

Практичне заняття № 5

Тема: Перевірка елементів водозабірних будівель з поверхневих джерел на стійкість

Метою практичного заняття є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок з перевірки елементів водозаборів з поверхневих джерел на стійкість з урахуванням гідрологічних, гідравлічних та конструктивних факторів, набуття умінь виконувати розрахунки стійкості основних елементів водозабірних споруд до дії гідродинамічних навантажень, льодових явищ, розмиву та підмиву ґрунтів, а також оцінювати відповідність проєктних рішень чинним нормативним вимогам.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- В чому зміст статичної стійкості головок річищних водозаборів?
- Що таке коефіцієнт стійкості головка на зрушення з місця?
- Що таке коефіцієнт стійкості на перекидання головка?
- Які фактори можуть бути причинами порушення стійкості самопливних і сифонних ліній?
- Шляхом чого може порушуватись стійкість берегових колодязів?

Задача №1. Перевірити на стійкість головок з загальним об'ємом (без врахування об'єму водоприймальних вікон і дифузора) $W_{ог}$, об'ємом фундаменту для головка $W_{ф}$, щільністю головка $\rho_{ог}=2300 \text{ кг/м}^3$ і щільністю фундаменту $\rho_{ф}=2150 \text{ кг/м}^3$. Коефіцієнт тертя підошви головку по його основі f , площа основи головку $\Omega_{ог}$, переріз головку, перпендикулярний потоку води $W_{ог}$, коефіцієнт лобового опору головку, який залежить від його форми ψ , швидкість води в річці v_p , коефіцієнт підймання головку водою $K_{під}$, який залежить від виду ґрунту, на якому розташований головку, плече сил ваги відносно вісі перекидання X_G , плече підймальної сили відносно вісі перекидання X_P . Висота головку $h_{ог}$, висота фундаменту $h_{ф}$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $W_{ог}=6,974\text{м}^3$; $W_{ф}=2,31\text{м}^3$; $\rho_{ог}=2300\text{кг/м}^3$; $\rho_{ф}=2150\text{кг/м}^3$; $f=0,3$; $\Omega_{ог}=4,62\text{м}^2$; $w_{ог}=1,76\text{м}^2$; $\psi=0,3$; $v_p=0,7\text{м/с}$; $K_{під}=0,95$; $X_G=2,1\text{м}$; $X_P=2,1\text{м}$; $h_{ог}=1,6\text{м}$; $h_{ф}=0,5\text{м}$.

Визначити силу вагу оголовку

$$G_{ог} = m_{ог} g = \rho_{ог} W_{ог} g = 2300 \times 6,974 \times 9,81 = 157354 \text{ Н} = 157,354 \text{ кН}.$$

Визначити силу ваги фундаменту

$$G_{ф} = m_{ф} g = \rho_{ф} W_{ф} g = 2150 \times 2,31 \times 9,81 = 48721 \text{ Н} = 48,721 \text{ кН}.$$

Визначити підймальну силу, яка діє на оголовок

$$P = K_{під} g \rho_{в} \Omega(h_{ог} + h_{ф}) = 0,95 \times 9,81 \times 1000 \times 4,62(1,6 + 0,5) = 90417 \text{ Н} = 90,417 \text{ кН}.$$

Визначити силу гідродинамічного тиску води

$$F = \psi g \rho_{в} w \frac{v^2}{2g} = 0,3 \times 9,81 \times 1000 \times 1,76 \frac{0,7^2}{2 \times 9,81} = 129 \text{ Н} = 0,129 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт запасу оголовку на зрушення визначається за формулою

$$K_{зр} = \frac{(G - P)f}{F} = \frac{(157,354 + 48,721 - 90,417) \times 0,3}{0,129} = 299 > K_{дон}.$$

Коефіцієнт запасу оголовку на перекидання визначається за формулою

$$K_{пер} = \frac{G \times X_G}{F y_F + P X_P},$$

де $y_F = h_{ф} + 0,6h_{ог}$.

$$K_{пер} = \frac{(157,354 + 48,721) \times 2,1}{0,129(0,5 + 0,6 \times 1,6) + 90,418 \times 2,10} = 2,28 > K_{пердон}.$$

Так як $K_{зр}$ і $K_{пер}$ значно перевищують 1, при який буде рівновага сил, то стійкість оголовку забезпечена.

