

Chương XVI

CHẢY DƯỚI CỬA CỐNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Chảy dưới cửa cống lộ thiên

Người ta thường gọi cống lộ thiên là những cống không có nắp (hoặc nắp ở rất cao), dòng chảy ở sau cửa cống luôn luôn là dòng không áp có mặt tự do (hình 16-1).

Gọi:

H - cột nước thượng lưu so với đáy cống;

h_h - độ sâu hạ lưu;

a - độ cao mở cống;

v_0 - lưu tốc đi tới.

$$H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = H_0$$

Dòng chảy qua cửa cống bị co hẹp theo chiều đứng, đến mặt cắt c-c là chỗ co hẹp nhất; mặt cắt c-c được gọi là mặt cắt co hẹp, có độ sâu h_c .

$$h_c = \varepsilon a$$

Theo Jiucôpxki, ε phụ thuộc tỷ số $\frac{a}{H}$; giá trị ε lấy ở bảng 16-1, áp dụng trong phạm

vi tỷ số $\frac{a}{H} < 0,75$.

Tuỳ theo quan hệ giữa độ sâu hạ lưu h_h với độ sâu liên hợp với h_c là h_c'' , mà có thể có các hình thức chảy đáy dưới đây:

$h_c'' \geq h_h$ chảy tự do không ngập (hình 16-1a) (sau cửa cống có nước nhảy phóng xa hoặc nước nhảy phân giới);

$h_c'' < h_h$ chảy ngập (hình 16-1b) (sau cửa cống có nước nhảy ngập).

Bảng 16-1. Bảng trị số hệ số hẹp thẳng đứng ε và tính nối tiếp sau cửa cống phẳng

$\frac{a}{H}$	ε	$F(\tau_c)$	$\tau_c = \frac{a}{H}$	τ_c''			
				$\omega = 0,85$	$\omega = 0,90$	$\varphi = 0,95$	$\varphi = 1,00$
0,0	0,611	—	—	—	—	—	—
0,10	0,615	0,264	0,062	0,378	0,403	0,427	0,451
0,15	0,618	0,388	0,092	0,445	0,474	0,503	0,531
0,20	0,620	0,514	0,124	0,501	0,534	0,567	0,600
0,25	0,622	0,633	0,156	0,543	0,580	0,616	0,652
0,30	0,625	0,750	0,188	0,476	0,615	0,654	0,603
0,35	0,628	0,865	0,220	0,603	0,644	0,685	0,726
0,40	0,630	0,967	0,252	0,623	0,666	0,708	0,754
0,45	0,638	1,060	0,284	0,638	0,682	0,726	0,771
0,50	0,645	1,182	0,323	0,650	0,696	0,741	0,788
0,55	0,650	1,365	0,356	0,655	0,702	0,749	0,795
0,60	0,660	1,364	0,395	0,657	0,706	0,752	0,800
0,65	0,675	1,457	0,440	0,652	0,700	0,748	0,797
0,70	0,690	1,538	0,482	0,642	0,690	0,738	0,787
0,75	0,705	1,611	0,529	0,624	0,672	0,720	0,768

1. Chảy không ngập:

Lưu tốc tại mặt cắt co hẹp:

$$v_c = \varphi \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (16-1)$$

φ hệ số lưu tốc, trị số của nó phụ thuộc vào hình dạng, mức độ thuận dòng ở cửa vào cống, lấy như sau:

Đối với cống có đáy ở ngang bằng đáy kênh, đầu cống có tường cánh, lượn tròn hoặc xiên, có thể lấy $\varphi = 0,95 \div 1,00$;

Đối với cống có đáy cao hơn đáy kênh hoặc cửa vào không thuận, $\varphi = 0,85 \div 0,95$.

Lưu lượng qua cống:

$$Q = v_c \omega_c = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (16-2)$$

ω_c là diện tích mặt cắt co hẹp ứng với độ sâu h_c .

Với cống có mặt cắt chữ nhật, rộng b :

$$\omega_c = h_c b = \varepsilon a b$$

công thức trên viết thành:

$$Q = \varphi \varepsilon a b \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon a)} \quad (16-3)$$

Đặt $\varphi \varepsilon = \mu$ là hệ số lưu lượng, ta có:

$$Q = \mu a b \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon a)} \quad (16-3')$$

Lưu lượng đơn vị: $q = \frac{Q}{b} = \phi h_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} = \mu a \sqrt{2g(H_0 - \epsilon a)}$ (16-4)

2. Chảy ngập:

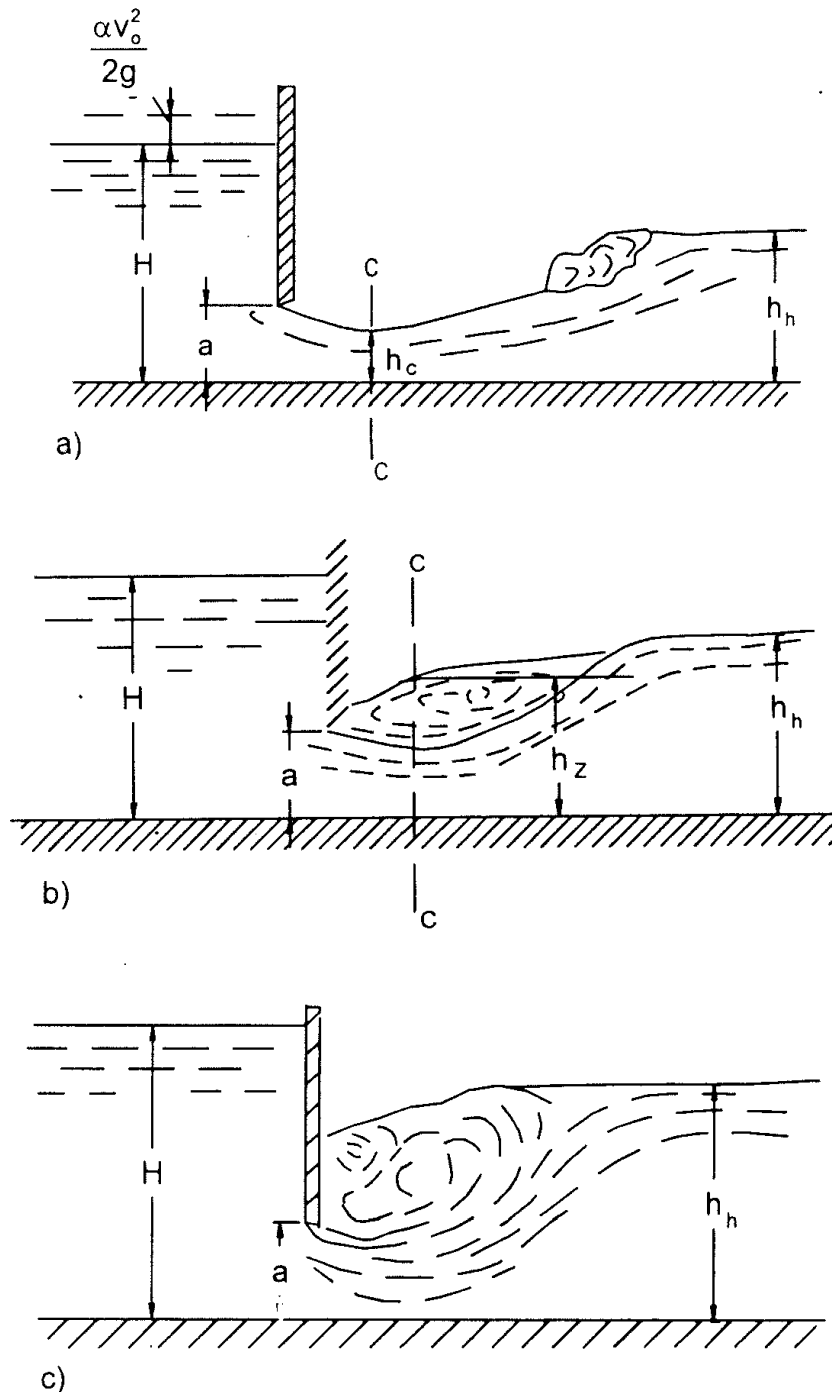
Độ sâu nước tại mặt cắt co hẹp là h_z :

$$h_c < h_z < h_h$$

Các công thức trên đổi thành:

$$v_c = \phi \sqrt{2g(H_0 - h_z)} \quad (16-5)$$

$$Q = \phi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_z)} \quad (16-6)$$



Hình 16-1

Đối với cửa cống chữ nhật:

$$q = \frac{Q}{b} = \phi h_c \sqrt{2g(H_0 - h_z)} = \mu a \sqrt{2g(H_0 - h_z)} \quad (16-7)$$

h_z tính theo công thức nước nhảy ngập:

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - \frac{2\alpha_0 q^2}{g} \cdot \frac{(h_h - h_c)}{h_h h_c}} \quad (16-8)$$

Khi biết Q , a tìm H thì dùng trực tiếp công thức (16-6) hoặc (16-7) và (16-8) để tính;

Khi biết H , a , tìm Q thì biến đổi các công thức trên thành:

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - M \left(H_0 - \frac{M}{4} \right) + \frac{M}{2}} \quad (16-9)$$

trong đó:
$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{h_h - h_c}{h_h h_c} \quad (16-10)$$

Khi biết Q , H , tìm a , thì biến đổi thành:

$$h_z^2 + A\sqrt{(H_0 - h_z)} - B = 0 \quad (16-11)$$

trong đó:

$$A = 2\sqrt{\frac{2}{g}} \alpha_0 \phi q \quad (16-12)$$

$$B = h_h^2 + \frac{2\alpha_0 q^2}{g h_h} \quad (16-13)$$

Khi độ cao mở cống a nhỏ so với h_h , nước chảy gần như bị ngập hoàn toàn $h_z \approx h_h$ ta gọi là chảy ngập lặn (hình 16-1c); trường hợp này, trong các công thức (16-5); (16-6); (16-7) có thể thay h_z bằng h_h , nghĩa là tính chảy dưới cửa cống như chảy ngập qua lỗ:

$$Q = \mu a \sqrt{2g(H_0 - h_h)} \quad (16-14)$$

Hệ số lưu lượng μ lúc đó có thể lấy khoảng 0,65 ÷ 0,70.

Trường hợp độ mở cửa cống rất lớn ($\frac{a}{H} > 0,75$) thì hệ số ε không lấy theo bảng 16-1 nữa, và độ sâu ở mặt cắt co hẹp cũng coi như bằng độ sâu hạ lưu, lúc đó ta coi chảy dưới cửa cống như chảy qua một lỗ lớn, tính theo (16-14), với hệ số lưu lượng $\mu = 0,65 \div 0,70$.

2. Chảy qua cống ngầm

Cống ngầm là một đoạn máng có mặt cắt khép kín (có nắp phẳng hoặc vòm) ở đầu trên có cửa cống.

Có ba hình thức chảy cơ bản: chảy không áp chảy nửa áp, và chảy có áp. Chế độ chảy không áp đã được xét ở chương XIV.

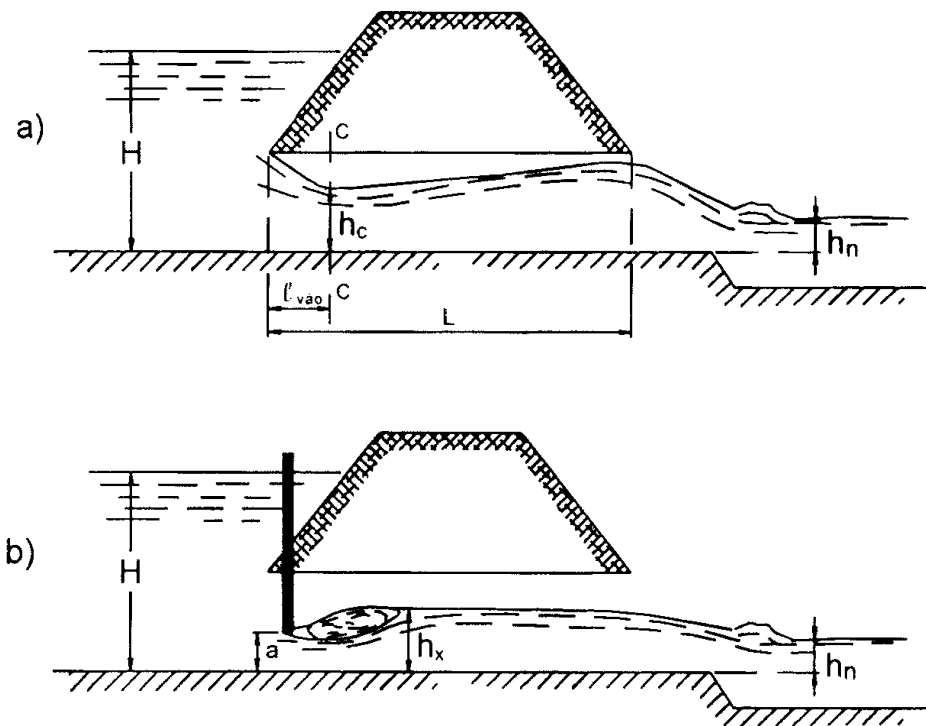
1. *Chảy nửa áp* (hình 16-2a và 16-2b). Dòng chảy sau cửa cống thấp hơn đỉnh cống, có mặt thoáng. Về cơ bản chảy ở đây giống như chảy dưới cửa cống lộ thiên, công thức tính vẫn là các công thức tính cống lộ thiên từ (16-1) đến (16-13). Chỉ có một điều cần chú ý là độ sâu hạ lưu của cống h_n để tính h_z trong các công thức (16-8) đến (16-13) không phải là độ sâu h_n ở cuối cống, mà là độ sâu h_x tại mặt cắt co hẹp c-c ở sau cửa cống; độ sâu h_x này phải được xác định bằng cách vẽ đường mặt nước của dòng không đều trong lòng cống, tính xuất phát từ cửa ra ngược lên đến mặt cắt c-c; độ sâu ở cửa ra, cuối đường mặt nước đó, bằng:

$$h_r = h_n \quad \text{khi } h_n > h_K$$

$$h_r = h_K \quad \text{khi } h_n < h_K$$

Mặt cắt co hẹp c-c ở cách cửa cống một khoảng bằng:

$$l_{\text{vào}} \cong 1,4 a \quad (16-15)$$



Hình 16-2

2. *Chảy có áp* (hình 16-3a và 16-3b):

Cống chảy có áp tính như vòi hoặc ống ngắn.

khi: $h_n > \frac{d}{2}$ thì:

$$Q = \varphi_c \omega \sqrt{2g(H_0 + iL - h_n)} \quad (16-16a)$$

khi:

$$h_n < \frac{d}{2} \text{ thì:}$$

$$Q = \varphi_c \omega \sqrt{2g \left(H_0 + iL - \frac{d}{2} \right)} \quad (16-16b)$$

trong đó:

i - độ dốc lòng cống;

L - chiều dài cống;

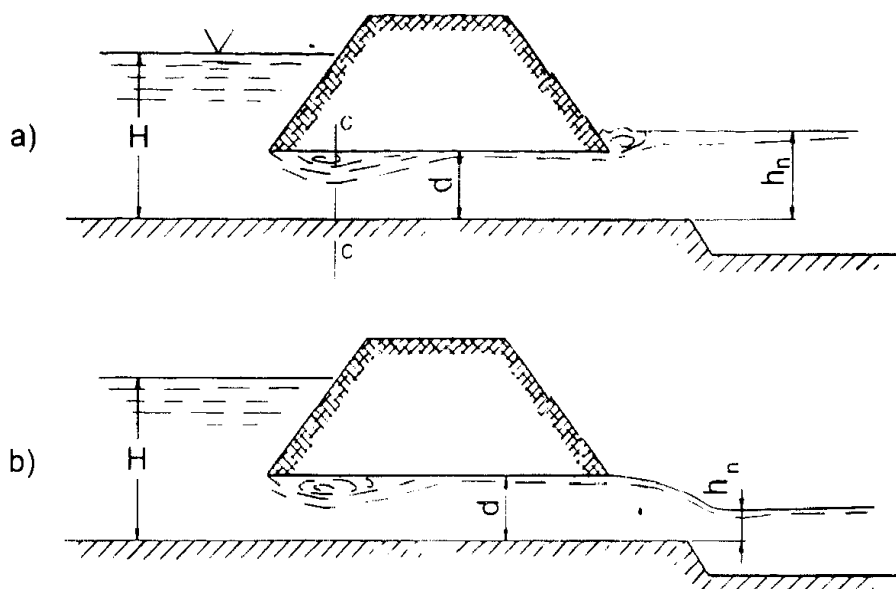
d - chiều cao cống.

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi_c + \frac{2g.L}{C^2 R}}} \quad (16-17)$$

3) Tiêu chuẩn phân biệt chảy nửa áp và chảy có áp

Nguyên tắc chung để xác định chảy nửa áp hay chảy có áp là vẽ đường mặt nước trong lòng cống, nếu thấy đường mặt nước đó chạm vào đỉnh cống thì cống sẽ là chảy có áp, nếu đường mặt nước trong lòng cống hoàn toàn thấp hơn đỉnh cống thì cống sẽ là chảy nửa áp.

Biết độ sâu ở sau cửa cống bằng: $h_1 = \varepsilon a$ như đối với cống lộ thiên, và biết độ sâu ở cuối cống bằng h_n , (do các yếu tố của kênh dẫn sau cống quyết định coi như đã cho trước) ta có thể vận dụng các quy luật dòng không đều và quy luật nối tiếp (đã xét ở chương IX và chương XIII) để vẽ đường mặt nước và xác định vị trí của nước nhảy trong lòng cống, từ đó phân biệt chảy có áp và chảy nửa áp.



Hình 16-3

II. BÀI TẬP

Bài 16-1. Tính lưu lượng Q chảy dưới cửa cống phẳng với $H = 2m$; $v_0 = 0,75m/s$; $a = 0,70m$; $b = 3,00m$; $h_h = 1,20m$; $\varphi = 0,95$.

Giải:

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 2 + \frac{1 \cdot 0,75^2}{19,62} = 2,03 m$$

$$\frac{a}{H_0} = \frac{0,70}{2,03} \cong 0,35$$

Tra bảng 16-1 có $\varepsilon = 0,628$; $\tau_c'' = 0,685$

$$h_c = \varepsilon a = 0,628 \cdot 0,70 = 0,44m$$

$$h_c'' = \tau_c'' H_0 = 0,685 \cdot 2,03 = 1,39m$$

$h_c'' > h_h$, vậy là chảy tự do. Do đó:

$$Q = \mu ab \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

với : $\mu = \varphi \varepsilon = 0,95 \cdot 0,628 = 0,596$

$$Q = 0,596 \cdot 3 \cdot 4,43 \cdot 0,7 \sqrt{2,03 - 0,44} = 7,03 m^3/s$$

Bài 16-2. Tính lưu lượng Q chảy dưới cửa cống phẳng với $H = 2,50m$; $v_0 \cong 0$; $a = 0,5m$; $h_h = 2,0m$; $b = 2,80m$; $\varphi = 0,90$.

Giải: $H_0 \cong H = 2,50m$

$$\frac{a}{H} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2, \text{ do đó: } \varepsilon = 0,62; \tau_c'' = 0,534$$

$$h_c = \varepsilon a = 0,62 \cdot 0,50 = 0,31m$$

$$h_c'' = \tau_c'' H_0 = 0,534 \cdot 2,5 = 1,335m$$

$h_c'' < h_h$, vậy cống chảy ngập.

Cần tính h_z :

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - M \left(H_0 - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2}$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{h_h - h_c}{h_h h_c}$$

$$M = 4 \cdot 0,90^2 \cdot 0,62^2 \cdot 0,50^2 \cdot \frac{2 - 0,31}{2 \cdot 0,31} = 0,85m$$

$$h_z = \sqrt{2^2 - 0,85 \left(2,50 - \frac{0,85}{4} \right)} + \frac{0,85}{2} = 1,855m$$

$$Q = \mu ab \sqrt{2g(H_0 - h_z)}$$

$$Q = 0,90 \cdot 0,62 \cdot 0,50 \cdot 2,80 \cdot 4,43 \sqrt{2,50 - 1,855} = 2,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bài 16-3. Tính độ cao mở cống a để tháo $Q = 2,25 \text{ m}^3/\text{s}$ dưới cửa cống phẳng lộ thiên, với $H_0 = 2,50 \text{ m}$, $b = 4,50 \text{ m}$, $h_h = 2 \text{ m}$, $\varphi = 0,95$.

Giải:

Xác định chế độ chảy:

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi H_0^{3/2}} = \frac{2,25}{4,50 \cdot 0,95 (2,50)^{3/2}} = 0,133$$

Tra bảng (16-1) với $F(\tau_0) = 0,133$ có:

$$\tau_0 = 0,035$$

$$\tau_c'' = 0,31$$

$$h_c'' = \tau_c'' H_0 = 0,31 \cdot 2,50 = 0,775 \text{ m}$$

$$h_c'' < h_h$$

Vậy cống chảy ngập:

$$h_c = \varepsilon a = \frac{Q}{\varphi b \sqrt{2g(H_0 - h_z)}}$$

Ta phải tính h_z theo:

$$h_z^2 + A\sqrt{H_0 - h_z} - B = 0$$

với:

$$A = 2\sqrt{\frac{2}{g}} \alpha_0 \varphi q = 2\sqrt{\frac{2}{9,81}} \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot \frac{2,25}{4,5} = 0,42 \text{ m}^{3/2}$$

$$B = h_h^2 + \frac{2\alpha_0 q^2}{gh_h} = 2^2 + \frac{2 \cdot 1 \cdot 2,25^2}{9,81 \cdot 2 \cdot 4,5^2} = 4,025 \text{ m}^2$$

$$h_z^2 + 0,42\sqrt{2,5 - h_z} - 4,025 = 0$$

Giải ra được:

$$h_z = 1,95 \text{ m}$$

$$h_c = \varepsilon a = \frac{2,25}{0,95 \cdot 4,50 \cdot 4,43 \sqrt{2,5 - 1,95}} = 0,16 \text{ m}$$

$$\tau_c = \frac{h_c}{H} = \varepsilon \frac{a}{H} = \frac{0,16}{2,5} = 0,064$$

Tra bảng 16-1 được $\frac{a}{H} \approx 0,10$.

Vậy: $a = 0,1H = 0,1 \cdot 2,5 = 0,25 \text{ m}$.

Bài 16-4. Tính chiều sâu nước H trước cống phẳng lộ thiên với $b = 5,0m$; $a = 0,80m$.
 Biết lưu lượng $Q = 10m^3/s$; độ sâu hạ lưu $h_h = 2,0m$, $\varphi = 0,95$.

Giải: Trước hết phải xác định hình thức chảy là chảy ngập hay chảy không ngập.

Tạm lấy gần đúng lần thứ nhất: $\varepsilon = 0,625$.

$$h_c = \varepsilon a = 0,625 \cdot 0,80 = 0,50m$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{10}{5} = 2 m^2/s.$$

Với $h' = h_c = 0,50m$ và $q = 2m^2/s$; ta tính được $h_c'' = 1,04m$ (công thức nước nhảy hoàn chỉnh trong kênh chữ nhật).

$h_c'' < h_h$. Vậy cống chảy ngập.

$$H_0 = \frac{q^2}{\varphi^2 \varepsilon^2 a^2 2g} + h_z$$

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - \frac{2\alpha_0 q^2}{g} \cdot \frac{h_h - h_c}{h_h h_c}}$$

$$h_z = \sqrt{2^2 - \frac{2 \cdot 1 \cdot 2^2}{9,81} \cdot \frac{2 - 0,5}{2 \cdot 0,5}} = 1,67m$$

$$H_0 = \frac{2^2}{0,95^2 \cdot 0,625^2 \cdot 0,8^2 \cdot 19,62} + 1,67 = 2,57m$$

Tính lại ε :

$$\frac{a}{H} \approx \frac{a}{H_0} = \frac{0,80}{2,57} = 0,31$$

Tra bảng 16-1 có $\varepsilon \approx 0,626$ rất gần với trị số tạm lấy ban đầu.

Vậy kết quả trên coi như là đúng:

$$H_0 = 2,57m$$

$$H = H_0 - \frac{\alpha v_0^2}{2g}$$

với:
$$v_0 \approx \frac{Q}{bH_0} = \frac{10}{5 \cdot 2,57} = 0,78 m/s$$

$$\frac{\alpha v_0^2}{2g} = \frac{1 \cdot 0,78^2}{19,62} = 0,03 m$$

$$H = 2,57 - 0,03 = 2,54m$$

Bài 16-5. Tính lưu lượng chảy dưới cửa cống phẳng lộ thiên, biết $b = 2,00m$, $a = 0,60m$, $H = 3,00m$, $h_h = 2,00m$, $\varphi = 0,95$.

Bỏ qua cột nước lưu tốc đi tới.

Đáp số: Chảy ngập, $Q = 3,78m^3/s$.

Bài 16-6. Như bài 16-5 nhưng $h_h = 1,20m$.

Đáp số: Chảy tự do, $Q = 5,02m^3/s$.

Bài 16-7. Cống phẳng lộ thiên: $H = 2,00m$, $h_h = 1,20m$, $v_0 = 0,75m/s$, $a = 0,70m$; $b = 3,00m$; $\varphi = 0,95$. Tính Q .

Đáp số: $Q = 7,93m^3/s$.

Bài 16-8. Cống phẳng lộ thiên: $H_0 = 2,58m$, $b = 2,50m$, $h_h = 1,00m$, $Q = 5m^3/s$, $\varphi = 0,95$. Tính a .

Đáp số: Chảy tự do, $a = 0,50m$.

Bài 16-9. Cống phẳng lộ thiên: $H_0 = 2,51m$, $b = 2,50m$, $Q = 5m^3/s$, $h_h = 2,00m$, $\varphi = 0,95$. Tính a .

Đáp số: Chảy ngập, $a = 0,85m$.

Bài 16-10. Cống phẳng lộ thiên: $H_0 = 3,78m$, $b = 5m$, $Q = 28m^3/s$, $h_h = 2,49m$, $\varphi = 0,95$. Tính a .

Đáp số: Chảy tự do, $a = 1,21m$.

Bài 16-11. Cống phẳng lộ thiên: $H_0 = 3,28m$, $b = 9m$, $Q = 19,6m^3/s$, $h_h = 2,03m$, $\varphi = 0,90$. Tính a .

Đáp số: Chảy ngập, $a = 0,65m$.

Bài 16-12. Cống phẳng lộ thiên: $Q = 5m^3/s$, $b = 2,50m$, $h_h = 2,0m$, $v_0 = 0,32m/s$, $a = 0,75m$, $\varphi = 0,90$. Tính H .

Đáp số: Chảy ngập, $H = 2,79m$.

Bài 16-13. Cống phẳng lộ thiên: $Q = 12m^3/s$, $h_h = 1,20m$, $b = 4,0m$, $a = 0,75m$, $\varphi = 0,95$. Tính H . Bỏ qua cột nước lưu tốc đi tới.

Đáp số: Chảy tự do, $H = 2,79m$.

Bài 16-14. Như bài 16-13, nhưng $h_h = 2,10m$.

Đáp số: Chảy ngập, $H = 3,48m$

Bài 16-15. Vẽ đường quan hệ $Q \sim a$ của cống chữ nhật mở ở đáy kênh, có $b = 9,70m$, độ sâu thượng lưu không đổi bằng $H = 2,84m$, độ sâu hạ lưu thay đổi theo Q như bảng sau:

Q (m ³ /s)	10	20	30	40	50
h _h (m)	1,08	1,70	2,18	2,6	2,98

Bài 16-16. Tính chiều rộng b của một cống điều tiết có ba cửa, sao cho với chiều sâu thượng lưu H = 2,0m, lưu lượng Q = 18m³/s, lưu tốc đi tới v₀ = 0,54m/s, độ sâu hạ lưu h_n = 1,60m thì độ mở cửa cống a = 0,60m, φ = 0,95.

Đáp số: b = 4,75m.

Bài 16-17. Cống điều tiết có ba cửa, mỗi cửa rộng b = 3,40m, cách nhau bằng các mố dày t = 0,60m đóng mở bằng cửa phẳng. Độ sâu thượng lưu H = 2,50m.

Tính độ cao mở cống a để tháo các lưu lượng Q₁ = 14,7m³/s; Q₂ = 16,7m³/s; Q₃ = 19,6m³/s, biết độ sâu hạ lưu tương ứng là: h_{h1} = 1,48m; h_{h2} = 1,59m; h_{h3} = 1,75m.

Đáp số: a₁ = 0,45m; a₂ = 0,53m; a₃ = 0,66m.

Bài 16-18. Cống lấy nước dưới đập mặt cắt chữ nhật có: b = 1,2m, cao d = 1,6m, đáy nằm ngang (i = 0), dài L = 60m, bằng bê tông (n = 0,014).

Tính lưu lượng Q khi cửa mở toàn bộ, biết độ sâu thượng lưu so với nền cống H = 8,0m, độ sâu hạ lưu h_n = 1,2m.

Giải:

$$a = d = 1,6m; H = 8,0m; \frac{a}{H} = \frac{1,6}{8} = 0,2; \varepsilon = 0,62$$

$$h_c = \varepsilon a = 1,6 \cdot 0,62 = 0,992m$$

Trước hết, sơ bộ tính theo chảy nửa áp không ngập:

$$Q = \varphi \varepsilon a b \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon a)}$$

Lấy φ = 0,95.

$$Q = 0,95 \cdot 0,992 \cdot 1,2 \cdot 4,43 \sqrt{8 - 0,992} = 13,24m^3/s$$

Bây giờ phải kiểm tra lại trạng thái chảy. Muốn vậy, ta cần vẽ đường mặt nước trong cống với lưu lượng vừa tính ở trên.

Chiều dài tính từ mặt cắt C-C đến cuối cống là:

$$l = L - l_{\text{vào}} = L - 1,4 a = 60,00 - 1,4 \cdot 1,6 = 57,76m$$

$$q = \frac{13,24}{1,2} = 11 m^2/s$$

$$h_k = 2,31m$$

Đường mặt nước trong cống là đường c₀. Ta tính bằng phương pháp cộng theo phương trình:

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}}$$

Kết quả ghi trong bảng sau đây:

h (m)	ω (m^2)	v (m/s)	$\frac{v^2}{2g}$ (m)	ϑ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	R (m)	$C\sqrt{R}$ m/s	J	\bar{J}	Δl (m)	$\sum \Delta l$ (m)
0,992	1,186	11,15	6,36	7,35		0,378	39,3	0,0810			0
					-1,09				0,0716	15,2	15,2
1,10	1,32	10,03	5,16	6,26		0,39	40,1	0,0622			
					-0,73				0,0566	12,9	28,1
1,20	1,44	9,20	4,33	5,53		0,40	40,7	0,0510			
					-0,55				0,0407	11,7	39,8
1,30	1,56	8,50	3,68	4,98		0,41	41,3	0,0425			
					-0,41				0,0388	10,6	50,4
1,40	1,68	7,88	3,17	4,57		0,42	42,0	0,0352			
					-0,30				0,0329	9,1	59,5
1,50	1,80	7,36	2,77	4,27		0,428	42,4	0,0303			

Vậy độ sâu của đường c_0 tại cuối công bằng:

$$h_{\text{cuối}} = 1,48m < d < h_K$$

Vậy không xuất hiện nước nhảy trong cống và chế độ chảy là nửa áp, kết quả tính ở trên là đúng.

Vậy: $Q = 13,24m^3/s$.

Bài 16-19. Cũng như bài 16-18 nhưng độ nhám lòng cống $n = 0,017$.

Giải:

Cũng giả thiết là chảy nửa áp như bài 16-18 ta đã tính được:

$$h_c = 0,992m, Q = 13,24m^3/s.$$

Tính lại đường mặt nước với $n = 0,017$.

Dòng chảy theo đường c_0 chưa ra hết cống đã chạm vào đỉnh cống (xem bảng ghi kết quả tính). Vậy cống là chảy có áp.

Ta phải tính lại lưu lượng theo công thức:

$$Q = \varphi_c \omega \sqrt{2g (H_0 + iL - h_n)}$$

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi_c + \frac{2g.L}{C^2.R}}}$$

h (m)	ω (m ²)	v (m/s)	$\frac{v^2}{2g}$ (m)	ϑ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	R (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J	\bar{J}	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
0,992	1,186	11,15	6,36	7,35		0,378	31,58	0,1250			0
					-1,09				0,1115	9,80	
1,10	1,32	10,03	5,16	6,26		0,39	42,21	0,0980			9,8
					-0,73				0,0880	8,30	
1,20	1,44	9,20	4,33	5,53		0,40	32,75	0,0780			18,10
					-0,55				0,0716	7,80	
1,30	1,56	8,50	3,68	4,98		0,41	33,28	0,0652			25,90
					-0,41				0,0598	6,90	
1,40	1,68	7,88	3,17	4,57		0,42	33,80	0,0544			32,80
					-0,30				0,0504	6,00	
1,50	1,80	7,36	2,77	4,27		0,428	34,20	0,0465			38,80
					-0,24				0,0431	5,20	
1,60				4,03			34,60	0,0398			44,00

Ở đây, tổn thất cục bộ gồm tổn thất ở cửa vào (đến mặt cắt co hẹp), tổn thất do mở rộng sau mặt cắt co hẹp:

$$\xi_{\text{vào}} = 0,15$$

$$\xi_{\text{mở rộng}} = \left(\frac{\omega}{\omega_c} - 1 \right)^2 = \left(\frac{1}{0,62} - 1 \right)^2 = 0,36$$

$$R = \frac{1,6 \cdot 1,2}{2(1,6 + 1,2)} = 0,342$$

$$C^2 R = 870 \text{ (m/s)}^2$$

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,15 + 0,36 + \frac{19,62 \cdot 57,76}{870}}} = 0,60$$

$$Q = 0,60 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 4,43 \sqrt{8 - 1,2} = 13,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bài 16-20. Tháo nước qua cống ngầm trong thân đập. Cống có mặt cắt chữ nhật, rộng $b = 1,5\text{m}$, cao $d = 2,00\text{m}$, dài $L = 60\text{m}$, $n = 0,014$. Nền cống đặt ở cao trình $+ 20,10\text{m}$, dốc dần đến $+ 20,04\text{m}$ ($i = 0,001$). Lưu lượng $Q = 18\text{m}^3/\text{s}$. Cao trình mực nước hạ lưu $+ 21,54\text{m}$. Xác định cao trình mực nước thượng lưu. Cửa cống mở hoàn toàn.

