

GS.TS. NGUYỄN TÀI - PTS. TẠ NGỌC CẦU

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

TÓM TẮT LÝ THUYẾT, BÀI TẬP, SỐ LIỆU TRA CỨU



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HUBT

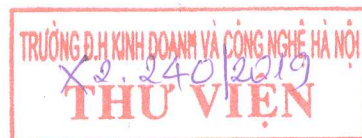
TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

GS. TS. NGUYỄN TÀI - PTS. TẠ NGỌC CẦU

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

TÓM TẮT LÝ THUYẾT, BÀI TẬP, SỐ LIỆU TRA CỨU

(Tái bản)



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2012



LỜI NÓI ĐẦU

Môn học Thủy lực trong các trường kỹ thuật được giảng cho hầu hết các chuyên ngành của tất cả các hệ. Vì vậy nhu cầu về tài liệu của sinh viên là rất lớn. Ngoài các giáo trình lý thuyết đã xuất bản (các tập I, II Thủy lực), tài liệu cần cho thực hành hiện nay còn rất thiếu.

Nhằm giúp sinh viên có đủ tài liệu để nắm vững môn học, áp dụng thành thạo các công cụ cơ bản để giải các bài toán thực tiễn, đa dạng, để không những chỉ có tác dụng thiết thực trong khi nghiên cứu môn học mà còn giúp ích cho quá trình hoạt động khoa học công nghệ sau này, chúng tôi chủ trương biên soạn tài liệu này với nội dung : tóm tắt lý thuyết, các bài tập (ví dụ) có lời giải và chưa có lời giải nhưng có đáp số, các tài liệu tra cứu bao gồm các bảng, biểu, các đồ thị v.v...

Tài liệu được biên soạn trên cơ sở chọn lọc các bài toán tiêu biểu của từng nội dung đã được qui định trong chương trình giảng dạy môn Thủy lực của Hội đồng môn học Thủy lực của Bộ Giáo dục và đào tạo, được chọn lọc từ các tài liệu đã được xem là cơ bản, truyền thống cũng như các tài liệu mới nhất có thể trong điều kiện giao lưu văn hoá hiện nay ở nước ta.

Để giúp người đọc làm quen với việc ứng dụng tin học trong tính toán thủy lực, chương cuối của tài liệu trình bày các kiến thức cơ bản về ngôn ngữ và phương pháp lập trình, các ví dụ tiêu biểu và các kết quả giải bằng máy. Phần này do PTS.Toán-Cơ Tạ Ngọc Cầu biên soạn .

Các tác giả mong rằng tài liệu này không chỉ đáp ứng được các yêu cầu về giảng dạy và học tập trong các trường mà còn có thể được coi như một Cẩm nang tính toán thủy lực cho những người hoạt động khoa học công nghệ có liên quan đến chất lỏng.

Các tác giả cũng mong nhận được các ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp, của tất cả các bạn đọc.

Các tác giả

CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG

1-1. MẬT ĐỘ, TRỌNG LƯỢNG THỂ TÍCH VÀ TỶ TRỌNG

Mật độ là khối lượng trong một đơn vị thể tích :

$$\rho = \frac{M}{W} = \frac{\text{khối lượng}}{\text{thể tích}} \quad (1-1)$$

Trong hệ MKGS : ρ đo bằng $kG.s^2 / m^4$. Trong hệ SI : $\rho - kg / m^3$.

Đối với nước ở $4^\circ C$: $\rho = 102 \frac{kG.s^2}{m^4} = 1000 \text{ kg} / m^3$.

Bảng 1-0

Khối lượng đơn vị ρ của nước

$t(^{\circ}C)$	$\rho(kg/m^3)$	$t(^{\circ}C)$	$\rho(kg/m^3)$	$t(^{\circ}C)$	$\rho(kg/m^3)$	$t(^{\circ}C)$	$\rho(kg/m^3)$
0	999,87	53	986,69	71	977,23	89	966,01
4	1000	54	986,21	72	976,66	90	965,34
10	999,73	55	985,73	73	976,07	91	964,67
20	998,23	56	985,25	74	975,48	92	963,99
30	995,67	57	984,75	75	974,89	93	963,30
40	992,24	58	984,25	76	974,29	94	962,61
41	991,86	59	983,75	77	973,68	95	961,92
42	991,47	60	983,24	78	973,07	96	961,22
43	991,07	61	982,72	79	972,45	97	960,51
44	991,07	62	982,20	80	971,83	98	959,81
45	990,66	63	981,67	81	971,23	99	959,09
46	990,25	64	981,13	82	970,57		
47	989,82	65	980,59	83	969,94		
48	989,40	66	980,05	84	969,30		
49	988,96	67	979,50	85	968,65		
50	988,52	68	978,94	86	968,00		
51	988,07	69	977,81	87	967,24		
52	987,62	70	977,23	88	966,68		

Trọng lượng thể tích là trọng lượng trong một đơn vị thể tích :

$$\gamma = \frac{G}{W} = \frac{\text{trọng lượng}}{\text{thể tích}} \quad (1-2)$$

Trong hệ MKGS : $\gamma - kG / m^3$; . Trong hệ SI : $\gamma - kg / m^2.s^2$; N / m^3 .

Đối với nước ở $4^\circ C$: $\gamma = 9810 N / m^3 = 1000 kG / m^3$.

Mật độ và trọng lượng thể tích có quan hệ qua biểu thức sau :

$$\gamma = \rho g, \quad (1-3)$$

trong đó : g - gia tốc trọng trường.

Tỷ trọng δ được hiểu là một số không có độ đo và bằng tỷ số giữa trọng lượng của vật thể đã cho ở nhiệt độ t với trọng lượng của cùng một thể tích nước ở $t = 4^0C$. Tỷ trọng δ phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất.

Các giá trị của tỷ trọng ở các nhiệt độ khác nhau (dưới áp suất khí quyển) được ghi trên bảng 1-1.

Bảng 1-1

t^0C	δ	t^0C	δ	t^0C	δ
0	0,99987	10	0,99975	50	0,98820
4	1,0000	20	0,99826	100	0,95805

1-2. ĐỘ NÉN ÉP

Độ nén ép của chất lỏng biểu thị bằng hệ số nén thể tích β_w :

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp} \quad (m^2 / kG), \quad (1-4)$$

ở đây : W - thể tích; dW - độ thay đổi thể tích W tương ứng với sự thay đổi áp suất dp .

Nếu $dp = 0$ thì $dW = 0$.

Trị số nghịch đảo của hệ số nén thể tích được gọi là *Môđun* đàn hồi thể tích của chất lỏng:

$$K = \frac{1}{\beta_w} = -W \frac{dp}{dW}. \quad (1-5)$$

Bảng 1-2.

Các trị số của hệ số nén thể tích $\beta_w = 10^{-6} cm^2 / kG$

Chất lỏng	Áp suất (at)		
	1 ÷ 500	500 ÷ 1000	1000 ÷ 1500
Nước	47,5	41,6	53,8
Rượu	70,9	50,5	45,8

Đối với nước ở nhiệt độ và áp suất bình thường, có thể xem:

$$\beta_w = 0,0000475 = \frac{1}{20.000} \frac{cm^2}{kG}$$

Và như vậy độ giảm thể tích $dW (m^3)$ khi tăng áp suất lên $dp (kG / cm^2)$ sẽ là:

$$dW = \frac{1}{20.000} W$$

hoặc là khi:

$$\beta_w = \frac{1}{19,62 \cdot 10^8} = 5,12 \cdot 10^{-8} m^2 / kG.$$

$$dW = 5,12 \cdot 10^{-10} dp \cdot W.$$

1-3. ĐỘ DẪN NỞ DO NHIỆT ĐỘ

Hệ số dẫn nở do nhiệt độ β_t , biểu thị sự thay đổi tương đối thể tích chất lỏng khi nhiệt độ thay đổi $1^\circ C$

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} \quad (1-6)$$

trong đó dV - thể tích thay đổi ứng với nhiệt độ thay đổi một trị số là dt .

Đơn vị của β_t là $^\circ C^{-1}$.

