

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЇ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ
ТА ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Методичні рекомендації
до виконання курсової роботи для здобувачів спеціальності 194
«Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
з дисципліни «Організація моніторингу екологічного стану та
раціонального використання водних об'єктів»

Київ 2024

УДК 332.142.6

3 – 38

Укладачі:

О.С. Волошкіна, д-р техн. наук, професор;

Л.О. Василенко, канд. техн. наук, доцент;

А.В. Ковальова, д-р філософ.;

Ю.І. Калюх, аспірант;

Д.І. Маршалл, аспірант.

Рецензент: О.В. Дупляк, канд. техн. наук доцент;

Відповідальний за випуск Т.М. Ткаченко, д-р техн. наук, професор.

Затверджено на засіданні кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, протокол №5, від 22 грудня 2023 р.

В авторській редакції.

Захист території від підтоплення та забруднення підземних вод.

3 – 38. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи містять зміст, порядок оформлення і вказівки до виконання курсової роботи дисципліни «Організація моніторингу екологічного стану та раціонального використання водних об'єктів» / уклад.: О.С. Волошкіна, Л.О. Василенко, А.В. Ковальова та ін. – Київ: КНУБА, 2024. – 20 с.

Для студентів другого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

Призначено для здобувачів спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» для практичного засвоєння теми щодо розрахунків і графічних побудовах при проектуванні типових схем захисту територій від підтоплення та затоплення та раціонального водокористування.

ЗМІСТ

Загальні відомості.....	4
1.Вибір схеми захисту для фільтраційних розрахунків захисних дамб з дренажем.....	4
2 Фільтраційні розрахунки захисного дренажу для запобігання підтоплення території.....	7
3. Визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення підземних вод забруднюючими речовинами.....	16
Література.....	16
Додаток 1	17

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Курсова робота виконується студентами спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» відповідно до програми навчання з метою набуття ними практичного досвіду по розрахунках і графічних побудовах при проектуванні типових схем захисту територій від підтоплення та затоплення та раціонального водокористування при фільтрації з хвостосховищ, шламонакопичувачів різного роду, ставків-охолоджувачів та водосховищ. Захист територій здійснюють за допомогою дренажу та захисних дамб. Виконання курсової роботи сприяє вмінню застосовувати дані навички на рівні окремих комплексів і територій; а також вмінню робити оцінку та прогноз розвитку негативних явищ, обумовлених шкідливою дією вод та застосовувати отримані результати при проведенні оцінки впливу на навколишнє середовище від даних споруд та розробляти заходи з мінімізації ризиків від шкідливої дії води.

1. ВИБІР СХЕМИ ЗАХИСТУ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ РОЗРАХУНКІВ ЗАХИСНИХ ДАМБ З ДРЕНАЖЕМ

Дренажний канал, який влаштовують вздовж низового укосу напірної захисної дамби (греблі), так і з боку території, яку захищають.

Захист території від затоплення здійснюється за допомогою захисних дамб (гребель) з влаштуванням придамбового каналу.

Обґрунтовуючі вибір розрахункової схеми дамби з дренажним каналом або закритим дренажем на території, що захищається, в залежності від розташування каналу відносно низового укосу дамби, область фільтрації розбивається на окремі фрагменти, для кожного з яких складається фільтраційне рівняння. Розрізняють такі фільтраційні схеми залежно від розташування дренажу за низовим укосом дамби:

1 Ефективність впливу дренажного каналу така, що крива депресії проходить нижче подошви низового укосу дамби. В цьому випадку височування фільтраційного потоку на укос дамби та за його подошвою буде відсутнє (схема 1).

2. Канал розташований на такій відстані від дамби, що на низовому її укосі та за подошвою дамби з'являться ділянки височування фільтраційного потоку, розміри яких будуть збільшуватися з віддаленням від дамби (схема 2).

3. Канал розташований від дамби на значній відстані та основна

частина фільтраційного потоку буде височуватися на укос дамби та її підшовою, а в канал буде надходити з боку верхнього б'єфу незначна частина фільтраційної витрати, якою в розрахунках взагалі можна не приймати до уваги. При цьому зазвичай величина витрати, що надходить у дренажний канал складає менш як 5% загальної витрати.

Схема 1. Канал побудовано поблизу підшови укосу дамби. Його вплив може виявитись настільки ефективним, що крива депресії буде проходити нижче підшови укосу (точка А на рис.1). В цьому разі височування фільтраційного потоку на укіс дамби і за його підшовою не відбувається. Для перехвату гуртового потоку на прилягаючій до дамби території на деякій віддалі за каналом влаштовується трубчатий дренаж, який частково буде перехоплювати гуртовий потік з боку дамби, що дозволяє зменшити фільтраційне навантаження на придамбовий канал.

Умови існування схеми 1 визначається нерівномірністю

$$m_0 > \sqrt{\frac{h_1^2(L_1'' - n_K h'_{bK}) + (m + h'_{bK} + h_b)^2(L_1 - L_1'')}{L_1 - n_K h'_b}}, \quad (1)$$

де n_K – коефіцієнт закладання укосу каналу ($n_K = ctg\alpha_K$; α_K – кут нахилу укосу), h'_{bK} – висота просочування на лівий укіс каналу, h_{bK} – глибина води в каналі. Решту позначень наведено на рис. 1.