Giải:

Độ sâu ở cuối cống:

$$h_h = 21,54 - 20,04 = 1,50\text{m} < d$$

Độ sâu phân giới, với $q = \frac{18}{1,5} = 12 m^2/s$:

$$h_k = 2,45m > d$$

Vậy không thể có nước nhảy trong cống, mà chỉ có thể có hai khả năng: hoặc là chảy nửa áp với dòng chảy xiết trên toàn bộ chiều dài cống (theo đường c_1) hoặc là chảy có áp (khi đường c_1 chạm vào đỉnh cống).

Muốn xác định trạng thái chảy, ta vẽ đường mặt nước c_1 trong cống.

Ta có: $h_c = \varepsilon a$; với $\varepsilon = f\left(\frac{a}{H}\right)$ lấy theo bảng 16-1.

Ở đây: $a = d = 2,00m$ nhưng H chưa biết nên tạm lấy $\varepsilon = 0,62$.

$$h_c = 0,62 \cdot 2,00 = 1,24m$$

Tính đường mặt nước xuất phát từ h_c theo phương pháp cộng:

h (m)	ω (m^2)	v (m/s)	$\frac{v^2}{2g}$ (m)	ϑ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	R (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J_f	\bar{J}	Δl (m)	$\sum \Delta l$ (m)
1,24	1,86	9,68	4,77	6,01		0,466	44,7	0,0468			0
					0,36				0,0442	8,33	
1,30	1,95	9,22	4,35	5,65		0,475	45,3	0,0416			8,33
					0,50				0,0380	13,50	
1,40	2,10	8,57	3,75	5,15		0,490	46,2	0,0343			21,83
					0,68				0,0297	23,70	
1,60	2,4	7,50	2,87	4,47		0,510	47,3	0,0252			45,53
					0,40				0,0221	19,00	
1,80	2,7	6,67	2,27	4,07		0,530	48,4	0,0191			64,53
					0,23				0,0170	14,4	
2,00	3,0	6,00	1,84	3,84		0,545	49,2	0,0148			78,93

Dòng chảy xiết theo đường c_1 khi đến cuối cống có độ sâu khoảng 1,70m, thấp hơn đỉnh cống. Vậy cống chảy nửa áp và không ngập.

Ta tính H theo công thức:

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{q^2}{\varphi^2 \varepsilon^2 a^2 2g} + \varepsilon a$$

$$H_0 \approx H = \frac{12^2}{0,95^2 \cdot 1,24^2 \cdot 19,62} + 1,24 = 6,44 m$$

Tính chính xác lại ε :

$$\frac{a}{H} = \frac{2,00}{6,44} = 0,306 ; \text{ do đó: } \varepsilon = 0,625$$

$$h_c = \varepsilon a = 1,25m$$

Thay trở lại vào công thức trên, ta tính được:

$$H_0 \approx H = 6,37m$$

Cao trình mực nước thượng lưu:

$$z_t = 20,10 + 6,37 = 26,47m$$

Bài 16-21. Cổng lấy nước qua thân đập đất mặt cắt tròn, đường kính $d = 1,50m$, dài $L = 50m$ (kể từ cửa cổng đến cuối), $n = 0,014$, đáy nằm ngang ($i = 0$) đóng mở bằng cửa phẳng.

Tính độ cao mở cổng và xác định hình thức chảy khi $Q = 12m^3/s$, $H = 10m$, $h_n = 1,00m$.

Giải:

Trước hết giả thiết là chảy nửa áp, không ngập, tính theo công thức:

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

$$h_c = \varepsilon a, \text{ với } \varepsilon = f\left(\frac{a}{H}\right) \text{ lấy theo cửa chữ nhật.}$$

Biết $H_0 = 10m$, $Q = 12m^3/s$, $\varphi = 0,95$ ta có:

$$\frac{Q}{\varphi \sqrt{2g}} = \omega_c \sqrt{H_0 - h_c}$$

$$\frac{12}{0,95 \cdot 4,43} = \omega_c \sqrt{10 - h_c} = 2,86m^{2/5}$$

Tính ω theo h theo phụ lục 14-2 của giáo trình Thủy lực tập 2. Sau khi giải phương trình trên ta được:

$$h_c = 0,79m$$

$$\omega_c = 0,945m^2$$

Tạm lấy ε : $\varepsilon \approx 0,62$; $a = \frac{h_c}{\varepsilon} = \frac{0,79}{0,62} = 1,27m$

Tính lại ε : $\frac{a}{H} = \frac{1,27}{10} = 0,127$. Tra bảng 16-1 được $\varepsilon = 0,62$.

Bây giờ vẽ đường mặt nước trong cổng để kiểm tra trạng thái chảy:

h (m)	$s = \frac{h}{d}$	ω (m^2)	R (m)	v (m/s)	$\frac{v^2}{2g}$ (m)	ϑ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J	\bar{J}	Δl (m)	$\sum \Delta l$ (m)
0,79	0,527	0,945	0,387	12,70	8,25	9,24		39,8	0,1102			0
0,90	0,600	1,085	0,417	11,05	6,25	7,15	2,09	41,8	0,070	0,086	24,3	24,3
1,00	0,667	1,250	0,436	9,62	4,72	5,72	1,43	43,0	0,050	0,060	23,8	48,1
1,10	0,733	1,390	0,450	8,64	3,80	4,90	0,82	43,8	0,0388	0,0444	18,5	66,6
1,20	0,80	1,515	0,456	7,91	3,19	4,39	0,51	44,2	0,0322	0,0355	14,4	81,0

Tại cuối cống ($L = 50m$) có độ sâu $h_{cuối} \approx 1,01m$. Vậy trạng thái chảy đúng là nửa áp, không ngập. Kết quả tính trên là đúng. Ta có độ cao mở cống là $a = 1,27m$.

Bài 16-22. Cống ngầm dưới đập mặt cắt chữ nhật, rộng $b = 2,00m$, cao $d = 2,40m$ dài $L = 60m$. Nền cống đặt ở cao độ từ $+ 20,10m$ (đầu cống) dốc dần đến $+ 20,04m$ (cuối cống) (dốc $i = 0,001$) cống bằng bê tông ($n = 0,014$). Xác định hình thức chảy và tính lưu lượng khi cửa cống mở hoàn toàn ($a = d$) mực nước thượng lưu $Z_t = 28,10m$, mực nước hạ lưu $Z_h = 22,00m$.

Đáp số: Chảy nửa áp không ngập, $Q = 32,2m^3/s$.

Bài 16-23. Cũng như bài 16-22, nhưng sau cửa ra là đầm nước rộng có mực nước không đổi $Z_h = + 22,60m$. Tính lưu lượng và xác định hình thức chảy.

Đáp số: Chảy có áp, $Q = 28,3m^3/s$.

Bài 16-24. Cống tròn dưới đê dài $30m$, đường kính $d = 1,20m$, $n = 0,014$, dốc $i = 0,002$.

Xác định hình thức chảy khi mực nước thượng lưu cao hơn nền cống $8m$, hạ lưu là một đầm rộng có mực nước cao hơn đáy cống $2,66m$.

Đáp số: Chảy có áp, $Q = 8,15m^3/s$.

Bài 16-25. Như bài 16-24, nhưng mực nước hạ lưu cao hơn đáy cống $0,66m$.

Đáp số: Chảy nửa áp, $Q = 8,35m^3/s$.

Bài 16-26. Cống dưới đập có đường kính $d = 2,00m$, $n = 0,014$, dài $L = 60m$, $i = 0$. Tính độ cao mở cống khi $Q = 14m^3/s$, $H = 8,0m$, $h_n = 1,20m$.

Đáp số: Chảy nửa áp, $a = 1,36m$.

Bài 16-27. Cống ngầm gồm hai ống tròn đường kính $d = 1,60m$, $n = 0,014$, $i = 0$, $L = 40m$. Cửa cống mở hoàn toàn, mực nước hạ lưu cao hơn đáy cống $2,50m$. Tính độ sâu thượng lưu khi lưu lượng qua 2 ống là $40m^3/s$.

Đáp số: Chảy ngập, $H = 12,3m$.

Bài 16-28. Cống mặt cắt hình vuông $b = d = 2m$, bằng bê tông ($n = 0,014$), $i = 0,002$, dài $L = 40m$. Đáy cống đặt ở cao trình từ $+ 10,08m$ đến $+ 10,00m$.

Tính cao trình mực nước thượng lưu khi tháo lũ thi công, với:

a) $Q = 8m^3/s$, mực nước hạ lưu $+ 10,50m$.

b) $Q = 28m^3/s$ mực nước hạ lưu $+ 11,90m$.

Đáp số: a) Chảy không áp như qua đập tràn đỉnh rộng: $Z_1 = + 11,85m$.

b) Chảy nửa áp: $Z_1 = + 18,40m$.

Chương XVII

CÔNG TRÌNH NỐI TIẾP

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

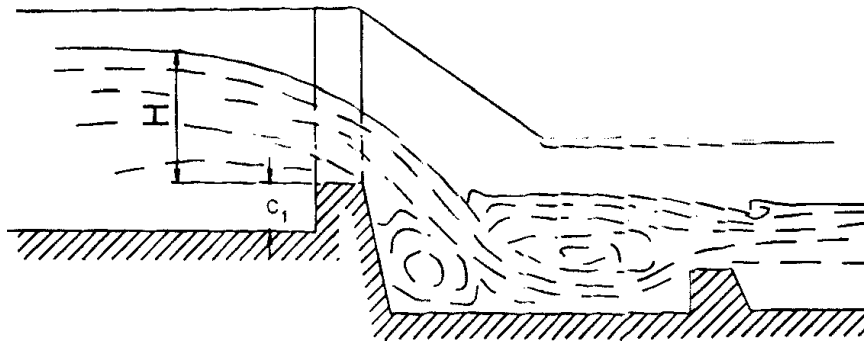
1. Bậc nước một cấp

Bậc nước có thể là bậc nước một cấp (hình 17-1) hoặc bậc nước nhiều cấp (hình 17-4)

Nhiệm vụ tính thủy lực bậc nước một cấp bao gồm:

- Tính cửa vào
- Tính tiêu năng ở sân bậc

a) Tính cửa vào



Hình 17-1

Để tránh bồi lắng hoặc xói lở trong đoạn kênh trước bậc nước, ta phải xác định chiều rộng cửa vào sao cho dòng chảy khi đi đến bậc vẫn giữ trạng thái gần như chảy đều, nghĩa là độ sâu h ở trước bậc phải gần với độ sâu chảy đều trên kênh.

Gọi:

c_1 - chiều cao ngưỡng ở cửa vào (nếu có);

H - cột nước tràn ở cửa vào;

h_0 - độ sâu chảy đều trên kênh thượng lưu.

Ta phải có:

$$h = c_1 + H \approx h_0 \quad (17-1)$$

Trong đó, H tính bằng công thức đập tràn thực dụng hoặc đập tràn đỉnh rộng:

$$H = \left(\frac{Q}{\epsilon m b_{tb} \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha v_0^2}{2g} \quad (17-2)$$

b_{tb} - chiều rộng trung bình của cửa vào.

Nếu cửa vào làm theo hình chữ nhật, thì đẳng thức (17-1) chỉ đúng ở một trị số lưu lượng Q .

Để đẳng thức (17-1) được luôn luôn thoả mãn với mọi cấp lưu lượng, người ta tìm ra một dạng cửa hình cong gọi là cửa tự động điều tiết chế độ chảy đều trên kênh (hình 17-2a).

Tuy nhiên, việc tính toán và xây dựng một cửa hình cong như vậy hơi phiền phức, nên có thể dùng loại cửa hình thang, có khả năng điều tiết để giữ chế độ chảy trên kênh gần như chế độ chảy đều với mọi cấp lưu lượng.

Cửa hình thang ấy có đáy rộng b' , mái dốc m' , xác định theo nguyên lý sau (hình 17-2b):

Giả sử lưu lượng trong kênh thay đổi trong phạm vi từ Q_{\min} đến Q_{\max} , độ sâu chảy đều tương ứng là $h_{0\min}$, $h_{0\max}$.

Cửa sẽ giữ đúng trạng thái chảy đều ở hai độ sâu trung gian:

$$h_1 = h_{01} = h_{0\max} - \frac{1}{4} (h_{0\max} - h_{0\min}) \quad (17-3)$$

$$h_2 = h_{02} = h_{0\min} + \frac{1}{4} (h_{0\max} - h_{0\min}) \quad (17-4)$$

Lưu lượng tương ứng là Q_1 , Q_2 .

Từ đó có:

$$H_1 = h_{01} - c_1, H_2 = h_{02} - c_1$$
$$b_{tb1} = \frac{Q}{\epsilon m \sqrt{2gH_1^{3/2}}}; b_{tb2} = \frac{Q}{\epsilon m \sqrt{2gH_2^{3/2}}} \quad (17-5)$$

Cho rằng chiều rộng trung bình tính theo:

$$b_{tb1} = b' + 0,8m' H_1 \quad (17-6)$$

$$b_{tb2} = b' + 0,8m' H_2 \quad (17-7)$$

Rút ra:

$$m' = 1,25 \frac{b_{tb1} - b_{tb2}}{H_1 - H_2} \quad (17-8)$$

$$b' = \frac{H_1 b_{tb2} - H_2 b_{tb1}}{H_1 - H_2} \quad (17-9)$$

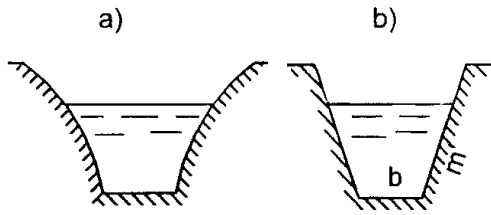
Nếu kênh rộng thì nên chia ra làm nhiều cửa nhỏ (hình 17-3), số cửa lấy vào khoảng:

$$n = \frac{b_0}{(1,25 \div 1,50) h_{0\max}} \quad (17-10)$$

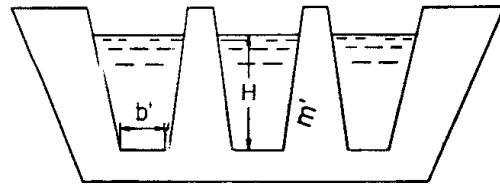
Trong đó: b_0 là chiều rộng của kênh.

b) Tính nối tiếp và tiêu năng ở sân bậc

Việc tính toán nối tiếp và tiêu năng ở sân bậc trên kênh hạ lưu - đối với bậc nước một cấp cũng như đối với bậc cuối cùng của bậc nhiều cấp - đã được giải quyết ở chương XV.



Hình 17-2



Hình 17-3

Do chiều rộng của bậc nước thường nhỏ hơn chiều rộng kênh hạ lưu, nên bài toán nối tiếp thực ra là bài toán không gian. Tuy nhiên, để đơn giản, có thể tính theo bài toán phẳng với chiều rộng tính toán bằng:

$$b_{tt} = b_{tb} + 0,1l_1 \quad (17-11)$$

l_1 là chiều dài nước rơi, đã nói ở chương XV.

2. Bậc nước nhiều cấp

a) Xác định chiều cao mỗi cấp

Chiều cao mỗi cấp có thể lấy bằng nhau:

$$P_1 = P_2 = \dots = P_n \quad (17-12)$$

hoặc định sao cho độ chênh lệch mực nước giữa các cấp bằng nhau (hình 17-4):

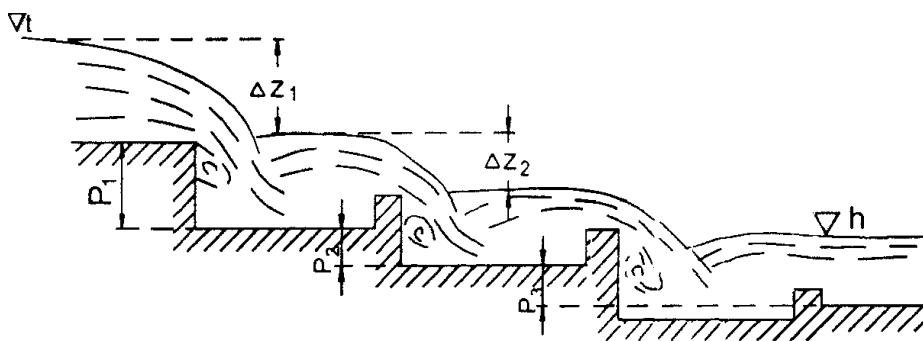
$$\Delta Z_1 = \Delta Z_2 = \dots = \Delta Z_n \quad (17-13)$$

Số cấp n được xác định bằng cách so sánh kinh tế - kỹ thuật.

b) Tính chiều dài sân bậc và tiêu năng trên mỗi cấp

Có hai loại: bậc có ngưỡng tiêu năng trên mỗi cấp (hình 17-4) và bậc không có ngưỡng tiêu năng trên mỗi cấp (hình 17-5).

* *Bậc có ngưỡng tiêu năng trên mỗi cấp (hình 17-4).*



Hình 17-4

Việc xác định chiều dài mỗi sân và chiều cao tường tiêu năng ở cuối sân nhằm đảm bảo tạo ra nước nhảy ngập trên mỗi cấp đã được giải quyết ở chương XV. Chiều dài sân lấy bằng:

$$L = l_1 + l_{nn} + \delta \quad (17-14)$$

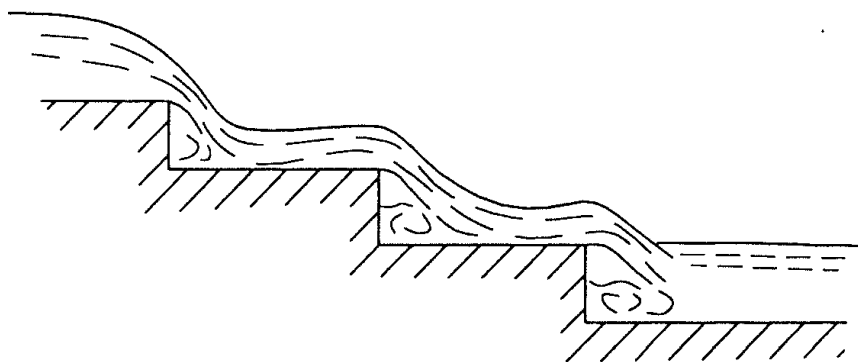
l_1 - chiều dài nước rơi;

l_{nn} - chiều dài nước nhảy ngập;

δ - chiều dày tường tiêu năng.

* *Bậc không có tường tiêu năng*

Sân bậc phải đủ dài để tiêu huỷ đến mức tối đa năng lượng dư trong phạm vi mỗi cấp, không để tập trung dồn đến cấp cuối cùng (hình 17-5).



Hình 17-5

Dòng chảy từ bậc trên rơi xuống sân bậc tại mặt cắt co hẹp c-c, sau đó sẽ chảy trên sân bậc theo đường nước dâng c_0 (hoặc c_1 hoặc c' tùy theo độ dốc sân).

Tùy theo chiều dài sân bậc, sẽ có thể có ba trường hợp sau:

- Sân bậc ngắn, đường nước dâng c đi đến cuối sân có độ sâu $h_1 < h_K$ (hình 17-6a).
- Sân bậc đủ dài - trường hợp phân giới - đường nước dâng đến cuối sân có độ sâu vừa đúng bằng độ sâu phân giới h_K , $h_1 = h_K$ (hình 17-6b).

Chiều dài sân bậc lúc đó bằng:

$$L = L_K = l_1 + l_K + l_2 \quad (17-15)$$

trong đó:

l_1 - chiều dài nước rơi từ đầu sân đến mặt cắt c-c;

l_K - chiều dài đường nước dâng có độ sâu ở đầu trên là h_c và ở đầu dưới là h_K ;

l_2 - đoạn nước đổ ở cuối bậc, thường lấy $l_2 \approx 2h_K$.

- Sân bậc quá dài, trên sân bậc có nước nhảy nối đoạn đường c_0 (c_1 , c') với đoạn đường nước đổ b_0 (b_1 , b'). Độ sâu ở cuối bậc vẫn là h_K (hình 17-6c).

Trong cả hai trường hợp dưới (hình 17-6b và 17-6c) năng lượng đơn vị ở cuối mỗi sân đều đạt đến trị số cực tiểu:

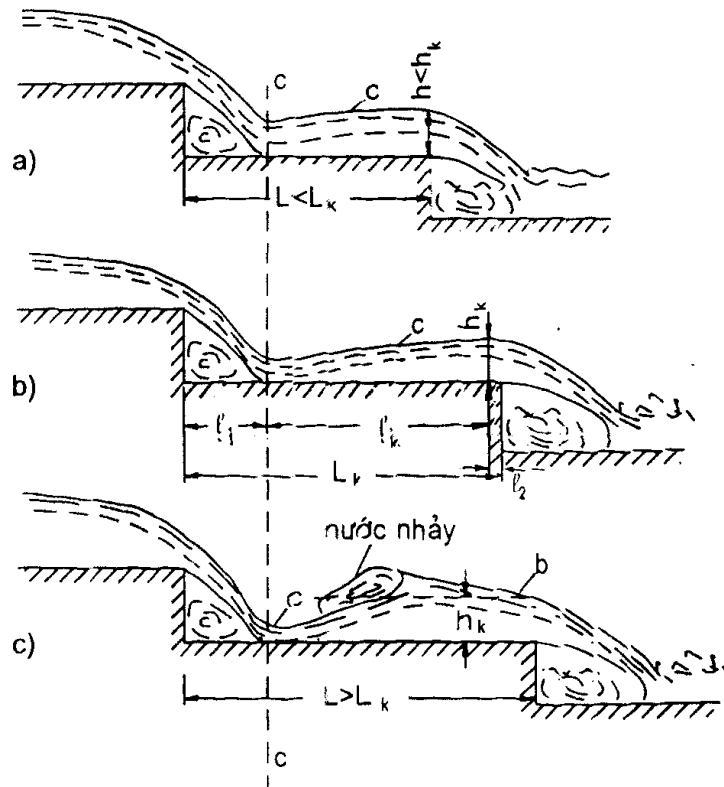
$$\vartheta_{\min} = h_k + \frac{\alpha v_k^2}{2g} \quad (17-16)$$

3. Dốc nước

Nhiệm vụ tính thủy lực dốc nước bao gồm: tính cửa vào, tính thân dốc và tính tiêu năng ở chân dốc (hình 17-7).

a) Cửa vào

Cửa vào dốc nước có thể làm tương tự như cửa vào bậc nước, dưới dạng đập tràn thực dụng, đập tràn đỉnh rộng hoặc khe hình thang tự điều tiết để duy trì chế độ chảy đều ở kênh thượng lưu, nhưng thông thường là dạng cửa vào có đoạn nối tiếp thu hẹp dần (hình 17-7).



Hình 17-6

Việc tính thủy lực cửa vào để xác định độ sâu ở cuối kênh thượng lưu cũng làm như đối với cửa vào bậc nước. Nếu cửa vào có đoạn thu hẹp dần thì phải tính dòng không đều trên đoạn không lững trệ đó, biết rằng độ sâu ở chỗ thay đổi độ dốc (từ độ dốc của kênh thượng lưu $i < i_k$ sang độ dốc của dốc nước $i > i_k$) thì bằng độ sâu phân giới h_k .

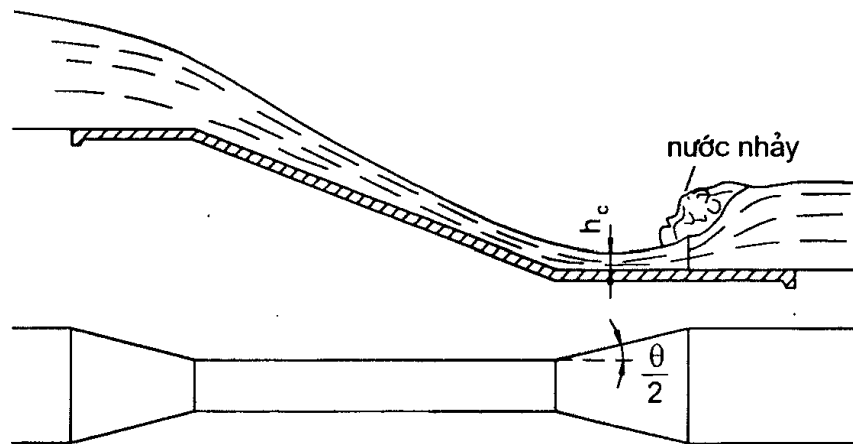
b) Thân dốc

Thân dốc là đoạn máng hình lăng trụ hoặc không lăng trụ, thu hẹp dần hoặc mở rộng dần. Thân dốc có thể có độ nhám bình thường hoặc độ nhám gia cường (thực hiện bằng các ngưỡng và mố tiêu năng đặc biệt).

Nhiệm vụ tính thủy lực thân dốc là tính và vẽ đường mặt nước dòng không đều trên dốc để xác định độ sâu và lưu tốc tại các mặt cắt trên dốc (đã được giải quyết ở chương IX).

Khi dốc nước có độ nhám gia cường, người ta tính độ sâu theo công thức chảy đều, trong đó hệ số sêzi tính bằng các công thức thực nghiệm tùy theo hình dạng và cách bố trí các mố nhám trên đáy dốc.

$$v = C_{gc} \sqrt{Ri} \quad (17-17)$$

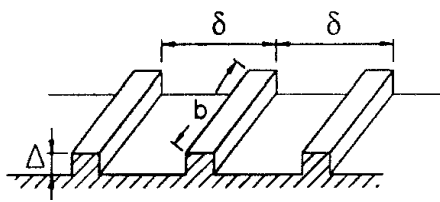


Hình 17-7

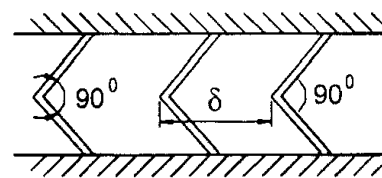
Dưới đây giới thiệu một số kiểu mố nhám nhân tạo và công thức kinh nghiệm tính C_{gc} .

Loại I - Mố nhám chỉ đặt ở đáy: thường dùng các kiểu:

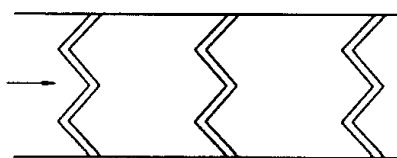
- Các gờ chữ nhật vuông cạnh đặt thẳng góc với dòng chảy (hình 17-8);
- Gờ chữ nhật đặt thành hình chữ V ngược dòng (hình 17-9);
- Gờ chữ nhật đặt thành hình chữ W có hai mũi nhọn ngược dòng (hình 17-10);
- Cục vuông đặt theo hình bàn cờ, so le (hình 17-11);



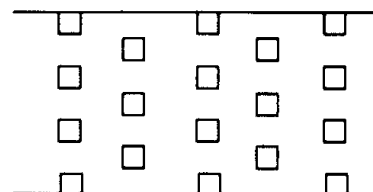
Hình 17-8



Hình 17-9



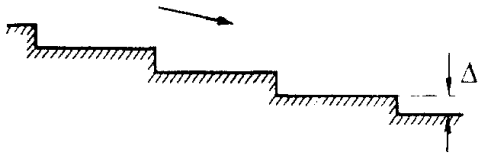
Hình 17-10



Hình 17-11

- Gờ răng cưa xuôi dòng (hình 17-12);
- Gờ răng cưa ngược dòng (hình 17-13).

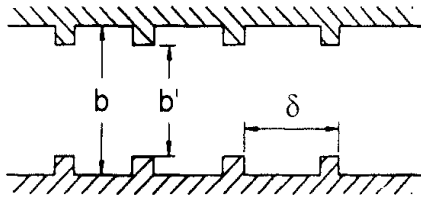
Loại II - Mổ nhám chỉ đặt ở hai bên bờ: thường dùng gờ chữ nhật vuông cạnh (hình 17-14).



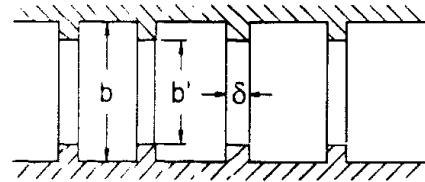
Hình 17-12



Hình 17-13



Hình 17-14



Hình 17-15

Loại III - Mổ nhám đặt cả ở đáy và hai bờ: thường dùng gờ chữ nhật vuông cạnh (hình 17-15).

Ta ký hiệu:

Δ - chiều cao mổ nhám;

δ - khoảng cách giữa các mổ nhám;

b - chiều rộng kênh;

h - chiều sâu của kênh tính từ đỉnh mổ nhám;

b' - chiều rộng của kênh trừ đi chiều dày các mổ nhám hai bên bờ.

$$\sigma = \frac{h}{\Delta}; \quad \beta = \frac{b}{h}; \quad \beta' = \frac{b'}{h}; \quad \varepsilon = \frac{b'}{b}$$

Riêng đối với hình 17-11; $\beta = \frac{b - m\Delta}{h + \Delta}$, m là số cực trên một hàng ngang.

Công thức Picalốp: áp dụng cho các hình (17-8), (17-9), (17-10), với $\delta = 8\Delta$ và hình (17-11) với $\delta = 4\Delta$:

$$C_{gc} = \frac{1000}{(a - b\sigma + c\beta)S} \quad (17-18)$$

trong đó a, b, c, S lấy theo bảng (17-1).

Công thức Jamarin: áp dụng cho các hình 17-12 và hình 17-13:

$$C_{gc} = \frac{1000}{A - B\sigma - 10\sqrt[3]{\beta}} \quad (17-20)$$

Bảng 17-1. Các số trị a, b, c, S trong công thức (17-18)

kiểu mố nhám	Phạm vi sử dụng		a	b	c	Trị số S với độ dốc i bằng			
	σ	β				0,04 ÷ 0,06	0,10	0,15	0,20
h.17-8	2,5 ÷ 8	1 ÷ 12	47,5	1,17	0,075	0,9	1,1	1,0	0,9
h.17-9	3,5 ÷ 8	1 ÷ 6	85,8	3,85	-0,80	0,75	0,90	1,0	1,0
h.17-10	5 ÷ 12	1 ÷ 12	116,1	6,1	-1,2	0,75	0,80	1,0	1,0
h.17-11	2 ÷ 5	1 ÷ 8	52,0	5,1	-0,8	1,0	1,0	1,0	1,0

A và B lấy theo bảng 17-2 sau đây:

Bảng 17-2. Các trị số A và B trong công thức (17-20)

Kiểu mố nhám	B	A với các độ dốc i% bằng		
		6	9	12
h.17-12	0,67	19	21	22
h.17-13	1,33	33	36	38

Công thức Phancovich:

Áp dụng cho mố nhám ở hai bên bờ (hình 17-14):

$$C_{gc} = \frac{1000}{\frac{r}{\varepsilon} + \frac{s}{\sqrt{\beta'}} - t} \quad (17-21)$$

Áp dụng cho mố nhám ở cả đáy và hai bên bờ (hình 17-15).

$$C_{gc} = \frac{1000}{\frac{r'}{\varepsilon} - s' \sqrt[3]{\sigma} - t'} \quad (17-22)$$

Các trị số r, s, t, r', s', t', lấy ở bảng (17-3).

Bảng 17-3. Các trị số r, s, t, r', s', t' trong công thức (17-21); (17-22)

i	r	s	t	r'	s'	t'
0,06	121	37,1	122	147	18,8	85
0,10	131	31,2	134	155	28,2	73
0,15	130	61,5	131	251	32,0	165

Có thể đặt các mố nhám gia cường trên toàn bộ dốc từ đầu đến cuối, hoặc chỉ đặt ở đoạn cuối dốc.

Phương pháp tính thường làm như sau: định trước lưu tốc v (nhỏ hơn lưu tốc cho phép), từ đó tính ra R và C_{gc} theo công thức chảy đều: $v = C_{gc} \sqrt{Ri}$ rồi từ trị số C_{gc} đó sẽ chọn hình thức mố nhám và tính ra các kích thước mố nhám.

c) Đoạn nối tiếp và tiêu năng ở chân dốc

Ở chân dốc thường là đoạn kênh không lãng trụ mở rộng dần, góc mở rộng θ đủ nhỏ để không sinh ra hiện tượng chảy tách rời và chảy xiên, thường làm:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{1}{12} \div \frac{1}{8}$$

Nhiệm vụ tính thủy lực đoạn này là xác định hình thức nối tiếp và làm bể tiêu năng, nếu cần, để chống xói cho đoạn kênh ở sau dốc.