Bảng 1-3
Các trị số của hệ số co nở do nhiệt độ của nước $\beta_t \cdot 10^6$

Áp suất		$\beta_t \cdot 10^6$ ở nhiệt độ $^\circ C$				
at	MPa	0 ÷ 10	10 ÷ 20	20 ÷ 50	60 ÷ 70	90 ÷ 100
1	0,0981	14	150	422	556	791
100	9,81	43	165	422	548	-
200	19,02	72	183	426	539	-
500	49,05	149	236	429	523	661
900	88,25	229	289	437	514	661

Ở mật độ cực đại, nhiệt độ của nước sẽ giảm xuống khi áp suất tăng lên. Ví dụ với áp suất bình thường của khí quyển (760 mmHg) mật độ lớn nhất sẽ tương ứng với $4^\circ C$, khi với áp suất $p = 41,6$ at, nhiệt độ tương ứng với mật độ lớn nhất là $33^\circ C$; còn khi $p = 144,9$ at thì chỉ là $t = 0,6^\circ C$.

1-4. ĐỘ NHỚT

Đặc tính của chất lỏng (và chất khí) chống lại lực cắt được gọi là **tính nhớt**. Tất cả các chất lỏng thực đều là chất lỏng nhớt. Tính nhớt của chất lỏng được đánh giá bằng **hệ số nhớt động lực**.

Lực tiếp tuyến xuất hiện trong chất lỏng khi có sự phân bố không đều của vận tốc trong mặt cắt của dòng chảy (hình 1-1) được xác định theo công thức:

$$F = \mu S \frac{du}{dn} \quad (1-7)$$

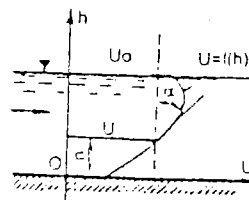
trong đó: F - lực tiếp tuyến xuất hiện giữa hai lớp chất lỏng kề nhau (tại mặt phẳng $a-a$) trong phạm vi diện tích S ;

$\frac{du}{dn}$ - gradien vận tốc;

μ - hệ số nhớt động lực.

Ghi chú: trên hình (1-A-1) là đường cong phân bố vận tốc. Trong hệ tọa độ u và n , đường cong đó được biểu thị bằng hàm $u = f(n)$. Gradien vận tốc

$$\frac{du}{dn} = \operatorname{tg} \alpha.$$



Hình 1-A-1

Trong hệ đo CGS (Centimét-gram-giây) thứ nguyên của hệ số nhớt động lực sẽ là:

$$[\mu] = \frac{\text{khối lượng}}{\text{chiều dài} \cdot \text{thời gian}} = \frac{M}{L.T} = \frac{g}{cm.s} \text{ hoặc } dyn.s/cm^2 \text{ hoặc } Poa (Poadoi). \quad (1-8)$$

Trong hệ đo MKGS (Mét-kilogram lực-giây):

$$[\mu] = \frac{F.T}{L^4} = \frac{kG.s}{m^4}.$$

Còn trong hệ đo SI (Mét-Niutơn-giây):

$$[\mu] = \frac{F.T}{L^2} = \frac{N.s}{m^2} \text{ hay } Pa.s; 1 Pa.s = 0,102 kG.s/m^2 = 10 Poa..$$

Hệ số nhớt động học ν là tỷ số:

$$[\nu] = \frac{[\mu]}{[\rho]} = \frac{\text{hệ số nhớt động lực}}{\text{mật độ}}.$$

Bảng 1-4

Các giá trị hệ số nhớt động học của nước

$t (^{\circ}C)$	$\nu \cdot 10^{-6} (m^2/s)$	$t (^{\circ}C)$	$\nu \cdot 10^{-6} (m^2/s)$
0	1,78	20	1,01
5	1,52	30	0,81
10	1,31	40	0,66
12	1,24	50	0,55
15	1,14		

Trong hệ đo lường CGS:

$$[\nu] = \frac{[\mu]}{[\rho]} = \frac{g.cm^{-1}.s^{-1}}{g.cm^{-3}} = cm^2 / s = St (Stoc). \quad (1-9)$$

Trong hệ đo SI, ν đo bằng m^2/s .

Trong hệ đo lường MKGS, ν đo bằng m^2/s .

Hệ số nhớt động lực phụ thuộc vào nhiệt độ và đối với nước ở hệ đo CGS sẽ được lấy theo hình (1-A-2).

$$\mu = \frac{0,0178 \rho}{1 + 0,0337 + 0,000221 t^2}.$$

Ví dụ đối nước ở nhiệt độ $10^{\circ}C$:

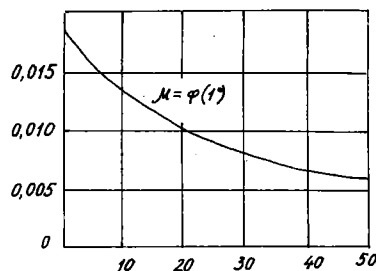
$$\mu = 0,0131 \text{ g/cm.s} = \frac{0,0131}{98,1}$$

$$= 0,000134 \text{ kG.s/m}^2$$

$$\mu = 0,0131 \text{ N.s/m}^2 = 0,0131 \text{ Pa.s}$$

$$\nu = 0,0131 \text{ cm}^2/s = 0,00000131 \text{ m}^2/s.$$

Hệ số nhớt động lực của không khí (cũng như đối với các chất khí thực) trong phạm vi thay đổi lớn của áp suất có thể xem như không phụ thuộc vào



Hình 1-A-2. Đồ thị để xác định hệ số nhớt của nước

áp suất và chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

Hệ số nhớt động lực của không khí có thể tính theo công thức :

$$\mu = 17,0 \sqrt{1 + 0,003665 \, t} \cdot (1 + 0,0008 \, t)^2 \cdot 10^{-6} \, N \cdot s / m^2.$$

Hệ số nhớt động học của không khí khi trọng lượng thể tích $\gamma = 12,3 \, N/m^3$ và do đó mật độ

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{12,3}{9,81} = 1,25 \, kg / m^3$$

sẽ bằng :

$$\nu = 0,0000016 \, cm^2 / s.$$

Như vậy $\mu_{k.khí} < \mu_{nước}$, nhưng $\nu_{k.khí} > \nu_{nước}$.

1-5. SỨC CĂNG BỀ MẶT CỦA CHẤT LỎNG

Sức căng bề mặt của chất lỏng tạo nên bởi lực hút phân tử của lớp bề mặt. Các lực này có xu thế làm giảm mật thoát của chất lỏng.

Do sức căng bề mặt, mật thoát của chất lỏng bị cong, trong chất lỏng xuất hiện một lực bổ sung - áp suất tăng hoặc giảm một trị số được tính theo công thức Laplac:

$$p_{h.m.} = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (1-10)$$

trong đó : σ - sức căng bề mặt, N/m ;

r_1 và r_2 - các bán kính cong chính của phân tử mật thoát.

Áp suất tăng khi mật thoát lõm, giảm khi mật thoát lồi.

Ở nhiệt độ 20^0C sức căng bề mặt của nước (khi tiếp xúc với không khí) :

$$\sigma = 0,0726 \, N / m. \quad (1-11)$$

Quan hệ giữa sức căng bề mặt và nhiệt độ có dạng :

$$\sigma = \sigma_0 - \beta \, \Delta t, \quad (1-12)$$

trong đó σ_0 - sức căng mặt ngoài khi tiếp xúc với không khí ở nhiệt độ 0^0C ; đối với nước $\sigma_0 = 0,076 \, N/m$; $\beta = 0,00015 \, N/(m \cdot ^0C)$.

Sức căng bề mặt có vai trò quan trọng trong việc đo áp suất bằng các dụng cụ dùng chất lỏng, trong dòng chất lỏng chảy qua lỗ nhỏ, dòng thấm và trong việc hình thành giọt trong dòng tia tự do.

Sức căng bề mặt có ảnh hưởng đặc biệt đối với dòng chảy trong các ống có đường kính nhỏ (mao dẫn), mà công thức (1-10) lúc đó có dạng :

$$p_{h.m.} = 2 \frac{\sigma}{r} \quad (1-13)$$

hoặc :

$$h_{b.m.} = \frac{2\sigma}{\rho \cdot g r} \quad (1-14)$$

trong đó r - bán kính của ống ;

$h_{b.m.}$ - chiều cao mao dẫn .

