

Практичне заняття № 6

Тема: Визначення продуктивності підземних водозабірних будівель

Метою заняття є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок з визначення продуктивності підземних водозабірних будівель з урахуванням гідрогеологічних умов, параметрів водоносних горизонтів та конструктивних особливостей водозабірних споруд, опанування методиками розрахунку дебіту свердловин і групових водозаборів, оцінювання впливу експлуатації на рівневий режим підземних вод, а також аналізу відповідності розрахункової продуктивності вимогам надійності та сталості водопостачання.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Які види підземних вод використовуються для водопостачання?
- Чим принципово відрізняються окремі види підземних водозаборів один від одного?
- Які складові частини фільтрів для свердловин і в чому їх призначення?
- Що являють собою каркасно-стрижневі фільтри?
- Чим відрізняються дротяні фільтри від сітчастих?
- Що таке гравійні фільтри, і які вони бувають?
- В чому особливості гравійних фільтрів, які виготовляються на поверхні землі?
- Від чого залежить робоча поверхня фільтрів?
- Що таке безфільтрові свердловини і як вони споруджуються?
- Від чого залежить продуктивність свердловин в безнапірних водоносних породах?
- В чому суть методу М.Є. Альтовського при визначенні притоку води до свердловин?
- Як враховується нестабільність у часі руху підземних вод?
- Як визначається приплив води при недосконалих колодязях?
- В чому особливість схем водозаборів зі свердловин?
- В чому суть взаємодії свердловин?
- Що таке коефіцієнт впливу співзалежних свердловин і що таке коефіцієнт зниження дебіту свердловин?

Задача №1. Визначити приплив води до свердловини при безнапірних

водах, якщо діаметр свердловини D , радіус впливу R , потужність водоносного пласту $H_{\text{рив}}$, відстань від підстилаючого водонепроникного шару до динамічного рівня води h_g , а коефіцієнт фільтрації K_f . Чисельні значення величин прийняти по додатку А.

Задача №2. Визначити приплив води до свердловини діаметром D в напірному водоносному пласті потужністю $H_{\text{рив}}$, якщо радіус впливу R , а коефіцієнт фільтрації K_f . Відстань від підстилаючого водонепроникного шару до статичного рівня 16м, а до динамічного рівня - 10 м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №3. Визначити приплив води до одиночної свердловини в напірному водоносному пласті за умовами задачі №60 за виключенням того, що відстань від підстилаючого водонепроникного шару до статичного рівня 10м, а до динамічного рівня 5м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №4. Відомі результати пробної відкачки із свердловини: витрата Q_1 при зниженні S_1 , витрата Q_2 при зниженні S_6 , витрата Q_3 при зниженні S_3 . Визначити дебіт свердловини при зниженні S_4 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №5. Відомі результати пробної відкачки із свердловини: витрата Q_1 при зниженні S_5 , витрата Q_2 при зниженні S_6 , витрата Q_3 при зниженні S_7 . Визначити дебіт свердловини при зниженні S_4 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №6. Проаналізувати, як зміниться приплив води до одиночної свердловини, що характеризується параметрами, які приведені в задачі №59, коли підстилаючий водонепроникний шар знизиться на 10м, і свердловина стане недосконалою. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі

Для розв'язування задачі рекомендується спочатку зробити рисунок за умовами задачі №1, потім підстилаючий водонепроникний шар змістити вниз на 10м. Після цього, виходячи з отриманого рисунка, розв'язувати задачу,

враховуючи, що вихідна досконала свердловина стане недосконалою.

Задача №7. Визначити загальну продуктивність водозабору з підземного джерела, яке знаходиться на значній відстані від поверхневого джерела. Водозабір включає 5 свердловин, які розташовані в один ряд на відстані 2σ одна від одної. Свердловини досконалі, діаметр кожної 200мм, потужність водоносного горизонту $H_{\text{рів}}$, коефіцієнт фільтрації $K_{\text{ф}}$, радіус впливу R , напір водоносного шару 20м, а втрати напору на вході в свердловину 4м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $2\sigma=70\text{м}$, $K_{\text{ф}}=40\text{м/добу}$, $R=150\text{м}$, $H_{\text{рів}}=9,5\text{м}$, $H_{\text{в.ш}}=20\text{м}$, $H_{\text{ф}}=5\text{м}$, $d_{\text{ф}}=200\text{мм}$, $n_{\text{св}}=5$.

