

Практичне заняття № 7

Тема заняття: Розрахунок горизонтальних водозабірних конструкцій

Метою практичного заняття є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок з розрахунку горизонтальних водозабірних конструкцій з урахуванням гідрогеологічних умов, фільтраційних характеристик ґрунтів та конструктивних особливостей водозабірних споруд. опанування методиками визначення продуктивності горизонтальних водозаборів, розрахунку основних геометричних параметрів дрена і галерей, а також оцінювання ефективності та надійності їх роботи в системах централізованого водопостачання.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- В якому випадку доцільно використовувати горизонтальні водозбори, і чим це пояснюється?
- Що таке траншейний водозбір?
- Що являє собою трубчатий водозбір?
- Чим галерейний водозбір відрізняється від трубчатого водозбору?
- Яким вимогам повинні задовольняти горизонтальні водозбори?

Задача № 1. Визначити продуктивність досконалого горизонтального трубчатого водозбору діаметром D , загальною довжиною L , розташований на значній відстані від поверхні джерел у водоносній породі з коефіцієнтом фільтрації K_f і радіусом впливу R . Статичний рівень води в джерелі H_v , а динамічний рівень встановлюється на висоті, яка дорівнює діаметру труби водозбору. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $K_f=22\text{м/добу}$; $D=400\text{мм}$; $L=1000\text{м}$; $R=100\text{м}$; $H_v=3\text{м}$.

Продуктивність горизонтального водозбору визначається за формулою

$$Q = 2 K l m S / (R + E_{\phi}) ,$$

де K - коефіцієнт фільтрації, $K=22\text{м/добу}$;

l - довжина горизонтального водозбору, $l=1000\text{м}$;

R - радіус впливу, $R= 100\text{м}$.

Розрахункова потужність водоносного пласту визначається за формулою

$$m = (h_c + h_{\partial}) / 2 ,$$

де h_c - статичний рівень води в водозборі, $h_c=H_{\partial}=3\text{м}$;

h_{∂} - динамічний рівень води в водозборі, $h_{\partial}=0,4\text{м}$ (за умовою задачі).

Тоді $m = (3 + 0,4) / 2 = 1,7 \text{ м}$.

S - зниження статичного рівня води при роботі водозабору

$$S = h_c - h_{\partial} = 3 - 0,4 = 2,6 \text{ м}.$$

E_{ϕ} - коефіцієнт, який враховує фільтраційний опір, що визивається недосконалістю розкриття водоносного шару

$$E_{\phi} = 0,37 \pi \lg \frac{h_{сер}}{2 \pi r \sin \frac{\pi c}{h_{сер}}} ,$$

$h_{сер}$ - середня глибина підземного потоку в процесі експлуатації,

$$h_{сер} = 0,75 h_c = 0,75 H_{\partial} = 0,75 \times 3 = 2,25 \text{ м} ;$$

c - глибина занурення водозбірної труби під статичний рівень,

$$c = h_c - D/2 = 3 - 0,4/2 = 2,8 \text{ м}.$$

Тоді

$$E_{\phi} = 0,37 \times 3,14 \times \lg \frac{2,25}{2 \times 3,14 \times 0,2 \times \sin \frac{3,14 \times 2,8}{2,25}} = 1,16 \times \lg \frac{2,25}{6,28 \times 0,2 \times 0,068} = 1,16 \times \lg 26,34 = 1,65.$$

Продуктивність горизонтального водозбору буде

$$Q = 2 \times 22 \times 1000 \times 1,7 \times 2,6 / (100 + 1,65) = 1913,2 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Задача № 2. Визначити притік води до недосконалої дрени горизонтального водорозбору, яка має розміри перерізу: ширину **b**=0,8м і висоту **h**=1м і прокладена на відстані від водонепроникного шару до рівня води в пласті **T**. Коефіцієнт фільтрації **K_ф**, зниження рівня води **S₁**, радіус впливу **R**, а довжина лінії **L**. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай дано: **T**=6м; **K_ф**=12,5м/добу; **S₁**=3м; **R**=350м; **L**=60м;
b=0,8м; **h**=1м.

Притік води до недосконалої дрени при симетричному притоці води визначається за формулою

$$Q = \left[\frac{S}{R} + \left(2,3 \lg \frac{1,67 T}{\pi b} + \frac{R}{2 T} \right)^{-1} \right] K_{\phi} S L =$$

$$= \left[\frac{3}{350} + \left(2,3 \lg \frac{1,67 \times 6}{3,14 \times 0,8} + \frac{350}{2 \times 6} \right)^{-1} \right] \times 1,25 \times 3 \times 60 = 73,63 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Задача №3. Для умов задачі № 2 визначити приплив води, якщо дрена розташувати на водонепроникному шарі. Приплив води до дрени двосторонній.