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

Bài 1-B-1. Trọng lượng thể tích của dầu mỏ tính theo hệ đo lường kỹ thuật $\gamma_{MKGS} = 720 \text{ kG/m}^3$. Xác định mật độ (khối lượng thể tích) của dầu mỏ bằng hệ đo lường quốc tế (SI), kỹ thuật (MKGS) và vật lý (CGS).

Bài giải

Theo công thức (1-3) :

$$\rho_{MKGS} = \frac{\gamma_{MKGS}}{g} = \frac{720}{9,81} = 73,4 \text{ kGs}^2 / \text{m}^4;$$

$$\rho_{CGS} = \frac{1}{102} \rho_{MKGS} = 0,72 \text{ g / cm}^3.$$

$$\rho_{SI} = \frac{1}{0,102} \rho_{MKGS} = 720 \text{ kg / m}^3.$$

Bài 1-B-2. Một thể tích 6 m^3 dầu mỏ cân nặng 49835 N . Xác định trọng lượng thể tích, mật độ (khối lượng thể tích) và thể tích tính cho một đơn vị khối lượng của dầu mỏ.

Bài giải

$$\gamma = \frac{dG}{dW} = \frac{49835}{6} = 8306 \text{ N / m}^3.$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{8306}{9,81} = 847 \text{ kg / m}^3.$$

$$V = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{847} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{kg}.$$

Bài 1-B-3. 1) Xác định thể tích biến đổi của 1 m^3 nước ở 27°C khi áp suất tăng thêm $20,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

2) Khi tiến hành thí nghiệm với nước, người ta được các số liệu sau đây: ở áp suất tuyệt đối $34,34 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ thì thể tích nước là 30 dm^3 còn với áp suất $245,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ - $29,7 \text{ dm}^3$. Xác định mô đun đàn hồi thể tích.

Bài giải

1) Ở 27°C , mô đun đàn hồi của nước là $K = 222,9 \cdot 10^7 \text{ Pa}$. Do đó, từ (1-5), ta có:

$$dW = -\frac{W \cdot dp}{K} = -\frac{1 \cdot 20,6 \cdot 10^5}{222,9 \cdot 10^7} = -9,24 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$$

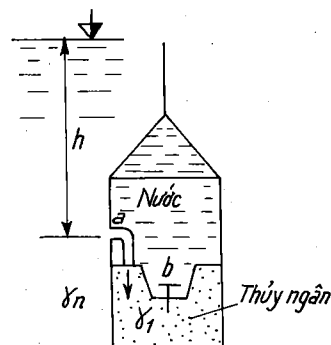
2) Cũng theo (1-5) :

$$K = -\frac{W \cdot dp}{K} = -30 \cdot 10^{-3} \frac{(245,25 - 34,34) \cdot 10^5}{(29,7 - 30) \cdot 10^{-3}}$$

$$K = 2,11 \cdot 10^9 \text{ Pa}.$$

Bài 1-B-4. Để đo độ sâu nước biển, người ta dùng một thiết bị đặc biệt như hình (1-B-1). Ngăn trên của bình chứa đầy nước với dung tích $W = 1000 \text{ cm}^3$, còn ngăn dưới chứa đầy thủy ngân.

Khi hạ máy xuống biển, do áp suất tăng lên, nước biển (có $\gamma = 104 \text{ N/m}^3$) sẽ bị đẩy qua ống *a* đi vào ngăn dưới và ép một phần thủy ngân đi lên ngăn trên qua lỗ *b* (hình 1-B-1).



Hình 1-B-1

Xác định chiều sâu h của nước biển nếu sau khi hạ thiết bị xuống đến đáy biển, khối lượng thủy ngân bị đẩy lên ngăn trên là 350 g . Thủy ngân coi như không nén được ($\beta_w \cong 0$), hệ số thể tích của nước $\beta_w = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$, trọng lượng thể tích của thủy ngân $\gamma_l = 13,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$. Cho biết qui luật phân bố áp suất của nước biển là $p = \gamma h$.

Bài giải

Thể tích thủy ngân bị đẩy lên ngăn trên:

$$dW = \frac{dM}{\rho_l} = \frac{dM g}{\gamma_l} = \frac{0,35 \cdot 10}{13,6 \cdot 10^4}.$$

$$dW = 0,257 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$$

Thể tích này chính là lượng giảm thể tích của nước chứa trong ngăn trên do áp suất tăng lên dp . Vậy đối với nước ta có:

$$dW = -0,257 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Theo qui luật phân bố áp suất của nước biển ta có:

$$dp = \gamma h - 0 = \gamma h.$$

Theo công thức (1-4) đối với thể tích nước ở ngăn trên ta được:

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dp} = -\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{\gamma h};$$

$$h = -\frac{1}{10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-10}} \cdot \frac{(-0,257 \cdot 10^4)}{10^{-3}};$$

$$h = 5140 \text{ m}.$$

Bài 1-B-5. Xác định thể tích nước cần đổ thêm vào đường ống có đường kính $d = 500 \text{ mm}$, chiều dài $\lambda = 1 \text{ km}$ để tăng áp suất lên $dp = 5.106 \text{ Pa}$ (bỏ qua sự biến dạng của ống). Cho biết hệ số nén thể tích $\beta_w = \frac{1}{2.10^9} \text{ Pa}^{-1}$.

Bài giải

Thể tích nước có thể chứa trong đoạn ống đã cho là:

$$W = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{3,14,0,5^2}{4} \cdot 10^3 = 196,2 \text{ m}^3.$$

Thể tích của nước dW cần đổ thêm vào đường ống để tăng áp suất được xác định theo công thức (1-4). Vì vậy:

$$dW = \beta_w \cdot W \cdot dp = \frac{1}{2.10^9} 196,2 \cdot 10^6 = 0,4905 \text{ m}^3.$$

Bài 1-B-6. Trong thí nghiệm thủy lực hệ thống cấp nước người ta có thể giảm áp suất bằng cách xả bớt nước trong ống. Nếu thời gian xả là 10 phút và lượng áp suất cần giảm là $dp = 0,5 \text{ at} = 4,9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$, thể tích của ống có thể chứa nước là $W = 80 \text{ m}^3$. Xác định lượng nước cần xả trong thời gian trên. Cho biết hệ số nén thể tích $\beta_w = \frac{1}{2.10^9} \text{ Pa}^{-1}$.

Bài giải

Theo công thức (1-4), lượng nước cần xả là:

$$dW = \beta_w \cdot dp \cdot W = \frac{1}{2.10^9} 4,9 \cdot 10^4 \cdot 80 = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Bài 1-B-7. Xác định chiều dày trung bình δ_c của lớp cặn muối trong một ống nước (tuyệt đối kín) có đường kính trong $d = 0,3 \text{ m}$ và chiều dài $L = 2 \text{ km}$. Khi xả một lượng nước $dW = 0,05 \text{ m}^3$ thì áp suất trong đường ống giảm đi một lượng là $dp = 1.106 \text{ Pa}$. Lớp cặn phân bố đều theo đường kính và chiều dài. Cho biết hệ số nén thể tích $\beta_w = \frac{1}{2.10^9} \text{ Pa}^{-1}$.

