

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

«ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ»

Методичні рекомендації

до виконання курсового проекту
для магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

спеціалізації 192.02 «Гідротехнічне будівництво»

УДК 532.546

Укладачі: О.С. Волошкіна, д-р. техн. наук, професор;
А. В. Ковальова, аспірант

Рецензент: О.В. Дупляк, доцент

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, д-р. техн. наук, професор.

Затверджено на засіданні кафедри охорони праці і навколишнього середовища, протокол №10, від 21 травня 2019 р.

В авторській редакції.

Кваліфікаційна робота магістра: методичні вказівки / уклад.:
Волошкіна О.С., Ковальова А. В. – Київ: КНУБА, 2019. – 18 с.

Містять зміст, порядок оформлення і вказівки до виконання окремих розділів роботи.

Призначено для студентів магістрів спеціальності 192 „Будівництво та цивільна інженерія”, спеціалізація: 192.02 «Гідротехнічне будівництво»

©КНУБА, 2019

Зміст

Загальні відомості.....	4
Загальні питання і інженерні методи фільтраційного розрахунку	8
Приклад розрахунку	11
Фільтраційні розрахунки дамби і з віддаленим дренажним каналом_(схема 1)	14
Фільтраційні розрахунки дамби і з віддаленим дренажним каналом_(схема 2)	174
Виконання і результати інженерних розрахунків	185
Список літератури	Ошибка! Закладка не определена. 7
Додаток.....	18

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Відповідно до програми навчання за другим кваліфікаційним рівнем спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації 192.02 "Гідротехнічне будівництво" за спеціальністю «Гідротехнічні споруди спеціального призначення» виконується курсовий проект, який стосується інженерних методів фільтраційного розрахунку захисних дамб з дренажем.

Проект виконується з метою набуття практичного досвіду з розрахунків і графічних побудов під час проектування типових схем захисту територій від підтоплення за затоплення, коли захист територій здійснюють за допомогою захисних дамб.

Виконання проекту сприяє вмінню застосовувати дані навички на рівні окремих підприємств, комплексів і територій; вмінню робити оцінку з інженерної точки зору прогнозу розвитку негативних явищ та застосовувати отримані результати при проведенні оцінки впливу на навколишнє середовище гідротехнічного призначення.

У результаті виконання курсового проекту студент повинен

знати:

- технічну і нормативну літературу щодо оцінки впливу на довкілля гідротехнічних споруд;
- виявляти існуючі та прогнозувати можливі проблеми в роботі систем гідротехнічних споруд, пропонувати шляхи їх усунення та упередження;
- методи розрахунків, що застосовуються при проектуванні регулюючих та захисних споруд та призначенні відповідних заходів з метою мінімізації їх негативного впливу на навколишнє середовище.

вміти: в складі групи фахівців проектного відділу:

- використовуючи результати вишукувальних робіт, обчислювальну техніку та сучасні методики і нормативні документи виконувати гідравлічні, фільтраційні, статичні та інші розрахунки дамб, перепускних та регулювальних споруд;
- в умовах виробничої діяльності:
- оцінювати роботу та стан споруд і окремих елементів в процесі експлуатації та в умовах надзвичайних ситуацій;
 - організовувати виконання робіт по мінімізації впливу на довкілля при проектуванні та будівництві водогосподарських об'єктів.

Проектні навички: вміння обґрунтувати вибір розрахункової схеми дамби з дренажним каналом, прогнозування негативних явищ, оцінка впливу на навколишнє середовище від шкідливої дії вод; здатність враховувати при проектуванні, будівництві та експлуатації гідротехнічних споруд і систем їх вплив на довкілля. Дослідницькі навички в ході виконання проекту :володіння достатніми науковими навичками в галузі гідротехнічного будівництва, щоб успішно проводити наукові дослідження під наглядом та за допомогою кваліфікованого наставника; здатність аналізувати отримані результати, виявляти існуючі та прогнозувати можливі проблеми в гідротехнічних споруд спецпризначення; пропонувати шляхи упередження впливу підтоплення на прилеглі території..

Проект виконують у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, з окремими графічними фрагментами.

ВІДОМОСТІ ПРО ВИКОНАННЯ

В проекті передбачається виконання робіт по обґрунтуванню вибору розрахункової схеми дамби з дренажним каналом на території, що захищається, в залежності від розташування каналу відносно подошви укосу дамби. Область фільтрації розбивається на окремі фрагменти, для кожного з яких складається фільтраційне рівняння. В залежності від розташування каналу в низовому б'єфі дамби розрізняють наступні фільтраційні схеми.