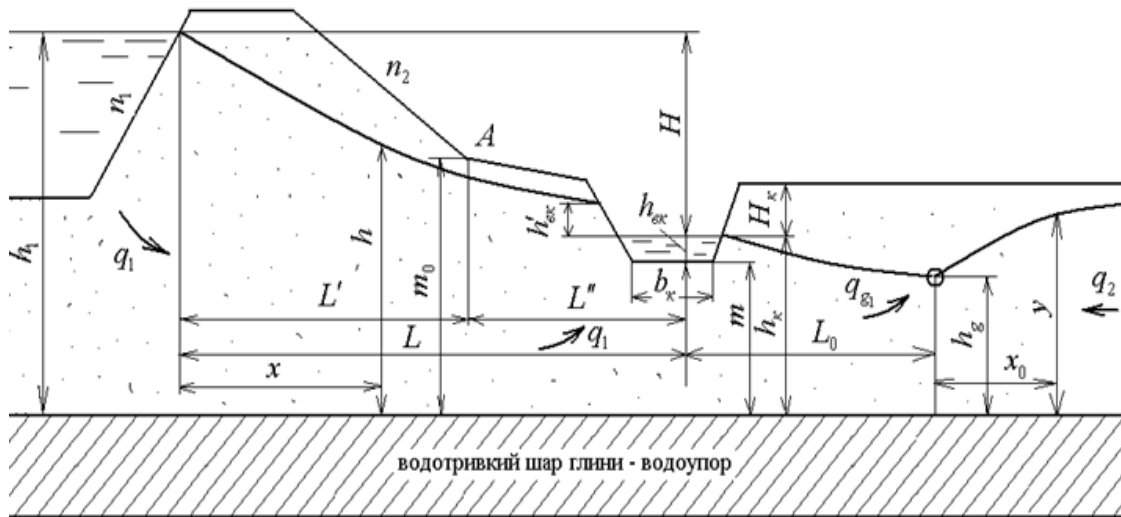
Схема 2. Канал проходить на деякій відстані від дамби (греблі). На рис. 2 укіс та його підшовою з'являється ділянка височування потоку, розміри якої будуть збільшуватися з віддаленням каналу від дамби. Однак і в цьому випадку дренажний канал може помітно впливати на фільтраційний режим у дамбі. Умови існування другої схеми визначаються нерівномірністю:

$$m_0 \leq \sqrt{\frac{h_1^2(L_1'' - n_K h'_{bK}) + (m + h'_{bK} + h_{b2})^2(L_1 - L_1'')}{L_1 - n_K h'_{bK}}}. \quad (2)$$

У нерівностях (1) і(2) знак $<$ показує на вплив каналу на фільтраційний потік через дамбу, а знак $>$ на відсутність такого впливу.

В наведених формулах: $L_1 = L + 0,44h_1 - 0,5B_K$,

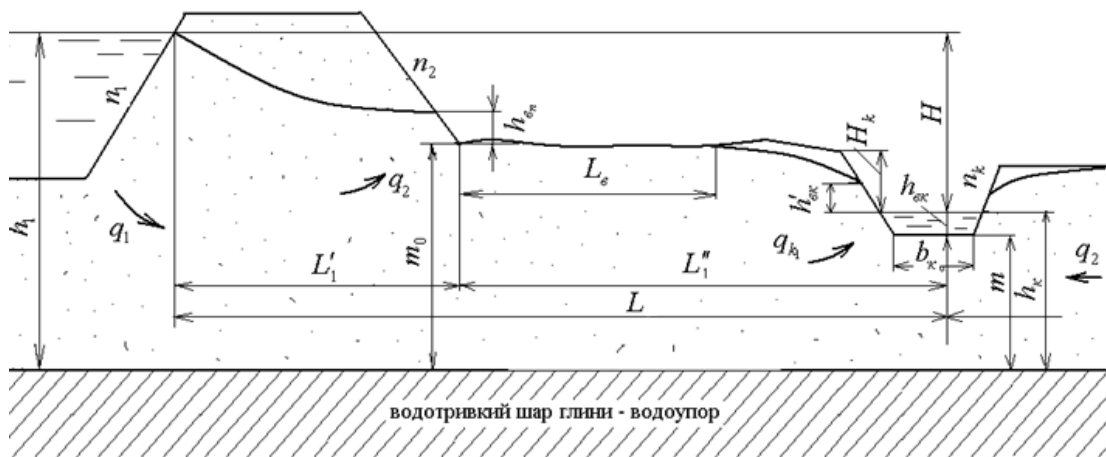
$B_K = b_K + 2n_K h_b$, $r_K = 0,28P_K$, де P_K –змочений периметр каналу.



Умова існування схеми 1

$$m_0 > \sqrt{\frac{h_1^2(L_1'' - n_K h'_{bK}) + (m + h'_{bK} + h_b)^2(L_1 - L_1'')}{L_1 - n_K h'_b}},$$

Рис. 1 Розрахункова схема дамби (греблі) з дренажним каналом (руслом) і перехоплюючим дренажем (схема 1)



Умова існування схеми 2, 3

$$m_0 < \sqrt{\frac{h_1^2(L_1'' - n_K h'_{bK}) + (m + h''_{bK} + h_{b2})^2(L_1 - L_1'')}{L_1 - n_K h'_{bK}}}$$

Рис. 2 Розрахункова схема дамби (греблі) з дренажним каналом (руслом) (схеми 2,3)

Завдання до п.1 щодо виконання курсового проєкту

Користуючись вихідними даними в таблиці додатку зробіть вибір розрахункової схеми згідно умов її існування (рис.1, рис.2) для подальшого розрахунку захисних споруд.

2. ФІЛЬТРАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ЗАХИСНОГО ДРЕНАЖУ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ

Якщо однобічний прилив в дренажний канал тільки із водойми (сховища) витрату води, що надходить в канал обчислюють за формулою:

$$\frac{q_1}{K} = \frac{(H+h_{bK})^2 - h_{bK}^2}{2L_1} \quad (3)$$

де K – коефіцієнт фільтрації ґрунту; ΔL_K – фільтраційний опір на недосконалість каналу. Враховуючи, що ширина по дну $b_K < 0,25m$ для визначення опору ΔL_K використовуємо залежність:

$$\Delta L_K = 0,366m \lg \frac{m}{\pi r_K} \quad (4)$$

Витрата води, що надходить в трубчатий дренаж з боку водоймища, може бути визначена за формулою:

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{h_K^2 - h_g^2}{2L_0} + \frac{h_g H_g}{L_0 + \Phi_q}, \quad (5)$$

$$H_g = h_K - h_g$$

де Φ_q – фільтраційний опір на недосконалість трубчастої дрени, визначається за формулою (3) при $m = h_{qi}$, $r_K = r_q$, де r_q – робочій радіус дрени.

Загальна погонна витрата трубчастої дрени визначається за формулою:

$$q_g = q_{g1} + q_2 = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1} \left[q_2 + \frac{T_1(h_K - h_g)}{L_0} \right], \quad (6)$$

погонна витрата, яка надходить в дренаж з боку дренажного каналу, може бути визначена також за формулою:

$$q_{g1} = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1} \cdot \frac{T_1(h_K - h_g)}{L_0} - \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} q_2; \quad (7)$$

Ординати кривої депресії Y в сторону водо розділу (пойми) визначаються:

$$Y = h_g + \left[\frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} (h_K - h_g) + \frac{\left(1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_y}\right) q_2 x_0}{(1+\alpha_1) T_2} \right], \quad (8)$$

$$\text{де } \alpha_1 = \frac{1}{1 + \frac{h_g}{L_0 A}}, \quad \alpha_y = \frac{1}{1 + \frac{h_g}{x_0 A}}, \quad T_1 = km, \quad m = \frac{h_K + h_q}{2},$$

$$m_2 = \frac{Y+h_q}{2} \approx h_g, A = 1,47 \frac{1}{\sin \frac{\pi dy}{2h_g}} \text{ визначається із табл.1.}$$

Таблиця 1

d_g/h_g	A	d_g/h_g	A	d_g/h_g	A	d_g/h_g	A	d_g/h_g	A
0,01	2,64	0,07	1,41	0,18	0,81	0,40	0,34	0,80	0,03
0,02	2,20	0,09	1,25	0,20	0,75	0,50	0,22	1,00	0,00
0,03	1,95	0,12	1,07	0,25	0,61	0,60	0,14		
0,04	1,76	0,14	0,97	0,30	0,5	0,70	0,07		
0,05	1,62	0,16	0,89	0,35	0,41				

Фільтраційні розрахунки для умов, коли дренажний канал розміщено на деякій відстані від дамби, розраховують згідно з залежностями:

$$h_{bn} = \sqrt{A^2 + \chi m_0 \frac{q_0}{K}} - A, \quad (9)$$

$$\frac{q_0}{K} = \frac{h_1^2 - m_0^2}{2L_1'}, \quad (10)$$

$$A = 0,5 \left[\left(1 + \frac{\chi}{n_2} + \chi \frac{m_0}{L_1''} \right) m_0 - n_2 \frac{q_0}{K} \right], \quad (11)$$

$$\frac{q_H}{K} = \frac{h_{b2} m_0}{n_2 h_{bK} + \chi m_0}, \quad (12)$$

$$\chi = 0,44 \frac{L_b}{L_b + 0,16 m_0} \cdot \frac{h_{bK} n_2}{n_2 h_{bK} + 0,06 m_0}, \quad (13)$$

$$\frac{q_{K1}}{K} = \frac{(H_K + h_{bK})^2 - h_{bK}^2}{2(L_1'' - L_b)} + \frac{H_K m}{L_1'' - L_b}, \quad (14)$$

$$q'_b = \frac{h_{bK}}{n_2} K, q_b^H = q_H - q_{K1}, q_b = q'_b + q_b'', \quad (15)$$

$$q_1 = q_H + q_b, q_K = q_{K1} + q_2. \quad (16)$$

У наведених стадіях: q_1 – загальна витрата води з боку водоймища, q_H – витрата в основі греблі, q_{K1} – витрата, яка надходить до каналу з боку водойми; q_2 – витрата яка надходить до каналу з боку заплави (пойми), q'_b, q_b'' – витрати, які фільтруються на укіс дамби і на ділянці L_b, h_{bn} – висота височування потоку на укіс греблі. Решта позначень видно із рис.2. Для визначення ділянки височування потоку на ділянці L_b – за греблею використовується наближене рівняння:

$$\theta = \frac{q_{K1}}{q_H} = \frac{1}{\pi} \arccos \frac{ch \frac{\pi L''}{m} - 3}{1 + ch \frac{\pi L_b}{m}}. \quad (17)$$

У наведену систему рівнянь в цьому випадку розв'язують методом підбору.

Спочатку за формулою (10) знаходять q_0 , потім у першому наближенні приймають $q_0 = q_H$, а q_{K1} обчислюють за формулою (14)

зважаючи $L_b = 0$, далі враховуємо відношення θ , за графіком (рис.3) знаходимо $\frac{L_b}{m}$. По формулам (9) і (11) приймаючи у першому наближенні $\chi = 0,44$ визначають h_{bn} ; у другому наближенні визначають спочатку за значеннями першого наближення h_{bn} і L_b згідно формулою (13) знаходять χ , а далі за формулами (12) і (14) - q_H і q_{K1} , а потім у другому наближенні визначаємо відношення θ , а з графіка рис. 3 відношення $\frac{L_b}{m}$; після остаточного визначення L_b переходять до обчислення витрат q'_b, q''_b, q_1 , а значення q_2 приймається на основі гідрогеологічних спостережень.