Bài giải

Thể tích nước cùng lớp cặn trong đường ống được xác định theo công thức (1-4), ta được:

$$W = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 10^9}{1.10^6} = 100 \text{ m}^3.$$

Đường kính trong trung bình của ống có xét đến lớp cặn:

$$d_c = \sqrt{\frac{4W}{\pi l}} = \sqrt{\frac{4.100}{3,14.2.10^3}} = 0,252m.$$

Chiều dày trung bình của lớp cặn :

$$\delta_c = \frac{d - d_1}{2} = \frac{0,3 - 0,252}{2} = 0,024m = 24mm.$$

Bài 1-B-8. Một ống dẫn nước có đường kính $d = 500 \text{ mm}$ và chiều dài $L = 1000 \text{ m}$ được đổ đầy nước ở trạng thái tĩnh dưới áp suất $p = 4 \text{ at}$ và nhiệt độ nước $t = 5^0 \text{ C}$. Bỏ qua độ biến dạng và độ giãn nở của ống, xác định áp suất trong ống dẫn khi đun nóng nước trong ống đến 15^0 C . Cho biết hệ số giãn nở do nhiệt độ của nước là $\beta_t = 0,000014$, còn hệ số nén

$$\text{thể tích } \beta_w = \frac{1}{21.000} \frac{\text{cm}^2}{\text{kG}}.$$

Bài giải

Thể tích nước trong ống khi $t = 5^0$:

$$W = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{3,14.0,5^2}{4} 1000 = 196,25m^3.$$

Thể tích nước sau khi đun lên 10^0 , theo công thức (1-6) bằng:

$$dW = W d\beta_t = 196,25.10.0,000014 = 0,028m^3.$$

Độ chênh áp suất trong ống có liên quan đến lượng tăng thể tích nước được xác định bằng công thức (1-4), cụ thể là:

$$dp = \frac{dW}{W\beta_w} = \frac{0,028}{196,25} 21.000 = 3,0 \text{ kG / cm}^2 = 3 \text{ at} = 294.300 \text{ N / m}^2.$$

Bài 1-B-9. Để bảo đảm tích định kỳ thể tích nước bổ sung khi nhiệt độ thay đổi, người ta nối vào một điểm trên hệ thống sưởi bằng nước một bình chứa mở rộng hở. Xác định thể tích nhỏ nhất của bình chứa mở rộng để nó không bị cạn. Độ giao động cho phép của nhiệt độ nước trong thời gian ngừng làm việc của lò sưởi là $dt = 95 - 70 = 25^0 \text{ C}$. Thể tích nước trong hệ thống là $W = 0,55 \text{ m}^3$.

Bài giải

Thể tích nhỏ nhất của bình chứa mở rộng bằng sự thay đổi thể tích của nước khi nhiệt độ nước giao động 25^0 C . Sự thay đổi thể tích được xác định theo công thức (1-4).

Từ bảng (1-3) tìm hệ số dẫn nở do nhiệt độ của nước ở nhiệt độ 80^0 C : $\beta_t = 600.10^{-6}\text{ C}^{-1}$

Vì vậy :
$$dW = \beta_t \cdot W \cdot dt = 600 \cdot 10^{-6} \cdot 0,55 \cdot 25 = 0,0083\text{ m}^3 = 8,3\text{ lít.}$$

Bài 1-B-10. Đường ống thép có đường kính $d = 0,4\text{ m}$ và chiều dài $\lambda = 1\text{ km}$ được lắp đặt dưới áp suất $p = 2.10^6\text{ Pa}$ và nhiệt độ $t_1 = 10^0\text{ C}$. Xác định áp suất của nước trong ống khi tăng nhiệt độ lên tới $t_2 = 15^0\text{ C}$ do nung nóng bên ngoài. Cho biết $\beta_w = 5.10^{-10}\text{ Pa}^{-1}$; $\beta_t = 155.10^{-6}\text{ C}^{-1}$.

Bài giải

Sự thay đổi nhiệt độ :

$$dt = t_2 - t_1 = 15 - 10 = 5^0\text{ C}.$$

Thể tích đường ống :

$$W_{do} = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \cdot 1 = 125,6\text{ m}^3.$$

Lượng tăng áp suất trong đường ống được xác định theo các công thức (1-4) và (1-6):

$$\beta_w = \frac{dW}{(W_{do} + dW)dp} \quad \text{va} \quad \beta_t = \frac{dW}{W_{do} \cdot dt},$$

do đó

$$dp = \frac{\beta_t \cdot dt}{(1 + \beta_t dt) \beta_w}.$$

Thay các trị số vào ta được:

$$dp = \frac{155 \cdot 10^{-6} \cdot 5}{(1 + 5 \cdot 155 \cdot 10^{-6}) \cdot 5 \cdot 10^{-10}} = 155 \cdot 10^4\text{ Pa} = 1550\text{ kPa}.$$

Áp suất trong đường ống sau khi tăng nhiệt độ:

$$p_1 = p + dp = 2 \cdot 10^6 + 1,55 \cdot 10^6 = 3,55 \cdot 10^6\text{ Pa} = 3,55\text{ MPa}.$$

Bài 1-B-11. Xác định sự thay đổi mật độ của nước khi đun nước từ $t_1 = 7^0\text{ C}$ đến $t_2 = 97^0\text{ C}$. Cho biết hệ số dẫn nở do nhiệt độ của nước : $\beta_t = 400.10^{-6}\text{ C}^{-1}$.

Bài giải

Khi đun nước từ $t_1 = 7^0\text{ C}$ đến $t_2 = 97^0\text{ C}$ thể tích của nó thay đổi một lượng là dW . Từ công thức (1-6) ta có:

$$\frac{dW}{W} = \beta_t dt.$$

Mật độ của nước:

$$\rho = \frac{M}{W}.$$

Vì khối lượng nước M giữ không đổi nên:

$$\frac{\rho_{t_1}}{\rho_{t_2}} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{W_1}{W_1(1 + \frac{dW}{W_1})} = \frac{1}{1 + \frac{dW}{W_1}} = \frac{1}{1 + \beta_1 dt} = \frac{1}{1 + 0,0004.90} = 0,964.$$

Bài 1-B-12. Tính ứng suất tiếp tại mặt trong của một ống dẫn nhiên liệu. Cho biết:

- Hệ số nhớt động học: $\nu = 7,25.10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Khối lượng thể tích (mật độ): $\rho = 932 \text{ kg/m}^3$;
- Gradient vận tốc: $\frac{du}{dn} = 4$.

Bài giải

Hệ số nhớt động lực của nhiên liệu:

$$\mu = \nu \rho = 7,25.10^{-5} \cdot 932 = 6,77.10^{-2} \text{ N / m}^2.$$

Ứng suất tiếp tại mặt trong của ống:

$$\tau = \mu \frac{du}{dn} = 6,77.10^{-2} \cdot 4 = 0,27 \text{ N / m}^2.$$

Bài 1-B-13. Thành ống chịu áp suất cao từ cột nước có chiều cao lớn h .

Hỏi : khi tính áp suất này cần phải hiệu chỉnh như thế nào để tính đến sự nén được của nước ? . Cho biết : $h = 2000\text{m}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Bài giải

Mô đun đàn hồi thể tích của nước (K) được xác định bằng tỷ số giữa lượng thay đổi nhỏ của áp suất dp và lượng thay đổi nhỏ tương đối của mật độ $d\rho/\rho$ mà nó gây nên :

$$K = \frac{dp}{\frac{d\rho}{\rho}} \quad (1)$$

Đối với nước : $K = 2.10^9 \text{ Pa}$.

Mặt khác, sự tăng lên của áp suất dọc theo chiều cao của cột nước được biểu thị bằng qui luật thủy tĩnh :

$$dp = \rho g dh \quad (2)$$

với trục h hướng xuống dưới .

Từ (1) và (2) ta có :

$$\frac{d\rho}{\rho^2} = \frac{g}{K} dh$$

Tích phân lên ta được :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} - \frac{dh}{K} \quad (3)$$

Thay (3) vào (2) ta được :

$$dp = \frac{gdh}{1 - \frac{gh}{K}}$$

Từ đó

$$p - p_0 = -K \ln\left(1 - \frac{gh\rho_0}{K}\right)$$

Số hạng $\frac{gh\rho_0}{K}$ rất bé nên có thể áp dụng công thức khai triển đến số hạng thứ hai cho lôgarit bên vế phải :

$$p - p_0 = \rho_0 gh \left(1 + \frac{\rho_0 gh}{K} \dots\right)$$

Phân tích các số hạng trong ngoặc đơn :

- + Số hạng đầu ứng với trường hợp coi mật độ nước là không đổi ($\rho = \rho_0 = \text{const}$) ;
- + Số hạng thứ hai ứng với trị số hiệu chỉnh tương đối; hiệu chỉnh này, như ta thấy từ công thức, nói chung có giá trị rất bé .

Với $h = 2000m$ áp suất ứng với mật độ nước được coi là không đổi sẽ là :

$$\rho_0 gh = 1000 \cdot 10 \cdot 20000 = 2 \cdot 10^7 Pa.$$

Trị số hiệu chỉnh tương đối cần thêm vào là :

$$\frac{\rho_0 gh}{2K} = \frac{2 \cdot 10^7}{2 \cdot 10^9} = 10^{-2},$$

nghĩa là rất bé. Điều này chứng tỏ rằng trong phần lớn các trường hợp thực tế ta có thể coi nước là tuyệt đối không nén được .