Trên cơ sở tính toán dòng không đều ở thân dốc, ta đã biết độ sâu h_c và lưu tốc v_c ở cuối dốc; dùng công thức nước nhảy trong kênh không lãng trụ, ta có thể xác định được hình thức nối tiếp ở đoạn mở rộng.

Công thức Vaxiliev:

$$\frac{2\alpha_0}{g r_1 h'} \left(\frac{Q}{\theta} \right)^2 + r_1 h'^2 = \frac{2\alpha_0}{g r_2 h''} \left(\frac{Q}{\theta} \right)^2 + r_2 h''^2 - \beta \frac{h'^2 + h' h'' + h''^2}{3} (r_2 - r_1) \quad (17-23)$$

$$l_n = r_2 - r_1 = \frac{10,3 h' (\sqrt{Fr_1} - 1)^{0,81}}{1 + 0,54 \frac{h'}{r_1} (\sqrt{Fr_1} - 1)^{0,81}} \quad (17-24)$$

trong đó:

- r_1, r_2 là bán kính tính từ tâm của góc mở rộng đến mặt cắt trước và sau nước nhảy;
- θ tính bằng radian;
- β là hệ số, lấy bằng 0,9.

4. Máng phun

Máng phun là dốc nước kiểu côngxôn, cuối dốc nước có mũi phun (hình 17-16). Dòng chảy qua mũi phun với lưu tốc lớn sẽ theo hướng mũi phun mà phun lên không khí rồi rơi ở cách xa chân máng. Dòng chảy rơi xuống sẽ tạo ra một hố xói ở đáy kênh hạ lưu.

Các ký hiệu trên hình vẽ:

S - độ rơi của máng phun, tức là chiều cao từ mặt nước thượng lưu đến đáy lòng dẫn hạ lưu lúc chưa bị xói;

S_1 - chiều cao từ mặt nước thượng lưu đến mũi phun;

S_2 - chiều cao từ mũi phun đến đáy lòng kênh dẫn hạ lưu lúc chưa bị xói;

$$S = S_1 + S_2;$$

$$\sigma = \frac{S_1}{S};$$

l - chiều dài máng;

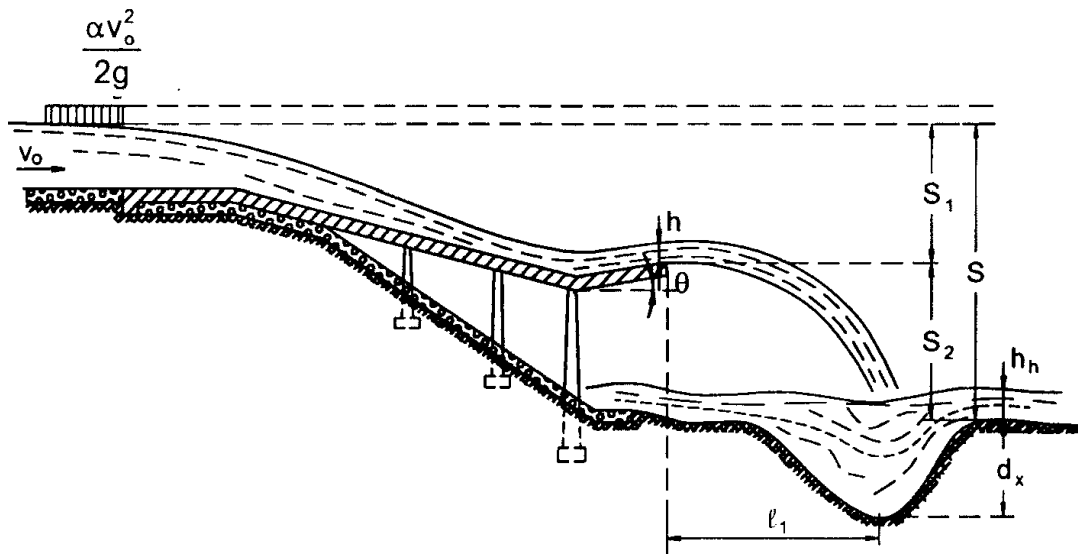
i - độ dốc máng;

l' - chiều dài mũi phun;

θ - góc nghiêng của mũi ($\theta > \theta$ nếu mũi hướng lên);

l_1 - khoảng cách nằm ngang từ mũi phun đến tâm hố xói;

d_x - chiều sâu hố xói.



Hình 17-16

Nhiệm vụ tính thủy lực máng phun là xác định chiều dài máng l , độ dốc máng i , tỷ số $\sigma = \frac{S_1}{S}$, khoảng cách l_1 và kích thước hố xói, sao cho: lưu tốc trên máng không vượt quá lưu tốc cho phép; vị trí hố xói, chiều rộng và chiều sâu hố xói không uy hiếp sự an toàn của chân máng.

Chiều dài mũi phun l' và góc nghiêng θ thường chọn theo kinh nghiệm:

$$l' = 1 \div 2 \text{ m}$$

$$\theta = 0 \div 15^\circ$$

Theo hình vẽ ta có:

$$S_1 = \sigma S = H + il - l' \sin \theta \quad (17-25)$$

Quỹ đạo của tia nước phun viết với hệ trục tọa độ xoy có góc ở mũi phun và trục y hướng xuống dưới là:

$$x = vt \cos \theta \quad (17-26)$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2 + vt \sin \theta \quad (17-27)$$

v là lưu tốc đầu mũi phun.

Lưu tốc v và độ sâu h ở đầu mũi phun được xác định bằng cách tính dòng không đều trên dốc nước và trên mũi (biết độ sâu ở đầu dốc bằng độ sâu phân giới h_K) hoặc có thể tính gần đúng:

$$v = \varphi \sqrt{2gS_1} \quad (17-28)$$

với $\varphi \approx 0,9\theta$.

Lúc đó phương trình của tia nước phun sẽ viết thành:

$$x = 2\varphi^2 S_1 \cos \theta \left(\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta - \frac{y}{\varphi^2 S_1}} \right) \quad (17-29)$$

Thay $y = - \left(\frac{h}{2} \cos \theta + S_2 \right)$ ta có:

$$l_1 = 2\varphi^2 S_1 \cos \theta \left(\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + \frac{0,5h \cos \theta + S_2}{\varphi^2 S_1}} \right)$$

$$l_1 = 2\varphi^2 \sigma S \cos \theta \left(\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + \frac{0,5h \cos \theta + (1 - \sigma)S}{\varphi^2 \sigma S}} \right) \quad (17-30)$$

Với trị số l_1 ở (17-30) ta có thể xác định vị trí của tâm hố xói.

Có nhiều công thức kinh nghiệm và nửa kinh nghiệm để tính kích thước hố xói ổn định.

Dưới đây chỉ giới thiệu một cách tính đối với lòng dẫn là đất mềm rời: coi hố xói ổn định có mặt cắt hình tam giác (hình 17-16), mái dốc $m \equiv 1,0 \div 1,50$, độ sâu d_x sao cho có nước nhảy ngập trong hố xói.

$$d_x = \sigma h_c'' - h_{r1} \quad (17-31)$$

trong đó:

h_h - độ sâu hạ lưu khi chưa bị xói;

σ - hệ số ngập của nước nhảy ($\sigma \approx 1,1$);

h_c'' - độ sâu liên hợp với độ sâu cơ hẹp h_c của dòng chảy ở đáy hố xói; h_c tính theo phương trình:

$$q = \varphi h_c \sqrt{2g(E_{0x} - h_c)} \quad (17-32)$$

trong đó:

E_{0x} - năng lượng của dòng chảy ở mỗi so với đáy hố xói:

$$E_{0x} = S_2 + d_x + h \cos \theta - \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (17-33)$$

Do giả thuyết dùng để tính hố xói nói trên chưa phản ảnh được đầy đủ thực tế phức tạp của vấn đề, nên để an toàn, người ta thường nhân trị số d_x tính ở trên với một hệ số an toàn $\varepsilon = 2 \div 2,7$:

$$d'_x = \varepsilon d_x$$

và coi hố xói ổn định như có độ sâu d'_x và có mái dốc.

$$m' = 1,50 \div 1,75$$

Ngoài ra còn một số công thức khác, thí dụ:

Công thức Patorasep:

$$d_x = 3,9 q^{1/2} \left(\frac{Z_0}{d_{90}} \right)^{1/4} - h_h \quad (17-34)$$

trong đó:

$$Z_0 = S - h_h$$

d_{90} - đường kính hạt cát đáy kênh dẫn hạ lưu mà các hạt cát nhỏ hơn nó chiếm 90% trọng lượng, tính bằng *mm*.

Công thức Jamarin:

$$d_x = \frac{Nq \sin \beta'}{\sqrt{v' v_{kx}}} - h_h \quad (17-35)$$

N - hệ số, bằng $4,3 \div 5,8$ tùy theo chiều cao nước rơi;

v' - lưu tốc dòng phun khi đến đáy sông;

β' - góc nghiêng của dòng phun so với đáy sông;

v_{kx} - lưu tốc không xói cho phép đối với đất, cát đáy kênh hạ lưu.

II. BÀI TẬP

Bài 17-1. Bậc nước cao $P = 3,00m$. Lưu lượng thay đổi từ $Q_{\min} = 12m^3/s$ đến $Q_{\max} = 20 m^3/s$. Kênh thượng, hạ lưu giống nhau: $b = 10 m$; $m = 1,5$; $n = 0,025$; $i = 0,0001$.

Tính cửa vào kiểu khe hẹp hình thang không có ngưỡng để giữ chế độ chảy gần với chảy đều trên kênh thượng lưu, tính tiêu năng ở sân bậc với Q_{\max} .

Giải:

a) *Tính cửa vào:*

Trước hết tính độ sâu chảy đều ứng với Q_{\min} và Q_{\max} theo phương pháp đối chiếu với mặt cắt lợi nhất về thủy lực:

$Q (m^3/s)$	$\frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q}$	Rl_n (<i>m</i>)	$\frac{b}{Rl_n}$	$\frac{h_0}{Rl_n}$	h_0 (<i>m</i>)
$Q_{\min} = 12$	0,00702	1,60	6,25	1,151	1,84
$Q_{\max} = 20$	0,00412	1,94	5,15	1,267	2,46

Hai độ sâu trung gian:

$$h_1 = 1,84 + \frac{1}{4} (2,46 - 1,84) = 1,995 \approx 2,00m$$

$$h_2 = 2,46 - \frac{1}{4}(2,46 - 1,84) = 2,30m$$

Lưu lượng tương ứng, theo công thức chảy đều:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}$$

Tính được:

h (m)	$\omega (m^2)$	$\chi (m)$	R (m)	$C \sqrt{R} (m/s)$	Q (m ³ /s)
2,00	26	17,20	1,50	53,0	13,6
2,30	31	18,30	1,70	57,5	17,8

Số cửa:

$$n = \frac{b}{1,5h_{0\max}} = \frac{10}{1,5 \cdot 2,46} \approx 3$$

Ta có:

$$Q_1 = \frac{13,8}{3} = 4,6 \text{ m}^3/s \text{ ứng với } H_1 = h_1 = 2,00m$$

$$Q_2 = \frac{17,8}{3} = 5,93 \text{ m}^3/s \text{ ứng với } H_2 = h_2 = 2,30m$$

Lấy:

$$\varepsilon m \sqrt{2g} = 1 \cdot 0,36 \cdot 4,43 = 1,60 \text{ m}^{0,5}/s$$

$$b_{tb1} = \frac{4,60}{1,6(2)^{3/2}} = 1,02 \text{ m}$$

$$b_{tb2} = \frac{5,93}{1,6(2,30)^{3/2}} = 1,067 \text{ m}$$

Rút ra:

$$b' = \frac{1,02 \cdot 2,30 - 1,067 \cdot 2,00}{2,30 - 2,00} = 0,71 \text{ m}$$

$$m' = 1,25 \frac{1,067 - 1,02}{2,30 - 2,00} = 0,196$$

b) Tính nối tiếp và tiêu năng ở hạ lưu với $Q_{\max} = 20 \text{ m}^3/s$

$$h_h = h_{0\max} = 2,46 \text{ m}$$

Chiều rộng trung bình của mỗi cửa:

$$b_{tb} = b' + 0,8 m'H = 0,71 + 0,8 \cdot 0,196 \cdot 2,46 = 1,10 \text{ m}$$

Chiều rộng tính toán tiêu năng lấy bằng:

$$b_{tt} = b_{tb} + 0,1 l_1$$

Chiều dài nước rơi l_1 tính theo công thức:

$$l_1 = P + h_K \text{ (xem chương XV)}$$

Với: $q = \frac{20}{3.1,1} = 6 \text{ m}^2/\text{s}$; có $h_K \approx 1,60\text{m}$

$$l_1 = 3 + 1,6 = 4,6\text{m}$$

$$b_{tt} = 1,10 + 0,1 \cdot 4,6 = 1,56\text{m}$$

Như vậy, chiều rộng làn nước rơi xuống sân bậc ở mỗi cửa là $1,56\text{m}$, (cách nhau bằng những khoảng nước xoáy ở sau những mố ngăn ba cửa).

Để đơn giản và thiên về an toàn, ta tính tiêu năng theo bài toán phẳng với:

$$q = \frac{Q}{3b_{tt}} = \frac{20}{3.1,56} = 4,27 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{3/2}} = \frac{4,27}{0,95(3 + 2,46)^{3/2}} = 0,353 \text{ bỏ qua } \left(\frac{\alpha v_0^2}{2g} \right)$$

$$\tau_c = 0,083; \quad \tau_c'' = 0,484$$

$$h_c = 0,083 \cdot 5,46 = 0,455\text{m}$$

$$h_c'' = 0,484 \cdot 5,46 = 2,64\text{m}.$$

So sánh h_c'' với $h_h = 2,46\text{m}$, ta thấy cần có thiết bị tiêu năng.

Ta làm một ngưỡng tiêu năng có chiều cao c để cho

$$h_{bế} = H_1 + c = \sigma h_c'' = 1,1 \cdot 2,64 = 2,90\text{m}.$$

Cột nước tràn trên đỉnh ngưỡng tính bằng:

$$H_1 = \left(\frac{q}{\sigma_n m \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h_c'')^2}$$

Lấy gần đúng lần thứ nhất hệ số ngập của ngưỡng:

$$\sigma_n = f\left(\frac{h_h - c}{H} \right) = 0,60$$

$$H_1 = \left(\frac{4,27}{0,6 \cdot 1,8} \right)^{2/3} - \frac{4,27^2}{19,62 \cdot 2,9^2} = 2,39 \text{ m}$$

$$c = 2,90 - 2,39 = 0,51\text{m}$$

Xác định lại hệ số ngập của ngưỡng:

$$\frac{h_n}{H_1} = \frac{h_h - c}{H} = \frac{2,46 - 0,51}{2,39} = \frac{1,95}{2,39} = 0,82$$

$$\sigma_n = f\left(\frac{h_h}{H}\right) \approx 0,70$$

$$H_1 = \left(\frac{4,27}{0,70 \cdot 1,8}\right)^{2/3} - \frac{4,27^2}{19,62 \cdot 2,90^2} = 2,13 \text{ m}$$

$$c = 2,90 - 2,13 = 0,77 \text{ m}$$

Nếu muốn chính xác hơn, có thể xác định lại hệ số ngập của ngưỡng một lần nữa. Ở đây tạm lấy $c = 0,8 \text{ m}$. Vị trí ngưỡng đặt ở cách chân bậc một khoảng:

$$l_{bc} = l_1 + 0,8l_n = l_1 + 0,8 \cdot 4,5h_c = 4,6 + 0,8 \cdot 4,5 \cdot 2,64 = 14 \text{ m}$$

Bài 17-2. Dòng chảy có $Q_{TK} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$ đổ xuống một bậc từ cao trình + 16,0m đến cao trình + 10,00m. Kênh thượng, hạ lưu mặt cắt hình thang: $b = 10 \text{ m}$, $m = 2$, $n = 0,02$, $i = 0,0001$ (độ sâu chảy đều $h_{0TK} = 2,4 \text{ m}$).

Tính thủy lực bậc nước ba cấp có ngưỡng để tiêu năng trên từng cấp.

Giải:

a) Tính cửa vào và chiều rộng bậc

Nếu cửa vào không ngưỡng thì chiều rộng cửa tính theo công thức đập tràn đỉnh rộng không ngập.

$$b = \frac{Q}{m\sqrt{2g}H_1^{3/2}} ; \text{ với } m = 0,36 \text{ và } H_1 = h_{0TK}$$

$$b = \frac{25}{0,36 \cdot 4,43(2,40)^{3/2}} = 4,20 \text{ m}$$

Để giảm bớt lưu lượng đơn vị, làm dễ dàng cho việc nối tiếp và tiêu năng, ta nên tăng chiều rộng cửa và sân; như vậy cột nước H_1 sẽ giảm nhỏ. Tuy nhiên lúc đó phải làm thêm ngưỡng để độ sâu trước bậc bằng độ sâu chảy đều:

$$H_1 + c_1 = h_{0TK} = 2,40 \text{ m}$$

Giả sử ta chọn $b = 6 \text{ m}$:

Ta có:

$$H_1 = \left(\frac{Q}{\varepsilon m \sqrt{2g} b}\right)^{2/3} - \frac{\alpha v_0^2}{2g}$$

Ở đây cửa có ngưỡng nên ta tính theo đập tràn mặt cắt thực dụng có co hẹp bên:

$$m = 0,42$$

Tạm lấy $H_{10} = 1,80 \text{ m}$, ta có:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{H_{10}}{b} = 1 - 0,2 \frac{1,80}{6} = 0,94$$

$$H_{10} = \left(\frac{25}{0,94 \cdot 0,42 \cdot 4,43 \cdot 6} \right)^{2/3} = 1,80 \text{ m (đúng với giả thiết)}$$

$$v_0 = \frac{Q}{(b + mh_0)h_0} = \frac{25}{(10 + 2 \cdot 2,40)2,40} = 0,70 \text{ m}$$

$$H_1 = 1,80 - \frac{0,70^2}{19,62} = 1,78 \text{ m}$$

Chiều cao ngưỡng ở cửa vào bằng:

$$c_1 = 2,40 - 1,78 = 0,62 \text{ m}$$

b) Định cao trình các sân bậc

Đáy kênh thượng lưu ở cao trình:

$$+ 16,00 - 2,40 = + 13,60 \text{ m}$$

Đáy kênh hạ lưu ở cao trình:

$$+ 10,00 - 2,40 = + 7,60 \text{ m}$$

Ta làm các bậc có chiều cao như sau:

$$P_1 = P_2 = P_3 = \frac{6}{3} = 2,00 \text{ m}$$

Như vậy: sân bậc thứ nhất ở cao trình + 11,60m;

sân bậc thứ hai ở cao trình + 9,60m;

sân bậc thứ ba là đáy kênh hạ lưu.

c) Tính sân bậc thứ nhất (định chiều dài sân và chiều cao ngưỡng tiêu năng)

Tính theo bài toán phẳng với $q = \frac{25}{6} = 4,17 \text{ m}^2/\text{s}$

$$E_{01} \cong 2,00 + 2,40 = 4,40 \text{ m}$$

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{3/2}} = \frac{4,17}{0,95(4,40)^{3/2}} = 0,476 \text{ do đó } \tau_c'' = 0,55$$

$$h_c'' = 0,55 \cdot 4,40 = 2,42 \text{ m}$$

$$\sigma h_c'' = 1,1 \cdot 2,42 = 2,66 \text{ m}$$

Chiều cao ngưỡng ở cuối sân thứ nhất c_{1-1} được tính theo:

$$c_{1-1} = \sigma h_c'' - H_{1-1}$$

H_{1-1} là lớp nước tràn trên ngưỡng ở cuối sân thứ nhất:

$$H_{1-1} = \left(\frac{q}{m\sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h_c'')^2} = \left(\frac{4,17}{0,42 \cdot 4,43} \right)^{2/3} - \frac{4,17^2}{19,62 \cdot 2,66^2} = 1,60m$$

và: $c_{1-1} = 2,66 - 1,60 = 1,06m$

Chiều dài sân tính theo:

$$L_1 = l_1 + l_{nn} + \delta$$

$$l_1 = P + h_k = 2 + 1,25 = 3,25m$$

$$l_{nn} = 0,8 \cdot 4,5 h_c'' = 0,8 \cdot 4,5 \cdot 2,42 = 8,70m$$

$$\delta = 1,00m$$

$$L_1 = 3,25 + 8,70 + 1,00 = 12,95m.$$

d) *Tính sân bậc thứ hai*

Cũng tính như trên, nhưng với cột nước thượng lưu là:

$$E_{02} \cong 2,00 + 2,66 = 4,66m$$

Ta được $h_c'' = 2,48m$; $\sigma h_c'' = 2,73m$.

Kết quả: $c_{1-2} = 1,13m$

$$L_2 = 13,25m$$

e) *Tính sân bậc thứ ba (tức bề tiêu năng trên kênh hạ lưu)*

$$E_{03} \cong 2 + 2,73 = 4,73 m$$

$$h_c'' = 2,50m$$
; $\sigma h_c'' = 2,75m$

Tính ngưỡng thứ ba này khác hai ngưỡng trên ở chỗ sân hạ lưu đã có sẵn độ sâu bình thường của kênh $h_n = h_0 = 2,40m$. Ngưỡng làm việc như một đập chảy ngập:

$$H_{1-3} = \left(\frac{q}{\sigma_n m \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h_c'')^2}$$

Lấy gần đúng lần thứ nhất: $\sigma_n = 0,70$:

$$H_{1-3} = \left(\frac{4,17}{0,70 \cdot 0,42 \cdot 4,43} \right)^{2/3} - \frac{4,17^2}{19,62 \cdot 2,75^2} = 2,05m$$

$$c_{1-3} = 2,75 - 2,05 = 0,70m$$

Xác định lại σ_n :

$$\frac{h_n}{H_{1-3}} = \frac{2,40 - 0,70}{2,05} = 0,83; \quad \sigma_n = f\left(\frac{h_n}{H_{1-3}}\right) = 0,70., \text{ đúng với giả định ban đầu.}$$

Chiều dài sân: $L_3 = l_1 + 0,8 l_n = 3,25 + 0,8 \cdot 4,5 \cdot 2,50 = 12,15m$

Bài 17-3. Kênh mặt cắt hình thang có $b = 8m$, $m = 1,5$, $n = 0,0225$, $i = 0,00016$, lưu lượng thiết kế $Q = 16m^3/s$, đi xuống một dốc nước cao $4m$, dài $100m$ ($i = 0,04$), rồi lại tiếp đến kênh như trên. Dốc nước mặt cắt chữ nhật, $n = 0,014$.

Cửa vào là một đoạn thu hẹp dần dài $10m$ bằng đá xây ($n = 0,017$).

Chân dốc là đoạn mở rộng dần, góc mở rộng mỗi bên:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{1}{10}$$

Lưu tốc cho phép trên dốc không vượt quá $[V_{\max}] = 8 m/s$.

Giải:

Bằng phương pháp đã biết, ta tính được độ sâu chảy đều của kênh thượng, hạ lưu là:

$$h_0 = 2,00m$$

Giả thử: làm dốc nước rộng $b = 4m$ thì $q = \frac{16}{4} = 4m^2/s$; $h_K = 1,18m$.

Ta cũng tính được độ sâu chảy đều trên dốc là:

$$h_{0d} = 0,50m$$

Còn lưu tốc ứng với dòng chảy là:

$$v = \frac{Q}{bh_{0d}} = \frac{16}{4 \cdot 0,5} = 8m/s = [v_{\max}]$$

Ta biết rằng độ sâu trên dốc không nhỏ hơn độ sâu chảy đều nên lưu tốc trên dốc không lớn quá lưu tốc ứng với dòng chảy đều, do đó trên dốc không cần làm độ nhám gia cường.

a) Tính đoạn thu hẹp dần:

Đã cho trước đoạn thu hẹp dần dài $l = 10m$, $i = i_{\text{kênh}} = 0,00016$, mặt cắt trên bằng mặt cắt kênh $b_1 = 8m$, $m_1 = 1,5$; mặt cắt dưới $b_2 = 4m$, $m_2 = 0$.

Lại biết rằng mặt cắt cuối đoạn thu hẹp là chỗ thay đổi độ dốc từ dốc yếu ($i < i_K$) đến dốc mạnh ($i > i_K$) nên độ sâu ở đó là độ sâu phân giới:

$$h_2 = h_K = 1,18m$$

Vấn đề là tính độ sâu ở mặt cắt trên h_1 .

Ta giải phương trình dòng không đều trên kênh không lăng trụ:

$$h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + J_2 \frac{\Delta l}{2} - i \Delta l = h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} - J_1 \frac{\Delta l}{2}$$

Với: $h_2 = 1,18m$, $\omega_2 = 1,18 \cdot 4 = 4,72m^2$

$$v_2 = \frac{16}{4,12} = 3,38 \text{ m/s}; \quad \frac{\alpha v_2^2}{2g} = \frac{1,3,38^2}{19,62} = 0,58 \text{ m}$$

$$\chi_2 = 4 + 2 \cdot 1,18 = 6,36 \text{ m}; \quad R_2 = \frac{4,72}{6,36} = 0,742 \text{ m}$$

$$C_2 = 55,8 \text{ m}^{0,5}/\text{s}; \quad J_2 = \frac{v_2^2}{C_2^2 R_2} = \frac{3,38^2}{55,8^2 \cdot 0,742} = 0,00492$$

$$h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + J_2 \frac{\Delta l}{2} - i \Delta l = 1,18 + 0,58 + 0,00492 \cdot 5 - 0,00016 \cdot 10 = 1,783 \text{ m}$$

$$h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} - J_1 \frac{\Delta l}{2} = 1,783 \text{ m}$$

Giải bằng gần đúng dần được:

$$h_1 = 1,75 \text{ m}$$

Độ sâu ở cuối kênh $h_1 < h_0$, đường mặt nước ở cuối kênh đi đến dốc là đường nước hạ kiểu b_1 .

b) Tính đường mặt nước trên dốc: dùng phương pháp cộng:

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}}$$

Kết quả tính ghi ở bảng sau:

h (m)	ω (m^2)	v (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	ϑ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	R (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J 10^{-3}	\bar{J} 10^{-3}	$i - \bar{J}$	Δl (m)	$\sum \Delta l$ (m)
1,18	4,72	3,40	0,59	1,77		0,742	48,1	5,00				0
					0,045				5,19	0,0348	1,29	
1,10	4,00	4,00	0,815	1,815		0,667	54,7	5,37				1,29
					0,260				7,68	0,0323	0,04	
0,80	3,20	5,00	1,275	2,075		0,572	49,3	10,3				9,33
					0,795				17,3	0,0227	35,0	
0,60	2,40	6,67	2,26	2,86		0,462	42,7	24,3				44,35
					0,470				28,9	0,0111	42,3	
0,54	2,16	7,40	2,79	3,33		0,425	40,5	33,5				85,63
					0,100				34,5	0,0055	15,2	
0,53	2,12	7,55	2,90	3,43		0,419	40,1	35,5				104,08

Độ sâu ở cuối dốc ($\Sigma \Delta l = 100m$) là $h_{\text{cuối}} \cong 0,53m$.

$$v_{\text{cuối}} = 7,55m/s < [v_{\text{max}}] = 8m/s$$

c) Tính nối tiếp và tiêu năng ở chân dốc

Ở chân dốc là một đoạn mở rộng dần, từ $b = 4m$ đến $b_{\text{kênh}} = 8m$, dài $20m$; $\left(\text{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{1}{10} \right)$.

Ta tính nối tiếp theo bài toán phẳng với chiều rộng $b = 4,00m$. Từ $h' = h_{\text{cuối}} = 0,53m$, tìm ra:

$$h'' = \frac{h'}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_K}{h'} \right)^3} - 1 \right) = \frac{0,53}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,18^3}{0,53^3}} - 1 \right) = 2,24m$$

So sánh h'' với $h_h = 2,00m$, ta thấy cần làm một bể tiêu năng sâu $d = 0,30m$ trong phạm vi đoạn mở rộng là đủ.

Nếu tính nối tiếp trong điều kiện không gian trong kênh mở rộng dần theo các công thức (17-23), (17-24) thì ta có:

$$\theta = 0,2 \text{ rad}; r_1 = \frac{b_1}{2} / \text{tg} \frac{\theta}{2} = 20m$$

$$h' = h_{\text{cuối}} = 0,53 m, v_{\text{cuối}} = 7,55m/s, Fr_1 = \frac{\alpha v^2}{gh'} = 10,9$$

Thay vào (17-24) tính được:

$$l_n = 10,45m, r_2 = l_n + r_1 = 30,45m$$

Thay vào (17-23) tính được (tính đúng dần):

$$h'' = 2,03m$$

Như vậy, đào bể tiêu năng sâu $d = 0,20 + 0,30m$ trong phạm vi chiều dài đoạn mở rộng $20 m$ là đủ.

Bài 17-4. Tháo lũ cho hồ chứa với lưu lượng $Q = 200m^3/s$ xuống một dốc nước cao $8m$, dài $100m$, $i = 0,08$. Dốc bằng đá xây ($n = 0,017$), rộng $b = 40m$. Tính mố nhám gia cường để đảm bảo lưu tốc ở cuối dốc không vượt quá $[v_{\text{max}}] = 7 m/s$.

Giải:

Vì chiều sâu dòng chảy trên dốc nhỏ so với chiều rộng nên ta tính theo bài toán phẳng với:

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{200}{40} = 5 m^2/s$$

$$R \approx h$$

Ta tính được độ sâu chảy đều trên dốc khi không có độ nhám gia cường tức với $n = 0,017$ là:

$$h_0 = 0,48m$$

Đường mặt nước trên dốc có dạng đường b_{II} ; độ sâu ở chân dốc hơi lớn hơn độ sâu chảy đều, lưu tốc gần đạt đến trị số lưu tốc dòng chảy đều.

$$v_{\max} = \frac{q}{h_0} = \frac{5}{0,48} \approx 10,4 \text{ m/s} > [v_{\max}]$$

Vậy phải làm độ nhám gia cường để đảm bảo:

$$v = [v_{\max}] = 7 \text{ m/s}$$

Muốn vậy, độ sâu chảy đều trên dốc, tính từ đỉnh mố nhám trở lên, phải là:

$$h = \frac{q}{v} = \frac{5}{7} = 0,715 \text{ m}$$

$$v = C_{gc} \sqrt{hi} = C_{gc} \sqrt{0,715 \cdot 0,08} = 7 \text{ m/s}$$

$$C_{gc} = \frac{7}{\sqrt{0,715 \cdot 0,08}} = 29,3 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$$

Ta làm kiểu nhám răng cưa ngược dòng (hình 17-13) và tính theo công thức (17-20):

$$C_{gc} = \frac{1000}{A - B\sigma + 10,2\sqrt{\beta}}$$

Ở đây $i = 0,08$ do đó $A = 35$; $B = 1,33$.

$$\beta = \frac{b}{h} = \frac{40}{0,715} = 56; \quad C_{gc} = 29,3 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$$

Tính ra
$$\sigma = 12,4 = \frac{h}{\Delta}$$

Chiều cao mố nhám:

$$\Delta = \frac{h}{\sigma} = \frac{0,715}{12,4} = 0,058 \text{ m}$$

Mố nhám không cần đặt từ đầu dốc, mà chỉ cần đặt từ chỗ độ sâu có trị số giới hạn cho phép $h = 0,715 \text{ m}$ trở về cuối.

Để xác định phạm vi không cần đặt mố nhám gia cường, ta tính và vẽ đường mặt nước cho đoạn đầu của dốc với độ nhám bình thường, bắt đầu từ độ sâu phân giới $h_k = 1,37 \text{ m}$ ở đầu dốc cho tới chỗ có độ sâu là $h = 0,715 \text{ m}$ (xem bảng tính)

h (m)	v (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	ϑ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J	\bar{J}	$i - \bar{J}$	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
1,37	3,65	0,68	2,05		71,7	0,0026				0
				0,04			0,0033	0,0767	0,52	
1,20	4,17	0,89	2,09		66,0	0,0040				0,52
				0,19			0,0056	0,0744	2,55	
1,00	5,00	1,28	2,28		58,8	0,0072				3,07
				0,52			0,0110	0,0690	7,55	
0,80	6,25	2,00	2,80		51,1	0,0149				10,62
				0,415			0,0183	0,0617	6,73	
0,715	7,00	2,50	3,215		47,5	0,0217				17,35

Vậy có một đoạn ở đầu dốc dài $l = 17,35m$ không cần làm mố nhám gia cường vì $v \leq [v_{\max}]$.

Bài 17-5. Tính máng phun: xác định cao trình mũi phun thích hợp, vị trí và kích thước hố xói. Cho biết:

Lưu lượng đơn vị $q = 4 m^2/s$.

Cao trình mực nước thượng lưu + 112,00m.

Cao trình mực nước hạ lưu + 101,50m.

Cao trình đáy kênh dẫn hạ lưu + 100,00m.

Mũi phun dài $l' = 2m$, dốc lên một góc: $i_{\text{mũi}} = \sin \theta = 0,20$

Máng bằng bê tông ($n = 0,014$). Lưu tốc lớn nhất cho phép $[v_{\max}] = 8m/s$.

Hệ số lưu tốc khi tính đến tổn thất từ thượng lưu đến mũi phun, lấy $\varphi = 0,90$.

Lòng dẫn hạ lưu là sỏi sạn nhỏ $d_{\text{sx}} = 10mm$, mái dốc tự nhiên $m = 1,75$, lưu tốc không xói cho phép $v_{\text{kx}} = 1,1m/s$.