Задача №2. Перевірити на стійкість самопливну лінію діаметром **D**, яка не присипана ґрунтом, при промивці її гідроімпульсним способом за допомогою повітря від компресора, яке подається в колону зі сталевий труби діаметром **2D**. При промивці внутрішній об'єм самопливної лінії заповнюється

повітрям на 60-70%, маса одного метра труби з врахуванням її покриття m_1 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №3. Перевірити на можливість спливання самопливної лінії діаметром D і довжиною L , яка присипана піском зі щільністю $\rho_{\text{п}}=1500 \text{ кг/м}^3$. Маса одного метра труби з врахуванням її покриття m_1 , товщина шару піску поверх труби 0,5 м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі

Перевірка не спливання самопливної лінії виконується за умовою

$$\rho_{\text{в}} W_{\text{с.л.}} < \rho_{\text{тр}} W_{\text{тр}} + \rho_{\text{гр}} W_{\text{гр}} + \rho_{\text{в}} W_{\text{в}} + \rho_{\text{нов}} W_{\text{нов}},$$

де $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{\text{тр}}$, $\rho_{\text{гр}}$, $\rho_{\text{нов}}$ - щільність води, труби, ґрунту і повітря відповідно, $\rho_{\text{в}}=1000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{тр}}=7950 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{гр}}=1500 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{нов}}=1,293 \text{ кг/м}^3$;

$W_{\text{с.л.}}$ - об'єм самопливної лінії;

$W_{\text{тр}}$ - об'єм металу разом з його покриттям в самопливній лінії;

$W_{\text{гр}}$ - об'єм ґрунту, який прикриває самопливну лінію;

$W_{\text{в}}$, $W_{\text{нов}}$ - об'єм води і об'єм повітря в самопливній лінії відповідно.

Задача №4. Перевірити на спливання береговий колодязь діаметром $D_{\text{к}}$, у якого заглиблення дна під максимальний рівень $H_{\text{рів}}$, ґрунти — щільна глина. Наземна частина колодязя - цегляна ($\rho_{\text{ц}}=1650 \text{ кг/м}^3$) загальним об'ємом $W_{\text{н}}$, покрівля має щільність $\rho_{\text{покр}}=1900 \text{ кг/м}^3$ і загальним об'ємом $W_{\text{покр}}$, підземна частина залізобетонна загальним об'ємом $W_{\text{п}}$ з $\rho_{\text{підз}}=2300 \text{ кг/м}^3$ (з врахуванням обладнання). Коефіцієнт передачі тиску від води до колодязя $K_{\text{під}}=0,75$ (для глини). Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $D_{\text{к}}=9\text{м}$; $H_{\text{к}}=7\text{м}$; $W_{\text{н}}=33,075\text{м}^3$; $W_{\text{покр}}=22,891\text{м}^3$; $W_{\text{п}}=124,469\text{м}^3$.

Визначити загальну масу колодязя

$$m_{\text{к}} = W_{\text{н}}\rho_{\text{ц}} + W_{\text{покр}}\rho_{\text{покр}} + W_{\text{п}}\rho_{\text{п}} = 33,075 \times 1650 + 22,891 \times 1900 + 124,469 \times 2300 = 384346 \text{ кг}.$$

Визначити силу ваги колодязя

$$G_k = m_k g = 384346 \times 9,81 = 3770,4 \text{ кН} .$$

Підіймальна сила, що діє на колодязь, буде

$$P_v = K_{pid} g \rho_v W_{m.zp.} ,$$

де $W_{m.zp.}$ - об'єм підземної частини, яка знаходиться під рівнем максимального рівня води в джерелі.

$$W_{m.zp.} = \frac{\pi D_k^2}{4} H_{piv} = \frac{3,14 \times 9^2}{4} 7 = 445,095 \text{ м}^3 ,$$

$$P_v = 0,75 \times 9,81 \times 1000 \times 445,095 = 3274,8 \text{ кН} .$$

Оскільки $G_k > P_v$, то навіть без врахування сил тертя зовнішньої поверхні об ґрунт, спливання колодязя не буде. Коефіцієнт запасу на спливання визначається за формулою

$$K_{cpl} = G_k / P_v ,$$

$$K_{cpl} = 3770,4 / 3274,8 = 1,15 .$$

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>

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_z	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_φ	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