалення водозаборів з поверхневих джерел?

Задача №1.

Визначити витрату води, яку можна отримати з трьох свердловин, що обладнані насосами ЭЦВ – 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 $K_{\text{фм}}$; 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 $\text{м}^3/\text{с}$), $d = 200 \text{ мм}$ - $S_{02} = 6,785$, $d = 250 \text{ мм}$ - $S_{03} = 2,147$.

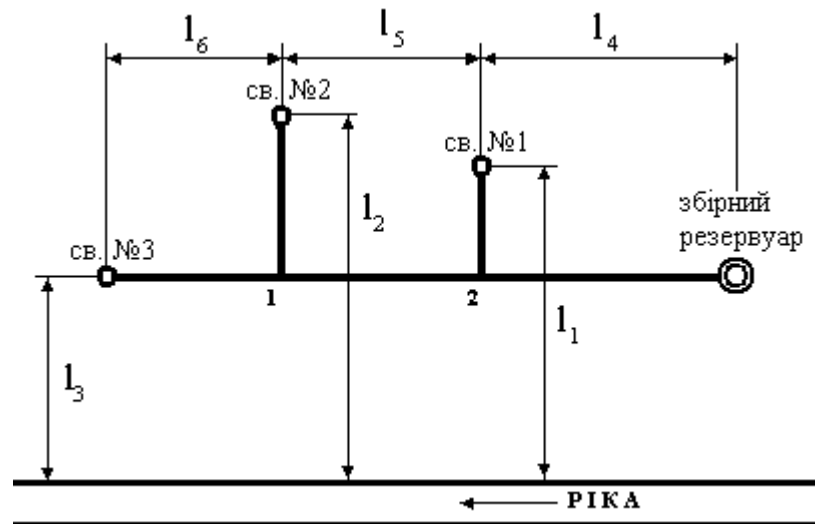


Рисунок 1. – Схема підземного водозабору.

Розв'язування типової задачі.

Дано: $q_i = 20$ л/с, $K_{\phi m} = 500$ м² / 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.

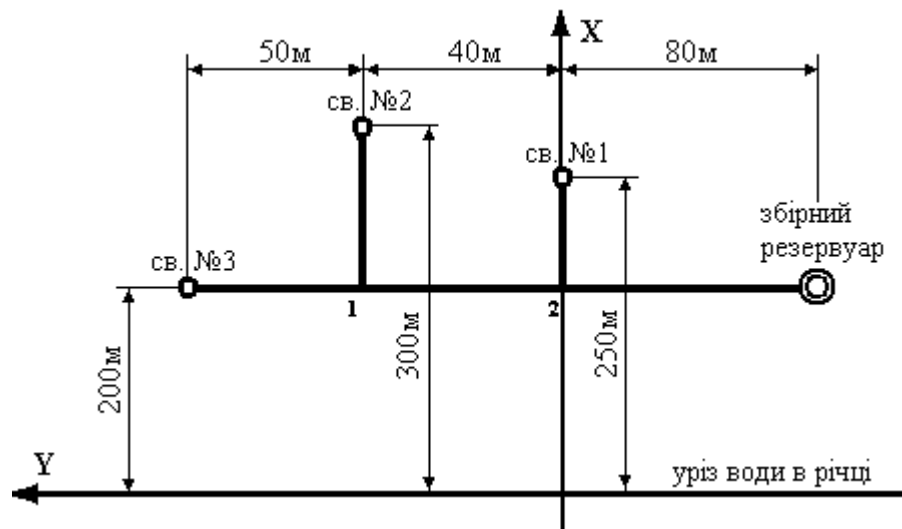


Рисунок 2. – Розрахункова схема водозабору.

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 Х і-тої свердловини;

r_{0i} – радіус і-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 і – 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 Х та У 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:

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

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

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

Для свердловини №2 при її взаємодії з першою :

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

При її взаємодії із свердловиною №3:

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

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

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

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

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

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

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

– для першої свердловини:

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

– для другої свердловини:

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

– для третьої свердловини:

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

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

де H_{fi} і S_{fi} – параметри аналітичної напірно – витратної характеристики насосу і 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).