· Cửa vào coi như đập tràn đỉnh rộng, với $m\sqrt{2g} = M = 1,46$.

Giải:

1. Ta chọn cao trình mũi phun sao cho hố xói ở xa nhất, đủ an toàn cho chân cột của máng, đồng thời đảm bảo lưu tốc ở cuối máng không lớn quá $8m/s$.

Trước hết, thử xét vị trí mũi phun để cho hố xói ở xa nhất, tức l_1 là cực đại; từ công thức (17-30) ta viết thành:

$$\lambda = \frac{l_1}{S} = 2\varphi^2\sigma \cos \theta \left(\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + \frac{0,5 \cos \theta}{\varphi^2 \sigma} \frac{h}{S} + \frac{(1-\sigma)}{\varphi^2 \sigma}} \right)$$

Ta tìm trị số $\sigma = \frac{S_1}{S}$ để cho λ_{\max} .

Vì $\frac{0,5h}{S}$ rất nhỏ so với $(1 - \sigma)$ nên trong biểu thức dưới căn của phương trình trên, ta bỏ qua số hạng chứa $\frac{0,5h}{S}$, vậy phải tìm trị số σ để cho hàm dưới đây là cực đại:

$$\frac{\lambda}{2\varphi^2 \cos \theta} = f(\sigma) = \sigma \left(\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + \frac{1 - \sigma}{\varphi^2 \sigma}} \right)$$

Lấy đạo hàm $\frac{df}{d\sigma}$ và cho đạo hàm bằng không, ta tìm được trị số σ_0 cho f_{\max} là:

$$\sigma_0 = \frac{1}{2(1 - \varphi \sin \theta)}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\varphi \cos \theta}{1 - \varphi \sin \theta}$$

Thay $\varphi = 0,90$; $\sin \theta = 0,2$ ta được:

$$\sigma_0 = \left(\frac{S_1}{S} \right)_{l_{\max}} = 0,61$$

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{l_1}{S} \right)_{\max} = 1,08.$$

Vậy trị số S_1 cho l_{\max} là:

$$S_1 = 0,61 \cdot S = 0,61 \cdot 12 = 7,32m.$$

$$l_{1 \max} = 1,08 \cdot 12 = 12,96m.$$

Tuy nhiên, làm như vậy thì lưu tốc ở chân máng đạt đến:

$$v_{\max} \approx \varphi \sqrt{2gS_1} = 0,90 \sqrt{19,62 \cdot 7,32} = 10,8 m/s$$

$$v_{\max} > [v_{\max}]$$

Vậy là phải giảm S_1 để giảm lưu tốc trên máng, sao cho:

$$v_{\max} = \varphi \sqrt{2gS_1} \leq [v_{\max}] = 8m/s$$

Từ đó rút ra:

$$S_1 \leq \frac{8^2}{\varphi^2 2g} = 4m$$

Ta lấy $S_1 = 4m$, $S_2 = 8m$.

Từ lưu tốc tại đầu mũi phun $v = 8m/s$, tính được:

$$h = \frac{q}{v} = \frac{4}{8} = 0,5m$$

$$l_1 = 2 \cdot 0,9^2 \cdot 4 \cdot 0,98 \left(0,2 + \sqrt{0,2^2 + \frac{0,5 \cdot 0,98 \cdot 0,5 + 8}{0,9^2 \cdot 4,0}} \right) = 11,50 m$$

Tóm lại ta có:

Cao trình mũi phun: $+ 112 - 4 = + 108m$.

Chiều dài bay xa của luồng nước phun $l_1 = 11,50m$.

2. Bây giờ chuyển sang tính hố xói:

Năng lượng đơn vị của dòng chảy ở mũi phun so với đáy kênh dẫn hạ lưu bằng:

$$E_0 = S_2 + h \cos \theta + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$E_0 = 8 + 0,5 \cdot 0,98 + \frac{1 \cdot 8^2}{19,62} = 11,52 m$$

Tốc độ luồng nước khi rơi đến đáy kênh:

$$v' \approx \sqrt{2gE_0} = \sqrt{19,62 \cdot 11,52} \approx 15 m/s$$

Tốc độ luồng nước khi rơi đến mặt nước hạ lưu:

$$v'_1 \approx \sqrt{2g(E_0 - h_h)} = \sqrt{19,62(11,52 - 1,50)} = 14 m/s$$

Gọi β' là góc nghiêng với đường nằm ngang của luồng nước khi đến đáy kênh; v'_x là thành phần nằm ngang của tốc độ luồng nước khi đến đáy hạ lưu, ta có:

$$\cos \beta' = \frac{v'_x}{v'}$$

Để tính góc β' ta cho rằng v'_x không đổi trong quá trình rơi trên đường Parabol tức là bằng trị số ban đầu khi luồng nước bay từ mũi phun ra:

$$v'_x = v \cos \theta = 8 \cdot 0,98 = 7,84 m/s$$

$$\cos \beta' = \frac{7,84}{15} = 0,523$$

$$\beta' = 58^\circ 30' \text{ và } \sin \beta' = 0,853$$

Tính hố xói theo giả thuyết nước nhảy ngập:

Chiều dày luồng nước khi đến đáy kênh hạ lưu chưa xói:

$$h' = \frac{q}{v'} = \frac{4}{15} = 0,27m$$

Độ sâu liên hiệp với nó là:

$$h'' = \frac{0,27}{2} \left(\sqrt{1 - \frac{8 \cdot 4^2}{9,81 \cdot 0,27^3}} - 1 \right) = 3,36m$$

Từ đó, tính gần đúng lần thứ nhất, ta được chiều sâu hố xói là:

$$d_x = \sigma h'' - h_h = 1,1 \cdot 3,36 - 1,50 = 2,20m$$

Tính lại h' , h'' ở đáy hố xói:

$$E_{0x} = E_0 + d_x = 11,52 + 2,20 = 13,72m.$$

Chiều dày dòng chảy h' ở đáy hố tính chính xác hơn từ công thức:

$$q = h' \sqrt{2g(E_{0x} - h')}$$

Từ đó ta tìm được:

$$h' = 0,246m$$

$$h'' = 3,65m$$

$$d_x = 1,1 \cdot 3,65 - 1,50 = 2,52m$$

Tính lặp lại một lần nữa với:

$$E_{0x} = 11,52 + 2,52 = 14,04m, \text{ ta được:}$$

$$d_x = 2,60m.$$

Nhân với hệ số an toàn $\varepsilon = 2,0$ ta có:

$$d'_x = \varepsilon d_x = 5,20m$$

Tính theo công thức Patorasét:

$$d_x = 3,9q^{1/2} \left(\frac{Z_0}{d_{90}} \right)^{1/4} - h_h$$

Ở đây:

$$Z_0 = S - h_h = 10,50m.$$

$$d_x = 3,9 \cdot 4^{1/2} \left(\frac{10,50}{10} \right)^{1/4} - 1,50 = 6,38m.$$

Tính theo công thức Jamarin:

$$d_x = \frac{Nq \sin \beta'}{\sqrt{v' v_{kx}}} - h_h$$

với:

$$N = 5,0:$$

$$d_x = \frac{5 \cdot 4 \cdot 0,853}{\sqrt{15 \cdot 1,1}} - 1,59 = 2,72 m$$

Ta thấy tính theo ba công thức cho ba trị số khác nhau. Nếu lấy trị số bất lợi nhất là trị số tính theo công thức Patorasép $d_x = 6,38m$ để vẽ hố xói có mái dốc $m = 1,75$, ta thấy

hố xói chưa loang đến chân máng vì miệng hố xói cách tâm hố xói một khoảng $\frac{b}{2}$ còn nhỏ hơn l_1 :

$$\frac{b}{2} = md_x = 1,75 \cdot 6,38 = 11,16 \text{ m} < 11,50 \text{ m}$$

Bài 17-6. Bậc nước cao 3m. Cửa vào hình chữ nhật không có ngưỡng, lưu lượng thiết kế $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$. Độ sâu bình thường ở thượng lưu $h_t = 1,50\text{m}$, lưu tốc trên kênh thượng lưu $v_t = 0,8 \text{ m/s}$. Độ sâu bình thường ở kênh hạ lưu $h_h = 2,00\text{m}$.

Tính chiều rộng cửa bậc để dòng chảy trước bậc vẫn giữ được chế độ chảy đều:

Tính tiêu năng ở chân bậc bằng biện pháp ngưỡng tiêu năng.

Đáp số: Cửa chữ nhật: $b = 4,00\text{m}$; chiều cao ngưỡng tiêu năng $c = 0,65\text{m}$.

Bài 17-7. Tính cửa vào bậc nước kiểu khe hẹp hình thang tự điều tiết không có ngưỡng. Kênh thượng lưu mặt cắt chữ nhật, rộng $b = 5,00\text{m}$; $n = 0,040$; $i = 0,001$ lưu lượng thay đổi từ $Q_{\min} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (ứng với $h_{0\min} = 0,30\text{m}$) đến $Q_{\max} = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (ứng với $h_{0\max} = 1,50\text{m}$).

Đáp số: $b' = 0,65\text{m}$; $m' = 0,90$.

Bài 17-8. Tính bậc nước ba cấp trên kênh hình thang. Kênh có $b = 10 \text{ m}$; $m = 1,0$; $n = 0,025$; $i = 0,000365$. Đáy kênh thượng lưu ở cao trình + 112,00 m, đáy kênh hạ lưu ở cao trình + 100,00 m, sân bậc mặt cắt chữ nhật, rộng $b = 8,00\text{m}$. Lưu lượng thay đổi từ $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ đến $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Đáp số: Cửa hình thang tự điều tiết, hai cửa: $b' = 1,48 \text{ m}$; $m' = 0,268$;

Sân thứ nhất: dài 20m, cuối sân có ngưỡng cao 2,00m (tính với chiều rộng trung bình của cửa bậc nước);

Sân thứ hai: dài 18,50m, cuối sân có ngưỡng cao 1,70m (tính với chiều rộng bậc 8 m);

Sân thứ ba: dài 18,00m, ngưỡng cao 1,30m, hoặc đào sâu 0,80m (bể tiêu năng trên kênh hạ lưu).

Bài 17-9. Bậc nước hai cấp trên nền đá, mỗi cấp cao 2,50m. Sân bậc không có ngưỡng tiêu năng $i = 0$, $n = 0,017$. Lưu tốc cho phép $[v_{\max}] = 9,0\text{m/s}$.

Xác định chiều rộng và chiều dài sân bậc. Lưu lượng $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

Đáp số: Phương án 1: $b = 20\text{m}$; $l_{\text{sân}} = 166\text{m}$; Phương án 2: $b = 16\text{m}$; $l_{\text{sân}} = 202\text{m}$.

Bài 17-10. Dốc nước cao $Z = 5\text{m}$, lưu lượng $Q = 24 \text{ m}^3/\text{s}$. Dốc bê tông, mặt cắt hình thang, $b = 3,00\text{m}$; $m = 1$; $n = 0,017$; $[v_{\max}] = 10\text{m/s}$.

Kênh thượng lưu mặt cắt hình thang $m = 1$, $b = 10\text{m}$, độ sâu bình thường 2,50m. Kênh hạ lưu mặt cắt hình thang $m = 1$, $b = 11 \text{ m}$, độ sâu bình thường $h_h = 2,00\text{m}$.

Tính chiều rộng cửa vào, chiều dài thân dốc và bề tiêu năng ở chân dốc.

Đáp số: $b_{\text{cửa}} = 3,84 \text{ m}$ (với $m\sqrt{2g} = M = 1,55$); $l = 71,5 \text{ m}$ ($i = 0,07$). Độ sâu đào bể $d = 0,41 \text{ m}$, chiều dài bể $l_b = 11,20 \text{ m}$.

Bài 17-11. Bậc nước hai cấp, mỗi cấp cao $P = 2 \text{ m}$. Độ sâu thượng lưu $H = 2 \text{ m}$; $v_0 = 0,8 \text{ m/s}$; $q = 7 \text{ m}^2/\text{s}$; $\varphi_{\text{ngưỡng}} = 0,90$.

Tính chiều dài sân bậc thứ nhất và chiều cao ngưỡng cuối sân thứ nhất.

Đáp số: $l_{\text{sân}} = 13,3 \text{ m}$; $c = 0,7 \text{ m}$.

Bài 17-12. Tính bậc nước hai cấp, mỗi cấp cao $P = 3,00 \text{ m}$, cửa vào mặt cắt chữ nhật có ngưỡng cao $0,50 \text{ m}$ kiểu đập đa giác ($m = 0,42$, $\varphi = 0,90$) chiều rộng ngưỡng và sân bậc $b = 5,0 \text{ m}$. Lưu lượng $Q = 25 \text{ m}^3/\text{s}$, độ sâu kênh hạ lưu $h_n = 2,55 \text{ m}$.

Đáp số: Sân thứ nhất: $l_{\text{sân}} = 15,0 \text{ m}$; $c = 1,1 \text{ m}$ sân thứ hai: $l_{\text{bể}} = 15,4 \text{ m}$; $d = 0,30 \text{ m}$.

Bài 17-13. Kênh đất, mặt cắt hình thang, $b = 6,00 \text{ m}$; $m = 1$; $n = 0,025$; $i = 0,0004$, có lưu lượng $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, đi đến dốc nước bằng đá xây, nối tiếp bằng một đoạn thu hẹp dần.

Dốc nước bằng đá xây mặt cắt hình thang $b = 2,00 \text{ m}$; $m = 1$, $n = 0,017$; $i = 0,09$. Dốc dài 50 m .

Cuối dốc là đoạn mở rộng dần tiếp đến kênh như kênh thượng lưu.

Đoạn thu hẹp dần: $i = 0,0004$; $n = 0,017$; dài 20 m ; Đoạn mở rộng dần: $i = 0,0004$; $n = 0,017$.

Vẽ đường mặt nước trên kênh đất, đoạn thu hẹp và dốc nước. Tính đoạn mở rộng dần: chiều dài và chiều sâu bề tiêu năng.

Đáp số: Trên kênh đất: đường b_1 rất gần với dòng đều, độ sâu ở trước đoạn thu hẹp gần bằng độ sâu chảy đều của kênh $h_0 = 1,53 \text{ m}$. Độ sâu cuối dốc $h_{\text{cuối}} = 0,49 \text{ m}$; đoạn mở rộng dài $l = 20 \text{ m}$, không cần đào sâu thành bể tiêu năng.

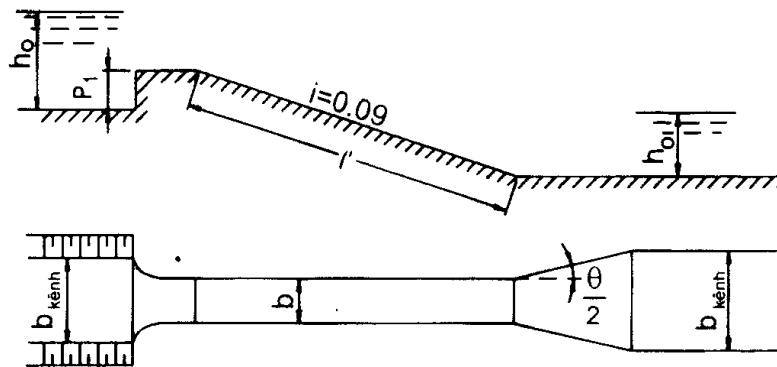
Bài 17-14. Tính dốc nước mặt cắt chữ nhật, cho biết $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$, chiều dài thân dốc $l = 120 \text{ m}$, độ dốc $i = 0,05$, hệ số nhám $n = 0,017$. Cửa vào có dạng đập tràn đỉnh rộng với $P_1 = 0,2 \text{ m}$.

Trước kênh và sau dốc nước có $h_0 = 2,03 \text{ m}$; $b = 7 \text{ m}$; $m = 1,5$.

Tính chiều rộng dốc nước b sao cho ở kênh dẫn đầu dốc nước có lưu tốc $v \leq 1 \text{ m/s}$. Xác định chiều sâu cuối dốc nước, chiều sâu và chiều dài bề tiêu năng.

Đáp số: $b = 5 \text{ m}$ (lấy hệ số lưu lượng $m = 0,35$); $h = 0,53 \text{ m}$ (chiều sâu chảy đều trên dốc $h_0 = 0,52 \text{ m}$); chiều sâu bề tiêu năng $d = 0,3 \text{ m}$, chiều dài bể $l = 6,7 \text{ m}$, $\theta = 8^\circ 30'$ ($h'' = 2,22 \text{ m}$ - chiều sâu liên hợp với $h = 0,53 \text{ m}$ trong kênh không lắng trụ mặt cắt chữ nhật mở rộng dần).

Bài 17-15. Tính dốc nước có dạng như hình vẽ.



Bài 17-15

Các giá trị đã cho: $Q = 7,2 \text{ m}^3/\text{s}$; $b_{\text{kênh}} = 6\text{m}$; $h_0 = 1,38\text{m}$; $m = 1,5$. Cửa vào dốc có dạng thành bên lượn tròn và ngưỡng cao $P_1 = 0,4\text{m}$ (lấy hệ số lưu lượng $m = 0,36$). Độ dốc $i = 0,09$; $l = 50\text{m}$. Dốc có mặt cắt hình chữ nhật và xây bằng bê tông ($n = 0,017$).

Tính chiều rộng dốc nước, vẽ đường mặt nước trên dốc và xác định độ sâu h' ở cuối dốc. Tìm góc mở rộng θ và dạng nối tiếp ở hạ lưu.

Đáp số: $b = 4,52\text{m}$; $h' = 0,25\text{m}$; $\theta = 12^\circ$; $h'' = 0,49\text{m}$. Vị trí nước nhảy: $l_1 = 6,5\text{m}$ (l_1 tính gần đúng theo công thức $l_1 = l_{\text{nhảy}} + \frac{h_0 - h''}{i}$; $l_{\text{nhảy}}$ tính theo công thức Picalốp).

Bài 17-16. Dốc nước bằng bê tông mặt cắt hình thang có $b = 2,0\text{m}$, $m = 0,5$ và $i = 0,10$ dẫn lưu lượng $Q = 4,0\text{m}^3/\text{s}$.

Thiết kế mố nhám gia cường sao cho lưu tốc trên thân dốc $v \leq 4,25\text{m/s}$, biết rằng, nếu không làm mố nhám gia cường thì lưu tốc dòng đều trên thân dốc ($n = 0,017$) gần bằng $7,0\text{m/s}$.

Đáp số: Nếu mố nhám gia cường có dạng gờ chữ nhật đặt vuông góc với dòng chảy (xem hình 17-8) thì $\Delta = 6\text{cm}$; $\delta = 48 \text{ cm}$ (tính theo công thức Picalốp (17-18)).

Bài 17-17. Tính mố nhám gia cường trên dốc nước sao cho lưu tốc dòng đều trên thân dốc $v \leq 5\text{m/s}$, biết $i = 0,15$; $b = 4\text{m}$; $m = 1,5$ và $Q = 10\text{m}^3/\text{s}$.

Đáp số: Mố nhám có dạng gờ chữ nhật đặt vuông góc với dòng chảy: $\Delta = 7\text{cm}$; $\delta = 0,56\text{m}$.

Bài 17-18. Trên dốc nước có mặt cắt chữ nhật, $i = 0,06$, để giữ cho dòng đều là chảy êm người ta làm các mố nhám gia cường. Tính kích thước mố nhám đó với dạng gờ chữ nhật hình W có hai mũi nhọn đặt ngược dòng (hình 17-10). Cho $b = 2,40\text{m}$; $Q = 5\text{m}^3/\text{s}$.

Đáp số: Với $h_0 = 0,8\text{m}$; $\Delta = 19\text{cm}$ và $\delta = 1,52\text{m}$.

Bài 17-19. Dốc nước bằng bê tông có $i = 0,151$; $b = 2m$; $Q = 6,7m^3/s$ và lưu tốc dòng đều gần bằng $7m/s$. Để giảm tốc độ trên dốc người ta xây mố nhám dạng gờ chữ nhật đặt vuông góc với dòng chảy ($\Delta = 11cm$; $\delta = 88cm$). Tính lưu tốc và chiều sâu dòng đều trên thân dốc ứng với mố nhám gia cường đó.

Đáp số: $v = 5,15m/s$; $h = 0,65m$.

Bài 17-20. Đập tràn có mũi phun nước ở hạ lưu, mũi phun nước có $i_m = \sin \theta = 0,20$ hệ số lưu tốc của mũi phun $\varphi = 0,95$. Lưu lượng đơn vị $q = 5m^2/s$.

Mực nước thượng lưu ở cao trình + 26,00m;

Mực nước hạ lưu ở cao trình +17,00m;

Mũi phun nước ở cao trình + 20,00m;

Đáy sông hạ lưu ở cao trình + 14,00m;

Đáy sông là cát có dạng $d_{90} = 11mm$.

Xác định vị trí nước rơi trên đáy sông và ước tính kích thước hố xói.

Đáp số: $l_1 = 28,20m$; $d_x = 10,40m$ (tính theo công thức Patorasep).

Bài 17-21. Máng phun chữ nhật rộng $b = 1,5m$. Lưu lượng $Q = 4m^3/s$. Mũi phun dốc $i_m = 0,20$. Biết chiều sâu nước ở đầu mũi phun $h = 0,30m$, hệ số lưu tốc $\varphi = 0,98$.

Cao trình mũi phun: + 200.00m;

Cao trình mực nước hạ lưu: + 190.00m;

Cao trình đáy sông hạ lưu: + 188.5m;

Đáy sông là cát có $d_{90} = 10mm$.

Xác định vị trí hố xói và ước tính kích thước hố xói.

Đáp số: $l_1 = 13m$; $d_x = 5,25m$ (tính theo Patorasep).

Bài 17-22. Tính thủy lực máng phun bằng bê tông cốt thép mặt cắt chữ nhật rộng $b = 5m$, tháo lũ từ kho nước. Lưu lượng $Q = 20m^3/s$. Hệ số nhám của dốc $n = 0,014$.

Cao trình mực nước thượng lưu: + 100m;

Cao trình mực nước hạ lưu: + 90m;

Cao trình đáy sông hạ lưu: + 88m;

Cao trình mũi phun: + 96m.

Dốc nước dài 30m, mũi phun dài 2m, dốc: $i_m = \sin \theta = 0,20$. Hệ số lưu tốc của mũi phun $\varphi = 1$.

Cửa vào máng phun coi như đập tràn đỉnh rộng, hệ số lưu lượng $M = m\sqrt{2g} = 1,46$.

Đáy sông là cát có $d_{90} = 8mm$.

Đáp số: $h = 0,53m$; $l_1 = 11,50m$; $d_x = 5,80m$ (tính theo công thức Patorasep).

Chương XVIII

CHUYỂN ĐỘNG CỦA NƯỚC NGÂM (NƯỚC THẨM)

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Để vẽ đường bão hoà của dòng thấm phẳng không áp, ta dùng các phương trình sau:

- Với độ dốc của tầng không thấm là dương ($i > 0$):

$$l = \frac{h_0}{i} \left[(\eta_2 - \eta_1) + 2,3 \lg \frac{\eta_2 - 1}{\eta_1 - 1} \right] \quad (18-1)$$

trong đó h_0 là độ sâu chảy đều của dòng thấm, tính theo công thức:

$$h_0 = \frac{Q}{kib} = \frac{q}{ki} \quad (18-2)$$

k là hệ số thấm của đất;

$$\eta = \frac{h}{h_0}$$

- Với đáy của tầng không thấm là nằm ngang ($i = 0$):

$$l = \frac{k}{2q} (h_1^2 - h_2^2) \quad (18-3)$$

- Với độ dốc của tầng không thấm là âm ($i < 0$):

$$l = \frac{h'_0}{i'} \left[(\xi_1 - \xi_2) + 2,3 \lg \frac{1 + \xi_2}{1 + \xi_1} \right] \quad (18-4)$$

trong đó h'_0 là độ sâu chảy đều của dòng thấm có độ dốc đáy là:

$$i' = -i > 0$$

$$\xi = \frac{h}{h'_0}$$

2. Đường bão hoà của giếng phun hoàn chỉnh được định theo phương trình:

$$z - h = 0,37 \frac{Q}{kt} \lg \frac{r}{r_0} \quad (18-5)$$

trong đó: t là bề dày của lớp đất nằm giữa hai tầng không thấm;

r_0 là bán kính của giếng;

h là độ sâu nước ở trong giếng.

Lưu lượng của giếng phun hoàn chỉnh được tính theo công thức:

$$Q = 2,73 \frac{kts}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (18-6)$$

trong đó: R là bán kính ảnh hưởng của giếng;

s là chiều sâu hút nước: $s = H - h$.

Đối với giếng phun không hoàn chỉnh, có thể tính lưu lượng theo công thức Côzoni:

$$Q = 2,73 \frac{kas}{\lg \frac{R}{r_0}} \left[1 + 5 \sqrt{\frac{r_0}{a}} \cos \left(\frac{\pi a}{2t} \right) \right] \quad (18-7)$$

trong đó: a là chiều sâu của giếng ăn vào tầng đất thấm nước.

3. Đường bão hoà của giếng nước ngầm thường, hoàn chỉnh được định theo phương trình:

$$z^2 - h^2 = 0,73 \frac{Q}{k} \lg \frac{r}{r_0} \quad (18-8)$$

Còn lưu lượng được tính theo công thức:

$$Q = 1,365 k \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (18-9)$$

trong đó H là chiều sâu tầng bão hoà nước.

Lưu lượng của giếng nước ngầm không hoàn chỉnh được tính theo công thức:

$$Q = 1,365 \frac{k(H^2 - T^2)}{\lg \frac{R}{r_0}} \sqrt{\frac{h + 0,5r_0}{T}} \sqrt[4]{\frac{2T - h}{T}} \quad (18-10)$$

Nếu $H_a > H$ thì:

$$Q = 1,365 \frac{k(H_a^2 - T^2)}{\lg \frac{R}{r_0}} \sqrt{\frac{h + 0,5r_0}{T}} \sqrt[4]{\frac{2T - h}{T}} \quad (18-11)$$

trong đó:

T là khoảng cách từ mực nước trong giếng đến tầng không thấm nước;

H_a là chiều sâu vùng hoạt động của tầng thấm nước; lấy ở sách lý thuyết;

T' là khoảng cách từ mực nước trong giếng đến biên giới của vùng hoạt động.

4. Đường bão hoà của giếng tiêu nước được định từ phương trình:

$$h^2 - z^2 = 0,73 \frac{Q}{k} \lg \frac{r}{r_0} \quad (18-12)$$

Lưu lượng tính theo công thức:

$$Q = 1,365k \frac{h^2 - H^2}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (18-12')$$

5. Để xác định độ sâu dòng thấm của tổ giếng lấy nước gồm các giếng thường hoàn chỉnh, ta dùng công thức:

$$h = \sqrt{H^2 - 0,73 \frac{Q_0}{k} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 \cdot r_2 \dots r_n) \right]} \quad (18-13)$$

trong đó: $Q_0 = nQ$;

n - số giếng;

r_i - khoảng cách từ điểm ta xét tới giếng i .

6. Bán kính ảnh hưởng R của giếng có thể xác định như sau:

Với đất cát hạt trung bình: lấy $R = 250 \div 500m$;

Với các hạt to: lấy $R = 700 \div 1000m$, hoặc dùng các công thức sau:

$$R = 575s \sqrt{Hk}, m \quad (18-14)$$

$$R = 3000s \sqrt{k}, m \quad (18-15)$$

trong đó s , H tính bằng m ; k tính bằng m/s .

Với tổ giếng thì ngoài việc tính R như trên, có khi người ta còn cộng thêm vào bán kính phụ r' đặc trưng cho tổ giếng, r' là bán kính của một vòng tròn có diện tích tương đương với diện tích của khu đặt tổ giếng:

$$r' = \sqrt{\frac{F}{3,14}} \quad (18-16)$$

ở đây: F là diện tích của khu đặt tổ giếng.

7. Để vẽ đường bão hoà của hầm tập trung nước có đáy hầm ở ngay trên tầng không thấm, ta dùng phương trình:

$$z = \sqrt{h^2 + \frac{2q}{k} x} \quad (18-17)$$

trong đó: z là độ sâu của dòng thấm tại khoảng cách x ;

q là lưu lượng đơn vị về một phía của đường hầm, được tính theo công thức:

$$q = \frac{k(H^2 - h^2)}{2L} \quad (18-18)$$

ở đây: L là bán kính ảnh hưởng của đường hầm, cũng có thể tính theo công thức tính bán kính ảnh hưởng R của giếng;

h là độ sâu nước ở trong đường hầm.

8. Lưu lượng đơn vị về một phía của hầm tập trung nước có đáy hầm nằm cao hơn tầng đất không thấm được tính theo công thức:

$$q = k \left(\frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} + \frac{q_d}{k} \right) \quad (18-19)$$

ở đây: h_1 là độ sâu tầng bão hoà nước tính từ đáy hầm;

h_2 là độ sâu nước ở trong hầm;

q_d là lưu lượng chảy vào từ đáy hầm, xác định từ đồ thị ở sách lý thuyết;

q_d phụ thuộc vào:

$$\alpha = \frac{L}{L + \frac{b}{2}} \quad (18-20)$$

$$\beta = \frac{L}{T} \quad (18-21)$$

ở đây b là bề rộng của hầm;

T là khoảng cách từ đáy hầm đến tầng không thấm. Còn đường bão hoà được định từ phương trình:

$$h = \sqrt{h_2^2 + (h_1^2 - h_2^2) \frac{x}{L}} \quad (18-22)$$

9. Để tìm độ sâu dòng thấm lớn nhất h_c giữa hai hầm tập trung nước, hút nước từ mặt đất xuống đặt song song, có đáy đặt ngay trên tầng không thấm, ta dùng công thức:

$$h_c = \sqrt{\frac{q'}{k} (\lambda - b)^2 + h^2} \quad (18-23)$$

ở đây: q' là cường độ nước thấm xuống trên một đơn vị diện tích;

λ là một nửa khoảng cách của hai đường hầm;

h là độ sâu nước ở trong hầm;

b là một nửa bề rộng của đáy hầm.

10. Để giải bài toán thấm qua thân đập đồng chất trên nền không thấm, ta dùng hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} \frac{q}{k} &= \varepsilon(H_0 - h') & (18-24) \\ \frac{q}{k} &= \frac{h'^2 - h_B^2}{2s} & (18-25) \\ \frac{q}{k} &= a_0 A_0 \sin \beta & (18-26) \\ s &= B - m_1 H_0 - m_2 h_B - \frac{q}{k} & (18-27) \end{aligned} \right\} A$$

Trị số ε lấy theo bảng sau:

m_1	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
ε	2,000	1,643	1,459	1,385	1,293	1,214

m_1 là hệ số dốc của mái đập phía thượng lưu;

m_2 là hệ số dốc của mái đập phía hạ lưu;

B là bề rộng của đáy đập;

H_0 là độ sâu nước ở thượng lưu đập;

h_B là độ sâu dòng thấm tại chỗ đường bão hoà gặp mái hạ lưu;

$a_0 = h_B - h_h$; h_h là độ sâu nước ở hạ lưu đập;

$$A_0 = 1 + 2,3 \lg \frac{h_B}{a_0} \quad (18-28)$$

h' là độ sâu dòng thấm tại mặt cắt cách mép nước thượng lưu một đoạn $l_0 = \frac{q}{k}$.

Giải hệ trên ta tìm được q , h' , h_B và s .

Để vẽ đường bão hoà cho đoạn giữa, ta dùng phương trình:

$$y = \sqrt{h'^2 - \frac{2q}{k}(x - l_0)} \quad \text{với } l_0 \leq x \leq s_1 \quad (18-29)$$

trong đó:
$$s_1 = s + l_0 = s + \frac{q}{k} \quad (18-30)$$

11. Để giải bài toán thấm qua đập đất đặt trên nền không thấm và có lõi giữa, ta vẫn dùng hệ phương trình (A) đối với đập đồng chất, nhưng thay s , B trong phương trình (18-25) và (18-27) bằng s_a , B_a .

$$B_a \text{ là bề rộng ảo của đáy đập: } B_a = B + \delta \left(\frac{k}{k_0} - 1 \right) \quad (18-31)$$

trong đó: δ là bề dày trung bình của lõi giữa;

k_0 là hệ số thấm của đất làm lõi giữa ($k_0 \leq k$);

k là hệ số thấm của đất làm thân đập.

Vậy phương trình (18-27) sẽ là:

$$s_u = B + \delta \left(\frac{k}{k_0} - 1 \right) - m_1 H_0 - m_2 h_B - \frac{q}{k} \quad (18-32)$$

12. Hệ phương trình cơ bản của dòng thấm phẳng là:

Phương trình chuyển động:

$$\left. \begin{aligned} u_x &= -k \frac{\partial h}{\partial x} \\ u_y &= -k \frac{\partial h}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (18-33)$$

Phương trình liên tục:
$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0 \quad (18-34)$$

13. Gọi $\varphi = -kh$ (18-35)

là thế lưu tốc, ta có quan hệ giữa φ và các thành phần của lưu tốc thấm như sau:

$$\left. \begin{aligned} u_x &= \frac{\partial \varphi}{\partial x} \\ u_y &= \frac{\partial \varphi}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (18-36)$$

hay:
$$\varphi = \int (u_x dx + u_y dy) + C \quad (18-37)$$

14. Quan hệ giữa hàm dòng ($\Psi(x, y)$) và các thành phần của lưu tốc thấm là:

$$\left. \begin{aligned} u_x &= \frac{\partial \Psi}{\partial y} \\ u_y &= -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (18-38)$$

hay
$$\Psi = \int (u_x dy - u_y dx) + C \quad (18-39)$$

15. Trong bài toán phẳng, khi đã tìm được hàm dòng ψ thì lưu lượng đơn vị giữa hai đường dòng được xác định theo công thức:

$$q_{1,2} = \psi_2 - \psi_1 \quad (18-40)$$

II. BÀI TẬP

Bài 18-1. Một hồ chứa cách dòng sông là $l = 300m$. Cao trình mực nước ở trong hồ và sông là $y_1 = 10.95m$; $y_2 = 7.15m$. Tầng đất thấm nước ở giữa hồ và sông là đất đồng chất có hệ số thấm $k = 11m'$ ngày đêm. Tầng đất không thấm nước nằm ngang ở cao trình

$y_0 = 6,4m$. Tìm lưu lượng thấm đơn vị (xem là bài toán phẳng) và vẽ đường bão hoà (lấy khoảng cách $50m$ một đoạn).