C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 1-C-1. Một hệ thống cung cấp nước nóng (nồi hơi, cụm tỏa nhiệt, đường ống) của một phân xưởng không lớn chứa một thể tích $W = 0,4 \text{ m}^3$ nước. Cần phải đổ thêm bao nhiêu nước vào bình chứa khi nồi hơi được đun từ 20°C đến 90°C ?

Đáp số: $0,014 \text{ m}^3$

Bài 1-C-2. Trong một nồi hơi một thể tích nước chảy vào là $W = 50 \text{ m}^3$ ở nhiệt độ 70°C . Hỏi lượng nước W_1 sẽ chảy ra khỏi nồi hơi khi đun nước lên nhiệt độ 90°C ?

Đáp số: $W_1 = 50,6 \text{ m}^3$

Bài 1-C-3. Xác định sự thay đổi độ nhớt của nước khi nước chịu áp suất nén từ $p_1 = 1.10^5 \text{ Pa}$ đến $p_2 = 1.10^7 \text{ Pa}$.

Đáp số: 1,005 lần.

Bài 1-C-4. Độ nhớt của nước ở 20°C là $\mu = 1,01.10^{-3} \text{ Poa}$ (Poa); $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$. Tính hệ số nhớt động học ν ra m^2/s .

Đáp số: $1,012.10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Bài 1-C-5. Một chất lỏng có hệ số nhớt $\mu = 47,87.10^{-3} \text{ Poa}$ và khối lượng thể tích $\rho = 913 \text{ kg/m}^3$. Tính gradien vận tốc và ứng suất ma sát nhớt ở thành rắn và ở các điểm cách thành 25 mm , 50 mm , 75 mm trong hai trường hợp sau:

- 1- Phân bố của vận tốc là tuyến tính : $u = 15 y$;
- 2- Phân bố vận tốc là parabol : $u = 1,125 - 200 (0,075 - y)^2$.

Đáp số:

y, m	$u, \text{m/s}$	$du/dy, \text{s}^{-1}$	τ, Pa
0	0	30	1,436
0,025	0,625	20	0,9574
0,050	1,00	10	0,4787
0,075	1,125	0	0

Bài 1-C-6. Một hình trụ tròn bán kính 12 cm quay trong một hình trụ tròn khác đồng trục đứng yên có bán kính $12,6 \text{ cm}$. Hai đỉnh trụ tròn này cùng có chiều dài 30 cm . Chất lỏng có độ nhớt cần đo chứa đầy khoảng không gian giữa hai hình trụ. Xác định độ nhớt của chất lỏng nếu biết rằng khi hình trụ trong đạt được vận tốc góc quay $n = 60 \text{ vòng/phút}$ thì phải đặt lên hình trụ ngoài một mô men là $0,8829 \text{ Nm}$ để giữ cho hình trụ này đứng yên.

Đáp số: $\mu \approx 0,25 \text{ Pa.s}$.

Bài 1-C-7. Xác định áp suất bên trong (áp suất tạo nên sức căng bề mặt) của một giọt nước có đường kính $d = 0,001 \text{ m}$. Nhiệt độ của nước $t = 20^\circ\text{C}$.

Đáp số: $p_{b.m.} = 286 \text{ N/m}^2$

Bài 1-C-8. Xác định chiều cao mực nước dâng lên trong ống mao dẫn thủy tinh có đường kính $d = 0,001 \text{ m}$. Nhiệt độ của nước $t_1 = 20^\circ\text{C}$ và $t_2 = 80^\circ\text{C}$.

Đáp số: $h_1 \approx 0,029 \text{ m}$

$h_2 \approx 0,026 \text{ m}$.

TÌNH HỌC CỦA CHẤT LỎNG

2-1. ÁP SUẤT THỦY TĨNH

a- Các phương trình cơ bản của thủy tĩnh học :

$$z + \frac{p}{\gamma} = z_0 + \frac{p}{\gamma} = H = \text{const} , \quad (2-1)$$

hoặc :

$$p = p_0 + \gamma(z_0 - z) = p_0 + \gamma h , \quad (2-2)$$

trong đó : p và p_0 - áp suất thủy tĩnh tại điểm đã định và ở mặt thoáng (tức là áp suất ở môi trường bên ngoài, xem hình 2-A-1);

z và z_0 - toạ độ tương ứng của các điểm đó, tức là độ cao trên mặt chuẩn;

γ - trọng lượng thể tích của chất lỏng (kg/m^3);

h - độ sâu của điểm đã định kể từ mặt thoáng (mặt phẳng ứng với áp suất p_0);

H - toạ độ của mặt phẳng cột nước thủy tĩnh;

p/γ - chiều cao ứng với áp suất tại điểm M đã định (m);

p_0/γ - chiều cao ứng với môi trường bên ngoài, nếu

$p_0 = p_a$ thì đại lượng p_0/γ là chiều cao dẫn xuất (h_{dx}) của áp suất không khí.

b- Áp suất thủy tĩnh được xác định bằng ứng suất (ví dụ bằng kg/m^2 , N/m^2 v.v...) hoặc bằng cột chất lỏng (ví dụ bằng mét cột nước hoặc bằng milimet cột thủy ngân v.v...) hoặc bằng atmốtphe kỹ thuật.

c- Áp suất thủy tĩnh toàn phần (tuyệt đối) tại điểm đã định bằng:

$$p = p_0 + \gamma h , \quad (2-3)$$

d- Áp suất dư :

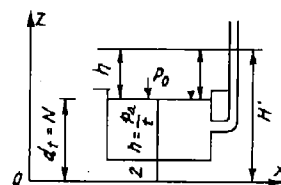
$$p_{du} = \gamma h = p - p_a \quad \text{hoac} \quad h_{du} = \frac{p}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma} . \quad (2-4)$$

Như vậy áp suất thủy tĩnh toàn phần là ứng suất nén thực của chất lỏng ở điểm đã định và bằng tổng của áp suất trên mặt thoáng và áp suất do cột chất lỏng tạo nên (γh), còn áp suất dư là độ chênh giữa áp suất thủy tĩnh toàn phần và áp suất không khí.

Áp suất toàn phần luôn luôn là số dương:

$$p > 0 \quad \text{và} \quad p/\gamma > 0 .$$

Áp suất dư có thể dương hoặc âm .



Hình 2-A-1

e- Áp suất chân không hoặc gọi tắt là **chân không** là độ hụt áp suất so với 1 atmôtphe , tức là độ chênh giữa áp suất không khí và áp suất toàn phần :

$$p_{ck} = p_a - p,$$

hoặc:

$$h_{ck} = \frac{p_a - p}{\gamma} \quad (2-5)$$

Như vậy áp suất chân không là áp suất dư âm:

$$p_{ck} = -p_{du} \text{ hoặc } h_{ck} = -\frac{p_{du}}{\gamma}.$$

Trị số chân không lớn nhất bằng áp suất không khí. Nếu đem áp suất không khí chia cho γ ta được chiều cao chân không :

$$h_{ck, \max} = \frac{p_{at}}{\gamma}$$

tức là áp suất chân không phụ thuộc vào trị số áp suất của phong vũ biểu.

Dưới áp suất khí trời “bình thường” ($760 \text{ mm cột thủy ngân}$), trị số chân không lớn nhất bằng :

$$h_{ck} = 10,33 \text{ m cột nước}.$$

Trong tính toán kỹ thuật thông thường lấy $h_{ck, \max} = 10 \text{ m cột nước}$, tức là áp suất chân không lớn nhất bằng 1 atmôtphe kỹ thuật.

2-2. ÁP LỰC CỦA CHẤT LỎNG LÊN MẶT PHẪNG

Áp lực của chất lỏng lên mặt phẳng được xác định bằng công thức :

$$P = \gamma h_c \omega = p_c \omega, \quad (2-6)$$

trong đó h_c - độ sâu ngập của trọng tâm mặt phẳng;

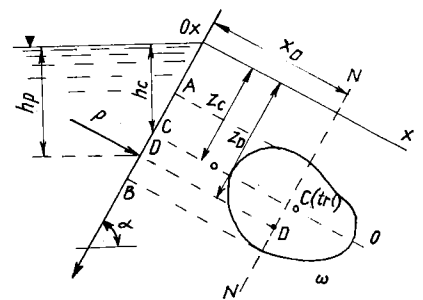
ω - tỷ số diện của mặt phẳng mà trên đó lực P tác dụng;

p_c - áp suất thủy tĩnh tại trọng tâm của diện tích.