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

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

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

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.

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

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

За формулою (7) для свердловини №1 отримаємо:

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

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

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

Таким чином, загальна витрата з трьох свердловин буде:

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

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

– в першій свердловині:

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

– в другій свердловині:

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

– 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

$$H_{1\partial} = 21.3 / 4.65 + 2.13 = 6.71 \text{ м,}$$

$$H_{2\partial} = 20.9 / 4.54 + 2.10 = 6.70 \text{ м,}$$

$$H_{3\partial} = 21.1 / 4.78 + 1.74 = 6.15 \text{ м.}$$

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

$$20 * 1,25 = 20 \text{ л/с.}$$

Рахуючи в першому наближенні, що з кожної свердловини відбирається однакова витрата, а також лінійну залежність зрізки Δh_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:

$$H_{1\partial}' = 25 / 4.65 + 2.66 = 8.04 \text{ м,}$$

$$H_{2\partial}' = 25 / 4.54 + 2.62 = 8.13 \text{ м,}$$

$$H_{3\partial}' = 25 / 4.78 + 2.18 = 7.41 \text{ м.}$$

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

$$H_{pi} = H_{zi} + \frac{q_{pi}}{q_{innu}} + \Delta h_i'' + \sum h_i = H_{zi} + H_{i\partial}' + \sum h_i,$$

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

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

$\sum h_i$ - 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.

Задача №2.

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 $S_{ov} = 0,000006785 \text{ (с/л)}^2 \cdot \text{м}$.

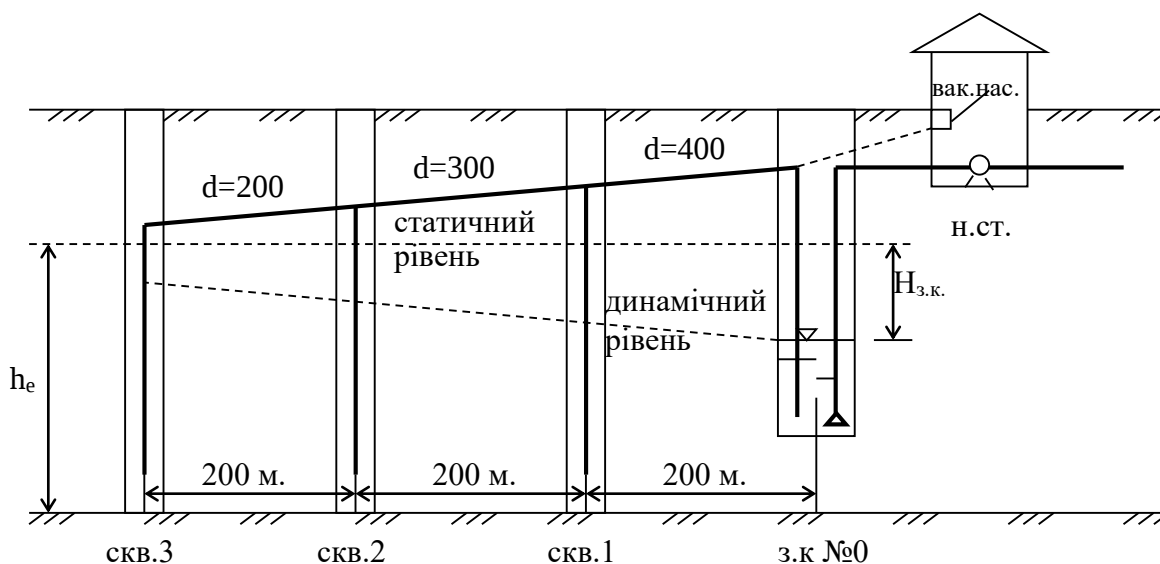


Рисунок 3. – Схема водозабору

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. Прийемо 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%.

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

де H_{Γ} - геометрична висота підйому, $H_{\Gamma} = 18$ 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

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

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.

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_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
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