Розрахунок виконують до тих пір, поки значення L_b попереднього наближення буде мало відрізнятись від значення L_b наступного наближення.

Можна побачити, що при $\theta \approx 0,05$ $L_b = 2m$, а при $L_b > 2m$ це відношення буде ще меншим. Тому існування схеми 3, при якій канал не впливає на фільтрацію через дамбу, може також визначитись нерівністю $L_b > 2m_0$ чи $\frac{q_{K0}}{q_{H0}} < 0,05$.

У цьому випадку розрахункові витрати визначаються за формулами:

$$\frac{q_{H0}}{K} = \frac{(h_1 - m_0)m_0}{L'_1 + 0,44m_0}; \quad (18)$$

$$\frac{q_{K0}}{K} = \frac{(H_K + h_b)^2 - h_b^2}{2(L''_1 - 2m_0)} + \frac{H_K m}{L''_1 - 2m}, \quad (19)$$

тобто, фільтраційний розрахунок виконують по відомим залежностям, як для греблі без дренажного каналу.

Для визначення висоти височування на укоси каналу, де можливі фільтраційні деформації ґрунту укоса, використовують залежність:

$$h_{bK} = \beta_0 H_{bK}, \quad (20)$$

де H_K – висота височування на укіс для широкого каналу ($H_{bK} \approx (0,15 \dots 0,2)H_K$ де H_K – діючий напір на каналі).

β_0 – визначається за графіком рис.4, де h_b –глибина води в каналі.

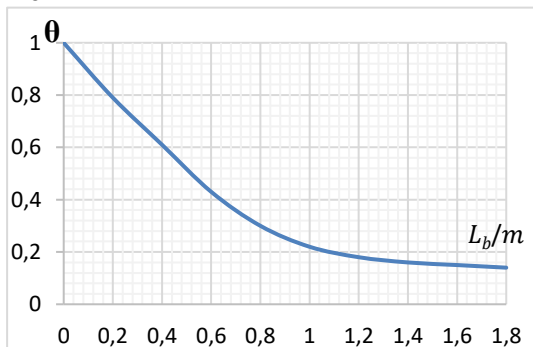


Рис.3. Визначення коефіцієнту θ

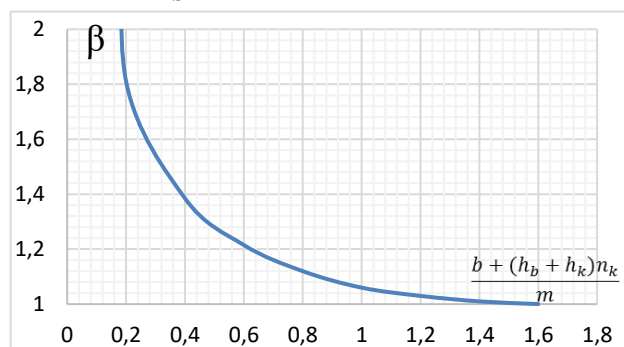


Рис.4. Визначення коефіцієнту β

**ФІЛЬТРАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ДАМБИ (ГРЕБЛІ)
З ДРЕНЕЖНИМ КАНАЛОМ І ТРУБЧАТИМ ДРЕНАЖЕМ
(СХЕМА 1)**

1. Витрата дренажний канал:

$$\frac{q_1}{K} = \frac{(H + h_b)^2 - h_b^2}{2L_1} + \frac{Hm}{L_1 + \Delta L_K}$$

2. Витрата трубчатий дренаж:

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{h_K^2 - h_g^2}{2L_0} + \frac{h_g H_g}{L_0 + \Phi_g}$$

$$\Delta L_K = 0,366mlg \frac{m}{\pi r_K}$$

$$\Phi_g = 0,366m \lg \frac{m}{\pi r_K}$$

$$r_K = 0,28P_K,$$

3. Ординати кривої депресії на ділянці L:

$$h(x) = h_1 - \frac{h_1 - (m + h_{bK} + h'_{bK})}{L}x$$

г) Рівні ґрунтових вод на ділянці пройма (за дреною):

$$y = h_g + \left[\frac{1 - \alpha_1}{1 + \alpha_1} (h_K - h_g) + \frac{\left(1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_y}\right) q_2 x_0}{(1 + \alpha_1) T_2} \right]$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \frac{h_g A}{L_0}}, \quad \alpha_y = \frac{1}{1 + \frac{h_g A}{x_0}}, \quad A = 1,47 \frac{1}{\sin \frac{\pi d_g}{2h_g}}$$

$$T_1 = km_1, \quad T_2 = km_2, \quad m_1 = \frac{h_g + h_K}{2}, \quad m_2 = \frac{y + h_g}{2} \approx h_g.$$

**ФІЛЬТРАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ДАМБИ (ГРЕБЛІ)
З ВІДДАЛЕНИМ ДРЕНАЖНИМ КАНАЛОМ (СХЕМА 2)**

1. Загальна витрата q_1 з боку водойми:

$$q_1 = q_H + q_b, \quad q_H = \frac{h_{b2}m_0}{n_2h_{bK} + \chi m_0},$$

$$q_b = q'_b + q''_b, \quad q'_b = \frac{h_{bK}}{n_2} K, \quad q''_b = q_H - q_{K1}.$$

2. Загальна витрата в канал q_K з боку водойми q_{K1} :

$$q_K = q_{K1} + q_2,$$

$$\frac{q_{K1}}{K} = \frac{(H_K + h_{bK})^2 - h_{bK}^2}{2(L''_1 - L_b)} + \frac{H_K m}{L''_1 - L_b},$$