Задача № 4. Визначити необхідну довжину досконалого горизонтального трубчатого водозбору діаметром D , який знаходиться на відстані l_1 від річки, для одержання q_1 м³ на добу. Водозбір інфільтраційного типу. Глибина води в річці при мінімальному її рівні над водонепроникною породою, на якій знаходиться водозбірна дрена, H_k , коефіцієнт фільтрації K_f , глибина води в місці розміщення водозбірної труби в процесі експлуатації дорівнює її діаметру. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $D=1000\text{мм}$; $l_1=50\text{м}$; $q_1=7100\text{м}^3$; $H_k=5\text{м}$;

$K_f=52\text{м/добу}$; $h=1\text{м}$.

Розрахункова потужність безнапірного водоносного шару за рахунок живлення від ріки визначається за формулою

$$m = (H + h) / 2 ,$$

де H - глибина води в річці при її мінімальному рівні над водопроникним шаром, $H=H_k=5\text{м}$;

h - глибина води у водозборі при його роботі, $h=D=1\text{м}$.

$$m = (5 + 1) / 2 = 3 \text{ м.}$$

Зниження статичного рівня води буде

$$S = H - h = 5 - 1 = 4 \text{ м.}$$

Середня глибина підземного потоку

$$h_{сер} = 0,75 H = 0,75 \times 5 = 3,75 \text{ м.}$$

Коефіцієнт фільтраційного опору при розміщенні водозбірної труби на

водонепроникній породі визначається за формулою

$$E_{\phi} = 0,74 h_{cep} \lg \frac{0,225 h_{cep}}{r} = 0,74 \times 3,75 \times \lg \frac{0,225 \times 3,75}{0,5} = 0,63.$$

Коефіцієнт, який враховує додатковий опір руху води від відкритого джерела до водозабору визначається за формулою

$$f = \sqrt{\frac{1}{m}} = \sqrt{\frac{1}{3}} = 0,82.$$

Тоді необхідна довжина горизонтального водозбору визначається залежністю

$$2l = \frac{Q \left(l_1 + \frac{1}{f} + E_{\phi} \right)}{K_{\phi} m S} = \frac{7100 \left(50 + \frac{1}{0,82} + 0,63 \right)}{52 \times 3 \times 4} = 590 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

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>

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
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
п_{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_n	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_k	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_k	см	8	9	10	12	11	10	9	8	9	10
d_3	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_k	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_n	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_n	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
Q_1	м ³ /добу	100	100	81	101,5	150	64	85,8	154	100,8	199,8
Q_2	м ³ /добу	200	200	135	147	300	100	119,6	220	126	270

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q₃	м ³ /добу	250	240	186	189	350	160	143	286	168	318,6
S₁	м	2	2,5	2,7	2,9	3	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7
S₂	м	4	5	4,5	4,2	6	5	4,6	5	4,5	5
S₃	м	5	6	6,2	5,4	7	8	5,5	6,5	6	5,9
S₄	м	4,2	5,1	5,3	4,9	6,5	5,9	5,4	6,2	5,6	5,7
S₅	м	3	3,5	2	2,5	3,0	2,5	3	3,5	2,7	4,5
S₆	м	4,0	4,9	3,5	3,6	5,4	3,8	4,1	4,6	3,6	5,1
S₇	м	4,7	5,7	5,9	5,0	6,6	7,5	5,1	6,1	5,7	5,6
I_c	м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
t	м	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,5	2,6	2,4	2,2	2,0
q_{св}	м ³ /с	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,018	0,016	0,014	0,012
2σ	м	80	110	85	120	100	85	100	120	80	110
n_{св}	шт.	12	14	16	18	20	18	16	14	12	8
R₁	м	4500	4300	4200	4700	4600	4500	4400	4300	4200	4100
T	м	5	5,5	4,5	4	4,7	5,7	6	5,5	5,3	4,8
I₁	м	55	60	57	62	58	63	65	67	68	64
q₁	тис. м ³ /добу	7,5	7,8	8,0	6,5	8,4	9,0	5,0	6,0	10,0	9,5
r	мм	125	150	100	125	150	200	175	150	125	100
l₂	м	27	32	25	29	37	30	31	35	32	27
n_p	шт.	2	3	4	5	4	3	2	3	2	4
θ	град.	45	36	30	34	30	35	45	33	50	31
Z_{np}	м	4	3,5	3,2	3,6	3,7	4,1	4,3	4,5	4,4	5,0
l₃	м	100	110	150	140	130	160	150	140	130	120
q₂	м ² /добу	0,2	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40
n₂	-	0,3	0,35	0,40	0,36	0,39	0,42	0,45	0,41	0,36	0,33