Điểm đặt của lực P (điểm D trên hình 2-A-2) gọi là **tâm áp lực**. Vị trí của điểm D được xác định bằng các tọa độ :

$$z_D = z_c + \frac{J_c}{\omega z_c} \quad (2-7)$$

$$x_D = \frac{\int z_c d\omega}{z_c \omega}$$



Hình 2-A-2

Đối với mặt phẳng thẳng đứng $\alpha = 90^\circ$, ta có $z_D = h_D$:

$$h_D = h_c + \frac{J_c}{h_c \omega}, \quad (2-8)$$

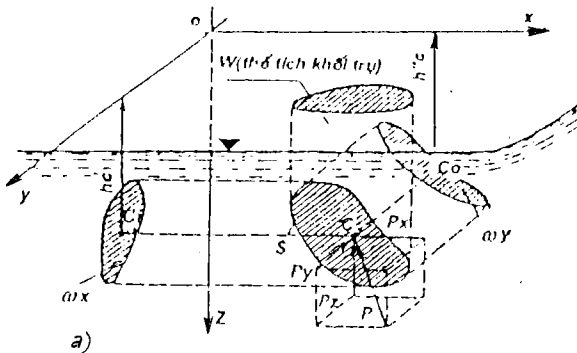
trong đó: J_c - mô men quán tính của mặt ω đối với trục $O-O$, tức là trục ngang nằm trong mặt ω và đi qua trọng tâm của ω .

Nếu ω có dạng hình học đều đặn và có trục đối xứng là đường $N-N$, thì tâm áp lực nằm trên trục đó và chỉ cần xác định một toạ độ là z_D .

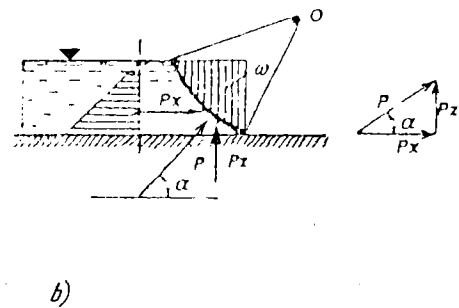
2-3. ÁP LỰC CỦA CHẤT LỎNG LÊN MẶT CONG

Áp lực chất lỏng lên mặt cong được xác định bằng công thức :

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \quad (2-9)$$



Hình 2-A-3a



Hình 2-A-3b

trong đó : P_x, P_y và P_z - hình chiếu của lực P lên các trục toạ độ Ox, Oy và Oz .

Trên hình 2-A-3 nếu trục Oz lấy thẳng đứng, thì các hình chiếu của lực P lên các trục toạ độ sẽ là :

$$\begin{aligned} P_x &= \gamma h'_{cx} \omega_x \\ P_y &= \gamma h'_{cy} \omega_y \\ P_z &= \gamma W, \end{aligned} \quad (2-10)$$

trong đó : ω_x, ω_y - diện tích các hình chiếu của mặt cong S lên các mặt phẳng trục giao với Ox và Oy ;

h'_{cx} và h'_{cy} - độ sâu ngập của trọng tâm các diện tích ω_x, ω_y ;

W - thể tích của cột nước thẳng đứng có đáy là mặt cong S và giới hạn bên trên bởi mặt thoáng tự do ;

γ - trọng lượng thể tích của chất lỏng.

Điểm đặt của lực P (tâm áp lực) là điểm gặp nhau giữa mặt cong và đường vuông góc được nối từ giao điểm của 3 đường tác dụng của 3 lực thành phần P_x, P_y và P_z .

Áp lực của chất lỏng lên mặt cong hình trụ : nếu chiều dài của mặt trụ (hình 2-A-3) là b , thì thành phần nằm ngang của áp lực chất lỏng lên mặt cong đó sẽ bằng :

$$P_x = \gamma b \frac{H^2}{2} \quad (2-11)$$

còn thành phần thẳng đứng :

$$P_z = \gamma b \omega, \quad (2-12)$$

trong đó : ω - diện tích biểu đồ của áp suất thành phần đứng (trên hình 2-A-3b - diện tích có đường gạch đứng).

Hợp lực của P_x và P_z bằng :

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (2-9')$$

Phương của lực P , xác định bởi góc :

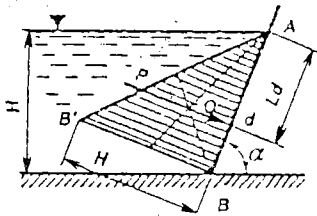
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_z}{P_x}. \quad (2-13)$$

Điểm đặt của lực P (tâm áp lực) là điểm gặp nhau giữa mặt trụ và đường vuông góc được nối từ giao điểm của 2 đường tác dụng của 2 lực thành phần P_x và P_z .

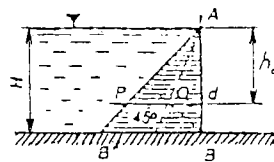
2-4. ÁP LỰC CỦA CHẤT LỎNG LÊN CỬA VAN CÔNG TRÌNH

a- Cửa van (hoặc tường chắn nước) phẳng nằm nghiêng :

Biểu đồ áp suất là tam giác ABB' .



Hình 2-A-4



Hình 2-A-5

Áp suất toàn phần lên cửa van

$$P = \gamma b \frac{H^2}{2 \sin \alpha} \quad (2-14)$$

trong đó : b - chiều rộng cửa van.

Toạ độ của điểm đặt lực P (tâm áp lực - hình 2-A-4) :

$$z_D = \frac{2H}{3 \sin \alpha}. \quad (2-15)$$

b- Cửa van (hoặc tường chắn nước) phẳng thẳng đứng (hình 2-A-5)

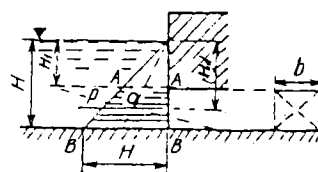
Biểu đồ áp lực là hình thang $AB B'$.

Áp lực toàn phần :

$$P = \gamma b \frac{H^2}{2}. \quad (2-16)$$

Toạ độ tâm áp lực :

$$h_d = \frac{2}{3} H. \quad (2-17)$$



c- Cửa van tháo nước phẳng thẳng đứng (hình 2-A-6)

Hình 2-A-6

Biểu đồ áp lực là hình thang $AA'B'B$.

Áp lực toàn phần :

$$P = \gamma b \frac{H^2 - H_1^2}{2}. \quad (2-18)$$

Toạ độ tâm áp lực :

$$h_d = \frac{2}{3} \left(H_1 + \frac{H^2}{H + H_1} \right). \quad (2-19)$$

d- Áp lực lên các phai chắn nước (hình 2-A-7)

Biểu đồ áp lực $ACB'B$.