3. Висота височування води на укіс греблі:

$$h_{bn} = \sqrt{A^2 + \chi m_0 \frac{q_0}{K}} - A,$$

$$A = 0,5 \left[\left(1 + \frac{\chi}{n_2} + \chi \frac{m_0}{L''_1} \right) m_0 - n_2 \frac{q_0}{K} \right],$$

$$\chi = 0,44 \frac{L_b}{L_b + 0,16m_0} \cdot \frac{h_{bK}n_2}{n_2h_{bK} + 0,06m_0}.$$

4. Рівняння для визначення ділянки височування L_b :

$$\theta = \frac{q_{K1}}{q_H} = \frac{1}{\pi} \arccos \frac{ch \frac{\pi L''}{m} - 3}{1 + ch \frac{\pi L_b}{m}},$$

Для схеми 3 (відсутній вплив дамби).

$$\frac{q_{H0}}{K} = \frac{(h_1 - m_0)m_0}{L'_1 + 0,44m_0},$$

$$\frac{q_{K0}}{K} = \frac{(H_K + h_b)^2 - h_b^2}{2(L'_1 - 2m_0)} + \frac{H_K m}{L'_1 - 2m}.$$

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Використовуючи запропоновані методи виконуємо розрахунок параметрів фільтрації для типового перерізу напірної дамби (греблі) з дренажним каналом і перехоплюючим трубчатим дренажем (схема 1). На підставі аналізу результатів гідрогеологічних і фільтраційних досліджень, а також запропонованих проектних рекомендацій для розрахунку приймаються наступні вихідні дані: $h_1=30$ м, $m=20$ м, $L=82$ м, $L''=18$ м, $b_K=2$ м, $H=10$ м, $H_K=15$ м, $n_1=n_2=3$, $n_K=2$, $h_{bK}=0$, $K=10$ м/доба, $h_g=19$ м, $L_0=3,10,20$ м, $r_g=0,25$ м, $q_2=20$ м/доба.

Розв'язок: перевіряємо нерівність (1), для цього попередньо визначаємо

$$L_1 = L + 0,44h_1 - 0,5b_k = 82 + 0,44 \cdot 30 = 94,2\text{м},$$

$$L_1'' = L'' - 0,5b_k = 18 - 1 = 17\text{м}, \quad h'_{bk} = 0,6\text{м},$$

$$\sqrt{\frac{30^2(17 - 2 \cdot 0,6) + (20 + 0,6)^2(94,2 - 17)}{94,2 - 2 \cdot 0,6}} = 22,5 < m_0 = 24.$$

З цієї нерівності випливає, що височування на укіс греблі та його подошвою не буде, що відповідає першій розрахунковій схемі (див.рис.1).

За формулою (2) обчислюємо погонну витрату q_1

$$\frac{q_1}{K} = \frac{10^2}{2 \cdot 94,2} + \frac{10 \cdot 20}{94,2 + 6,6} = 2,5 \text{ м};$$

$$q_1 = 2,50 \cdot 10 = 25,0 \text{ м}^2/\text{доба},$$

де по формулі (3) маємо:

$$\Delta L_k = 0,366 \cdot 20 \cdot \lg \frac{20}{3,14 \cdot 0,56} = 6,6 \text{ м};$$

$$r_k = 0,28 \cdot 2 = 0,56\text{м}.$$

За формулою (4) обчислюємо погонну витрату q_{g1}

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{20^2 - 19^2}{2 \cdot 3} + \frac{19 \cdot 1}{3 + 9,65} = 8,0\text{м};$$

$$q_{g1} = 8,0 \cdot 10 = 80 \text{ м}^2/\text{доба};$$

$$\Phi_g = 0,366 \cdot 19 \lg \frac{19}{3,14 \cdot 0,25} = 9,65\text{м},$$

Відносно значна витрата q_{g1} в дренах пов'язана з близьким розташуванням її біля каналу. Якщо розташувати дренаж на віддалі $L_0 = 10\text{м}$, то витрата q_{g1} буде складати :

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{20^2 - 19^2}{2 \cdot 10} + \frac{10 \cdot 1}{10 + 9,65} = 2,9;$$

$$q_{g1} = 2,92 \cdot 10 = 29,2 \text{ м}^2/\text{доба},$$

а при $L_0 = 20\text{м}$ маємо $q_{g1} = 1,38 \cdot 10 = 13,8 \text{ м}^2/\text{доба}$.

Загальна витрата в дренах q_g буде складати:

$$q_g = q_{g1} + q_2 = 80 + 20 = 100 \text{ м}^2/\text{доба} \text{ при } L_0 = 3\text{м},$$

де $q_g = 29,2 + 20 = 49,2 \text{ м}^2/\text{доба}$, якщо $L_0 = 10\text{м}$,

$q_g = 13,8 + 20 = 33,8 \text{ м}^2/\text{доба}$, якщо $L_0 = 20\text{м}$.

Ордината кривої депресії «Y» в бік пойми на віддалі $x = 10\text{м}$ маємо

$$Y = 19 + \left[\frac{1 - 0,072}{1 + 0,072} (20 - 19) + \frac{\left(1 + \frac{0,072}{5,1}\right) 20 \cdot 10}{(1 + 0,072) 19 \cdot 10} \right] = 20,85\text{м},$$

$$\text{де } \alpha_1 = \frac{1}{1 + \frac{19}{3} \cdot 2,13} = 0,072, \quad \alpha_y = \frac{1}{1 + \frac{19}{10} \cdot 2,13} = 5,1$$

Криву депресії на ділянці L – можна наближено побудувати за рівнянням:

$$h(x) = h_1 - \frac{h_1 - (m + h_{bK} + h'_{bK})}{L} x = 30 - \frac{30 - 20,6}{82} x.$$

У випадку фільтрації через дамбу з розташування на деякій віддалі L'_1 від неї державним каналом (схема 2) розрахунки параметрів фільтрації використовують згідно даних $L'_1 = 10000\text{м}$, $H_B = 2,5\text{м}$, $H_{bK} = 1,0\text{м}$, $b_K = 3\text{м}$, а інші далі приймаються із попереднього прикладу.