1. Канал розташований поблизу низового укосу та ефективність його впливу така, що крива депресії буде проходити нижче подошви укосу. В цьому випадку височування фільтраційного потоку на укос дамби та за його подошвою не спостерігається.

2. Канал розташований на деякій відстані від дамби. На укосі та за його подошвою з'являться ділянки височування фільтраційного потоку, розміри яких будуть збільшуватися з віддаленням від дамби.

3. Канал розташований від дамби на великій відстані. Основна частина фільтраційного потоку буде височуватися на укос дамби та його подошвою, а в канал буде надходити з боку верхнього б'єфу незначна частина фільтраційної витрати, якою в розрахунках взагалі можна знехтувати. Це практично можливо тоді, коли величина витрати, яка надходить у дренажний канал буде складати менш як 5% загальної витрати. В цьому випадку вплив каналу на фільтрації в дамбі взагалі можна не враховувати.

Проект виконують у вигляді *розрахунково-пояснювальної записки*, з окремими *графічними фрагментами*.

Розрахункова схема дамби (греблі) з дренажним каналом (руслom) і перехоплюючим дренажем (схема 1)

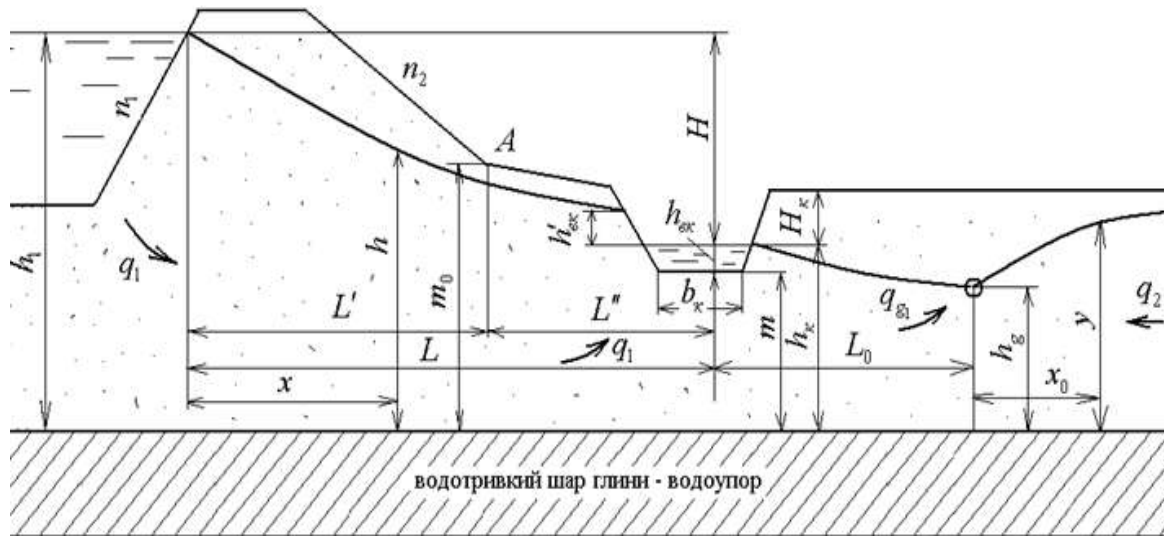


Рис.1. Розрахункова схема дамби (греблі) з дренажним каналом (руслom) і перехоплюючим дренажем (схема 1)

Умова існування схеми 1

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

Розрахункова схема дамби (греблі) з дренажним каналом (руслom) (схеми 2,3)