Giải:

Ta có độ sâu của dòng thấm tại mép hồ chứa và tại mép sông là:

$$h_1 = y_1 - y_0 = 10,95 - 6,4 = 4,55m$$

$$h_2 = y_2 - y_0 = 7,15 - 6,4 = 0,75m$$

Để tìm lưu lượng, dùng công thức (18-3) ta có:

$$q = \frac{k}{2l}(h_1^2 - h_2^2) = 11 \cdot \frac{4,55^2 - 0,75^2}{2 \cdot 300} = 0,37 m^3/ngày \text{ đê}m$$

Để vẽ đường bão hoà ta cũng dùng công thức (18-3) trong đó thay l bằng x là khoảng cách từ mặt cắt tại mép hồ chứa tới mặt cắt ta xét, và thay h_2 bằng h là độ sâu của dòng thấm tại mặt cắt đó, ta có phương trình:

$$x = \frac{k}{2q}(h_1^2 - h^2)$$

hay:

$$h = \sqrt{h_1^2 - \frac{2q}{k}x}$$

Lần lượt thay $x = 0; 50; 100; 150; 200; 250; 300m$ vào phương trình trên ta tính được các độ sâu tương ứng.

Kết quả cho ở bảng sau:

$x, (m)$	0	50	100	150	200	250	300
$h, (m)$	4,55	4,16	3,74	3,26	2,69	1,98	0,75
Cao trình, (m)	10,95	10,56	10,14	9,66	9,09	8,38	7,15

Bài 18-2. Hai con sông ở cách nhau một khoảng $l = 215m$. Vùng đất thấm giữa hai sông nằm trên nền không thấm phẳng nằm ngang có cao trình $y_0 = 4,1m$. Phần đất thấm ở cạnh sông phía trên dài $l_1 = 170m$, có hệ số thấm $k_1 = 40 m/ngày \text{ đê}m$. Phần đất thấm còn lại ở cạnh sông phía dưới có hệ số thấm $k_2 = 15m/ngày \text{ đê}m$. Tìm lưu lượng đơn vị của dòng thấm (xem bài toán phẳng) và vẽ đường bão hoà (tính h, y tại các mặt cắt có khoảng cách x kể từ trên xuống: $x = 0; 50; 90; 130; 170; 185; 200; 215m$. Cho biết cao trình mức nước ở hai sông là $y_1 = 11,1m; y_2 = 8,5m$.

Giải:

Độ sâu dòng thấm tại mép của hai dòng sông là:

$$h_t = y_1 - y_0 = 11,1 - 4,1 = 7,0m$$

$$h_d = y_2 - y_0 = 8,5 - 4,1 = 4,4m.$$

Chiều dài phần đất thấm có hệ số thấm k_2 là:

$$l_2 = l - l_1 = 215 - 170 = 45m$$

Gọi độ sâu dòng thấm tại ranh giới hai phần đất thấm là h_5 , ta viết phương trình (18-3) cho hai đoạn, được:

$$l_1 = \frac{k_1}{2q}(h_t^2 - h_5^2); \text{ do đó } (h_t^2 - h_5^2) = \frac{2q}{k_1} l_1 \quad (1)$$

$$l_2 = \frac{k_2}{2q}(h_5^2 - h_d^2); \text{ do đó } (h_5^2 - h_d^2) = \frac{2q}{k_2} l_2 \quad (2)$$

Cộng (1) và (2) về theo về, ta được:

$$h_t^2 - h_d^2 = 2q \left(\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} \right)$$

Vậy

$$q = \frac{h_t^2 - h_d^2}{2 \left(\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} \right)} = \frac{7,0^2 - 4,4^2}{2 \left(\frac{170}{40} + \frac{45}{15} \right)} = 2,04 m^3/ngày \text{ đê}m.m$$

Để vẽ đường bão hoà cho đoạn (1) ta dùng phương trình (1), trong đó thay l_1 bằng x là khoảng cách từ đầu trên tới mặt cắt ta xét và thay h_5 bằng h là độ sâu tại mặt cắt đó.

ta có
$$h = \sqrt{h_t^2 - \frac{2q}{k_1} x}$$

Lần lượt thay $x = 0; 50; 90; 130; 170m$ và tính ra h ta được:

$$h = 7,0; 6,63; 6,31; 5,98; 5,62 m$$

Để vẽ đường bão hoà cho đoạn (2) ta dùng phương trình (2), trong đó thay l_2 bằng $(l - x)$ là khoảng cách từ đầu dưới tới mặt cắt ta xét và thay h_5 bằng h là độ sâu dòng thấm tại mặt cắt này.

$$h = \sqrt{h_d^2 + \frac{2q}{k_2} (l - x)}$$

Lần lượt thay $x = 170; 185; 200; 215m$ và tính ra h ta được:

$$h = 5,62; 5,25; 4,84; 4,4m$$

Kết quả gộp lại trong bảng sau:

Khoảng cách kể từ mép nước sông phía trên: $x(m)$	0	50	90	130	170	185	200	215
Độ sâu dòng thấm tại mặt cắt tương ứng: $h(m)$	7,0	6,63	6,31	5,98	5,62	5,25	4,84	4,4
Cao trình đường bão hoà tại mặt cắt tương ứng $y(m)$	11,1	10,73	10,41	10,08	9,72	9,35	8,94	8,5

Bài 18-3. Tại mặt cắt ở mép nước một con sông, ta đo được cao trình mặt nước là $y_2 = 47,32m$. Cao trình tầng đất không thấm là $y_{02} = 44,0m$. Tại mặt cắt (1-1) cách bờ sông là $l = 2422m$, qua thăm dò biết được cao trình mực nước ngầm là $y_1 = 58,8m$ và cao trình tầng đất không thấm là $y_{01} = 41,72m$.

Xem tầng không thấm là phẳng, tìm lưu lượng đơn vị của dòng thấm (coi là bài toán phẳng) và vẽ đường bão hoà qua các điểm có độ sâu dòng thấm là $h = 15; 13; 11; 9; 7; 5m$. Cho biết hệ số thấm của đất là $k = 0,0002m/s$.

Giải:

Theo số liệu của bài ra, ta thấy đây là dòng thấm trên một đoạn dốc ngược với độ dốc:

$$i = \frac{41,72 - 44,0}{2422} = - 0,00094$$

Độ sâu dòng thấm tại hai mặt cắt (1-1) và (2-2) là:

$$h_1 = y_1 - y_{01} = 58,80 - 41,72 = 17,08m$$

$$h_2 = y_2 - y_{02} = 47,32 - 44,00 = 3,32m.$$

Muốn tìm lưu lượng thấm, trước hết phải tìm độ sâu chảy đều h'_0 ứng với độ dốc $i' = - i$ từ phương trình (18-4):

$$i'l = h'_0 \left[(\xi_1 - \xi_2) + 2,3 \lg \frac{1 + \xi_2}{1 + \xi_1} \right]$$

ở đây: $\xi_1 = \frac{h_1}{h'_0} = \frac{17,08}{h'_0}$; $\xi_2 = \frac{h_2}{h'_0} = \frac{3,32}{h'_0}$; $i' = - i = 0,00094$

Thay các giá trị đã biết và thu gọn lại ta được:

$$h'_0 \cdot f(h'_0) = i'l = 0,00094 \cdot 2422 = 2,28m$$

trong đó:

$$f(h'_0) = \left(\frac{17,08}{h'_0} - \frac{3,32}{h'_0} \right) + 2,3 \lg \frac{1 + \frac{3,32}{h'_0}}{1 + \frac{17,08}{h'_0}}$$

Giải bằng phương pháp tính thử (với các giá trị $h'_0 > h_1$ vì rằng trên dốc nghịch đường bão hoà chỉ có thể là đường nước hạ) ta sẽ được h'_0 . Kết quả tính ghi lại trong bảng sau:

h'_0 (m)	$\xi = \frac{17,08}{h'_0}$	$\xi_2 = \frac{3,32}{h'_0}$	$f(h'_0)$	$h'_0 \cdot f(h'_0)$ (m)
49	0,349	0,0678	0,0474	2,322
52	0,329	0,0638	0,0426	2,215
51	0,335	0,0651	0,0440	2,244
50	0,342	0,0664	0,0456	2,280

Từ bảng tính trên ta thấy độ sâu chảy đều của dòng thấm tương tự, có độ dốc đáy $i' = -i = 0,00094 > 0$ là $h'_0 = 50,0m$.

Có h'_0 rồi ta tính q theo (18-2) nhưng thay h_0, i bằng h'_0 và i' .

Ta có: $q = k h'_0 i' = 0,0002 \cdot 50 \cdot 0,00094 = 0,0000094m^3/s.m$

hay: $q = 0,81m^3/ngày\ d\ m.m$.

Để vẽ đường bão hoà ta cũng dùng phương trình (18-4) nhưng trong đó thay l bằng x - là khoảng cách từ mặt cắt (1-1) tới mặt cắt ta đang xét và thay h_2 bằng h - là độ sâu của dòng thấm tại mặt cắt đó. Ta có phương trình:

$$x = \frac{h'_0}{i'} \left[\left(\frac{h_1}{h'_0} - \frac{h}{h'_0} \right) + 2,31g \left(1 + \frac{h}{h'_0} \right) - 2,31g \left(1 + \frac{h_1}{h'_0} \right) \right]$$

Thay các số đã biết vào ta được:

$$x = 58200 \left[0,0477 - \frac{h}{50} + 2,31g \left(1 + \frac{h}{50} \right) \right]$$

Lần lượt thay h bằng các giá trị yêu cầu, ta được kết quả cho ở bảng sau:

Độ sâu dòng thấm: $h(m)$	17,08	15	13	11	9	7	5	3,32
Khoảng cách từ mặt cắt đầu tới mặt cắt có độ sâu h : $x(m)$	0	532	995	1406	1767	2055	2284	2422
Khoảng cách giữa hai mặt cắt cạnh nhau $\Delta l(m)$	532	463	411	361	288	229	138	

Bài 18-4. Một giếng nước phun hoàn chỉnh, có bề dày của lớp đất thấm là $t = 30,5m$ độ sâu hút nước là $s = 6,0m$, đường kính của giếng là $d = 0,152m$.

1. Tìm lưu lượng nước lấy ra khỏi giếng trong trường hợp trên?
2. Nếu lưu lượng lấy ra là $Q = 30l/s$ thì độ sâu hút nước là bao nhiêu?

Cho biết hệ số thấm của đất là $k = 40m/ngày\ đêm$.

Giải:

1. Lưu lượng lấy ra khỏi giếng được tính theo công thức (18-6);

$$Q = 2,73 \frac{kts}{R \lg \frac{R}{r_0}}$$

Trước hết, tìm bán kính ảnh hưởng của giếng. Từ (18-15) ta có:

$$R = 3000 s \sqrt{k} = 3000 \cdot 6 \sqrt{\frac{40}{86400}} \approx 380m$$

Vậy:
$$Q = 2,73 \cdot \frac{40 \cdot 30,5 \cdot 6}{\lg 380 - \lg 0,076} = 5400 m^3/ngày\ đêm = 63 l/s$$

2. Để tìm độ sâu hút nước, cũng từ (18-6) ta có:

$$s = \frac{Q(\lg R - \lg r_0)}{2,73kt}$$

Vì R là một hàm của s, nên phải tính đúng dần: lấy $R = 380m$, ta tính được:

$$s = \frac{0,03(\lg 380 - \lg 0,076)}{2,73 \cdot 0,00046 \cdot 30,5} = 2,9m$$

Có s tính lại R theo (18-15):

$$R = 3000 s \sqrt{k} = 3000 \cdot 2,9 \sqrt{\frac{40}{86400}} = 184m$$

Tính lại s:

$$s = \frac{0,03(\lg 184 - \lg 0,076)}{2,73 \cdot 0,00046 \cdot 30,5} = 2,65m$$

Với kết quả này ta xem là được và không cần tính tiếp nữa.

Vậy $s = 2,65m$.

Bài 18-5. Một giếng nước ngầm thường không hoàn chỉnh có chiều sâu tầng bão hoà nước là $H = 18,96m$.

Tìm lưu lượng lấy ra khỏi giếng khi độ sâu hút nước là $s = 4,5m$. Cho biết giếng có đường kính là $d = 0,152m$ và đất có hệ số thấm là $k = 0,00012m/s$. Độ sâu nước ở trong giếng là $h = 5,0m$.

Giải:

Để tìm lưu lượng ta dùng công thức (18-10) hoặc (18-11) tùy thuộc vào chiều sâu vùng hoạt động của tầng thấm nước H_a .

Để tìm H_a ta lập tỷ số:

$$\frac{s}{h'} = \frac{s}{h+s} = \frac{4,5}{5+4,5} = 0,475$$

Tra bảng 18-3 ở sách lý thuyết ta được:

$$\frac{H_a}{h+s} = 1,67 \text{ do đó } H_a = 1,67 \cdot 9,5 = 15,86m$$

Ta có $H_a < H = 18,96m$ nên lưu lượng Q được tính theo công thức (18-11):

$$Q = 1,365 \frac{k(H_a^2 - T'^2)}{\lg \frac{R}{r_0}} \sqrt{\frac{h+0,5r_0}{T'}} \sqrt[4]{\frac{2T'-h}{T'}}$$

Ở đây $T' = H_a - s = 15,86 - 4,5 = 11,36m$.

R xác định theo (18-5):

$$R = 3000 s \sqrt{k} = 3000 \cdot 4,5 \sqrt{0,00012} = 145m$$

Vậy:

$$Q = \frac{1,365 \cdot 0,00012 (15,86^2 - 11,36^2)}{\lg 145 - \lg 0,076} \sqrt{\frac{5+0,038}{11,36}} \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 11,36 - 5}{11,36}} = 0,0045 m^3/s$$

Vậy: $Q = 4,5 l/s$.

Bài 18-6. Để xác định hệ số thấm, người ta khoan một giếng tiêu nước ngầm thường có $d = 0,2m$. Lưu lượng đổ vào là $Q = 0,87 l/s$ ứng với độ nâng cao nước trong giếng là $s = 5,66m$. Cách tâm giếng các khoảng $r_1 = 2,5m$ và $r_2 = 10m$ người ta khoan hai lỗ kiểm tra và đo được mực nước ngầm đã nâng cao lên là $s_1 = 1,51m$; $s_2 = 0,37m$.

Xác định hệ số thấm và bán kính ảnh hưởng của giếng. Cho biết lớp nước bão hoà dày $H = 5,75m$.

Giải:

1. Từ phương trình (18-12) ta rút ra được k :

$$k = 0,73 \frac{Q(\lg r_2 - \lg r_1)}{h_1^2 - h_2^2}$$

Ở đây: $h_1 = H + s_1 = 5,75 + 1,51 = 7,26m$ ứng với $r_1 = 2,5m$

$h_2 = H + s_2 = 5,75 + 0,37 = 6,12m$ ứng với $r_2 = 10m$

Thay số vào ta được

$$k = \frac{0,73 \times 0,00087 (\lg 10 - \lg 2,5)}{7,26^2 - 6,12^2} = 0,000025 m/s = 2,16m/ngày đêm$$

2. Ta xác định bán kính ảnh hưởng của giếng từ công thức (18-12'):

$$\lg R = \frac{1,365k(h^2 - H^2)}{Q} + \lg r_0$$

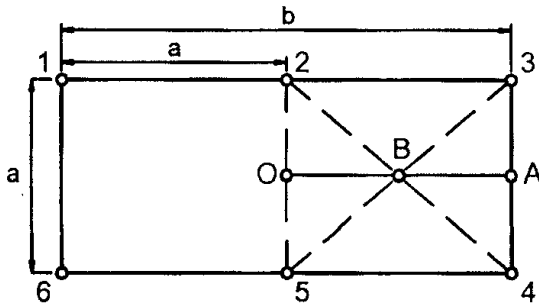
Ở đây: $h = H + s = 5,75 + 5,66 = 14,41m$.

Thay số vào ta được:

$$\lg R = \frac{1,365 \times 0,000025(14,41^2 - 5,75^2)}{0,00087} + \lg 0,1 = 2,81$$

Vậy $R = 645,7m$.

Bài 18-7. Một tổ giếng nước ngầm thường gồm sáu cái phân bố đều trên chu vi một hình chữ nhật có kích thước $ab = (30 \cdot 60)m^2$. Lưu lượng lấy ra ở mỗi giếng là $Q = 4,72l/s$ ứng với độ sâu hút nước là $s = 8,0m$. Tìm độ sâu hạ thấp mức nước ngầm tại các điểm O, A, B. Cho biết độ sâu tầng bão hoà $H = 12,0m$ và hệ số thấm của đất $k = 17,3 m/ngày đêm$.



Bài 18-7

Giải:

Để tiện theo dõi, ta đánh số các giếng như trên hình vẽ và xác định khoảng cách từ các giếng tới các điểm O, A, B. Với điểm O ta có:

$$r_1 = r_3 = r_4 = r_6 = 33,54m$$

$$r_2 = r_5 = 15m$$

Với điểm A ta có:

$$r_3 = r_4 = 15m$$

$$r_2 = r_5 = 33,54m$$

$$r_1 = r_6 = 62m$$

Với điểm B ta có:

$$r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = 21,22m$$

$$r_1 = r_6 = 47,43m$$

Ta tính độ sâu của dòng thấm ở vùng có tổ giếng theo công thức (18-13):

$$h = \sqrt{H^2 - 0,73 \frac{nQ}{k} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 \cdot r_2 \dots r_n) \right]}$$

Trước hết tính bán kính ảnh hưởng của từng giếng theo (18-14):

$$R' = 575s\sqrt{Hk} = 575 \cdot 8 \sqrt{12 \cdot \frac{17,3}{86400}} = 231 m$$

Tính bán kính ảnh hưởng phụ r' theo (18-16):

$$r' = \sqrt{\frac{F}{3,14}} = \sqrt{\frac{30 \cdot 60}{3,14}} = 24m$$

Vậy bán kính ảnh hưởng của tổ giếng là:

$$R = 231 + 24 = 255m$$

Ở đây $Q_0 = nQ = 6 \cdot 4,72 \text{ l/s} = 28,32 \text{ l/s} = 0,02832m^3/s$

$$k = 17,3 \text{ m/ngày đêm} = \frac{17,3}{86400} \text{ m/s}$$

$$\frac{Q_0}{k} = \frac{0,02832 \cdot 86400}{17,3} = \frac{2442}{17,3} m^2$$

Thay các số đã biết vào công thức (18-13) ta tính được:

Tại điểm O:

$$h_0 = \sqrt{12^2 - \frac{0,73 \cdot 2442}{17,3} \left[\lg 255 - \frac{1}{6} (2 \lg 15 + 4 \lg 33,54) \right]} = 6,4m$$

nên $s_0 = H - h_0 = 12 - 6,4 = 5,6m$

Tại điểm A:

$$h_A = \sqrt{12^2 - \frac{0,73 \cdot 2442}{17,3} \left[\lg 255 - \frac{1}{6} (2 \lg 15 + 2 \lg 33,54 + 2 \lg 62) \right]} = 7,07m$$

nên $s_A = H - h_A = 12 - 7,07 = 4,93m$

Tại điểm B:

$$h_B = \sqrt{12^2 - \frac{0,73 \cdot 2442}{17,3} \left[\lg 255 - \frac{1}{6} (4 \lg 21,22 + 2 \lg 47,43) \right]} = 6,71m$$

nên $s_B = H - h_B = 12 - 6,71 = 5,29m$

Bài 18-8. Một hầm tập trung nước mà đáy hầm đặt ngay trên tầng không thấm nằm ngang. Hầm dài $l = 200m$, nước trong hầm sâu $h = 0,3m$. Tìm lưu lượng tập trung về hầm và vẽ đường bão hoà ứng với các khoảng cách $x = 3,0; 10; 25; 75; 150m$, kể từ mép hầm trở ra.

Cho biết độ sâu tầng bão hoà $H = 4,0m$: giới hạn ảnh hưởng của hầm $L = 150m$ và hệ số thấm của đất là $k = 15m/ngày đêm$.

Giải:

1. Tìm lưu lượng đơn vị vào một phía của hầm theo công thức (18-18):

$$q = \frac{k(H^2 - h^2)}{2L} = 15 \cdot \frac{4^2 - 0,3^2}{2 \cdot 150} = 0,795 m^3/ngày đêm.m$$

Vậy toàn bộ lưu lượng tập trung vào hầm là:

$$Q = 2 \cdot q \cdot L = 2 \cdot 0,795 \cdot 200 = 318 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}.$$

2. Để vẽ đường bão hoà ta dùng phương trình (18-17):

$$z = \sqrt{h^2 + \frac{2q}{k}x}$$

Ở đây z là độ sâu của dòng thấm kể từ tầng không thấm. Lần lượt thay x bằng những giá trị đã cho, ta tính được kết quả sau:

$x \text{ (m)}$	0	3	10	25	75	150
$z \text{ (m)}$	0,3	0,64	1,07	1,67	2,81	4,0

Bài 18-9. Một vùng đất thấm có tầng bão hoà dày $H = 4,0 \text{ m}$ và có nước từ mặt đất liên tục thấm xuống với cường độ $q' = 0,002 \text{ m}^3/\text{ngày đêm} \cdot \text{m}^2$. Để hạ mức nước ngầm, người ta đào những rãnh hở tập trung nước song song có đáy ăn tới tận lớp không thấm và rộng là $2b = 1,0 \text{ m}$.

Tìm khoảng cách giữa 2 rãnh cạnh nhau để mức nước ngầm hạ thấp xuống được ít nhất là $s_{\min} = 2,0 \text{ m}$. Tìm lưu lượng đơn vị chảy vào mỗi rãnh. Cho biết hệ số thấm là $k = 0,9 \text{ m}/\text{ngày đêm}$, và độ sâu nước ở trong rãnh là $h = 0,2 \text{ m}$.

Giải:

1. Từ công thức (18-23) ta tìm được một nửa khoảng cách giữa 2 đường hầm là:

$$\lambda = \sqrt{(h_c^2 - h^2) \frac{k}{q'} + b}$$

Ở đây:

$$h_c = H - s_{\min} = 4,0 - 2,0 = 2,0 \text{ m}$$

Thay số vào ta được:

$$\lambda = \sqrt{(2^2 - 0,2^2) \frac{0,9}{0,002}} + 0,5 = 42,71 \text{ m}.$$

Vậy khoảng cách giữa hai rãnh cạnh nhau phải là:

$$L = 2\lambda = 2 \cdot 42,71 \approx 85,5 \text{ m}$$

2. Lưu lượng đơn vị chảy vào mỗi cửa rãnh (cả hai bên):

$$q = 2(\lambda - b) q' = 2 \cdot 42,21 \cdot 0,002 = 0,169 \text{ m}^3/\text{ngày đêm} \cdot \text{m}$$

Bài 18-10. Một dòng thấm phẳng có các thành phần lưu tốc là:

$$u_x = ax$$

$$u_y = -ay.$$

a là một hằng số dương và có thứ nguyên là T^{-1} .

Tìm hàm số thế φ và hàm số dòng ψ của dòng thấm này. Tìm lưu lượng thấm đơn vị giữa hai đường dòng đi qua hai điểm A và B có tọa độ là:

$$x_A = 5; y_A = 7; x_B = 4; y_B = 3$$

Giải:

1. Tìm hàm số φ theo công thức (18-37):

$$\varphi = \int(u_x dx + u_y dy) + C = \int(ax dx - ay dy) + C$$

$$\varphi = \frac{a}{2}(x^2 - y^2) + C$$

Gọi đường đẳng thế φ đi qua điểm $x = 0, y = 0$ là đường số 0 ($\varphi = 0$) ta có $C = 0$.

Vậy
$$\varphi = \frac{a}{2}(x^2 - y^2) \quad (1)$$

2. Để tìm hàm số dòng ψ ta dùng công thức (18-39):

$$\psi = \int(u_x dy - u_y dx) + C = \int(ax dy + ay dx) + C$$

Ta có $x dy + y dx = d(xy)$ nên:

$$\psi = \int a d(xy) + C = axy + C$$

Gọi đường dòng có $x = 0$ hoặc $y = 0$ là đường dòng số 0 ($\psi = 0$) ta có:

$$C = 0$$

Vậy:
$$\psi = axy \quad (2)$$

3. Để tìm lưu lượng thấm đơn vị q , ta dùng công thức (18-40)

$$q_{B-A} = \psi_A - \psi_B = (axy)_A - (axy)_B = a(5 \cdot 7 - 4 \cdot 3) = 23 a$$

4. Vẽ lưới thủy động lực:

Để vẽ các đường đẳng thế φ từ (1) cho $\varphi = \varphi_i = \text{const}$ ta được:

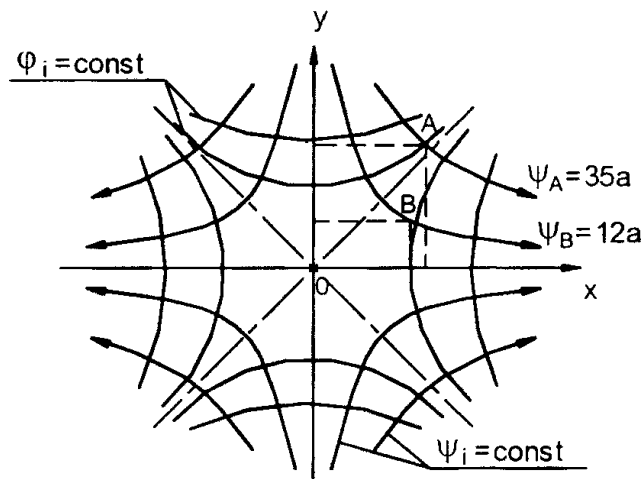
$$x^2 - y^2 = \frac{2\varphi_i}{a} = b_i = \text{const}$$

Đây là phương trình của đường hypecbôn. Cho φ_i các giá trị khác nhau ta vẽ được họ đường đẳng thế như hình vẽ.

Để vẽ các đường dòng ψ ở (2) cho $\psi = \psi_i = \text{const}$ ta được:

$$xy = \frac{\psi_i}{a} = c_i = \text{const}$$

Đây cũng là phương trình của đường hypecbôn vuông nằm ở các góc tọa độ. Cho ψ_i các giá trị khác nhau, ta vẽ được họ đường dòng như hình bài 18-10.



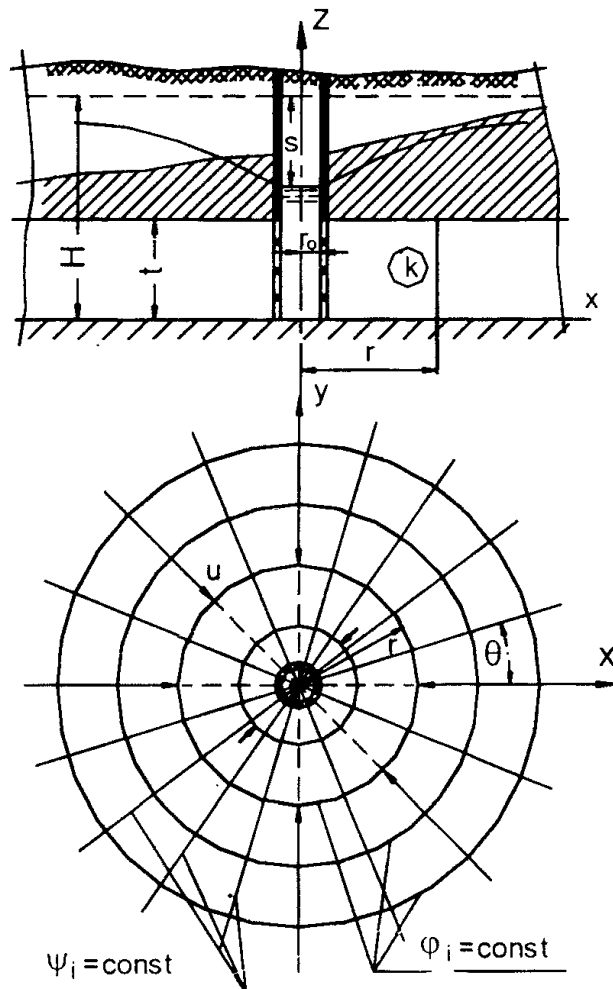
Bài 18-10

Bài 18-11. Có một giếng nước phun lấy nước từ một lớp đất thấm nước nằm ngang dày là t , có hệ số thấm là k . Giếng có bán kính là r_0 . Lúc không hút nước, độ sâu trong giếng là H . Lúc bơm ra một lưu lượng Q thì mực nước trong giếng sụt xuống một đoạn là s .

Tìm công thức xác định lưu lượng Q và vẽ lưới thủy động lực của dòng thấm.

Giải:

1. Chọn trục tọa độ như hình vẽ, ta thấy đây là một bài toán phẳng trên các mặt nằm trong miền đất thấm song song với mặt xoy.



Bài 18-11

Từ O làm tâm, vạch một vòng tròn bán kính r , chu vi đường tròn là $2\pi r$. Diện tích mặt trụ tròn mà dòng thấm chảy qua là $2\pi r t$. Vậy lưu tốc tại mọi điểm trên mặt trụ đó là:

$$u = -\frac{Q}{2\pi r t}$$

(có dấu (-) vì lưu tốc hướng vào tâm).

Giải $q = \frac{Q}{t}$ là lưu lượng đơn vị của giếng, ta có:

$$u = -\frac{q}{2\pi r}$$

Chiếu u xuống các trục tọa độ, ta được:

$$u_x = u \cos \theta = u \frac{x}{r} = -\frac{q}{2\pi} \cdot \frac{x}{x^2 + y^2} = +\frac{ax}{x^2 + y^2}$$

$$u_y = u \sin \theta = u \frac{y}{r} = -\frac{q}{2\pi} \cdot \frac{y}{x^2 + y^2} = +\frac{ay}{x^2 + y^2}$$

Ở đây đặt: $a = -\frac{q}{2\pi}$

Theo (18-36) ta có:

$$u_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}$$

$$u_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

Vậy:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{ax}{x^2 + y^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = \frac{ay}{x^2 + y^2} \quad (2)$$

Từ (1) xem $y = \text{const}$, ta có:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{d\varphi}{dx} = a \frac{x}{x^2 + y^2}$$

nên:
$$\varphi = \int a \frac{x}{x^2 + y^2} dx + C(y) = \frac{1}{2} a \ln(x^2 + y^2) + C(y) \quad (3)$$

Để xác định $C(y)$, lấy đạo hàm (3) theo y ta được:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = a \frac{y}{x^2 + y^2} + C'(y) \quad (4)$$

So sánh (2) và (4) ta được:

$$C'(y) = 0$$

Nên: $C'(y) = \text{const} = C$

Vậy: $\varphi = \frac{1}{2} a \ln(x^2 + y^2) + C = \frac{1}{2} a \ln r^2 + C = a \ln r + C$

Thay: $a = -\frac{q}{2\pi}$ ta được:

$$\varphi = -\frac{q}{2\pi} \ln r + C \quad (5)$$

Theo (18-35) ta có:

$$\varphi = -kh \quad (6)$$

So sánh (5) và (6) ta được:

$$kh = \frac{q}{2\pi} \ln r - C \quad (7)$$

Xác định hằng số C từ điều kiện:

Tại mép thành giếng: $r = r_0$ thì $h = h_0 = H - s$ do đó:

$$k(H - s) = \frac{q}{2\pi} \ln r_0 - C$$

Nên: $C = \frac{q}{2\pi} \ln r_0 - k(H - s)$

Thay vào (7) ta được:

$$k(h - H + s) = \frac{q}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0}$$

Hay: $q = \frac{k(h - H + s)2\pi}{\ln \frac{r}{r_0}}$

Ta biết rằng khi $r = R$ (bán kính ảnh hưởng của giếng) thì $h = H$, nên thay vào ta được:

$$q = \frac{2\pi ks}{\ln \frac{R}{r_0}}$$

Và: $Q = qt = \frac{2\pi kst}{\ln \frac{R}{r_0}} = 2,73 \frac{kst}{\lg \frac{R}{r_0}}$

2. Vẽ lưới thủy động lực

Trước hết tìm hàm số dòng ψ

Theo công thức (18-39) ta có:

$$\psi = \int(u_x dy - u_y dx) + C = \int \left(\frac{ax}{x^2 + y^2} dy - \frac{ay}{x^2 + y^2} dx \right) + C$$

Vì rằng:
$$\frac{x dy}{x^2 + y^2} - \frac{y dx}{x^2 + y^2} = d(\operatorname{arctg} \frac{y}{x})$$

nên:
$$\psi = \int a d(\operatorname{arctg} \frac{y}{x}) + C = a \cdot \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + C$$

Gọi góc giữa một tia bất kỳ kẻ qua tâm với trục dương x là θ , ta có $\operatorname{arctg} \frac{y}{x} = \theta$

Vậy:
$$\psi = a\theta + C$$

Gọi đường dòng trùng với trục x ($\theta = 0$) là đường dòng số 0 ($\psi = 0$) ta có: $C = 0$

nên:
$$\psi = a\theta = -\frac{q}{2\pi} \theta \quad (8)$$

Với hàm số thế, để cho tiện, ta gọi đường đẳng thế φ có $r = 1$ là đường số 0 ($\varphi = 0$) từ (5) ta có $C = 0$:

nên:
$$\varphi = -\frac{q}{2\pi} \ln r \quad (9)$$

Từ (8) cho $\psi = \psi_i = \text{const}$ ta được:

$$\theta = -\frac{2\pi\psi_i}{q} = \text{const} = a_i$$

Vậy đường dòng là các tia đi qua tâm O.