Умови існування схеми 2.3 визначаємо нерівномірністю (λ), а саме

$$\sqrt{\frac{30^2(10000 - 2 \cdot 0,6) + (20 + 0,6)^2(94,2 - 17)}{94,2 - 2 \cdot 0,6}} \approx 300 > m_0 = 24\text{м}$$

Тобто в цьому випадку дренажний канал не впливає на фільтраційний режим у гребені, тому розрахунок виконуємо, як для гребні без каналу по формулі:

$$\frac{q}{K} = \frac{h_1^2 - (m_0 + H_b)^2}{2(L' - n_2 H_b)} = \frac{30^2 - (24 + 2,5)^2}{2(94,2 - 2,5)} = 1,10\text{м},$$

$$q = 1,10 \cdot 10 = 11,0 \text{ м}^2/\text{доба}$$

Криву депресії в гребні можна побудувати за рівнянням:

$$h(x) = h_1 - \frac{h_1 - (m_0 + H_b)}{L' - n_2 H_b} x = 30 - \frac{30 - 26,5}{91,7} x$$

Фільтраційна витрата, яка поступає в дренажний канал (русло) з боку греблі і розташованій від неї на віддалі L'' визначається за формулою:

$$\frac{q_{K_1}}{K} = \frac{m_0^2 - h_K^2}{2(L'' - L_b)} = \frac{24^2 - 2,2^2}{2 \cdot 25} = 1,84\text{м};$$

$$q_{K_1} = 1,84 \cdot 10 = 18,4 \text{ м}^2/\text{доба}.$$

Додаткові рекомендації до розрахунків:

1. Якщо основа дамби (греблі) являє собою неоднорідну водоносну товщину, яка складається із декількох шарів ґрунту з різними фільтраційними властивостями, то при виконанні розрахунків цю неоднорідну товщину можна привести до однорідної з врахуванням осередненого коефіцієнту фільтрації, визначається за формулою:

$$K_C = \frac{k_1 m_1 + k_2 m_2 + \dots + k_i m_i}{m},$$

де m – загальна товщина (потужності) основи $m = m_1 + m_2 + \dots + m_i$, k_1, k_2, k_i – коефіцієнт фільтрації шарів, m_1, m_2, m_i – товщина (потужності) шарів.

2. Якщо у неоднорідній водоносній товщині зустрічається шар з фільтраційними показниками $\frac{k_0}{m_0} < 0$, то такий шар вважається майже

непроникним і при розрахунках приймається в якості водоупору. Тут k_0, m_0 , – відповідно коефіцієнт фільтрації і товщина шару слабо проникного шару.

Використовуючи запропоновані методи виконуємо розрахунок параметрів фільтрації для типового перерізу напірної дамби (греблі) з дренажним каналом і перехоплюючим трубчатим дренажем (схема 1). На підставі аналізу результатів гідрогеологічних і фільтраційних досліджень, а також запропонованих проектних рекомендацій для розрахунку приймаються наступні вихідні дані: $h_1=30\text{м}$, $m=20\text{м}$, $L=82\text{м}$, $L''=18\text{м}$, $b_K=2\text{м}$, $H=10\text{ м}$, $H_K=15\text{м}$, $n_1=n_2=3$, $n_K=2$, $h_{bK}=0$, $K=10\text{ м/доба}$, $h_g=19\text{м}$, $L_0=3,10,20\text{м}$, $r_g=0,25\text{м}$, $q_2=20\text{м/доба}$.

Розв'язок: перевіряємо нерівність (1), для цього попередньо визначаємо

$$L_1 = L + 0,44h_1 - 0,5b_K = 82 + 0,44 \cdot 30 = 94,2\text{м},$$

$$L_1'' = L'' - 0,5b_K = 18 - 1 = 17\text{м}, \quad h'_{bK} = 0,6\text{м},$$

$$\sqrt{\frac{30^2(17 - 2 \cdot 0,6) + (20 + 0,6)^2(94,2 - 17)}{94,2 - 2 \cdot 0,6}} = 22,5 < m_0 = 24$$

З цієї нерівності випливає, що височування на укіс греблі та його підшовою не буде, що відповідає першій розрахунковій схемі (рис.1).

За формулою (2) обчислюємо погонну витрату q_1

$$\frac{q_1}{K} = \frac{10^2}{2 \cdot 94,2} + \frac{10 \cdot 20}{94,2 + 6,6} = 2,5 \text{ м};$$

$$q_1 = 2,50 \cdot 10 = 25,0 \text{ м}^2/\text{доба},$$

якщо по формулі (3) маємо:

$$\Delta L_K = 0,366 \cdot 20 \cdot \lg \frac{20}{3,14 \cdot 0,56} = 6,6 \text{ м};$$

якщо $r_K = 0,28 \cdot 2 = 0,56\text{м}$.