Допустиме значення статичного рівня орієнтовно визначається за формулою

$$S = H_{\text{в.ш}} - 0,5H_{\text{рів}} - H_{\text{ф}} = 20 - 0,5 \times 9,5 - 5 = 10,25 \text{ м}.$$

Приведений радіус лінійного водозабору буде

$$r_{\text{np}} = 0,37 l,$$

де l - половина довжини ряду свердловин

$$l = 2 \sigma (n_{\text{св}} - 1),$$

$n_{\text{св}}$ - кількість свердловин

$$l = 70 (5 - 1) = 280 \text{ м}.$$

Тоді

$$r_{\text{np}} = 0,37 \times 280 = 103,6 \text{ м}.$$

Загальна продуктивність водозабору визначається за формулою

$$Q_{\text{заг}} = \frac{2,73 K_{\text{ф}} m S}{\lg \frac{R}{r_{\text{np}}} + \frac{1}{n_{\text{св}}} \lg \frac{\sigma}{\pi r_0}},$$

де m – потужність водоносної породи, $m=H_{\text{рів}}=9,5\text{м}$;

σ – половина відстані між свердловинами, $\sigma = 35$ м.

$$Q_{\text{заг}} = \frac{2,73 \times 40 \times 9.5 \times 10.25}{\lg \frac{150}{103.6} + \frac{1}{5} \lg \frac{35}{3.14 \times 0.1}} = \frac{10633.35}{0.16 + 0.41} = 18655 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Задача №8. Визначити загальну продуктивність водозабору за умовами задачі №69, якщо свердловини розміщуються по колу.

Розв'язування типової задачі

Якщо свердловини розміщені по колу, приведений радіус буде дорівнювати радіусу кільця свердловин, тобто

$$r_{np} = R_0 = \frac{5 \times 70}{2\pi} = 55,7 \text{ м.}$$

Тоді

$$Q_{\text{заг}} = \frac{2,73 \text{ m K S}}{\lg \frac{R}{r_{np}} + \frac{1}{n_{cv}} \lg \frac{\sigma}{\pi r_0}} = \frac{2,73 \times 9.5 \times 40 \times 10.25}{\lg \frac{150}{55.7} + \frac{1}{5} \lg \frac{35}{3.14 \times 0.1}} = \frac{10633.35}{0.43 + 0.41} = 12659 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Задача №9. Визначити схему розміщення n_{cv} свердловин, які розміщуються на відстані 2σ одна від одної. Радіус свердловини 200мм, а радіус впливу після 25-и років експлуатації становить R_1 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Вихідні дані: $n_{cv}=10$, $2\sigma=250$ м, $R_1=4186$ м, $r_{cv}=400$ мм.

Визначити загальну довжину водозабору при лінійному розміщенні свердловин

$$L_l = (n_{cv} - 1) 2\sigma = (10 - 1) 250 = 2250 \text{ м.}$$

Визначити загальну довжину кільцевої системи

$$L_k = 1,1 n_{cv} 2\sigma = 1,1 \times 10 \times 250 = 2750 \text{ м.}$$

Радіус кільця кільцевої схеми розміщення свердловин

$$r_k = L_k / 2\pi = 2750 / (2 \times 3,14) = 435 \text{ м.}$$

Визначити безрозмірний фільтраційний опір свердловини при їх лінійному розміщенні

$$\Phi_{\text{л}} = \ln \frac{2\sigma}{2\pi r_{\text{св}}} + \frac{\pi R_1}{2\sigma} = \ln \frac{250}{2 \times 3.14 \times 0.4} + \frac{3.14 \times 4186}{250} = 4,6 + 52,6 = 57,2 .$$

Фільтраційних опір при кільцевій схемі

$$\Phi_{\text{л}} = \ln \frac{R_1^{n_{\text{св}}}}{n_{\text{св}} \times r_{\text{к}}^{n_{\text{св}}-1} \times r_{\text{св}}} = \ln \frac{4186^{10}}{10 \times 435^9 \times 0.4} = \frac{1}{0,43429} \times \lg \frac{4186^{10}}{10 \times 435^9 \times 0.4} = 2,30 \times 11,072 = 25,49.$$

Оскільки $\Phi_{\text{л}} \gg \Phi_{\text{к}}$, а цей опір входить в знаменник формули для визначення витрати однієї свердловини, то доцільно прийняти кільцеву схему розміщення свердловин.