Từ (9) cho $\varphi = \varphi_i = \text{const}$, ta được:

$$\ln r = -\frac{2\pi\varphi_i}{q} = b_i = \text{const}$$

hay:
$$r = e^{b_i} = \text{const.}$$

Vậy đường đẳng thế là các đường tròn đồng tâm.

Lưới thuỷ động lực như ở hình bài 18-11.

Bài 18-12. Để xác định lưu lượng thấm vào một vùng trũng, người ta khoan hai lỗ thăm dò cách nhau $l = 800m$ theo hướng dòng thấm. Tại hai lỗ đó ta đo được cao trình đường bão hoà của dòng thấm và cao trình lớp đất không thấm là:

$$y_1 = 19,62m; y_{01} = 15,8m$$

$$y_2 = 9,4m; y_{02} = 6,4m.$$

Tìm lưu lượng thấm đơn vị q (coi là bài toán phẳng). Cho biết tầng đất không thấm là phẳng và lớp đất thấm có hệ số thấm là $k = 40m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $q = 1,64m^3/ngày\ đêm.m$

Bài 18-13. Một dòng thấm phẳng có tầng không thấm là phẳng và nghiêng với độ dốc $i = 0,00737$. Tại hai mặt cắt (1-1) và (2-2) cách nhau một khoảng $l = 270m$, đường bão hoà có cao trình là $y_1 = 53,6m$ và $y_2 = 52,8m$.

Tìm lưu lượng thấm đơn vị q và cho độ sâu dòng thấm h_3 tại mặt cắt (3-3) cách mặt cắt (1-1) một đoạn $l_{1-3} = 120m$. Cho biết độ sâu dòng thấm tại mặt cắt (1-1) là $h_1 = 9,51m$ và hệ số thấm của đất là $k = 11m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $h_0 = 4,0m$; $q = 0,324m^3/ngày\ đêm.m$; $h_3 = 10,04m$; $y_3 = 53,24m$.

Bài 18-14. Một con kênh nằm song song với sông và cách sông $l = 800m$. Tầng đất không thấm là phẳng và ở sâu dưới mép nước ở kênh và sông là $h_k = 3,82m$; $h_s = 1,8m$. Tìm lưu lượng thấm đơn vị q từ kênh chảy qua sông và vẽ đường bão hoà của dòng thấm ứng với các độ sâu $h = 3,6$; $3,2$; $2,8$; $2,4$ và $2,0m$.

Cho biết cao trình mặt nước ở kênh và sông là $y_k = 11,42m$; $y_s = 9,4m$. Hệ số thấm của đất là $k = 0,008cm/s$.

Đáp số: 1) $q = 0,276m^3/ngày\ đêm.m$;

2) Đường bão hoà có toạ độ như bảng sau:

h (m)	$h_k = 3,82$	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	$h_s = 1,8$
l (m)	0	298	535	658	733	782	800

Bài 18-15. Một hồ chứa nước ở cách mép sông một khoảng $l = 134m$. Cao trình mặt nước ở hồ và sông là $y_h = 15,5m$; $y_s = 6,75m$. Tầng không thấm là phẳng và nằm ngang ở cao trình $y_0 = 3,5m$.

1) Tìm lưu lượng thấm đơn vị q (coi là bài toán phẳng). Cho biết hệ số thấm là $k_2 = 20m/ngày\ đêm$;

2) Để giảm ảnh hưởng thấm, người ta thay lớp đất cạnh hồ chứa bằng một lớp đất sét dày $l_1 = 2m$, có hệ số thấm $k_1 = 0,2m/ngày\ đêm$. Tìm lưu lượng thấm đơn vị trong trường hợp này, so sánh với trường hợp trên và xác định độ sâu dòng thấm tại biên hai lớp đất.

Đáp số: 1) $q = 9,96m^3/ngày\ đêm.m$; $h_{l_1=2m} = 11,93m$;

2) $q = 4,02m^3/ngày\ đêm.m$ đã giảm được $\approx 60\%$; $h_{l_1=2m} = 7,98m$ - đã giảm được $3,95m$.

Bài 18-16. Kênh tiêu ở cách sông một khoảng là $l = 120m$. Tầng không thấm là phẳng và nằm nghiêng. Tại mặt cắt ở mép nước sông và kênh có độ sâu dòng thấm là $h_s = 4,36m$; $h_k = 1,8m$. Cao trình mặt nước ở sông và kênh là $y_s = 8,3m$; $y_k = 6,7m$. Tìm lưu lượng đơn vị q từ sông chảy vào kênh và vẽ đường bão hoà của dòng thấm tại các độ sâu $h = 4,2$; $3,8$; $3,4$; $3,0$; $2,6$; $2,2m$. Cho biết hệ số thấm là $k = 0,01cm/s$.

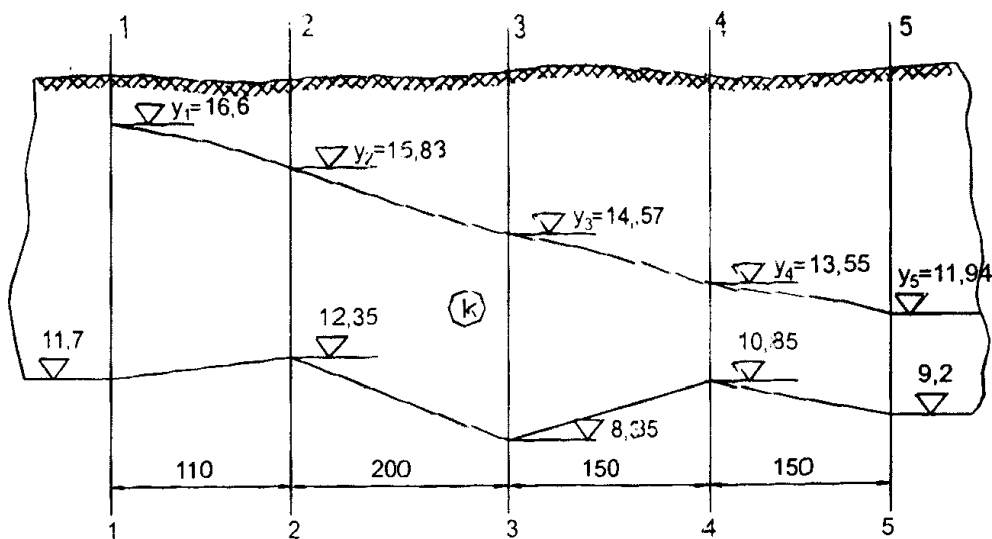
Đáp số: 1) $q = 0,35m^3/ngày\ đêm.m$;

2) Đường bão hoà có tọa độ ghi ở bảng sau:

$h, (m)$	$h_s = 4,36$	4,2	3,8	3,4	3,0	2,6	2,2	1,8
$l, (m)$	0	8	31	52	72	90	106	120

Bài 18-17. Cho một dòng thấm phẳng trình bày như hình vẽ. Cho biết lưu lượng thấm đơn vị là $q = 0,35m^3/ngày\ đêm.m$, hệ số thấm là $k = 12m/ngày\ đêm$. Vẽ đường bão hoà của dòng thấm ứng với các điểm gãy khúc của tầng không thấm.

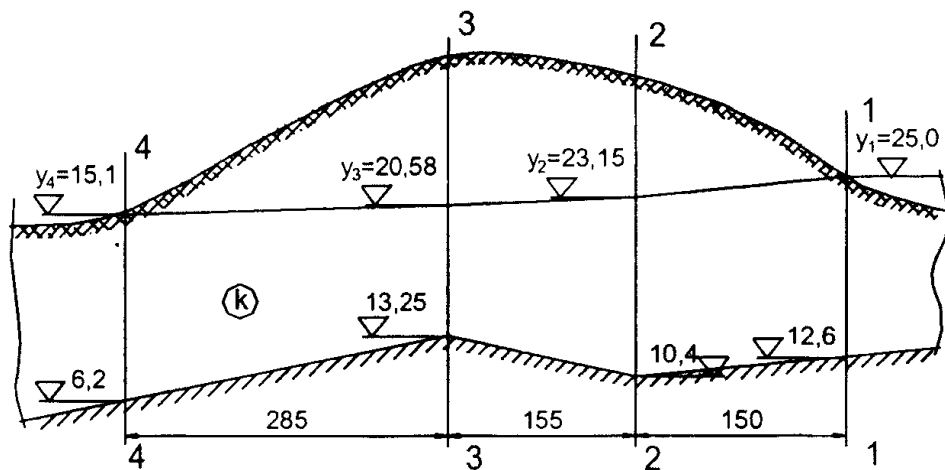
Đáp số: $y_2 = 15,83m$; $y_3 = 14,57m$; $y_4 = 13,55m$; $y_5 = 11,94m$.



Bài 18-17

Bài 18-18. Hai con sông ở cách nhau $l = 600m$. Cao trình mực nước ở hai sông là $y_1 = 25,0m$; $y_4 = 15,1m$. Tầng không thấm gãy khúc như hình vẽ. Tìm lưu lượng thấm đơn vị q (là bài toán phẳng) và độ sâu dòng thấm tại các chỗ gãy khúc. Cho biết hệ số thấm là $k = 5m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $q = 0,78m^3/ngày\ đêm.m$; $h_2 = 12,75m$; $y_2 = 23,15m$; $h_3 = 7,33m$; $y_3 = 20,58m$.



Bài 18-18

Bài 18-19. Một giếng nước phun hoàn chỉnh có bề dày lớp chứa nước là $t = 15,9m$ và độ sâu hút nước trong giếng là $s = 5,0m$.

Tìm lưu lượng nước lấy ra khỏi giếng, cho biết đường kính của giếng là $d = 25,4cm$ bán kính ảnh hưởng là $R = 100m$ và hệ số thấm là $k = 40m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $Q = 34,7\ l/s$.

Bài 18-20. Một giếng nước phun hoàn chỉnh có bề dày của tầng đất thấm là $t = 8,0m$ đường kính giếng $d = 0,2m$ và bán kính ảnh hưởng là $R = 100m$. Khi lấy ra lưu lượng $Q = 2l/s$ thì độ sâu hút nước ở trong giếng là bao nhiêu. Cho biết hệ số thấm là $k = 24,05\ m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $s = 1,0m$.

Bài 18-21. Một giếng nước phun hoàn chỉnh có bề dày của tầng đất thấm là $t = 38,69m$ và đường kính giếng là $d = 0,1m$. Khi lấy ra lưu lượng $Q = 9,8\ l/s$ thì độ sâu hút nước trong giếng $s = 1,0m$. Kiểm tra lại hệ số thấm của đất là bao nhiêu. Cho biết bán kính ảnh hưởng của giếng là $R = 100m$.

Đáp số: $k = 24,05m/ngày\ đêm$.

Bài 18-22. Một giếng nước phun hoàn chỉnh có đường kính $d = 8,5cm$ đặt vào tầng đất thấm dày $t = 58,64m$.

Tìm lưu lượng nước đã lấy ra (Q_1) nếu độ sâu hút nước là $s_1 = 2,0m$. Khi lưu lượng lấy ra là $Q_2 = 138\ m^3/ngày\ đêm$ thì độ sâu hút nước là bao nhiêu. Cho biết độ sâu hút nước $s_3 = 6,0m$ ứng với lưu lượng lấy ra là $Q_3 = 195\ m^3/ngày\ đêm$, và khi không hút nước thì nước ở trong giếng sâu $H = 125m$.

Đáp số: Nếu tính bán kính ảnh hưởng theo công thức (18-14) thì:

1) $Q_1 = 76m^3/ngày\ đêm$; $k = 0,7m/ngày\ đêm$;

2) $s_2 = 4,0m$ (bài toán này phải tính đúng dần).

Bài 18-23. Một giếng nước phun không hoàn chỉnh có chiều sâu của giếng ăn vào tầng đất thấm nước là $a = 8,0m$; đường kính của giếng là $d = 0,2m$. Tìm lưu lượng lấy ra khỏi giếng. Cho biết: tầng đất thấm dày $\tau = 38,69m$; độ sâu hút nước $s = 1,0m$; bán kính ảnh hưởng $R = 100m$ và hệ số thấm $k = 24,55m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $Q = 3,1l/s$.

Bài 18-24. Một giếng nước ngầm thường, hoàn chỉnh có đường kính $d = 30,5\text{ cm}$, khi hút nước thì độ sâu hút nước là $s = 4,0m$. Tìm lưu lượng tương ứng. Cho biết: độ sâu lớp nước bão hòa $H = 14,0m$; bán kính ảnh hưởng $R = 300m$, và hệ số thấm $k = 20m/ngày\ đêm$.

Đáp số: $Q = 9,2l/s$

Bài 18-25. Một giếng nước ngầm thường, hoàn chỉnh có $d = 0,152m$ và chiều sâu tầng bão hòa $H = 15,86m$. Nếu lấy ra lưu lượng $Q = 6,1l/s$ thì độ sâu hút nước là bao nhiêu? Cho biết hệ số thấm của đất $k = 0,00012m/s$.

Đáp số: $s = 4,5\text{ m}$, với bán kính ảnh hưởng tính theo (18-15).

Bài 18-26. Một giếng nước ngầm thường, hoàn chỉnh có $d = 0,152m$ và chiều sâu tầng bão hòa $H = 18,96m$. Khi độ sâu hút nước $s = 4,5m$ thì lưu lượng tương ứng lấy ra là bao nhiêu? Cho biết hệ số thấm của đất $k = 0,00012m/s$.

Đáp số: $Q = 7,5\text{ l/s}$ với bán kính ảnh hưởng tính theo (18-15).

Bài 18-27. Một giếng nước ngầm thường, không hoàn chỉnh có chiều sâu tầng bão hòa nước là $H = 18,96m$.

Tìm lưu lượng lấy ra khỏi giếng khi độ sâu hút nước $s = 4,5m$, còn độ sâu nước ở trong giếng là $h = 7,5m$. Cho biết: giếng có đường kính $d = 0,152m$ và hệ số thấm của đất $k = 0,00012\text{ m/s}$.

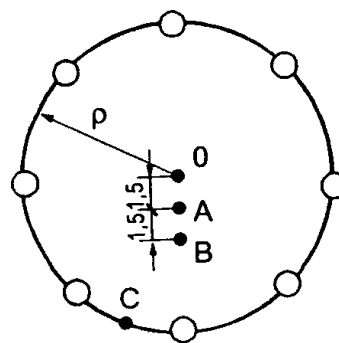
Đáp số: $Q = 5,9\text{ m}^3/s$ với bán kính ảnh hưởng R tính theo (18-15).

Bài 18-28. Một giếng tiêu nước ngầm thường, hoàn chỉnh có đường kính $d = 0,2m$ khi tiêu nước vào, nước trong giếng nâng cao lên so với mức nước ngầm thiên nhiên là $s = 3,0m$. Hỏi lưu lượng đã tiêu vào là bao nhiêu? Cho biết: độ sâu tầng bão hòa nước $H = 9,0m$; hệ số thấm $k = 30m/ngày\ đêm$ và bán kính ảnh hưởng của giếng $R = 100m$.

Đáp số: $Q = 10\text{ l/s}$.

Bài 18-29. Một tổ giếng lấy nước ngầm thường gồm tám cái như nhau và đặt theo một chu vi tròn có bán kính là $\rho = 10m$. Lưu lượng lấy ra ở mỗi giếng $Q = 1l/s$ ứng với độ sâu hút nước $s = 11m$.

Tìm độ hạ thấp của mức nước ngầm tại các điểm O, A, B và C, nếu độ sâu tầng bão hòa nước $H = 13m$ và hệ số thấm của đất $k = 4,3m/ngày\ đêm$.



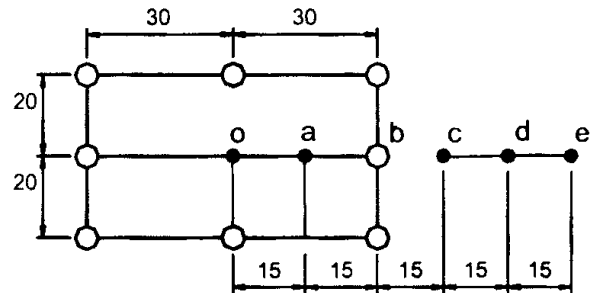
Bài 18-29

Đáp số: Nếu tính bán kính ảnh hưởng theo (18-14) và kể thêm r' tính theo (18-16) thì:

$$s_0 = 8,28m; s_A = 8,25m; s_B = 8,24m; s_C = 7,87m$$

Bài 18-30. Một tổ giếng nước ngầm thường, hoàn chỉnh gồm tám cái phân bố trên chu vi một hình chữ nhật $40.60 m^2$. Yêu cầu vẽ đường bão hoà của dòng thấm trên mặt cắt A-A tại các điểm o, a, b, c, d, e cách nhau $15m$ một.

Cho biết: Lưu lượng tổng cộng lấy ra là $Q_0 = nQ = 20l/s$; bán kính của giếng $r_0 = 0,1m$; bán kính ảnh hưởng $R = 500m$, hệ số thấm $k = 0,001m/s$ và độ sâu tầng bão hoà nước $H = 10,00m$.



Bài 18-30

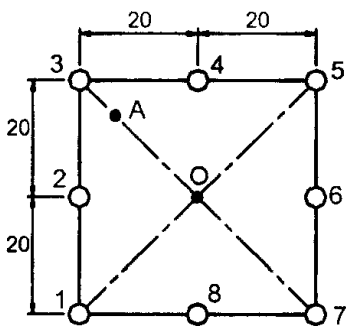
Đáp số: $h_0 = 9,06m$; $h_c = 9,18m$.

$$h_a = 9,07m; h_d = 9,29m.$$

$$h_b = 8,98m; h_e = 9,38m.$$

Bài 18-31. Một tổ giếng lấy nước ngầm thường gồm tám cái phân bố đều trên một chu vi hình vuông có cạnh $a = 40m$. Tìm độ hạ thấp mức nước ngầm tại trung tâm O và tại điểm A cách giếng số 3 là $6,57m$ trong mấy trường hợp sau:

1. Độ sâu hút nước là $s = 12m$ và lưu lượng lấy ra ở mỗi giếng là $Q = 151m^3/ngày đêm$;
2. Độ sâu hút nước là $s = 13m$ và lưu lượng lấy ra ở mỗi giếng là $Q = 154m^3/ngày đêm$;



Bài 18-31

3. Khi hai giếng số 2 và số 4 không làm việc; độ sâu hút nước ở các giếng còn lại là $s = 13m$ và lưu lượng lấy ra ở mỗi giếng là $Q = 206m^3/ngày đêm$.

4. Khi hai giếng số 2 và 4 không làm việc; độ sâu hút nước ở các giếng còn lại là $s = 14m$ và lưu lượng lấy ra ở mỗi giếng là $Q = 218m^3/ngày đêm$.

Cho biết độ sâu tầng bão hoà nước và hệ số thấm trong cả bốn trường hợp là $H = 18,0m$; $k = 10m/ngày đêm$.

Đáp số: Nếu tính bán kính ảnh hưởng theo (18-14) và kể đến ảnh hưởng của tổ giếng tính theo (18-16) thì kết quả như sau:

	Trường hợp 1	Trường hợp 2	Trường hợp 3	Trường hợp 4
$s_0, (m)$	3,14	3,30	3,25	3,57
$s_A, (m)$	3,07	3,24	3,03	3,34

Bài 18-32. Một hầm tập trung nước dài $l = 150m$ đặt ngay trên tầng không thấm nằm ngang. Lớp nước bão hoà dày $H = 3,0m$; lớp nước trong hầm dày $h = 0,2m$. Tìm lưu

lượng tập trung vào hầm. Cho biết giới hạn ảnh hưởng của hầm là $L = 75m$ và hệ số thấm là $k = 4 m/ngày\ dêm$.

Đáp số: $Q = 71,68m^3/ngày\ dêm$.

Bài 18-33. Một hầm tập trung nước đặt ngay trên tầng không thấm nằm ngang có lớp nước bão hoà là $H = 4,0m$. Tìm lưu lượng thấm đơn vị q tập trung vào đường hầm trong hai trường hợp:

Khi giới hạn ảnh hưởng của đường hầm là $L = 16m$ và khi $L = 90m$. Cho biết hệ số thấm là $k = 6m/ngày\ dêm$ và độ sâu lớp nước trong hầm là $h = 0,5m$.

Đáp số: 1) $q = 5,9m^3/ngày\ dêm.m$ (cả hai bên);

2) $q = 1,05m^3/ngày\ dêm.m$ (cả hai bên).

Bài 18-34. Một hầm tập trung nước dài $l = 250m$, rộng $b = 0,3m$, có đáy hầm đặt cao hơn tầng không thấm là $T = 12,35m$. Chiều sâu tầng bão hoà nước là $H = 15m$ và độ sâu nước kể từ đáy hầm là $h_2 = 0,15m$. Tìm lưu lượng tập trung vào hầm và vẽ đường bão hoà tại các điểm có khoảng cách $x = 3; 10; 20m$. Cho biết hệ số thấm là $k = 2,7m/ngày\ dêm$.

Đáp số: Nếu tính giới hạn ảnh hưởng của hầm theo (18-14) thì có kết quả sau:

1) $Q = 788,4 m^3/ngày\ dêm$ (cả hai bên);

2) Đường bão hoà có tọa độ các điểm ghi trong bảng dưới đây:

$x, (m)$	0	3	10	20	32
$h, (m)$	$h = h_2 = 0,15$	0,83	1,49	2,10	$h = h_1 = 2,65$
$h + T(m)$	12,5	13,18	13,84	14,45	$h + T = H = 15$

Bài 18-35. Một vùng đất thấm có cường độ thấm xuống là $q' = 0,0015m^3/ngày\ dêm.m^2$ và độ sâu tầng bão hoà là $H = 3,5m$. Người ta đặt những ống ngầm tập trung nước có $d = 0,3m$ sát tầng không thấm. Các ống đó đặt song song và cách nhau $L = 2\lambda = 80m$.

Tìm độ hạ thấp tối thiểu của mức nước ngầm và vẽ đường bão hoà ở những khoảng cách $x_1 = 20; 30; 37m$ kể từ điểm trung tâm giữa hai đường hầm. Cho biết độ sâu lớp nước trong ống ngầm tập trung nước là $h = 0,15m$ và hệ số thấm của đất là $k = 2m/ngày\ dêm$.

Đáp số: 1) $s_{\min} = 2,4m$.

2) Đường bão hoà có tọa độ các điểm ghi trong bảng sau:

$x_1 (m)$	0	20	30	37	$x_i = \lambda - \frac{d}{2} = 39,85$
$h_1 (m)$	1,1	0,96	0,74	0,44	$h_i = h = 0,15$
$s (m)$	$s = s_{\min} = 2,4$	2,54	2,86	3,06	3,35

3) Lưu lượng đơn vị tập trung vào đường hầm: $q = 0,12m^3/ngày\ dêm.m$ (cả hai bên).

Bài 18-36. Một đập đất nằm trên tầng không thấm nằm ngang có lõi giữa dày trung bình là $\delta = 2,2m$ với hệ số thấm $k_0 = 0,0000002m/s$. Đập có kích thước như sau: $H_d = 17,0m$; $b = 12,0m$; $m_1 = 3$; $m_2 = 2$. Độ sâu nước ở trước đập $H_0 = 15,0m$ ở sau đập $h_h = 4,0m$. Hệ số thấm của đất đắp đập $k = 0,000003 m/s$.

Vẽ đường bão hoà qua bảy điểm và xác định lưu lượng thấm đơn vị q .

Đáp số: 1) $q = 0,308 m^3/ngày\ d\dot{e}m.m$;

2) Đường bão hoà có toạ độ các điểm ghi trong bảng dưới đây:

$x, (m)$	0	$x = l_0 = 1,19$	10,9	13,1	19,2	29,2	41,14
$h, (m)$	$h = H_0 = 15,00$	$h = h' = 14,08$	13,11	9,7	8,92	7,46	$h = h_B = 5,03$

3) Δh qua lõi: $3,41m$.

Bài 18-37. Một đập đất đặt trên tầng không thấm nằm ngang, có lõi giữa dày trung bình $\delta = 2,2m$ với hệ thấm $k_0 = 0,000003cm/s$. Các số liệu khác như ở bài 18-36.

Tim lưu lượng thấm đơn vị q ; độ sâu đường bão hoà tại chỗ ra h_B và tổn thất cột nước thấm khi đi qua lõi.

Đáp số: 1) $q = 98,5l/ngày\ d\dot{e}m.m$;

2) $h' = 14,71m$; $h_B = 4,21m$;

3) $\Delta h = 8,03m$.

Bài 18-38. Một dòng thấm phẳng có các thành phần lưu tốc như sau:

$$u_x = 4y$$

$$u_y = 4x$$

Xác định hàm số thế φ , hàm số dòng ψ . Vẽ lưới thuỷ động lực và xác định lưu lượng đơn vị chảy giữa hai đường dòng đi qua hai điểm A(4,5) và B(2,3).

Đáp số: 1) $\varphi = 4xy + C$;

2) $\psi = 2(y^2 - x^2) + C$;

3) $q = 8$ đơn vị lưu lượng/đơn vị chiều dài.

Bài 18-39. Một dòng thấm phẳng có các thành phần lưu tốc như sau:

$$u_x = \frac{y}{x^2 + y^2}$$

$$u_y = -\frac{x}{x^2 + y^2}$$

$$x, y \neq 0$$

Tìm hàm số thế φ và hàm số dòng ψ . Vẽ lưới thủy động lực và tìm lưu lượng đơn vị giữa hai đường dòng đi qua hai điểm A(2,3) và B(1,2).

Đáp số: 1) $\psi = \arctg \frac{y}{x} + C$;

2) $\psi = \ln \sqrt{x^2 + y^2} + C$;

3) $q = 0,476$ đơn vị lưu lượng/đơn vị chiều dài.

Bài 18-40. Một dòng thấm phẳng có hàm số thế φ là:

$$\varphi = \frac{x}{x^2 + y^2} + C$$

với:

$$x, y \neq 0$$

Tìm hàm số dòng và xác định lưu lượng đơn vị giữa hai đường dòng đi qua hai điểm A(3,4) và B(1,5).

Vẽ lưới thủy động lực.

Đáp số: 1) $\psi = -\frac{y}{x^2 + y^2} + C$; $q = 0,032$ đơn vị lưu lượng/đơn vị chiều dài.

2) Đường đẳng thế là họ các đường tròn có tâm ở trên trục $x(x_0 = \frac{\varphi_i}{2}; y_0 = 0)$

và bán kính là $r_i = \frac{\varphi_i}{2}$ ($\varphi_i = \text{const}$) với $C = 0$.

Đường dòng là họ các đường tròn có tâm ở trên trục $y(x_0 = 0; y_0 = \frac{\psi_i}{2})$ và bán kính

là $r_i = \frac{\psi_i}{2}$ ($\psi_i = \text{const}$) với $C = \theta$.

Bài 18-41. Cho dòng thấm phẳng có hàm số thế φ là:

$$\varphi = 3 \left(x + \frac{1}{4} \ln \sqrt{x^2 + y^2} \right) + C$$

1) Tìm hàm số dòng;

2) Vẽ đường dòng $\psi = \frac{3\pi}{4}$; $\psi = \pi$ (khi đó lấy $C = 0$ trong biểu thức của ψ);

3) Tìm lưu tốc thấm tại các điểm trên trục y .

Đáp số: 1) $\psi = \left(3y + \frac{3}{4}\theta \right) + C = 3 \left(y + \frac{1}{4} \arctg \frac{y}{x} \right) + C$;

2) Vẽ từng điểm một;

3) $u_x = 3$; $u_y = \frac{3}{4y}$; $u = 3 \sqrt{1 + \frac{1}{16y^2}}$.

Bài 18-42. Một dòng thấm phẳng có hàm số thế φ và hàm số dòng ψ liên hệ với nhau bởi biểu thức:

$$\begin{aligned}x &= a \operatorname{ch}\varphi \cos\psi \\y &= -a \operatorname{sh}\varphi \sin\psi \\ \text{với } a &= \operatorname{const} > 0\end{aligned}$$

1. Tìm hình ảnh đường đẳng thế và đường dòng.
2. Tìm hàm số thế φ và hàm số dòng ψ .

Chỉ dẫn và đáp số:

Quan hệ giữa các hàm lượng giác và hàm hypecbôn:

$$\begin{aligned}\sin^2\alpha + \cos^2\alpha &= 1 \\ \operatorname{ch}^2\alpha - \operatorname{sh}^2\alpha &= 1\end{aligned}$$

- 1) Đường đẳng thế là họ đường hypecbôn đồng tiêu, có tiêu điểm tại $x = \pm a; y = 0$.
Đường dòng là đường enlíp đồng tiêu, có tiêu điểm tại $x = \pm a; y = 0$.

$$\begin{aligned}2) \quad \varphi &= \arccos \sqrt{\frac{(x^2 + y^2 + a^2) - \sqrt{(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4x^2a^2}}{2a^2}} + C \\ \psi &= \operatorname{arcch} \sqrt{\frac{(x^2 + y^2 + a^2) + \sqrt{(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4x^2a^2}}{2a^2}} + C\end{aligned}$$

Bài 18-43. Một dòng thấm phẳng có hàm số thế φ và hàm số dòng ψ liên hệ với nhau bởi biểu thức:

$$\begin{aligned}x &= a \operatorname{ch}\varphi \cos\psi \\y &= a \operatorname{sh}\varphi \sin\psi \\ \text{với } a &= \operatorname{const} > 0.\end{aligned}$$

1. Tìm hình ảnh đường đẳng thế và đường dòng.
2. Tìm hàm số thế φ và hàm số dòng ψ .

Đáp số: 1) Đường đẳng thế là họ các enlíp đồng tiêu, có tiêu điểm ở $x = \pm a; y = 0$.

Đường dòng là họ các hypecbôn đồng tiêu, có tiêu điểm ở $x = \pm a; y = 0$.

$$\begin{aligned}2) \quad \varphi &= \operatorname{arcch} \sqrt{\frac{(x^2 + y^2 + a^2) + \sqrt{(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4x^2a^2}}{2a^2}} + C \\ \psi &= \arccos \sqrt{\frac{(x^2 + y^2 + a^2) - \sqrt{(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4x^2a^2}}{2a^2}} + C\end{aligned}$$

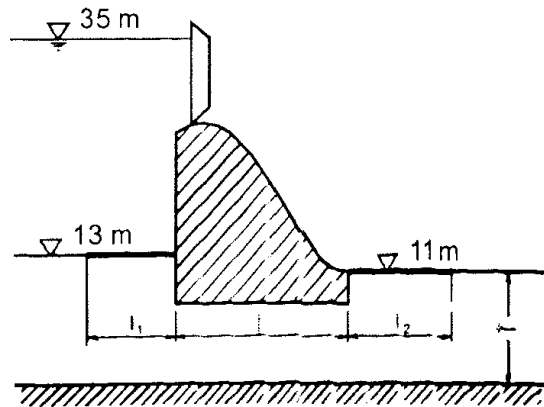
Bài 18-44. Thấm có áp dưới đáy móng một đập dâng nước rộng $B = 500m$. Tầng thấm nước sâu hữu hạn với chiều sâu T , có hệ số thấm $k = 0,1 \cdot 10^{-4} m/s$; cao trình mực nước và cao trình sân phủ thượng hạ lưu cho trên hình 18-44.

1. Khi chiều dài sân chống thấm thượng hạ lưu là l_1 và l_2 giả thử đã vẽ được lưới thấm ô vuông dưới móng công trình gồm 5 đường dòng ψ (làm nên 4 miền thấm) và 17 đường đẳng thế (làm nên 16 giải thể). Tính lưu lượng thấm ?

2. Khi sân phủ chống thấm có chiều dài gấp 2 lần ($2l_1$ và $2l_2$), và giả thử lưới thấm có số đường dòng vẫn là 5, nhưng số đường đẳng thế tăng lên là 25. Tính lưu lượng thấm trong trường hợp này.

Đáp số: 1) $Q = 30l/s$.

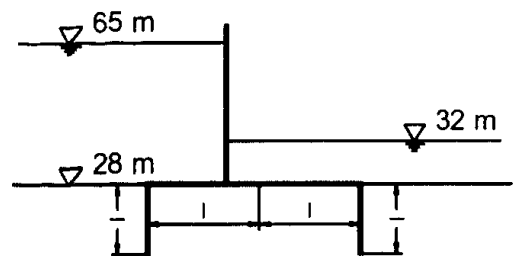
2) $Q = 20l/s$.