Những phai đặt thấp hơn mực nước hạ lưu đều chịu một tải trọng bằng :

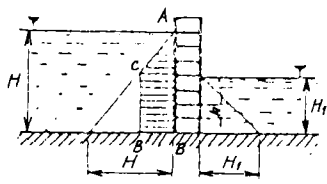
$$P = \gamma b h (H - H_1).$$

e- Cửa van phẳng của ống xả nước hình trụ (hoặc ống dẫn nước có áp) (hình 2-A-8)

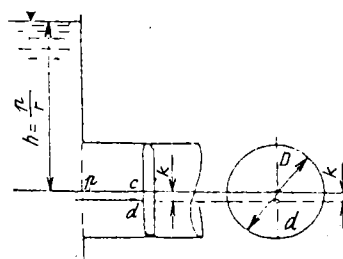
$$P = p \frac{\pi D^2}{4} = \gamma h \frac{\pi D^2}{4}. \quad (2-20)$$

Vị trí của tâm áp lực xác định theo khoảng cách k giữa tâm áp lực D và trọng tâm C của mặt tròn.

$$k = \frac{J_c}{h\omega} = \frac{D^2}{16h}. \quad (2-21)$$



Hình 2-A-7



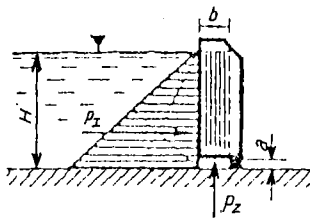
Hình 2-A-8

Bảng 2-1

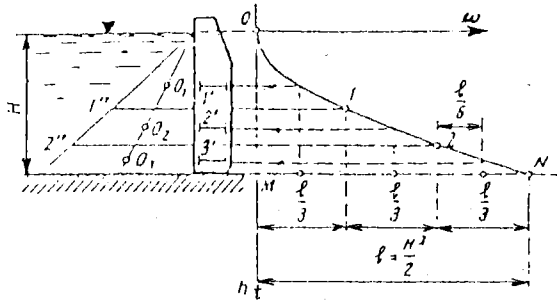
Trị số k (m) - khoảng cách e giữa tâm áp lực và trọng tâm của các ống theo cột nước h và đường kính d khác nhau

d (m)	h (m)					
	1,0	2,0	3,0	5,0	10	30
0,5	0,016	0,008	0,005	0,003	0,002	
1,0	0,062	0,031	0,021	0,012	0,006	2,002
1,5		0,070	0,047	0,028	0,014	0,005
2,0		0,125	0,83	0,050	0,025	0,008
2,5			0,130	0,078	0,039	0,013
3,0			0,177	0,112	0,056	0,018

g- Cửa van phẳng có hình dạng phức tạp (hình 2-A-9)



Hình 2-A-9



Hình 2-A-10

Áp lực ngang (trên một mét dài) :

$$P_x = \gamma \frac{H^2}{2} \quad (2-22)$$

Áp lực đứng :

$$P_z = \gamma b(H - a). \quad (2-23)$$

Áp lực toàn phần mà cửa van phải chịu :

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

Bố trí dầm ngang của cửa van phẳng : theo điều kiện các dầm chịu tải trọng đều và tránh mômen xoắn, ta chia biểu đồ áp suất ra làm các phần bằng nhau. Trọng tâm của các phần này sẽ xác định vị trí của dầm.

Cách giải bằng đồ thị sẽ được thực hiện như sau (hình 2-A-10) trên hệ tọa độ ω và h ta vẽ đường cong $\omega = f(h)$ biểu thị sự phụ thuộc của diện tích biểu đồ áp suất vào chiều cao h của các biểu đồ ấy (đường tích phân). Vẽ hình tam giác như trên hình (2-A-10), ta có $\omega = H^2/2$. Sau đó chia đều đoạn Mn có chiều dài λ cho số dầm đã cho là n , tức là thành các phần có chiều dài λ/n (trên hình 2-A-10 là $1/3$ tương ứng với 3 dầm). Căn cứ vào các điểm 1, 2 ... tìm được cạnh đáy (đoạn $1'1''$, $2'2''$) tương ứng của các diện tích bằng nhau của biểu đồ áp suất. Trọng tâm của các diện tích đó (điểm 01, 02, 03) sẽ xác định vị trí các dầm.

Chú ý : khi đầm chịu tải trọng ở cả hai phía, đường cong $\omega = f(h)$ sẽ lệch sang trái so với hình (2-A-10). Giá trị của độ lệch chính là hiệu số của hai diện tích biểu đồ áp suất ở hai bên cửa van.

h- Cửa van hình quạt với bản chắn phẳng (hình 2-A-11)

Áp lực lên cửa van :

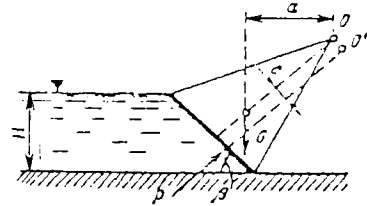
$$P = \gamma b \frac{H^2}{2 \sin \beta} \quad (2-24)$$

Độ lệch tâm :

$$e = \frac{H}{6 \sin \beta} \quad (2-25)$$

Mômen của lực P đối với tâm O :

$$M(P) = \gamma b \frac{H^2}{12 \sin^2 \beta} \quad (2-26)$$



Để khử mômen ta phải dời trục của cửa van từ O đến O' :

Hình 2-A-11

i- Cửa van hình trụ lăn

1) Khi cột nước $H = D$ (hình 2-A-12).

Thành phần áp lực ngang P_x của chất lỏng lên cửa van (trên 1 mét dài) bằng :

$$P_x = \gamma \frac{D^2}{2} \quad (2-27)$$

Thành phần áp lực đứng tương ứng sẽ là :

$$P_z = \gamma \frac{\pi D^2}{8} \approx 0,393 \gamma D^2 \quad (2-28)$$

Áp lực toàn phần (cũng là áp lực lên 1 mét chiều rộng của cửa van :

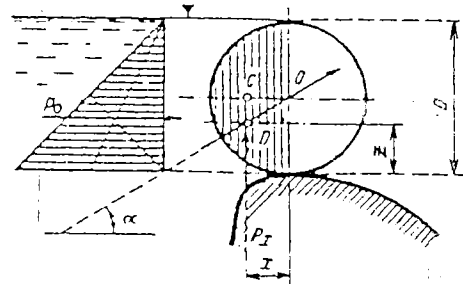
$$P = \gamma \frac{D^2}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{4}\right)^2} \approx 0,635 \gamma D^2 \quad (2-29)$$

Góc nghiêng α của lực P tạo với đường nằm ngang được xác định theo P_x , P_z , tức là $\cos \alpha$. Trong trường hợp đã cho, có :

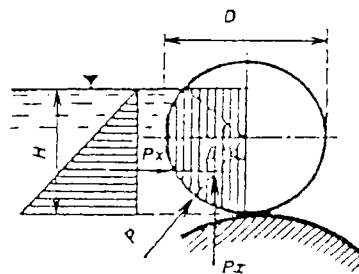
$$\cos \alpha = 0,786 \text{ hay } \alpha = 38^\circ 20'.$$

Chú ý : khi mặt phẳng chịu áp lực có vị trí giống như hình (2-A-12) thì góc α sẽ không phụ thuộc vào đường kính D . Toạ độ điểm đặt của lực P (áp lực toàn phần), tức là điểm D là :

$$x = 0,212 D \quad \text{va} \quad z = \frac{D}{3}$$



Hình 2-A-12



Hình 2-A-13

2) Khi cột nước $H < D$ (hình 2-A-13)

Thành phần nằm ngang

$$P_x = \gamma \frac{H^2}{2} \quad (2-30)$$

Thành phần thẳng đứng

$$P_z = \gamma W \quad (2-31)$$

trong đó W - thể tích được chỉ rõ bằng các gạch đứng trên hình (2-A-13).

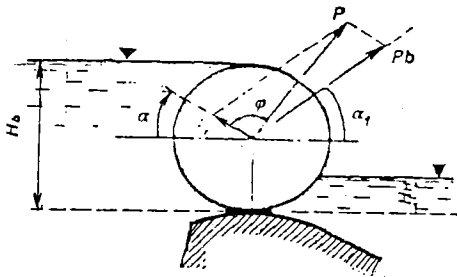
Chú ý :

1- Áp lực từ phía hạ lưu cũng được xác định theo các công thức trên ;

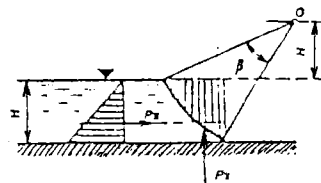
2- Khi có áp lực ở cả hai phía (thượng và hạ lưu, hình 2-A-14), thì áp lực toàn phần được xác định bằng tổng hai áp lực .

$$P = \sqrt{P_H^2 + P_B^2 - P_H P_B \cos \varphi} \quad (2-32)$$

$$\text{Góc } \varphi = 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2).$$



Hình 2-A-14



Hình 2-A-15

k- Cửa van hình cung (hình 2-A-15)

Thành phần nằm ngang :

$$P_x = \gamma b \frac{H^2}{2}, \quad (2-33)$$

trong đó b - chiều rộng cửa van.