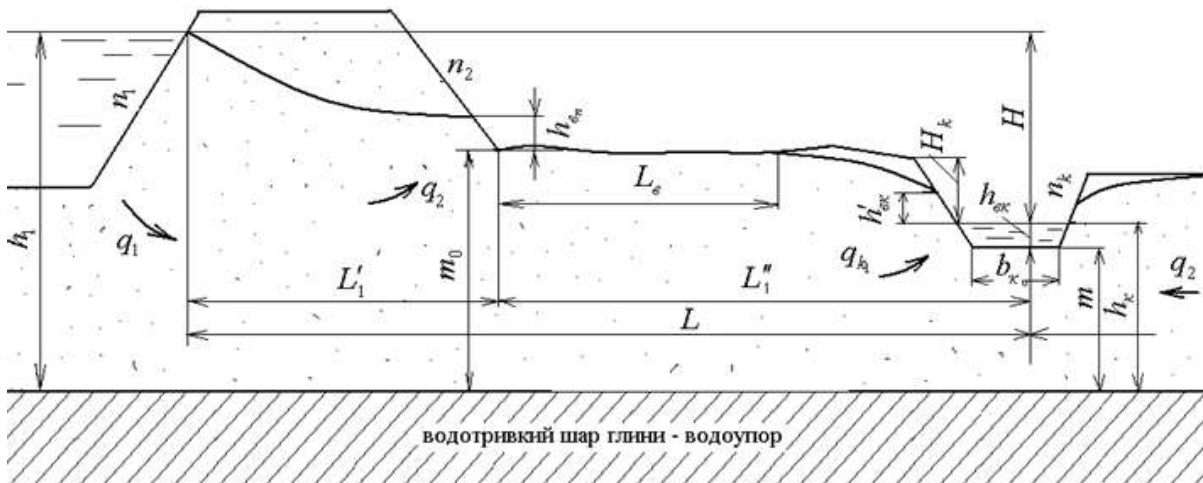


Рис.1. Розрахункова схема дамби (греблі) з дренажним каналом (руслom) (схеми 2,3)

Умова існування схеми 2, 3

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

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ І ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО РОЗРАХУНКУ ЗАПРОПОНОВАНИХ ДАМБ З ДРЕНАЖАМ

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.

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.

При однобічному приливу в дренажний канал тільки із водойми (сховища) витрату води, що надходить в канал обчислюють за формулою:

$$\frac{q_1}{K} = \frac{(H + h_{bK})^2 - h_{bK}^2}{2L_1} + \frac{Hm}{L_1 + \Delta L_K}, \quad (2)$$

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:

$$\Delta L_K = 0,366m \lg \frac{m}{\pi r_K}. \quad (3)$$

В наведених формулах (1), (2): $L_1 = L + 0,44h_1 - 0,5B_K$, $B_K = b_K + 2n_K h_b$, $r_K = 0,28P_K$, де P_K - змочений периметр каналу. Витрата води, що надходить в трубчатий дренаж з боку водоймища, може бути визначена за формулою:

$$\frac{q_{g1}}{K} = \frac{h_K^2 - h_g^2}{2L_0} + \frac{h_g H_g}{L_0 + \Phi_q}, \quad (4)$$

$$H_g = h_K - h_g,$$

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:

$$q_g = q_{g1} + q_2 = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1} \left[q_2 + \frac{T_1(h_K - h_g)}{L_0} \right], \quad (5)$$

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

$$q_{g1} = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1} \cdot \frac{T_1(h_K - h_g)}{L_0} - \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} q_2; \quad (6)$$

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

$$Y = h_g + \left[\frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} (h_K - h_g) + \frac{\left(1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_y}\right) q_2 x_0}{(1+\alpha_1) T_2} \right], \quad (7)$$

де $\alpha_1 = \frac{1}{1 + \frac{h_g A}{L_0}}$, $\alpha_y = \frac{1}{1 + \frac{h_g A}{x_0}}$, $T_1 = km_1$, $T_2 = km_2$, $m_1 = \frac{h_K + h_g}{2}$,

$m_2 = \frac{Y + h_g}{2} \approx h_g$, $A = 1,47 \frac{1}{\sin \frac{\pi dy}{2h_g}}$ 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		

<i>0,05</i>	<i>1,62</i>	<i>0,16</i>	<i>0,89</i>	<i>0,35</i>	<i>0,41</i>				
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--	--	--	--

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:

$$m_{0>} < \sqrt{\frac{h_1^2(L_1'' - n_K h_{bK}') + (m + h_{bK}'' + h_{b2})^2 (L_1 - L_1'')}{L_1 - n_K h_{bK}}}. \quad (8)$$

У нерівності (8) знак < показує на вплив каналу на фільтраційний потік через дамбу, а знак > на відсутність такого впливу.

Фільтраційні розрахунки для умов, коли дренажний канал розміщено на деякій відстані від дамби, виконують по залежностям:

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

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

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

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

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

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

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

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

В 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)

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 $\frac{q_{K0}}{q_{H0}} < 0,05$.