Bài 18-44

Bài 18-45. Thấm có áp dưới móng công trình. Tầng thấm sâu vô hạn. Móng công trình có chiều dài $2l$ và có 2 hàng cừ, mỗi hàng cừ sâu $l = 12m$. Cao trình mực nước thượng và hạ lưu là $65m$ và $32m$ (hình 18-45).

1. Tính lực đẩy do dòng thấm gây nên trên 1 đơn vị chiều rộng móng công trình ? Biết tổn thất cột nước thấm phân bố theo quy luật đường thẳng dọc theo đường viền.



2. Nếu không làm hàng cừ phía thượng lưu, lực đẩy đó sẽ tăng bao nhiêu lần.

Đáp số: 1) $P_1 = 3,88.10^3 \text{ kN}$

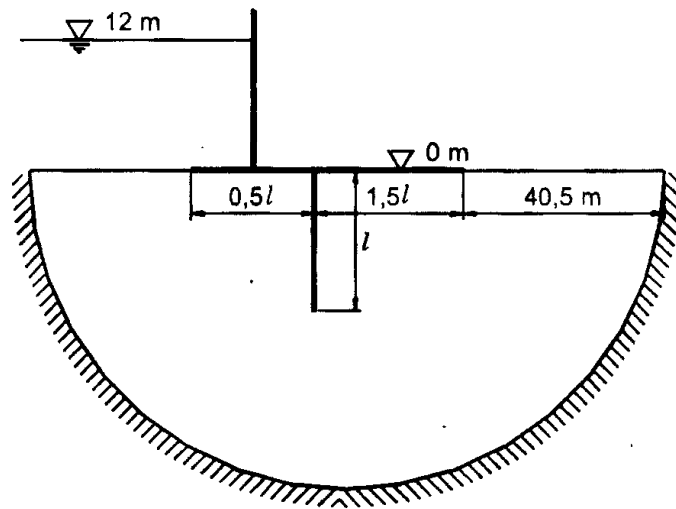
2) Tăng 1,5 lần.

Bài 18-45

Bài 18-46. Sơ đồ thấm có áp dưới móng công trình cho trên hình 18-46.

Cao trình mực nước thượng hạ lưu là $12m$. Cao trình đáy hạ lưu là $0m$. Độ sâu hàng cừ $l = 20m$. Hệ số thấm $k = 0,6.10^{-5} \text{ m/s}$. Giả thử đã vẽ được lưới thấm ô vuông có 5 đường dòng đánh số từ ψ_1 đến ψ_5 và 15 đường đẳng thế đánh số từ φ_1 đến φ_{15} .

1. Tính lực đẩy do dòng thấm gây nên trên 1 đơn vị chiều rộng móng công trình. Cho biết tổn thất cột nước thấm phân bố theo quy luật đường thẳng dọc theo đường viền.



Bài 18-46

2. Tính thể tích nước thấm W trong một ngày đêm, trên 1 km bề rộng của đập ?

3. Vẽ biểu đồ lưu tốc thấm đi ra ở đáy hạ lưu, biết khoảng cách trung bình giữa 2 đường đẳng thế ΔS_{14j} của các ô lưới chỗ ra ở đáy hạ lưu như sau: $\Delta S_{14-1} = 6$; $\Delta S_{14-2} = 7,5$; $\Delta S_{14-3} = 12$; $\Delta S_{14-4} = 15\text{ m}$.

Đáp số: 1) $P = 1,76 \cdot 10^3 \text{ kN}$.

2) $W = 1780 \text{ m}^3$.

3) $v_{14-1} = 0,85 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

$v_{14-2} = 0,68 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

$v_{14-3} = 0,425 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

$v_{14-4} = 0,34 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

Chương XIX
CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ MÔ HÌNH CÁC
HIỆN TƯỢNG THỦY LỰC

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hai dòng chất lỏng đồng thời thoả mãn các điều kiện tương tự về hình học, về động học và về động lực học được gọi là tương tự thủy động lực học hay gọi tắt là tương tự thủy động.

Muốn mô hình là tương tự thủy động thì các tỷ lệ của mô hình phải thoả mãn biểu thức của định luật tương tự Niuton:

$$\frac{F_n}{\rho_n l_n^2 u_n^2} = \frac{F_m}{\rho_m l_m^2 u_m^2} \quad (19-1)$$

hay:

$$\frac{\lambda_F}{\lambda_\rho \lambda_l^2 \lambda_u^2} = 1 \quad (19-2)$$

Ở đây: λ_l là tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình;

$\lambda_F, \lambda_\rho, \lambda_u$ là tỷ lệ lực tác dụng, tỷ lệ khối lượng riêng, tỷ lệ lưu tốc của mô hình.

Trong hai biểu thức trên, F là tổng hợp tất cả các lực tác dụng vào dòng chảy. Thực tế, khi làm mô hình không có thể thoả mãn được điều kiện trên, nên một cách gần đúng, ta thường chỉ xét tới một hoặc vài loại lực chủ yếu.

2. Khi dòng chảy chịu ảnh hưởng của trọng lực là chủ yếu, như dòng chảy qua đập tràn, qua lỗ, các dòng chảy rối không áp v.v... để có tương tự thủy động, cần có tương tự hình học và thoả mãn tiêu chuẩn tương tự Phorut:

$$\frac{u_n^2}{g_n l_n} = \frac{u_m^2}{g_m l_m} \quad (19-3)$$

hay:

$$\frac{\lambda_u^2}{\lambda_g \lambda_l} = 1 \quad (19-4)$$

Vì rằng $\lambda_g = 1$ nên từ (19-4) ta có:

$$\lambda_u = \lambda_l^{0,5} \quad (19-5)$$

Từ (19-5) ta lại có thể tìm được các tỷ lệ khác của mô hình xem (bảng 19-1).

Bảng 19.1. Các tỷ lệ mô hình

Các đại lượng	Tỷ lệ mô hình	
	Xuất phát từ tiêu chuẩn Phorút: (Fr) _n = (Fr) _m (với λ _g = 1)	Xuất phát từ tiêu chuẩn Râyônôn: (Re) _n = (Re) _m (với λ _v = 1)
Lưu tốc	λ ₁ ^{0,5}	λ ₁ ⁻¹
Lưu lượng	λ ₁ ^{2,5}	λ ₁
Thời gian	λ ₁ ^{0,5}	λ ₁ ²
Lực	λ _ρ λ ₁ ³	λ _ρ
Công	λ _ρ λ ₁ ⁴	λ _ρ λ ₁
Công suất	λ _ρ λ ₁ ^{3,5}	λ _ρ λ ₁ ⁻¹

3. Khi dòng chảy chịu tác dụng của lực cản là chủ yếu như dòng chảy có áp trong ống, để mô hình là tương tự thuỷ động, cần có tương tự hình học và thoả mãn biểu thức tương tự về lực cản:

$$\lambda_J = \frac{\lambda_u^2}{\lambda_g \lambda_1} \quad (19-6)$$

hoặc: $\lambda_\lambda = 1 \quad (19-7)$

Vì λ_g = 1 nên từ (19-6) ta có:

$$\lambda_u = \lambda_J^{0,5} \lambda_1^{0,5} \quad (19-6')$$

Từ (19-6') ta có thể tìm được các tỷ lệ khác của mô hình xem bảng (19-1).

Để có (19-6) hoặc (19-7) mô hình cần thoả mãn các điều kiện sau:

a) Trong dòng chảy tầng và chảy rối ở khu thành trơn, tỷ lệ hệ số nhớt động của mô hình λ_v phải thoả mãn biểu thức:

$$\lambda_v = \lambda_u \lambda_1 \quad (19-8)$$

hay: $\frac{\lambda_u \lambda_1}{\lambda_v} = 1 \quad (19-9)$

Biểu thức (19-9) thường được gọi là tiêu chuẩn tương tự Râyônôn.

b) Trong dòng chảy rối ở khu sức cản bình phương, để có (19-6) hoặc (19-7) không cần phải có thêm điều kiện nào khác. Điều này có nghĩa là khi đó nếu mô hình đã hoàn

toàn tương tự hình học thì cũng tương tự thủy động; do đó, trong phạm vi này, người ta thường gọi là phạm vi tự động mô hình.

Để thay cho điều kiện tương tự về hình học của độ nhám tuyệt đối, có thể dùng điều kiện tương tự về hệ số nhám n:

$$\lambda_n = \lambda_{n1}^y \quad (19-10)$$

(nếu hệ số Sezi tính theo công thức của Pavolópki).

c) Trong dòng chảy rối ở khu quá độ từ thành trơn sang thành nhám thì mô hình cần hoàn toàn tương tự hình học và thoả mãn tiêu chuẩn Raynôn (19-9).

Nếu không tương tự hình học được về độ nhám tuyệt đối của thành thì phải thay điều đó bằng biểu thức tương tự về hệ số nhám ((19-10).

Nếu không thoả mãn được tương tự hình học về độ nhám tuyệt đối hoặc về hệ số nhám thì phải thay đổi cả số Raynôn, sao cho (19-7) được thoả mãn.

4. Khi mô hình không tương tự hình học được về độ nhám tuyệt đối của thành hay không tương tự được về hệ số nhám theo (19-10) thì sẽ không có tương tự về thủy động, nghĩa là không có sự tương tự giữa từng điểm tương ứng của mô hình và nguyên hình. Tuy nhiên, vẫn có thể xây dựng được mô hình tương tự thủy lực, nghĩa là tương tự giữa các yếu tố trung bình của dòng chảy như lưu tốc trung bình, lưu lượng toàn dòng, độ dốc đường mặt nước v.v..., nếu tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình lấy khác nhau theo các chiều khác nhau. Mô hình như thế gọi là mô hình biến dạng hình học.

Mô hình biến dạng hình học theo chiều dọc ($\lambda_{r1} = \lambda_b \neq \lambda_l$) phải thoả mãn biểu thức:

$$\frac{\lambda_C^2 \lambda_R}{\lambda_l} = 1 \quad (19-11)$$

Với dòng chảy rối ở khu sức cản bình phương và hệ số Sezi C tính theo công thức Pavolópki, thay cho (19-11) ta có:

$$\frac{\lambda_R^{1+2y}}{\lambda_n^2 \lambda_l} = \frac{\lambda_R^{2y}}{B \lambda_n^2} = 1 \quad (19-12)$$

Ở đây: $\frac{\lambda_l}{\lambda_R} = \frac{\lambda_l}{\lambda_h} = B$ gọi là hệ số biến dạng hình học, có thể lấy từ 2 tới 10.

Mô hình thoả mãn (19-11) hoặc (19-12), sẽ có tương tự về lực cản cũng như trọng lực; do đó, tỷ lệ lưu tốc của mô hình sẽ là:

$$\lambda_v = \lambda_h^{0,5} \quad (19-13)$$

Từ (19-13) ta lại xác định được các tỷ lệ khác của mô hình.

II. BÀI TẬP

Bài 19-1. Xây dựng các tỷ lệ sau đây của mô hình tương tự trọng lực theo tỷ lệ hình học bậc nhất: lưu lượng, thời gian, gia tốc, lực.

Giải:

Từ (19-5) ta đã có:

$$\lambda_u = \lambda_1^{0,5} \quad 1)$$

Với lưu lượng, ta có: $dQ = u d\omega$

nên:

$$\lambda_Q = \lambda_u \lambda_\omega = \lambda_u \lambda_1^2$$

Thay λ_u tính theo (1) ta được:

$$\lambda_Q = \lambda_1^{2,5}$$

Với thời gian, ta có:

$$dl = u dt$$

nên:

$$\lambda_l = \lambda_u \lambda_t$$

$$\lambda_t = \frac{\lambda_l}{\lambda_u} = \frac{\lambda_l}{\lambda_1^{0,5}} = \lambda_1^{0,5}$$

Với gia tốc, ta có:

$$a = \frac{du}{dt}$$

nên:

$$\lambda_a = \frac{\lambda_u}{\lambda_t} = \frac{\lambda_1^{0,5}}{\lambda_1^{0,5}} = 1$$

Với lực, ta có:

$$F = ma = \rho V a$$

Vì rằng:

$$\lambda_V = \lambda_1^3 \text{ và } \lambda_a = 1$$

nên ta được:

$$\lambda_F = \lambda_\rho \lambda_V \lambda_a = \lambda_\rho \lambda_1^3$$

Nếu ở mô hình và nguyên hình cùng một loại chất lỏng thì $\lambda_\rho = 1$, nên:

$$\lambda_F = \lambda_1^3$$

Bài 19-2

Xây dựng các tỷ lệ sau đây của mô hình tương tự hình học thoả mãn tiêu chuẩn Raynôn: lưu lượng, thời gian, gia tốc, độ dốc thuỷ lực, theo tỷ lệ hình học bậc nhất và tỷ lệ hệ số nhớt động.

Giải:

- Với lưu lượng, ta có:

$$\lambda_Q = \lambda_u \lambda_{v_0} = \lambda_u \lambda_1^2$$

Từ (19-9) ta có:

$$\lambda_u = \lambda_v \lambda_1^{-1}$$

nên:

$$\lambda_Q = \lambda_v \lambda_1^{-1} \lambda_1^2 = \lambda_v \lambda_1$$

- Với thời gian, ta có:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_u} = \frac{\lambda_1}{\lambda_v \lambda_1^{-1}} = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_v}$$

- Với gia tốc, ta có:

$$\lambda_a = \frac{\lambda_u}{\lambda_1} = \frac{\lambda_v \lambda_1^{-1}}{\lambda_1^2 \lambda_1^{-1}} = \frac{\lambda_v^2}{\lambda_1^3}$$

- Với độ dốc thuỷ lực, từ (19-6) ta có:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_u^2}{\lambda_1} = \frac{\lambda_v^2 \lambda_1^{-2}}{\lambda_1} = \frac{\lambda_v^2}{\lambda_1^3}$$

Nếu ở mô hình và nguyên hình cùng một loại chất lỏng ở cùng nhiệt độ thì $\lambda_v = 1$ và ta có:

$$\lambda_u = \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_Q = \lambda_1$$

$$\lambda_a = \lambda_1^2$$

$$\lambda_v = \frac{1}{\lambda_1^3}$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{\lambda_1^3}$$

Đặc biệt, nếu ở mô hình là loại chất lỏng khác có:

$$\lambda_v = \lambda_1^{3/2}$$

thì ta có:

$$\lambda_u = \lambda_1^{0,5}$$

$$\lambda_Q = \lambda_1^{2,5}$$

$$\lambda_t = \lambda_1^{0,5}$$

$$\lambda_a = 1$$

$$\lambda_j = 1$$

So sánh với bài (19-1) ta thấy trong trường hợp này, các tỷ lệ của mô hình thoả mãn tiêu chuẩn Phorút.

Bài 19-3. Thiết kế mô hình một đường ống dẫn có áp, dài $l = 150m$, đường kính $d = 3,0m$. Ống bằng kim loại đã cũ. Lưu lượng thiết kế của ống là $Q = 4,75m^3/s$.

a) Thiết kế mô hình tương tự thuỷ động trong ba trường hợp:

1. Chỉ xét riêng tiêu chuẩn trọng lực;
2. Chỉ xét riêng tiêu chuẩn lực cản;
3. Xét đồng thời cả hai tiêu chuẩn.

b) Thiết kế mô hình tương tự thuỷ lực.

Giải:

a) *Tương tự thuỷ động*

1. Chỉ xét riêng tiêu chuẩn trọng lực:

Để có thể thoả mãn điều kiện tương tự thuỷ động, trước hết cần làm mô hình hoàn toàn tương tự hình học. Giả sử do điều kiện thí nghiệm, chọn $\lambda_1 = 10$.

Như vậy ta sẽ có:

$$l_m = \frac{150}{10} = 15m.$$

$$d_m = \frac{3000}{10} = 300mm.$$

Với ống đã cũ như đầu bài cho, ta thấy ứng với $\Delta_n = 0,6mm$.

Vậy:
$$\Delta_m = \frac{0,6}{10} = 0,06mm$$

nghĩa là ống làm mô hình phải là loại ống thép mới.

Từ tiêu chuẩn Phorút, ta định được tỉ lệ lưu lượng cho mô hình là:

$$\lambda_Q = \lambda_1^{5/2} = 10^{5/2} = 317$$

Vậy lưu lượng dùng thí nghiệm là:

$$Q_m = \frac{4750}{317} = 15 \text{ l/s}$$

2. Chỉ xét riêng tiêu chuẩn lực cản:

Trước hết xét xem đường ống đã cho có dòng chảy ở khu vực sức cản nào:

Tính:
$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{4Q}{\pi d\nu}$$

Cho rằng nước có nhiệt độ $t = 20^{\circ}\text{C}$, nên $\nu = 0,0101 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Vậy
$$Re = \frac{4.4,75}{3,14.3.0,0101.10^{-4}} = 2.10^6$$

Ta tìm Re giới hạn của các khu sức cản theo các công thức (4-110) và (4-111) trong giáo trình thủy lực tập I được:

$$Re_{gh \text{ tron}} = 10 \frac{d}{\Delta} = 10 \cdot \frac{3000}{0,6} = 5 \cdot 10^4$$

$$Re_{gh \text{ nhám}} = 560 \frac{d}{\Delta} = 560 \cdot \frac{3000}{0,6} = 2,8 \cdot 10^6$$

So sánh với $Re = 2.10^6$, ta thấy dòng chảy ở trạng thái chảy rối quá độ từ thành trơn sang thành nhám.

Để có tương tự thủy động, mô hình cần phải hoàn toàn tương tự hình học và thỏa mãn tiêu chuẩn (19-7).

$$\lambda_l = 1$$

Với ống đã cho $\frac{\Delta}{d} = \frac{0,6}{3000} = 0,0002$ và với $Re = 2 \cdot 10^6$ từ đồ thị ở hình 4-24 (giáo trình thủy lực tập I) ta tìm được:

$$\lambda_r = 0,0142$$

Vậy ở đường ống làm mô hình, ta phải chọn Re_m và $\left(\frac{\Delta}{d}\right)_m$ sao cho:

$$\lambda_m = 0,0142.$$

Từ đồ thị nói trên, ta thấy rằng có thể chọn được nhiều giá trị tương ứng của Re và $\frac{\Delta}{d}$ để có: $\lambda_m = 0,0142$:

Ví dụ: với $\left(\frac{\Delta}{d}\right) = 0,00015$ và $Re = 6 \cdot 10^6$

với $\left(\frac{\Delta}{d}\right) = 0,0001$ và $Re = 6 \cdot 10^5$; v.v...

Dưới đây ta thiết kế với mô hình với $Re_m = 6 \cdot 10^5$ và $\left(\frac{\Delta}{d}\right)_m = 0,0001$. Tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình cũng chọn như trường hợp trên, nghĩa là $\lambda_l = 10$ nên ta có:

$$d_m = \frac{3000}{10} = 300 \text{ mm}$$

và:
$$\Delta_m = \left(\frac{\Delta}{d} \right)_m d_m = 0,0001 \cdot 300 = 0,03 \text{ mm}$$

(nghĩa là ở đây không thực hiện tương tự hình học về độ nhám tuyệt đối). Vậy ống làm thí nghiệm phải là ống bằng đồng có $l_m = 15 \text{ m}$ và $d_m = 300 \text{ mm}$.

Tìm lưu lượng dùng cho mô hình:

Ta có:
$$\lambda_Q = \lambda_v \lambda_1^2$$

λ_v được định ra từ λ_{Re} :

$$\lambda_{Re} = \frac{\lambda_v \lambda_d}{\lambda_v}$$

Ở đây, theo kết quả đã có ở trên, ta có:

$$\lambda_{Re} = \frac{2 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^5} = \frac{10}{3}$$

Còn nước để thí nghiệm mô hình có cùng nhiệt độ với nước ở nguyên hình nên $\lambda_v = 1$.

Vì vậy:
$$\lambda_v = \frac{\lambda_{Re}}{\lambda_d} = \frac{10}{3} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{3}$$

nên:
$$\lambda_Q = \frac{1}{3} \cdot 10^2 = \frac{100}{3}$$

Vậy lưu lượng để thí nghiệm mô hình là:

$$Q_m = \frac{4750,3}{100} = 142,5 \text{ l/s}$$

Nếu trong trường hợp này cũng làm mô hình hoàn toàn tương tự hình học như ở câu trên (nghĩa là có $\Delta_m = 0,06 \text{ mm}$) thì phải thoả mãn tiêu chuẩn Rây-nôn (19-9) mới có tương tự thuỷ động.

Lúc đó, từ (19-9) ta định được:

$$\lambda_v = \frac{\lambda_v}{\lambda_1} = \frac{1}{10}$$

nên:
$$\lambda_Q = \lambda_v \lambda_1^2 = \frac{1}{10} \cdot 10^2 = 10$$

và lưu lượng để thí nghiệm mô hình phải là:

$$Q_m = \frac{4750}{10} = 475 \text{ l/s}$$

3. Xét đồng thời cả hai tiêu chuẩn:

Để thoả mãn cả hai tiêu chuẩn, từ (19-5) ta cần có:

$$\lambda_v = \lambda_1^{0,5} \quad (1)$$

và từ (19-7) ta cần có:

$$\lambda_\lambda = 1$$

Ở đây theo câu (1), ta đã có:

$$\lambda_m = 0,0142$$

Để có $\lambda_m = 0,0142$ từ đồ thị ở hình 4.24 (giáo trình thủy lực tập I), ta có thể thay đổi Re_m của mô hình trong phạm vi từ $(4.10^5 \div 2,8.10^6)$ nghĩa là λ_{Re} thay đổi từ $(0,715 \div 5)$. Để kích thước mô hình có thể nhỏ, ta chọn λ_{Re} lớn nhất có thể được, tức là $\lambda_{Re} = 5$ (ứng với $Re_m = 4.10^5$).

Từ đồ thị nói trên, với $Re_m = 4.10^5$ phải ứng với $\left(\frac{\Delta}{d}\right)_m = 0,00005$, thì mới cho $\lambda_m = 0,0142$.

Ta định tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình từ:

$$\lambda_{Re} = \frac{\lambda_v \lambda_l}{\lambda_v}$$

Từ đây ta có:

$$\lambda_l = \frac{\lambda_{Re} \lambda_v}{\lambda_v}$$

Với $\lambda_{Re} = 5$; $\lambda_v = 1$, và $\lambda_v = \lambda_l^{0,5}$; ta được: $\lambda_l = 5^{2/3} = 2,93 \approx 3$.

Vậy kích thước mô hình là:

$$l_m = \frac{150}{3} = 50m$$

$$d_m = \frac{3000}{3} = 1000mm$$

$$\Delta_m = \left(\frac{\Delta}{d}\right)_m d_m = 0,00005 \cdot 1000 = 0,05mm^2$$

tương ứng với ống thép mới.

Còn: $\lambda_Q = \lambda_v \lambda_l^2 = \lambda_l^{2,5} = 2,93^{2,5} = 14,65$.

nên: $Q_m = \frac{4750}{14,65} = 324 l/s$.

b) Tương tự thủy lực:

Mô hình tương tự thủy lực đồng thời thỏa mãn cả hai tiêu chuẩn trọng lực và lực cản. Ở trường hợp trên đã phân tích là nếu muốn mô hình tương tự thủy động khi xét cả tiêu chuẩn trọng lực và tiêu chuẩn lực cản thì mô hình quá lớn.

Ở đây, để rút nhỏ mô hình, ta chọn hệ số sức cản ở mô hình có trị số lớn hơn nguyên hình (lúc đó không có tương tự thủy động được).

Giả thử ta cần làm mô hình với $\lambda_1 = 10$ thì từ:

$$\lambda_v = \lambda_1^{0,5} \text{ (tiêu chuẩn trọng lực)}$$

và
$$\lambda_{Re} = \frac{\lambda_v \lambda_1}{\lambda_v}, \text{ với } \lambda_v = 1, \text{ ta được:}$$

$$\lambda_{Re} = \lambda_1^{3/2} = 10^{3/2} = 31,7$$

Vậy
$$Re_m = \frac{2 \cdot 10^6}{31,7} = 6,3 \cdot 10^4.$$

Từ đồ thị đã dẫn ra ở trên, với $Re_m = 6,3 \cdot 10^4$ mà muốn trạng thái chảy là ở khu quá độ, ta có thể chọn các ống có $\left(\frac{\Delta}{d}\right) \leq 0,007$.

Ở đây, ví dụ chọn $\left(\frac{\Delta}{d}\right)_m = 0,003$ để có $\Delta_m = 0,003 \cdot 300 = 0,9mm$, nghĩa là ứng với các ống kim loại đã bị bán.

Với $Re_m = 6,3 \cdot 10^4$ và $\left(\frac{\Delta}{d}\right)_m = 0,003$, ta tìm được $\lambda_m = 0,028$.

Vậy:
$$\lambda_\lambda = \frac{0,0142}{0,028} \approx 0,5$$

Còn lưu lượng để thí nghiệm thì như ở trường hợp đầu tiên:

$$\lambda_Q = \lambda_1^{0,25} = 10^{2,5} = 317$$

$$Q_m = \frac{4750}{317} = 15 \text{ l/s}$$

Bài 19-4. Thiết kế một đập tràn thực dụng hình cong bằng bê tông cao $P_1 = P = 7,0m$, cột nước trên đỉnh đập $H_0 = 2,4m$.

Kênh hạ lưu mặt cắt chữ nhật, có $h_n = 3,2m$. Mặt cắt đập vẽ theo tọa độ Crijsơ - Ôphixêrốp ($m = 0,49$). Để sau đập có nước nhảy ngập, cần làm bể tiêu năng. Bể tiêu

năng bằng bê tông dài $l = 12m$; sâu $d = 0.85m$. Sân sau gồm hai phần theo chiều dài: một phần lát bằng đá học có $d = 30cm$, một phần bằng cuội và đá dăm to có $d = 4cm$. Đáy lòng sông phía sau sân sau là cát thô, có $d = 2mm$. Yêu cầu kiểm tra sự làm việc của đập trên mô hình.

Giải:

Xem bề rộng đập khá lớn, do đó chỉ cần nghiên cứu một phần đập trên một đơn vị bề rộng.

Ta có:

$$q = m\sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} = 0,49 \cdot 4,43 \cdot 2,4^{3/2} = 8,0 \text{ m}^2/s$$

1. Xác định kích thước hình học của mô hình:

Căn cứ vào máng kính thí nghiệm, trong đó sẽ làm thí nghiệm mô hình, để chọn tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình. Ví dụ, chọn $\lambda_l = 10$ thì các kích thước của mô hình sẽ là:

$$P_m = \frac{7}{10} = 0,7m.$$

$$b_m = \frac{1}{10} = 0,1m.$$

$$d_m = \frac{0,85}{10} = 0,085m.$$

$$l_m = \frac{12}{10} = 1,2m.$$

2. Chọn vật liệu làm mô hình:

Khi mô hình dòng chảy qua đập thì ảnh hưởng của trọng lực là chủ yếu, nên để có tương tự thủy động cần thoả mãn tiêu chuẩn Froudt, mà ở đây là thoả mãn (19-5):

$$\lambda_v = \lambda_l^{0,5} \quad (1)$$

Riêng phần tràn nước thì còn chịu ảnh hưởng lực cản của dòng chảy rối do đó cần thoả mãn điều kiện (19-10):

$$\lambda_n = \lambda_l^y \quad (2)$$

Căn cứ vào hai tiêu chuẩn trên, ta chọn vật liệu như sau:

a) *Bề tiêu năng*: có thể làm bằng bê tông, gỗ hay bằng vật liệu không bị xói khác.

b) *Mặt đập tràn*: chọn độ nhám vật liệu làm mặt đập từ (2) với $y = \frac{1}{6}$;

$$\lambda_n = \lambda_l^{1/6} = 10^{1/6} = 1,468$$

với đập bằng bê tông thì $n = 0,017$ nên:

$$n_m = \frac{0,017}{1,468} = 0,0115$$

Vậy có thể chọn loại gỗ bào tương đối kỹ ($n \approx 0,0115$) để làm mặt tràn nước.

c) *Sân sau và đáy lòng sông ở hạ lưu:*

Từ phụ lục (8-4) ở sách lý thuyết tập I, ta chọn được lưu tốc cho phép đối với vật liệu ở sân sau và đáy sông hạ lưu như sau:

Với đá hộc có $d = 300mm$, độ sâu hạ lưu $h_h = 3,2m$ thì $[v_1] = 4,4m/s$;

Với cuội và đá dăm có $d = 40mm$, độ sâu hạ lưu $h_h = 3,2$ thì $[v_2] = 2,32m/s$;

Với cát thô có $d = 2mm$, độ sâu hạ lưu $h_h = 3,2m$ thì $[v_3] = 0,79 m/s$.

Theo (1) ta tính được lưu tốc cho phép trên mô hình là:

$$[v_1]_m = [v_1]_n \lambda_1^{-0,5} = \frac{4,4}{\sqrt{10}} = 1,39m/s$$

$$[v_2]_m = [v_2]_n \lambda_1^{-0,5} = \frac{2,32}{\sqrt{10}} = 0,734m/s$$

$$[v_3]_m = [v_3]_n \lambda_1^{-0,5} = \frac{0,79}{\sqrt{10}} = 0,25m/s$$

Ứng với độ sâu hạ lưu của mô hình là $h_{h_m} = \frac{3,2}{10} = 0,32m$ ta tìm được các vật liệu tương ứng với các lưu tốc cho phép ở trên là:

Phần đầu sân sau lát bằng cuội và đá dăm nhỏ có $d = 20mm$;

Phần sau sân lát bằng sỏi có $d = 3mm$.

Đáy sông phía hạ lưu làm bằng cát mịn có $d \leq 0,05mm$.

3. Lưu lượng trên mô hình

Từ (1), ta có:

$$\lambda_Q = \lambda_1^{2,5} = 10^{2,5} = 317$$

Vậy lưu lượng trên một đơn vị bề rộng (1dm) của mô hình là:

$$q_m = \frac{8}{317} = 0,0253 m^3/s.dm = 25,3 l/s.dm$$

Để giảm ảnh hưởng của tường bên đối với phần công trình định nghiên cứu, ta tiến hành thí nghiệm trong máng kính có bề rộng lớn hơn, ví dụ, với máng kính có $B = 0,5m$. Lúc đó lưu lượng cần dùng cho thí nghiệm là:

$$Q_m = q_m \cdot 5 = 25,3 \cdot 5 = 126,5 l/s$$

Bài 19-5. Một kênh hình thang có $b = 12,0m$, mái dốc $m = 1,5$; độ dốc đáy $i = 0,0002$; độ nhám lòng kênh $n = 0,025$. Khi lưu lượng $Q = 48 m^3/s$ thì độ sâu chảy đều tính được là $h_0 = 3,0m$. Kênh làm bằng bê tông, thiết kế mô hình kênh này với hai trường hợp:

Độ sâu trên mô hình là $h_{0,m} = 0,3m$.

Độ sâu trên mô hình là $h_{0,m} = 0,2m$.

Giải:

Dòng chảy trong kênh chịu ảnh hưởng chủ yếu của trọng lực và lực cản, do đó, để có tương tự thủy động, cần thoả mãn (19-5):

$$\lambda_v = \lambda_1^{0,5} \quad (1)$$

và (19-10):
$$\lambda_n = \lambda_1^y \quad (2)$$

Mô hình làm bằng bê tông, ta chọn $n_m = 0,017$ do đó:

$$\lambda_m = \frac{0,025}{0,017} = 1,47 \quad (3)$$

1. Với độ sâu trên mô hình là $h_{0,m} = 0,3m$:

Ta có:
$$\lambda_h = \lambda_1 = \frac{3,0}{0,3} = 10$$

nên:
$$\lambda_1^y = 10^{1/6} = 1,47 \text{ (lấy } y = \frac{1}{6} \text{)} \quad (4)$$

Ta thấy (3) và (4) thoả mãn (2).

Vậy chỉ cần mô hình tương tự hình học là có tương tự thủy động. Các tham số cơ bản của mô hình là:

$$b_m = 1,2m$$

$$m_m = 1,5$$

$$i_m = 0,0002$$

$$n_m = 0,017$$

Còn tỉ lệ lưu lượng của mô hình là:

$$\lambda_Q = \lambda_v \lambda_1^2 = \lambda_h^{2,5} = 10^{2,5} = 317$$

nên:
$$Q_m = \frac{48000}{317} = 152 \text{ l/s}$$

2. Độ sâu trên mô hình là $h_{0,m} = 0,2m$:

ta có:
$$\lambda_h = \lambda_1 = \frac{3}{0,2} = 15$$

$$\lambda_1^{1/6} = 15^{1/6} = 1,573 \quad (5)$$

So sánh (3) và (5) ta thấy (2) không được thoả mãn. Như vậy, mô hình không tương tự thủy động được mà chỉ có thể có tương tự thủy lực nên ta làm mô hình biến dạng hình học.

Dùng biểu thức (19-12) để định tỷ lệ hình học bậc nhất theo chiều dài:

$$\lambda_l = \frac{\lambda_R^{1+2y}}{\lambda_n^2}$$

Lấy $y = \frac{1}{6}$ và vì $\lambda_R = \lambda_h = 15$ nên ta có:

$$\lambda_l = \frac{15^{1+1/3}}{1,47^2} = 17,2$$

Vậy tỷ lệ độ dốc đáy kênh là:

$$\lambda_i = \frac{\lambda_h}{\lambda_l} = \frac{15}{17,2} = 0,87$$

nên:
$$i_m = \frac{0,0002}{0,87} = 0,00023$$

Mô hình này có hệ số biến dạng hình học là:

$$B = \frac{\lambda_l}{\lambda_h} = \frac{17,2}{15} = 1,15$$

Còn:
$$\lambda_Q = \lambda_h^{2,5} = 15^{2,5} = 870$$

nên:
$$Q_m = \frac{48000}{870} = 55 \text{ l/s.}$$

Nếu muốn ở trường hợp này cũng có tương tự thủy động thì phải làm mô hình bằng loại vật liệu khác sao cho $\lambda_m = 1,573$.