Відповідно до формули (4) обчислюємо погонну витрату q_{g1}

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{20^2 - 19^2}{2 \cdot 3} + \frac{19 \cdot 1}{3 + 9,65} = 8,0 \text{ м};$$

Якщо $q_{g1} = 8,0 \cdot 10 = 80 \text{ м}^2/\text{доба}$

$$\Phi_g = 0,366 \cdot 19 \lg \frac{19}{3,14 \cdot 0,25} = 9,65 \text{ м};$$

Відносно значна витрата q_{g1} в дренажу пов'язана з близьким розташуванням її біля каналу. Якщо розташувати дренаж на віддалі $L_0 = 10\text{м}$, то витрата q_{g1} буде складати :

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{20^2 - 19^2}{2 \cdot 10} + \frac{10 \cdot 1}{10 + 9,65} = 2,92\text{м},$$

$$q_{g1} = 2,92 \cdot 10 = 29,2 \text{ м}^2/\text{доба}$$

якщо $L_0 = 20\text{м}$ маємо $q_{g1} = 1,38 \cdot 10 = 13,8 \text{ м}^2/\text{доба}$

Загальна витрата в дренаж q_g буде складати

$$q_g = q_{g1} + q_2 = 80 + 20 = 100 \text{ м}^2/\text{доба}$$

якщо $L_0 = 3 \text{ м}$, або $q_g = 29,2 + 20 = 49,2 \text{ м}^2/\text{доба}$

якщо $L_0 = 10\text{м}$, $q_g = 13,8 + 20 = 33,8 \text{ м}^2/\text{доба}$ якщо $L_0 = 20 \text{ м}$,

Ордината кривої депресії «Y» в бік пойми на віддалі $x = 10 \text{ м}$ маємо

$$Y = 19 + \left[\frac{1 - 0,072}{1 + 0,072} (20 - 19) + \frac{\left(1 + \frac{0,072}{5,1}\right) 20 \cdot 10}{(1 + 0,072) 19 \cdot 10} \right] = 20,85\text{м}$$

якщо $\alpha_1 = \frac{1}{1 + \frac{19}{3} \cdot 2,13} = 0,072$ $\alpha_y = \frac{1}{1 + \frac{19}{10} \cdot 2,13} = 5,1$

Криву депресії на ділянці L можна наближено побудувати за рівнянням:

$$h(x) = h_1 - \frac{h_1 - (m + h_{bK} + h_{bK}')}{L} x = 30 - \frac{30 - 20,6}{82} x.$$

У випадку фільтрації через дамбу з розташування на деякій віддалі L''_1 від неї державним каналом (схема 2) розрахунки параметрів фільтрації виконуються при наступних вихідних даних $L''_1 = 10000\text{м}$, $H_b = 2,5\text{м}$, $H_{bK} = 1,0\text{м}$, $b_K = 3\text{м}$, а інші далі приймаються із попереднього прикладу.

Умови існування схеми 2.3 визначаємо нерівномірністю (), а саме

$$\sqrt{\frac{30^2(10000 - 2 \cdot 0,6) + (20 + 0,6)^2(94,2 - 17)}{94,2 - 2 \cdot 0,6}} \approx 300 > m_0 = 24\text{м}$$

Тобто в цьому випадку дренажний канал не впливає на фільтраційний режим у гребені, тому розрахунок виконуємо, як для гребні без каналу за формою:

$$\frac{q}{K} = \frac{h_1^2 - (m_0 + H_b)^2}{2(L' - n_2 H_b)} = \frac{30^2 - (24 + 2,5)^2}{2(94,2 - 2,5)} = 1,10 \text{ м};$$

якщо $q = 1,10 \cdot 10 = 11,0 \text{ м}^2/\text{доба}$

Криву депресії в гребні можна побудувати за рівнянням:

$$h(x) = h_1 - \frac{h_1 - (m_0 + H_b)}{L' - n_2 H_b} x = 30 - \frac{30 - 26,5}{91,7} x$$

Фільтраційна витрата, яка поступає в дренажний канал (русло) з боку греблі і розташованій від неї на віддалі L'' визначається за формулою:

$$\frac{q_{K1}}{K} = \frac{m_0^2 - h_K^2}{2(L'' - L_b)} = \frac{24^2 - 22^2}{2 \cdot 25} = 1,84 \text{ м};$$

$$q_{K_1} = 1,84 \cdot 10 = 18,4 \text{ м}^2/\text{доба}.$$

Додаткові рекомендації до розрахунків:

1. Якщо основа дамби (греблі) являє собою неоднорідну водоносну товщину, яка складається із декількох шарів ґрунту з різними фільтраційними властивостями, то при виконанні розрахунків цю неоднорідну товщину можна привести до однорідної з врахуванням осередненого коефіцієнту фільтрації, визначається за формулою:

$$K_c = \frac{k_1 m_1 + k_2 m_2 + \dots + k_i m_i}{m},$$

якщо m – загальна товщина (потужності) основи $m = m_1 + m_2 + \dots + m_i$, k_1, k_2, k_i – коефіцієнт фільтрації шарів, m_1, m_2, m_i – товщина (потужності) шарів.

2. Якщо у неоднорідній водоносній товщині зустрічається шар з фільтраційними показниками $\frac{k_0}{m_0} < 0$, то такий шар вважається майже непроникним і при розрахунках приймається в якості водопору. Тут k_0, m_0 , – відповідно коефіцієнт фільтрації і товщина шару слабо проникного шару.