В цьому випадку розрахункові витрати визначаються за формулами:

$$\frac{q_{H0}}{K} = \frac{(h_1 - m_0)m_0}{L_1 + 0,44m_0};$$

(18)

$$\frac{q_{K0}}{K} = \frac{(H_K + h_b)^2 - h_b^2}{2(L_1'' - 2m_0)} + \frac{H_K m}{L_1'' - 2m}.$$

(19)

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

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

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

де H_{bK} – 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.

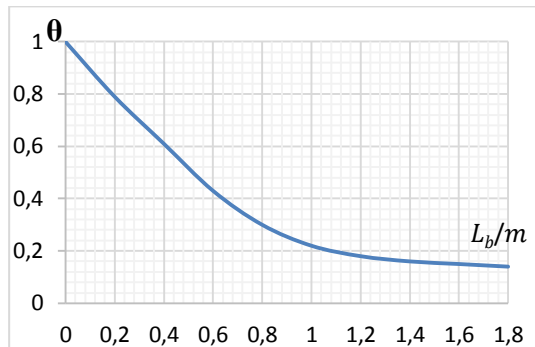


Рис.3. Визначення коефіцієнту Θ

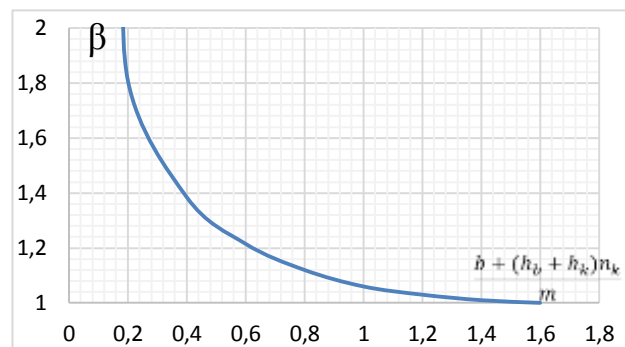


Рис.4. Визначення коефіцієнту β

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: $h_1=30\text{м}$, $m=20\text{м}$, $L=82\text{м}$, $L''=18\text{м}$, $b_K=2\text{м}$, $H=10\text{ м}$, $H_K=15\text{м}$, $n_1=n_2=3$, $n_K=2$, $h_{bK}=0$, $K=10\text{ м/доба}$, $h_g=19\text{м}$, $L_0=3,10,20\text{м}$, $r_g=0,25\text{м}$, $q_2=20\text{м/доба}$.

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 подошвою не буде, що відповідає першій розрахунковій схемі (рис.1).

За формулою (2) обчислюємо погонну витрату q_1

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

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

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 :

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

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

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 буде складати

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

або $q_g = 29,2 + 20 = 49,2 \text{ м}^2/\text{доба}$ при $L_0 = 10 \text{ м}$, $q_g = 13,8 + 20 = 33,8 \text{ м}^2/\text{доба}$ при $L_0 = 20 \text{ м}$,

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

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

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

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 (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:

$$\frac{q_{K_1}}{K} = \frac{m_0^2 - h_K^2}{2(L'' - L_b)} = \frac{24^2 - 2,5^2}{2 \cdot 25} = 1,84\text{м};$$

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

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.

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

а) Витрата дренажний канал:

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

б) Витрата трубчатий дренаж:

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

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

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

$$r_K = 0,28 P_K$$

в) 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 пройми (за дреною):

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

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

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

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

а) загальна витрата q_1 з боку водойми:

$$q_1 = q_H + q_b, \quad q_H = \frac{h_{b2} m_0}{n_2 h_{bK} + \chi m_0}, \quad q_b = q'_b + q''_b, \quad q'_b = \frac{h_{bK}}{n_2} K, \quad q''_b = q_H - q_{K_1}.$$

б) Загальна витрата в канал q_K з боку водойми q_{K_1} :

$$q_K = q_{K_1} + q_2,$$

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

в) Висота височування води на укіс греблі:

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

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

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

г) 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).

$$\frac{q_{H0}}{K} = \frac{(h_1 - m_0)m_0}{L_1' + 0,44m_0};$$

$$\frac{q_{K0}}{K} = \frac{(H_K + h_b)^2 - h_b^2}{2(L_1'' - 2m_0)} + \frac{H_K m}{L_1'' - 2m_0}.$$

ВИКОНАННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ

Прийняті вихідні данні (див рис.1):

$$h_1 = 30\text{м}, \quad m_0 = 24\text{м}, \quad L = 82\text{м}, \quad L'' = 18\text{м}, \quad b_K = 2\text{м}, \quad H = 10\text{м},$$

$$H_K = 15\text{м},$$

$$n_1 = n_2 = 3, \quad n_K = 2, \quad h_{bK} = 0, \quad K = 10 \text{ м}^3/\text{доба}, \quad h_g = 19\text{м}, \quad L_0 =$$

$$3; 10; 20\text{м},$$

$$r_g = 0,25\text{м}, \quad q_2 = 20 \text{ м}^2/\text{доба}.$$

Послідовність виконання і результати розрахунків:

Спочатку находимо $22,5 < m_0 = 24\text{м}$, тобто маємо схему 1, далі

$$\frac{q_1}{K} = 2,50\text{м}, \quad q_1 = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ м}^2/\text{доба},$$

$$\Delta L_K = 6,6 \text{ м}, \quad r_K = 0,28 \cdot 2 = 0,56\text{м}, \quad \frac{q_{g1}}{K} = 8,0 \text{ м}, \quad q_{g1} = 8 \cdot 10 \text{ м}^2/\text{доба},$$

$$\text{при } L_0 = 3 \text{ м}, \quad q_{g1} = 29,2 \text{ м}^2/\text{доба}, \quad \text{при } L_0 = 10 \text{ м}, \quad q_{g1} = 13,8 \text{ м}^2/\text{доба},$$

$$\text{при } L_0 = 20\text{м};$$

відповідно $q_g = q_{g1} + q_2 = 100 \text{ м}^2/\text{доба}$; $q_g = 49,2 \text{ м}^2/\text{доба}$, $q_g = 33,8 \text{ м}^2/\text{доба}$.

На віддалі від дрени $x_0 = 10\text{м}$ глибина РГВ складає $y = 20,85\text{м}$, крива депресії на ділянці L визначається за рівнянням $h(x) = 30 - \frac{30-20,6}{82}x$;

Додаткові дані (див. рис.2) $L'_1 = 10000 \text{ м}$, $H_b = 2,5\text{м}$,
 $H_K = 2,0\text{м}$, $h_{b_K} = 1,0\text{м}$, $b_K = 3\text{м}$.

Спочатку знаходимо $300 > m_0 = 24\text{м}$, тобто маємо схему 3

Далі $\frac{q}{K} = 1,10\text{м}$, $q = 1,10 \cdot 10 = 11,0 \text{ м}^2/\text{доба}$, крива депресії в греблі

$h(x) = 30 - \frac{30-26,5}{91,782}x$, $\frac{q_{K1}}{K} = 1,84 \text{ м}$ $q_{K1} = 1,84 \cdot 10 = 18,4 \text{ м}^2/\text{доба}$,

$q_K = 18,4 + 20 = 38,4 \text{ м}^2/\text{доба}$

РГВ за каналом (на поймі) при $x_0 = 20 \text{ м}$, $y = 20,70\text{м}$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Константинов Ю.М. Гідравліка, К., Вища школа, 1988 – 398с
2. Ляшко И.И., Лисицкиц 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. Большаков В.А.,Справочник по гидравлике К., Вища школа, 1984 – 343с.

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/доба</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	3	8	10	0,28	20
2	32	17	70	18	3,0	12	2	2,5	2,5	2	10	15	13	0,30	18
3	20	22	62	15	4,0	8	3	2,0	3,0	2	20	12	8	0,25	22
4	15	10	85	22	2,0	5	12	2,8	2,0	2	5	16	6	0,35	16
5	30	12	65	27	3,5	17	15	2,2	2,5	2,5	12	10	7	0,25	25
6	27	15	82	18	2,0	20	13	3,5	3,0	2,2	20	15	4	0,28	19
7	18	10	75	22	4,0	10	7	2,0	2,5	0,8	8	16	4	0,20	16
8	22	22	72	20	3,0	9	5	3,0	3,5	1,5	15	12	5	0,35	23
9	26	12	60	15	2,5	8	5	2,8	2,2	2,5	25	8	7	0,30	27
10	16	20	78	27	3,5	7	8	2,2	3,2	0,7	7	5	3	0,38	15