Vậy vật liệu mô hình phải có hệ số nhám là:

$$n_m = \frac{0,025}{1,573} = 0,0159$$

tương ứng với mặt kênh xây bằng gạch.

Bài 19-6. Lập các tỷ lệ sau đây của mô hình tương tự hình học thoả mãn tiêu chuẩn Phorút: tốc độ góc quay (λ_Ω), áp suất (λ_p), độ dốc thủy lực (λ_j), hệ số sức cản ma sát Đácxi (λ_λ), hệ số Sezi (λ_c), hệ số tổn thất cục bộ (λ_ξ), hệ số lưu lượng (λ_m), hệ số lưu tốc (λ_v).

Đáp số: $\lambda_1^{0,5}$; λ_p ; λ_j ; 1; 1; 1; 1; 1; 1.

Bài 19-7. Lập các tỷ lệ sau đây của mô hình tương tự hình học thỏa mãn tiêu chuẩn Raynôn: tốc độ góc quay (λ_Ω), lực (λ_F); ứng suất (λ_σ), công (λ_W), công suất (λ_N), hệ số sức cản ma sát Đácxi (λ_λ).

Đáp số: $\lambda_v \lambda_l^{-2}$; $\lambda_p \lambda_v^2$; $\lambda_p \lambda_v^2 \lambda_l^{-2}$; $\lambda_p \lambda_v^2 \lambda_l$; $\lambda_p \lambda_v^3 \lambda_l^{-1}$; 1

Bài 19-8. Xác định lưu tốc tại mặt cắt co hẹp của đập tràn, nếu lưu tốc tương ứng trên mô hình là $v_m = 1,5m/s$. Cho biết tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình là $\lambda_l = 150$.

Đáp số: $v = 18,35m/s$.

Bài 19-9. Xác định hệ số nhớt động của chất lỏng dùng để thí nghiệm mô hình tàu thủy, biết rằng hệ số nhớt động của chất lỏng ở nguyên hình là $\nu = 0,010 \cdot 10^{-4} m^2/s$, và $\lambda_l = 100$. Nếu ở thí nghiệm mô hình cũng dùng một thứ chất lỏng như nguyên hình thì tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình phải là bao nhiêu?

Đáp số: Phải thỏa mãn cả hai tiêu chuẩn Phrơút và Raynôn:

1) $\nu_m = 0,01 \cdot 10^{-7} m^2/s$;

2) $\lambda_l = 1$.

Bài 19-10. Như bài 19-3, nhưng với lưu lượng thiết kế của ống là $Q = 12m^3/s$. Nhiệt độ của nước $t = 20^\circ C$.

Chỉ dẫn và đáp số:

a) Tương tự thủy động:

1. Chỉ xét riêng tiêu chuẩn trọng lực:

Nếu lấy $\lambda_l = 10$, thì $Q_m = 38l/s$; $l_m = 15,0m$; $d_m = 300mm$; $\Delta_m = 0,06mm$.

2. Chỉ xét riêng tiêu chuẩn lực cản:

Nếu lấy $\lambda_l = 10$ và $\lambda_{Rc} = 1,5$, thì $Q_m = 800l/s$; $l_m = 15,0m$; $d_m = 300mm$; $\Delta_m = 0,06mm$.

3. Xét đồng thời cả hai tiêu chuẩn:

Nếu chọn $\lambda_{Rc} = 1,8$ thì $\lambda_l = 1,5$; $Q_m = 4,5m^3/s$; $l_m = 100,00m$; $d_m = 2000mm$, $\Delta_m = 0,4mm$.

b) Tương tự thủy lực:

Nếu lấy $\lambda_l = 10$ và chọn $\left(\frac{\Delta}{d}\right)_m = 0,008$ thì $\lambda_\lambda = 0,38$; $\lambda_m = 0,036$; $\Delta_m = 2,4mm$;
 $Q_m = 3,8 l/s$.

Bài 19-11. Trong đề án thiết kế một xiphông ngược có các số liệu cơ bản như sau: chiều dài toàn bộ xiphông $L = 110m$; có bốn chỗ gãy khúc với $\alpha = 15^\circ$. Mặt cắt ngang xiphông là hình chữ nhật có bề rộng $b = 1,3m$, bề cao $a = 1,6m$. Xiphông làm bằng

bê tông cốt thép có hệ số nhám $n = 0,014$; ở cửa vào có lưới chắn rác. Lưu lượng và cột nước thiết kế là $Q = 4m^3/s$; $H = 0,4m$.

Yêu cầu thiết kế mô hình để kiểm tra sự làm việc của xiphông trên trong hai trường hợp:

1. Mô hình tương tự thủy động (thỏa mãn cả tiêu chuẩn trọng lực và lực cản);
2. Mô hình biến dạng hình học với hệ số biến dạng $B = 5$.

Chỉ dẫn và đáp số:

1. Tương tự thủy động: Tính $Re_{ghnhám} = 21,6C \frac{d}{\Delta}$ với $\Delta = 1mm$.

Nếu lấy $\lambda_1 = 5$ thì: $n_m = 0,0107$

$$Q_m = 72 \text{ l/s.}$$

2. Tương tự thủy lực:

Nếu chọn $\lambda_1 = 20$ thì $l_m = 5,5m$; $\lambda_h = 4$; $b_m = 32,5cm$; $a_m = 40cm$; $n_m = 0,025$;
 $Q_m = 125 \text{ l/s.}$

Bài 19-12. Một xiphông ngược dài $L = 130m$ bằng bê tông cốt thép ($n = 0,017$). Mặt cắt ngang hình tròn có $d = 1,7m$. Dọc theo xiphông có bốn chỗ gãy khúc với $\alpha = 40^\circ$. Tại chỗ vào có lưới chắn rác. Theo tính toán khi thiết kế, với $Q = 2,5m^3/s$ thì $H = 0,37m$. Trong các hệ số tổn thất thì với các chỗ vào, ra và gãy khúc được xem là xác định chính xác $\zeta_{vào} = 0,4$; $\zeta_{ra} = 0,8$; $\zeta_{gãy} = 0,3$; còn ζ_{lcr} (lưới chắn rác) thì chỉ lấy sơ bộ $\zeta_{lcr} = 1,22$ để tính và có kết quả trên.

Yêu cầu làm thí nghiệm mô hình để xét xem sự làm việc của xiphông định thiết kế, đồng thời xác định chính xác hệ số tổn thất của lưới chắn rác.

Làm mô hình với hai trường hợp:

1. Tương tự thủy động;
2. Tương tự thủy lực với hệ số biến dạng $B = 2,5$.

Chỉ dẫn và đáp số:

Tính $Re_{ghnhám} = 21,6C \frac{d}{\Delta}$; với $\Delta = 1,5m$.

Nhiệt độ nước lấy $t = 20^\circ C$.

1. Tương tự thủy động:

Nếu lấy $\lambda_1 = 8$ thì $l_m = 16,3m$; $d_m = 22,5cm$; $n_m = 0,012$; $Q_m = 13,8 \text{ l/s.}$

2. Tương tự thủy lực:

Nếu lấy $\lambda_1 = 20$ thì $l_m = 6,5m$; $\lambda_h = 8$; $d_m = 22,5cm$; $n_m = 0,019$; $Q_m = 13,8 \text{ l/s.}$

3. Khi thí nghiệm mô hình với $Q_m = 13.8 \text{ l/s}$, nếu thấy cột nước H là $H_m = 4,6 \text{ cm}$ thì việc xác định hệ số tổn thất lưới chắn rác $\zeta_{\text{ler}} = 1,22$ là đúng. Giả dụ khi thí nghiệm đo được $H_m = 5 \text{ cm}$ thì chứng tỏ việc xác định hệ số tổn thất chưa đúng. Nếu xem các hệ số tổn thất (trừ lưới chắn rác) là xác định đúng, thì hệ số tổn thất của lưới chắn rác phải xác định lại. Với $H_m = 5 \text{ cm}$ thì $\zeta_{\text{ler}} = 1,67$.

Bài 19-13. Một kênh mặt cắt hình thang có $b = 26,0 \text{ m}$, $m = 2$; $i = 0,00038$. Lưu lượng $Q = 75 \text{ m}^3/\text{s}$. Lòng kênh bằng đất sét chặt. Với kênh này, độ sâu chảy đều đo được $h_0 = 2,0 \text{ m}$.

Làm mô hình kênh này với cùng loại lòng kênh như ở nguyên hình, có $b_m = 1,3 \text{ m}$; $m = 2$. Khi độ dốc của lòng kênh ở mô hình là $i_m = 0,00328$, ta thấy có tương tự thủy lực giữa nguyên hình và mô hình. Hỏi độ nhám của lòng kênh ở mô hình là bao nhiêu?

Nếu thay lòng dẫn ở mô hình bằng vật liệu khác để có hệ số nhám bằng ở nguyên hình thì độ dốc đáy mô hình phải là bao nhiêu để có tương tự thủy lực?

Chỉ dẫn và đáp số:

1. Nếu dùng công thức Ma-ninh thì hệ số nhám ở nguyên hình là $n = 0,0225$;
2. Khi $i_m = 0,00328$ thì $n_m = 0,04$; $Q_m = 42 \text{ l/s}$.
3. Khi $n_m = n_n = 0,0225$ thì $i_m = 0,00103$; $Q_m = 42 \text{ l/s}$.

PHỤ LỤC

Phụ lục 13-1. Dùng để tính các độ sâu liên hiệp của nước nhảy trong kênh chữ nhật

$$\xi'_k = \frac{h'}{h_k} ; \quad \xi''_k = \frac{h''}{h_k}$$

ξ'_k	ξ''_k	ξ'_k	ξ''_k	ξ'_k	ξ''_k	ξ'_k	ξ''_k	ξ'_k	ξ''_k
0,01	14,141	0,21	2,983	0,41	2,013	0,61	1,533	0,81	1,218
0,02	11,990	0,22	2,904	0,42	1,982	0,62	1,513	0,82	1,205
0,03	8,149	0,23	2,833	0,43	1,954	0,63	1,481	0,83	1,192
0,04	7,051	0,24	2,770	0,44	1,945	0,64	1,477	0,84	1,189
0,05	6,470	0,25	2,706	0,45	1,895	0,65	1,459	0,85	1,167
0,06	5,744	0,26	2,652	0,46	1,870	0,66	1,439	0,86	1,154
0,07	5,310	0,27	2,592	0,47	1,838	0,67	1,424	0,87	1,142
0,08	4,961	0,28	2,538	0,48	1,820	0,68	1,409	0,88	1,130
0,09	4,669	0,29	2,488	0,49	1,790	0,69	1,390	0,89	1,119
0,10	4,422	0,30	2,445	0,50	1,765	0,70	1,372	0,90	1,110
0,11	4,165	0,31	2,381	0,51	1,747	0,71	1,360	0,91	1,096
0,12	4,023	0,32	2,336	0,52	1,723	0,72	1,345	0,92	1,084
0,13	3,860	0,33	2,300	0,53	1,700	0,73	1,330	0,93	1,073
0,14	3,710	0,34	2,271	0,54	1,977	0,74	1,315	0,94	1,063
0,15	3,577	0,35	2,218	0,55	1,654	0,75	1,300	0,95	1,052
0,16	3,646	0,36	2,184	0,56	1,630	0,76	1,284	0,96	1,042
0,17	3,350	0,37	2,147	0,57	1,610	0,77	1,272	0,97	1,031
0,18	3,254	0,38	2,112	0,58	1,589	0,78	1,259	0,98	1,020
0,19	3,141	0,39	2,078	0,59	1,567	0,79	1,245	0,99	1,010
0,20	3,064	0,40	2,045	0,60	1,548	0,80	1,230	1,00	1,000

Phụ lục 14-1. Hệ số ngấp σ_n của đập có mặt cắt thực dụng

h_n/H_0	σ_n	
	Đập không có chân không (1)	Đập có chân không (2)
1	2	3
-0,15	1,000	1,000
-0,10	1,000	0,999
0,00	1,000	0,990
0,10	0,998	0,971
0,20	0,996	0,940
0,30	0,991	0,895
0,40	0,983	0,845
0,50	0,972	0,788

Phụ lục 14-1 (tiếp theo)

1	2	3
0,60	0,957	0,723
0,70	0,933	0,642
0,75	0,85(0,91 ÷ 0,68)	0,588
0,80	0,79(0,89 ÷ 0,63)	0,538
0,85	0,70(0,86 ÷ 0,54)	0,438
0,90	0,54(0,63 ÷ 0,44)	0,390
0,95	0,41(0,53 ÷ 0,28)	0,260
1,00	0,00	0,000

(1) Hệ số ngập của đập không có chân không lấy theo thực nghiệm của Ôphixêrốp: khi $\frac{h_n}{H_0} \geq 0,75$ thì lưu lượng không ổn định. Hệ số ngập thay đổi trong phạm vi khá rộng. Khi dùng nên lấy trị số trung bình.

(2) Hệ số ngập của đập có chân không lấy theo thực nghiệm của Rôzanốp. Chú ý rằng với $-0,15 < \frac{h_n}{H_0} < 0$ tuy thực chất chưa phải là chảy ngập, nhưng lúc có mức nước hạ lưu lên đến gần đỉnh đập, khu chân không giảm tác dụng hút vì bị ép lại, do đó hệ số m giảm đi chút ít.

Phụ lục 14-2. Bảng tọa độ đường cong mặt đập không có chân không vẽ theo phương pháp Corijơ - Ôphixêrốp

$\bar{x} = \frac{x}{H_{tk}}$	$\bar{y} = \frac{y'}{H_{tk}}$	
	Đập loại I (Kiểu Corijơ - Ôphixêrốp)	Đập loại II (Kiểu Corijơ)
0	0,126	0,043
0,1	0,036	0,010
0,2	0,007	0,000
0,3	0,000	0,005
0,4	0,007	0,023
0,6	0,060	0,098
0,8	0,147	0,189
1,0	0,256	0,321
1,2	0,393	0,420
1,4	0,565	0,665
1,7	0,873	0,992
2,0	1,235	1,377
2,5	1,960	1,140
3,0	2,824	3,060
3,5	3,818	4,080
4,0	4,930	5,240
4,5	6,220	6,580

Phụ lục 14-3. Hệ số sửa chữa hình dạng σ_{hd}

α^0	β^0	$l/P_1^{(1)}$				
		0	0,3	0,6	0,9	1,0
15	15	0,880	0,878	0,855	0,850	0,933
	30	0,910	0,908	0,885	0,880	0,974
	60	0,927	0,925	0,902	0,895	1,000
45	15	0,915	0,915	0,911	0,919	0,933
	30	0,953	0,950	0,950	0,956	0,974
	60	0,974	0,974	0,970	0,978	1,000
75	15	0,930	0,930	0,930	0,930	0,933
	30	0,972	0,972	0,972	0,972	0,974
	60	0,998	0,998	0,998	0,999	1,000
90	15	0,933	-	-	-	0,933
	30	0,974	-	-	-	0,974
	60	1,000	-	-	-	1,000

(1) l là độ dài phân thẳng đứng của mặt đập phía thượng lưu

Phụ lục 14-4. Hệ số sửa chữa do cột nước σ_{H}

H/H_{lk}	α^0					
	15	30	45	60	75	90
0,2	0,897	0,886	0,875	0,864	0,853	0,842
0,4	0,934	0,928	0,921	0,914	0,907	0,900
0,6	0,961	0,957	0,953	0,949	0,945	0,940
0,8	0,982	0,980	0,978	0,977	0,975	0,973
1,2	1,016	1,017	1,019	1,020	1,022	1,024
1,4	1,029	1,032	1,036	1,039	1,042	1,045
1,6	1,042	1,048	1,051	1,055	1,060	1,064
1,8	1,054	1,059	1,065	1,071	1,076	1,082
2,0	1,64	1,071	1,078	1,085	1,092	1,099

Phụ lục 14-5. Tọa độ mặt cắt đập có chân không đỉnh elíp

$$\left(\bar{x} = \frac{x}{r'} \quad ; \quad \bar{y} = \frac{y}{r'} \right)$$

Tên điểm	$\frac{a}{b} = 1$		$\frac{a}{b} = 2$		$\frac{a}{b} = 3$	
	\bar{x}	\bar{y}	\bar{x}	\bar{y}	\bar{x}	\bar{y}
1	-1,000	1,000	-0,692	0,830	-0,472	0,629
2	-0,736	0,830	-0,560	0,248	-0,368	0,189
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,585	0,208	0,629	0,226	0,541	0,173
5	1,377	1,302	1,242	0,730	1,022	0,503
6	2,434	2,896	1,682	1,278	1,456	0,800
7	3,670	4,717	2,327	2,246	1,855	1,320
8	5,462	7,424	2,956	3,189	2,240	1,792
9	-	-	4,450	5,430	2,580	2,270
10	-	-	5,290	6,704	2,193	3,214
11	-	-	-	-	4,685	5,453
12	-	-	-	-	5,561	6,767

Phụ lục 14-6. Hệ số lưu lượng m_{hc} của đập có chân không đỉnh tròn và đỉnh elíp

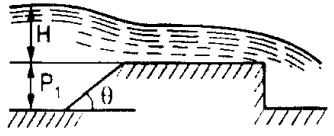
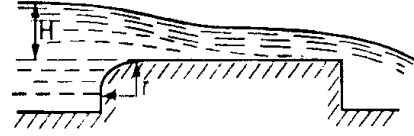
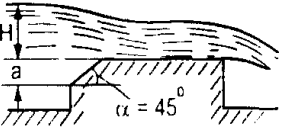
$\frac{H_0}{r'}$	m			$\frac{H_0}{r'}$	m		
	$\frac{a}{b} = 1$	$\frac{a}{b} = 2$	$\frac{a}{b} = 3$		$\frac{a}{b} = 1$	$\frac{a}{b} = 2$	$\frac{a}{b} = 3$
1	0,486	0,487	0,495	2,4	0,538	0,554	0,557
1,2	0,497	0,500	0,509	2,6	0,543	0,560	0,562
1,4	0,506	0,512	0,520	2,8	0,549	0,565	0,566
1,6	0,513	0,521	0,530	3,0	0,553	0,569	0,570
1,8	0,521	0,531	0,537	3,2	0,557	0,573	0,575
2,0	0,526	0,540	0,544	3,4	0,560	0,577	0,577
2,2	0,535	0,548	0,551				

Phụ lục 14-7. Hệ số lưu lượng của đập thực dụng mặt cắt hình thang

Độ cao tương đối của đập $\frac{P}{H}$	Độ dốc mái		Hệ số lưu lượng m		
	S Thượng lưu	S' Hạ lưu	$\frac{H}{\delta} > 2$	$1 < \frac{H}{\delta} < 2$	$0,5 < \frac{H}{\delta} < 1$
3 ÷ 5	0,5	0,5	0,43 ÷ 0,42	0,40 ÷ 0,38	0,36 ÷ 0,35
2 ÷ 3	1	0	0,44	0,42	0,40
	2	0	0,43	0,41	0,39
	0	1	0,42	0,40	0,38
	0	2	0,40	0,38	0,36
1 ÷ 2	3	0	0,42	0,40	0,38
	4	0	0,41	0,39	0,37
	5	0	0,40	0,38	0,36
	10	0	0,38	0,36	0,35
	0	3	0,39	0,37	0,35
	0	5	0,37	0,35	0,34
	0	10	0,35	0,34	0,33

Phụ lục 14-8. Hệ số lưu lượng m của đập tràn đỉnh rộng theo Đ. I. Cumin

a) Đập có ngưỡng và không có cơ hẹp bên

$\eta = \frac{P_1}{H}$												
	cotgθ				r/H					a/H		
	0	1	2	> 2,5	0,025	0,10	0,40	0,8	1,0	0,025	0,1	2
0,2	0,366	0,377	0,382	0,382	0,372	-	-	-	-	0,371	0,376	-
0,6	0,350	0,370	0,379	0,380	0,360	0,367	0,374	-	-	0,369	0,367	-
1,0	0,342	0,367	0,377	0,378	0,355	0,362	0,371	0,376	-	0,353	0,363	-
2,0	0,333	0,363	0,375	0,377	0,349	0,358	0,368	0,375	0,382	0,347	0,358	-
6,0	0,325	0,360	0,374	0,376	0,344	0,354	0,366	0,373	0,380	0,341	0,354	0,360
∞	0,320	0,358	0,373	0,375	0,340	0,351	0,364	0,372	0,375	0,337	0,352	0,358

Phụ lục 14-8 (tiếp theo)

b) Đập không ngưỡng và có cơ hẹp bên

$\beta = \frac{b}{B}$												
	cotgθ				r/b					a/b		
	0	1	2	3	0	0.1	0.3	0.6	0	0,05	0,10	0,20
0,0	0,320	0,350	0,353	0,350	0,320	0,342	0,354	0,360	0,320	0,340	0,345	0,350
0,2	0,324	0,352	0,355	0,352	0,324	0,345	0,356	0,362	0,324	0,343	0,348	0,352
0,4	0,330	0,356	0,358	0,356	0,330	0,349	0,359	0,364	0,330	0,347	0,351	0,356
0,6	0,340	0,360	0,363	0,361	0,340	0,354	0,363	0,368	0,340	0,354	0,357	0,261
0,8	0,355	0,369	0,370	0,369	0,355	0,365	0,371	0,373	0,355	0,364	0,366	0,369
1,0	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385

c) Đập vừa có ngưỡng, vừa có cơ hẹp bên

m tính theo công thức dưới đây:

- khi $m_\beta > m_\eta$

$$m = m_\eta + (m_\beta - m_\eta) F_\eta + (0,385 - m_\beta) F_\eta F_\beta$$

- khi $m_\beta < m_\eta$

$$m = m_\beta + (m_\eta - m_\beta) F_\beta + (0,385 - m_\eta) F_\eta F_\beta$$

trong đó:

m_η là trị số ở hàng cuối cùng, ứng với $\eta = \frac{P_1}{H} = \infty$ của phụ lục 14.8, a.

m_β là trị số ở hàng trên cùng, ứng với $\beta = \frac{b}{B} = 0$ của phụ lục 14.8, b.

$$F_\eta = \frac{H}{H + 2P_1} = \frac{1}{1 + 2\eta}$$

$$F_\beta = \frac{b}{3,5B - 2,5b} = \frac{\beta}{3,5 - 2,5\beta}$$

Phụ lục 15-1. Bảng tính sự mối tiếp ở hạ lưu công trình

F(τ_c)	τ_c	τ_c''				
		$\varphi = 0,80$	$\varphi = 0,85$	$\varphi = 0,90$	$\varphi = 0,95$	$\varphi = 1,00$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,0044	0,001	0,0501	0,0532	0,0564	0,0696	0,0627
0,0089	0,002	0,0705	0,0740	0,0794	0,0839	0,0884
0,0133	0,003	0,0861	0,0916	0,0971	0,1026	0,1081
0,0177	0,004	0,0990	0,1053	0,1116	0,1179	0,1242

Phụ lục 15-1 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,0221	0,005	0,1104	0,1174	0,1245	0,1315	0,1386
0,0265	0,006	0,1206	0,1283	0,1360	0,1438	0,1535
0,0309	0,007	0,1299	0,1383	0,1466	0,1549	0,1633
0,0353	0,008	0,1386	0,1475	0,1564	0,1653	0,1742
0,0397	0,009	0,1467	0,1541	0,1636	0,1750	0,1844
0,0441	0,010	0,1543	0,1642	0,1742	0,1841	0,1941
0,0550	0,0125	0,1716	0,1827	0,1938	0,2049	0,2160
0,0660	0,0150	0,1871	0,1933	0,2114	0,2236	0,2357
0,0768	0,0175	0,2012	0,2143	0,2274	0,2405	0,2536
0,0877	0,0200	0,2142	0,2282	0,2422	0,2562	0,2702
0,0985	0,0225	0,2263	0,2411	0,2559	0,2707	0,2856
0,1094	0,0250	0,2376	0,2532	0,2688	0,2844	0,3000
0,1201	0,0275	0,2483	0,2646	0,2809	0,2973	0,3136
0,1309	0,0350	0,2584	0,2754	0,2921	0,3095	0,3265
0,1523	0,0300	0,2771	0,2954	0,3138	0,3321	0,3505
0,1736	0,0400	0,2942	0,3137	0,3334	0,3529	0,3724
0,1948	0,045	0,3100	0,3306	0,3513	0,3720	0,3927
0,2159	0,050	0,3246	0,3464	0,3681	0,3899	0,4116
0,2369	0,055	0,3383	0,3610	0,3338	0,4065	0,4293
0,2577	0,060	0,3511	0,3748	0,3985	0,4222	0,4459
0,2784	0,065	0,3633	0,3879	0,4124	0,4370	0,4616
0,2991	0,070	0,3747	0,4002	0,4256	0,4510	0,4765
0,3196	0,075	0,3856	0,4118	0,4381	0,4643	0,4906
0,3399	0,080	0,3959	0,4229	0,4500	0,4770	0,5014
0,3602	0,085	0,4057	0,4335	0,4613	0,4891	0,5169
0,3804	0,090	0,4151	0,4436	0,4721	0,5006	0,5291
0,4004	0,095	0,4240	0,4532	0,5847	0,5116	0,5409
0,4203	0,100	0,4326	0,4625	0,4923	0,5222	0,5521
0,4597	0,110	0,4486	0,4798	0,5109	0,5420	0,5732
0,4987	0,120	0,4634	0,4957	0,5280	0,5603	0,5927
0,5371	0,130	0,4770	0,5104	0,5438	0,5773	0,6107
0,5752	0,140	0,4896	0,5240	0,5585	0,5930	0,6275
0,6127	0,150	0,5012	0,5366	0,5721	0,6076	0,6431
0,6496	0,160	0,5120	0,5484	0,5847	0,6211	0,6576
0,6861	0,170	0,5220	0,5592	0,5965	0,6337	0,6710
0,7220	0,180	0,5312	0,5693	0,6074	0,6455	0,6836
0,7575	0,190	0,5398	0,5786	0,6175	0,6564	0,6953
0,7924	0,200	0,5478	0,5873	0,6269	0,6666	0,7062
0,8268	0,210	0,5551	0,5954	0,6356	0,6760	0,7164

Phụ lục 15-1 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,8608	0,220	0,5619	0,6028	0,6437	0,6847	0,7258
0,8941	0,230	0,5681	0,6096	0,6512	0,6928	0,7355
0,9269	0,240	0,5738	0,6159	0,6581	0,7003	0,7446
0,9591	0,250	0,5790	0,6217	0,6644	0,7072	0,7500
0,9968	0,260	0,5838	0,6270	0,6702	0,7135	0,7569
1,0219	0,270	0,5880	0,6317	0,6755	0,7193	0,7631
1,0525	0,280	0,5919	0,6360	0,6802	0,7245	0,7689
1,0825	0,290	0,5954	0,6399	0,6845	0,7293	0,7740
1,1120	0,300	0,5984	0,6434	0,6884	0,7335	0,7787
1,1408	0,310	0,6010	0,6463	0,6918	0,7373	0,7829
1,1690	0,320	0,6033	0,6490	0,6948	0,7406	0,7866
1,1966	0,330	0,6052	0,6512	0,6973	0,7435	0,7898
1,2236	0,340	0,6078	0,6530	0,6994	0,7460	0,7926
1,2500	0,350	0,6080	0,6545	0,7012	0,7480	0,7949
1,2758	0,360	0,6088	0,6556	0,7025	0,7496	0,7967
1,3010	0,370	0,6093	0,6563	0,7035	0,7508	0,7981
1,3255	0,380	0,6095	0,6568	0,7041	0,7516	0,7992
1,3278	0,381	0,6095	0,6568	0,7042	0,7516	0,7992
1,3389	0,386	0,6095	0,6568	0,7043	0,7519	0,7996
1,3493	0,390	0,6094	0,6568	0,7043	0,7520	0,7998
1,3518	0,391	0,6094	0,6568	0,7061	0,7520	0,7998
1,3634	0,396	0,6092	0,6566	0,7043	0,7521	0,8000
1,3726	0,400	0,6090	0,6565	0,7042	0,7520	0,8000
1,3951	0,410	0,6082	0,6559	0,7037	0,7517	0,7998
1,4170	0,420	0,6072	0,6549	0,7029	0,7510	0,7992
1,4382	0,430	0,6058	0,6536	0,6517	0,7499	0,7982
1,4586	0,440	0,6041	0,6521	0,7002	0,7484	0,7968
1,4784	0,450	0,6022	0,6502	0,6983	0,7466	0,7951
1,4974	0,460	0,5999	0,6479	0,6961	0,7445	0,7930
1,5158	0,470	0,5974	0,6454	0,6936	0,7420	0,7905
1,5333	0,480	0,5946	0,6426	0,6908	0,7391	0,7876
1,5501	0,490	0,5915	0,6395	0,6876	0,7359	0,7844
1,5662	0,500	0,5882	0,6360	0,6841	0,7324	0,7808
1,5815	0,510	0,5845	0,6322	0,6802	0,7284	0,7768
1,5959	0,520	0,5806	0,6282	0,6761	0,7242	0,7725
1,6097	0,530	0,5764	0,6239	0,6717	0,7196	0,7678
1,6224	0,540	0,5719	0,6193	0,6668	0,7147	0,7627
1,6344	0,550	0,5672	0,6145	0,6619	0,7097	0,7576

Phụ lục 15-1 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1,6455	0,560	0,5621	0,6091	0,6563	0,7038	0,7515
1,6467	0,561	0,6516	0,6086	0,6558	0,7032	0,7509
1,6557	0,570	-	0,6036	0,6506	0,6979	0,7453
1,6665	0,580	-	0,5977	0,6446	0,6916	0,7388
1,6736	0,590	-	0,5917	0,6381	0,6849	0,7320
1,6743	0,591	-	0,5910	0,6375	0,6843	0,7312
1,6812	0,600	-	-	0,6314	0,6779	0,7247
1,6876	0,610	-	-	0,6244	0,6706	0,7171
1,6922	0,618	-	-	0,6186	0,6645	0,7107
1,6930	0,620	-	-	-	0,6629	0,7091
1,6977	0,630	-	-	-	0,6549	0,7007
1,7011	0,640	-	-	-	0,6465	0,6919
1,7020	0,643	-	-	-	0,6442	0,6894
1,7035	0,650	-	-	-	-	0,6828
1,7049	0,660	-	-	-	-	0,6733
1,7052	0,667	-	-	-	-	0,6663
1,7052	0,670	-	-	-	-	0,6632

MỤC LỤC

Trang

Chương X. Vẽ đường mặt nước trong sông thiên nhiên	
I. Tóm tắt lý thuyết	5
II. Bài tập	9
Chương XI. Chuyển động không ổn định, biến đổi dần trong lòng dẫn hở	
I. Tóm tắt lý thuyết	17
II. Bài tập	21
Chương XII. Chuyển động của bùn cát trong lòng dẫn hở	
I. Tóm tắt lý thuyết	31
II. Bài tập	35
Chương XIII. Nước nháy	
I. Tóm tắt lý thuyết	41
II. Bài tập	48
Chương XIV. Đập tràn	
I. Tóm tắt lý thuyết	63
II. Bài tập	74
Chương XV	
I. Tóm tắt lý thuyết	101
II. Bài tập	109
Chương XVI. Cháy dưới cửa cống	
I. Tóm tắt lý thuyết	128
II. Bài tập	134
Chương XVII. Công trình nổi tiếp	
I. Tóm tắt lý thuyết	145
II. Bài tập	156
Chương XVIII. Chuyển động của nước ngầm (nước thấm)	
I. Tóm tắt lý thuyết	174
II. Bài tập	179
Chương XIX. Cơ sở lý luận về mô hình các hiện tượng thủy lực	
I. Tóm tắt lý thuyết	205
II. Bài tập	208
	231

Phụ lục 13-1: Dùng để tính các độ sâu liên hiệp của nước nhảy trong kênh chữ nhật	222
Phụ lục 14-1: Hệ số ngập σ_n của đập có mặt cắt thực dụng	222
Phụ lục 14-2: Bảng tọa độ đường cong mặt đập không có chân không vẽ theo phương pháp Corijơ - Ôphixêrốp	223
Phụ lục 14-3: Hệ số sửa chữa hình dạng	224
Phụ lục 14-4: Hệ số sửa chữa do cột nước	224
Phụ lục 14-5: Tọa độ mặt cắt đập có chân không đỉnh enlip	225
Phụ lục 14-6: Hệ số lưu lượng m_{lc} của đập có chân không đỉnh tròn và đỉnh enlip	225
Phụ lục 14-7: Hệ số lưu lượng của đập thực dụng mặt cắt hình thang	226
Phụ lục 14-8: Hệ số lưu lượng m của đập tràn đỉnh rộng theo Đ. I. Cumin	226
Phụ lục 15-1: Bảng tính sự nối tiếp ở hạ lưu công trình	227

BÀI TẬP THỦY LỰC - TẬP 2

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản :

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập : TRỊNH KIM NGÂN

Chế bản : PHẠM HỒNG LÊ

Sửa bản in : LƯƠNG XUÂN MẠNH

Trình bày bìa : VŨ BÌNH MINH