Додаток А

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d	мм	0,003	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	0,6	0,7	0,8	0,9
H	м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
J	J×10 ⁵	3	5	8	10	10	30	25	20	15	10
v	м/с	0,9	0,5	0,6	0,5	1,5	1,3	1,0	1,1	1,3	1,5
σ_л	м/с	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024
K	-	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1
n	секцій	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3
У	-	с.	л.	в.	л.	д.в.	л.	с.	в.	д.в.	в.
q_p	тис. м ³ /год.	2,7	1,2	3,0	1,3	3,2	3,5	1,0	1,5	4,0	3,6
a	мм	60	70	50	80	50	70	60	50	50	50
b	мм	10	8	10	9	12	14	8	10	15	14
a₁	мм	3	2	4	2	5	5	2	2	5	5
d₁	мм	1,5	1	1,5	1	1,5	1,5	1	1	1,5	1,5
v₁	см/с	7	4	8	4	10	3,5	6	8	10	9
m	кг	135	33	420	94	205	420	20	52	693	582
F	м ²	1,62	0,48	3,2	1,08	2,58	3,2	0,24	0,8	6,24	4,16
n₁	шт.	20	14	30	12	25	30	10	16	40	35
H_{ст}	м	1,6	1,04	2,8	1,60	2,2	2,8	0,60	1,00	3,00	2,7
b₁	мм	1,0	0,6	1,6	0,8	1,2	1,5	0,5	0,7	2	1,8
d₂	мм	0,3	0,25	0,35	0,20	0,35	0,2	0,25	0,3	0,4	0,3
b₂	мм	60	40	70	50	60	70	40	50	80	80
W	м ³	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,4	1,3	1,2
H_Г	м	6,0	6,2	6,5	4,9	5,3	5,2	5,7	5,5	5,0	6,3
h_Н	м	5,0	5,2	5,3	5,5	6,0	6,1	5,9	5,7	5,5	5,0
η_{ел}	-	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
T	годин	2,0	1,0	2,0	1,9	1,8	1,5	1,0	2,0	3,0	2,5
q_{ел}	-	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,5	0,49	0,48	0,47	0,46
S	-	4	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Z	м	51	64	28	35	38	56	25	27	32	45
D	м	0,8	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,5	0,6	1,0	0,9
Z₁	м	54	66	33	38	40	59	29	32	36	47
H_{хв}	м	0,6	0,7	0,5	0,6	0,8	0,5	0,7	0,8	0,6	0,55
H_в	м	2,6	2,7	3,0	3,1	2,9	2,8	2,7	2,8	2,9	3,0
H_{кр}	м	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,6
n_{вс}	шт.	2	3	4	5	4	3	3	5	2	3

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ	кг/м ³	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18
σ_3	мм/с	6,9	6,5	6,0	5,5	5,4	5,0	4,8	4,7	4,5	5,0
L	км	0,6	0,5	0,4	0,45	0,55	0,65	0,35	0,65	0,7	0,75
$S_c \times 10^3$	для Q в м ³ /с	5,514	22,62	10,98	22,62	5,514	2,962	57,84	22,62	1,699	2,962
P _{ат}	кПа	98,1	96,2	95,0	94,1	90,0	85,0	84,0	83,0	82,0	80,0
h _п	м	0,09	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
h _{сл}	м	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,85	0,87	0,90	0,92	0,95
H _{сиф}	м	4,0	4,5	5,0	4,6	4,8	5,2	5,5	5,1	4,9	4,2
t _{сиф}	хв.	5	3	5	3,5	4	5	2,5	3,6	6	5,5
H _к	м	7	6	8	6,7	7,8	7	8	8	6,5	6
P	-	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,47	0,42	0,37	0,32	0,44
b _к	см	8	9	10	12	11	10	9	8	9	10
d _з	мм	19	20	21	22	23	24	25	24	23	22
H ₁	м	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,07	0,06
W _{ог}	м ³	6,8	7,2	7,3	7,5	7,6	7,7	7,8	7,7	7,6	7,5
W _ф	м ³	2,1	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,7	2,5	2,2
f	-	0,5	0,48	0,44	0,45	0,35	0,25	0,2	0,42	0,47	0,6
$\Omega_{ог}$	м ²	4,5	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,4	5,3
$\omega_{ог}$	м ²	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,15	1,95
ψ	-	0,07	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,35	0,45	0,55	0,6
v _p	м/с	0,5	0,55	0,6	0,7	0,65	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
K _{під}	-	0,8	0,7	0,85	0,95	0,75	0,9	0,35	0,4	0,45	0,5
X _G	м	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
X _P	м	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
h _{ог}	м	1,5	1,65	1,7	1,45	1,4	1,6	1,5	1,55	1,6	1,7
h _ф	м	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,6	0,65	0,7	0,55	0,4
m ₁	кг/м	199,8	152,9	172,1	152,9	199,8	224,4	128,0	152,9	249,1	224,4
D _к	м	9,5	10	10,5	12	13	14	13	12	10	11
H _{рів.}	м	6	6,5	7,5	8	8,5	7,6	6,8	8,2	8,4	7,9
W _н	м ³	33,2	33,0	34,1	35,2	35,5	34,4	32,9	35,4	35,8	35,0
W _{покр.}	м ³	21,1	21,5	22,0	22,9	23,1	22,1	21,8	23,2	23,4	22,8
W _п	м ³	122,0	123,0	125,1	126,4	127,1	125,3	124,0	127,0	127,2	125,4
h _g	м	3	3,5	3,8	5	4,3	3,8	3,5	3,2	4,4	4
R	м	150	170	155	170	155	160	180	170	150	160

K_ф	м/добу	25	30	40	30	25	35	45	40	20	30
Q₁	м ³ /добу	100	100	81	101,5	150	64	85,8	154	100,8	199,8
Q₂	м ³ /добу	200	200	135	147	300	100	119,6	220	126	270

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: <https://tehnadzor.cc/pages/dbn-v-2-5-74-2013-vodopostachannya-zovnishni-mereji-ta-sporudy-osnovni-polojennya-proektuvannya.php>
2. Водозабірні будівельні об'єкти. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=9903>