Завдання до п.2 курсової роботи

За вибраною схемою фільтраційного розрахунку, користуючись вихідними даними додатку зробіть фільтраційний розрахунок за наведеними в практичній п. 2 формулами.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ЗБИТКІВ, ЗАПОДІЯНИХ ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЗАБРУДНЮЮЧИМИ РЕЧОВИНАМИ

Визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами внаслідок збройної агресії Російської Федерації здійснюється відповідно Методики визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами, затвердженої Наказом № 252 від 21.07.2022 Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення підземних вод забруднюючими речовинами внаслідок збройної агресії Російської Федерації, грн, здійснюється за формулою:

$$ЗП = K_v \cdot K_{кат} \cdot K_p \cdot L \cdot M_m \cdot Y \quad (21)$$

де K_v - коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі під час воєнного стану;

$K_{кат}$ - коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта, який визначається за додатком та методикою визначення коефіцієнтів, що враховує категорію водного об'єкту ;

K_p - регіональний коефіцієнт дефіцитності підземних вод, який визначається згідно з додатком 10 до Методики № 389 (табл.3);

L - коефіцієнт, який враховує природну захищеність підземних вод (для ґрунтових вод $L = 1,0$, для міжпластових безнапірних вод $L = 1,3$, для міжпластових напірних (артезіанських) вод $L = 1,6$);

M_m - маса i -ї забруднюючої речовини, що потрапила в підземні води, т, розраховується за формулою:

$$M_m = V \cdot (C_i - C_{фi}) \cdot 10^{-6} \quad (22)$$

де V - об'єм води в забрудненій частині водоносного горизонту, m^3 , який визначається за формулою $V = F \cdot m \cdot n$, де F - площа забруднення, m^2 ; m - середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту, м; n - активна пористість водонасичених порід;

$C_i - C_{фi}$ - різниця між середньою концентрацією i -ї забруднюючої речовини у воді підземного водного об'єкту і її фоновим значенням, $г/м^3$;

Y - питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, $грн/т$. У 2022 році $Y=2429,83$ $грн/т$;

Значення коефіцієнта $K_{кат}$, враховує категорію водного об'єкта: Поверхневі водні об'єкти: господарсько-побутового використання господарсько-побутового використання $K_{кат}=1,4$; Поверхневі водні об'єкти: рибогосподарського використання $K_{кат}=2,5$; Підземні води $K_{кат}=5,0$

Завдання до п.3 курсової роботи

1)Вибрати регіон дослідження і відповідно знайти показники ґрунтів типової геологічної будови і рівень залягання підземних вод.

2)За даною методикою визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами, затвердженої Наказом № 252 від 21.07.2022 Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, розрахувати збиток від попадання в підземні води заліза і кількості 20т і міді у кількості – 3т на площі забруднення 10га.

Таблиця 2

Регіональний коефіцієнт дефіцитності підземних вод K_p

Області	K_p
Чернігівська	1,00
Харківська	1,04
Сумська	1,05
Полтавська	1,06
Волинська	1,07
Рівненська	1,08
Тернопільська	1,10
Черкаська	1,11
Дніпропетровська	1,13
Київська	1,13
Хмельницька	1,14
Вінницька	1,15
Запорізька	1,15
Івано-Франківська	1,15
Житомирська	1,18
Закарпатська	1,20
Херсонська	1,22
Львівська	1,23
Чернівецька	1,23
Донецька	1,34
Луганська	1,37
Автономна Республіка Крим	1,41
Одеська	1,43
Миколаївська	1,46
Кіровоградська	1,50

ЛІТЕРАТУРА

1. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. – 566 с. ISBN 978-617-539-131-0
2. Ляшко И.И., Лисицкий Г.Е., Олейник А.Я., Расчет фильтрации в зоне гидросооружений 2 изд. К., Будівельник, 1980 – 152с.
3. Шинкарук Л.А., Дем'янюк А.В., Дмитрієва О.А., Гідротехнічні споруди, Навчальний посібник., Рівне, НУВГП, 2013 – 241с.
4. Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами, затвердженої Наказом № 252 від 21.07.2022 Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text>
5. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів. Наказ 20.07.2009 №389 https://zakononline.com.ua/documents/show/296973_709382

ІНТЕРНЕТ РЕСУРСИ

1. *Національна бібліотека імені В.І. Вернадського* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/node/512> (дата звернення: 30.11.2021). – Назва з екрана.
2. *Репозитарій КНУБА* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://repository.knuba.edu.ua/> (дата звернення: 30.11.2021). – Назва з екрана.
3. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 200 с. (Бібліотека екологічних знань)

ВИХІДНІ ДАННІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ

<i>№ варіанту</i>	<i>h₁, м</i>	<i>t, м</i>	<i>L, м</i>	<i>L'', м</i>	<i>b_k, м</i>	<i>H, м</i>	<i>H_k, м</i>	<i>n₁= n₂=3</i>	<i>n_k</i>	<i>h_{b_k}</i>	<i>L₀</i>	<i>K, м/доб</i>	<i>h_g</i>	<i>r_g</i>	<i>q₂, м/доба</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	25	15	80	20	2,5	9	1	3	2,0	1		8	10	0,28	20
2	31	17	70	18	3,0	12	2	2,5	2,5	2		15	13	0,30	18
3	20	10	62	15	4,0	8	3	2,0	3,0	2		12	8	0,25	22
4	15	8	85	22	2,0	5	2	2,8	2,0	2		16	6	0,35	16
5	30	20,5	65	27	3,5	17	2	2,2	2,5	2,5		10	7	0,25	25
6	28	5,5	82	18	2,0	20	3	3,5	3,0	2,2		15	4	0,28	19
7	18	7,2	75	22	4,0	10	2	2,0	2,5	0,8		16	4	0,20	16
8	22	11,5	72	20	3,0	9	1	3,0	3,0	1,5		12	5	0,35	23
9	26	15,5	60	15	2,5	8	2	2,8	2,2	2,5		8	7	0,30	27
10	16	8,3	78	27	3,5	7	2	2,2	3,2	0,7		5	3	0,38	15