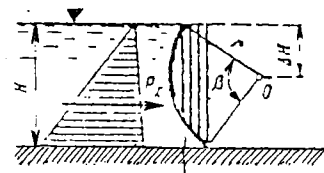
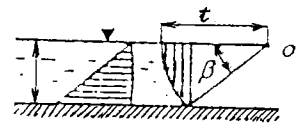
Thành phần thẳng đứng xác định theo công thức tổng quát :

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}.$$

Khi $\Delta H = 0$ (hình 2-A-15) :

Thành phần nằm ngang :

$$P_x = \gamma \frac{H^2}{2} b. \quad (2-34)$$



Hình 2-A-16

Thành phần thẳng đứng :

$$P_z = \gamma \frac{\pi r^2 b}{4} = \gamma \frac{\pi H^2}{4} b = 0,785\gamma H^2 b. \quad (2-35)$$

Áp lực toàn phần

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \gamma \frac{H^2}{2} b \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{4}} = 0,931\gamma H^2 b.$$

Góc nghiêng giữa lực P với phương nằm ngang

$$\sin \alpha = \frac{0,785H^2}{0,93H^2} = 0,843 \quad \text{và} \quad \alpha = 57^\circ 30'.$$

Theo hình (2-A-16), thành phần nằm ngang

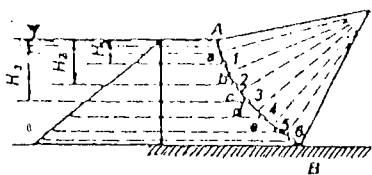
$$P_x = \gamma \frac{H^2}{2} b. \quad (2-36)$$

Thành phần thẳng đứng

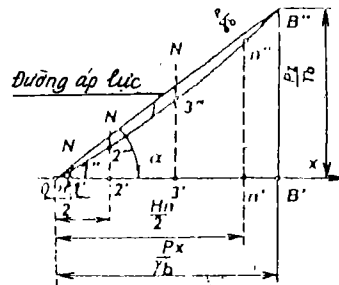
$$P_z = W, \quad (2-37)$$

trong đó W - thể tích được đánh dấu bằng các gạch đứng trên hình (2-A-16).

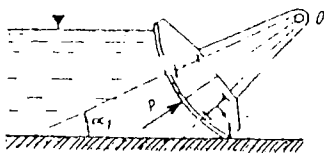
1- Đường tích phân áp lực và cách bố trí dầm ở cửa van hình cung



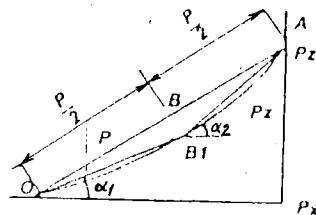
Hình 2-A-17



Hình 2-A-18



Hình 2-A-19



Hình 2-A-20

Cách vẽ đường tích phân áp lực : chia AB (hình 2-A-17) ra thành các phần nhỏ (A-1); (1-2); (2-3); (3-4) v.v...(có thể không bằng nhau) và theo hình vẽ ta đo các độ sâu H_1, H_2, H_3 ... ứng với các điểm 1, 2, 3 ... (tính cho 1 mét dài của mặt cong b). Sau đó từ một điểm nào đó trên trục hoành O_x (hình 2-A-18) ta đặt các đoạn :

$$(01') = \frac{H_1^2}{2}; \quad (02') = \frac{H_2^2}{2}; \quad \dots (0n') = \frac{H_n^2}{2}.$$

rồi từ điểm cuối của các đoạn đó ta dựng các đường thẳng đứng $(1'N)$; $(2'N)$; $(3'N)$..., $(n'N)$. Tiếp đó lần lượt vẽ các đường thẳng $(01'')$; $(1''2'')$; $(2''3'')$... song song với các tia (aO) ; (bO) ; (cO) ; (dO) ... (hình 2-A-17), vạch từ các điểm a, b, c, d, e ... tức là từ trung điểm của các đoạn thuộc AB . Đường cong đều $(O, 1'', 2'', 3'', \dots n'', \dots B'')$ theo tỷ lệ của hình vẽ, ta định được lực P , còn các đoạn (OB'') và $(B'B'')$ sẽ lần lượt bằng :

$$\frac{P_x}{\gamma b} \quad \text{và} \quad \frac{P_y}{\gamma b}$$

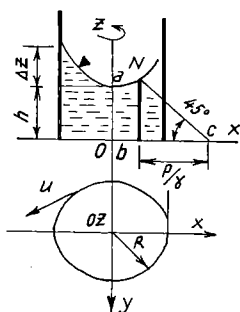
Cách bố trí dầm. Cách bố trí dầm ở cửa van hình cung cũng giống như ở cửa van phẳng, nghĩa là theo điều kiện sao cho tải trọng tác dụng lên các dầm là như nhau và không có mômen xoắn. Để giải, cần vẽ đường cong tích phân áp lực.

Đoạn OA trên hình 2-A-20 xác định tổng hợp lực P của áp lực lên toàn bộ cửa van. Chia đoạn đó ra làm 2 phần (nếu có 2 dầm) và vẽ đường thẳng góc với phương của lực P , ta sẽ tìm được điểm B_1 . Lúc đó các dây cung OB_1 và B_1A sẽ xác định trị số và phương của lực P_1 và P_2 ($P_1 = P_2$) là áp lực của chất lỏng mà các dầm phải chịu ... Vị trí của các dầm được xác định bằng cách : qua điểm O (trục của cửa van hình cung; hình 2-A-19) ta vẽ các tia với góc α_1 và α_2 là các góc được xác định (hình 2-A-20).

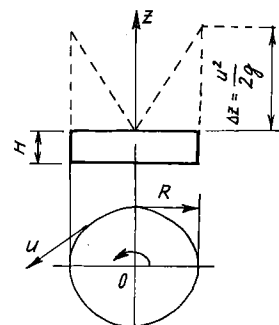
Chú ý : nếu là 3 dầm (hoặc nhiều hơn) thì chia đường cong tích phân áp lực ra làm 3 phần (hoặc nhiều hơn) sao cho các dây cung đó bằng nhau.

2-5. TÍNH TƯƠNG ĐỐI (SỰ QUAY CỦA CHẤT LỎNG)

Nếu chất lỏng quay xung quanh trục đứng O với vận tốc góc không đổi và như nhau đối với tất cả các phần tử của nó (hình 2-A-21) thì :



Hình 2-A-21



Hình 2-A-22

a- Phương trình của mặt thoáng sẽ là

$$z = h + \frac{\omega^2 r^2}{2g} = h + \frac{u^2}{2g} \quad (2-38)$$

b- Chiều cao của paraboloid tròn xoay sẽ bằng cột nước vận tốc của vận tốc vòng tại vách hình trụ

$$\Delta z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} = \frac{u^2}{2g}. \quad (2-39)$$

c- Áp lực lên đáy :

$$P = \gamma \pi R^2 \left(h + \frac{\Delta z}{2} \right) \quad (2-40)$$

tức là bằng trọng lượng của khối chất lỏng chứa trong hình trụ.

d- Áp suất theo chiều đứng biến đổi theo quy luật đường thẳng. Ví dụ đối với đường thẳng đứng MN biểu đồ phân bố áp suất sẽ là tam giác abc và áp lực tại điểm b sẽ bằng (hình 2-A-21) :

$$P_d = \gamma (ab) = \gamma \left(h + \frac{u^2}{2g} \right).$$

e- Nếu chất lỏng đựng trong bình hình trụ kín có chiều cao h (hình 2-A-22), thì áp lực lên đáy bình sẽ bằng :

$$P = \gamma \pi R^2 \left(h + \frac{\Delta z}{2} \right).$$

2-6. ĐỊNH LUẬT ARSINET VÀ VẬT NỔI

Định luật Arsinet. Một vật rắn nhúng chìm trong chất lỏng (một phần hay toàn bộ) sẽ chịu một lực có phương thẳng đứng từ dưới lên trên và có trị số bằng trọng lượng của khối chất lỏng có thể tích bằng phần thể tích của vật bị nhúng chìm. Lực này gọi là lực chuyển nước hay lực nâng :

$$P_{nng} = \rho g W_{ch}. \quad (2-41)$$

Đối với chất lỏng đồng chất, nổi trên mặt chất lỏng, ta có quan hệ :

$$\frac{W_{ch}}{W} = \frac{\rho_v}{\rho}, \quad (2-42)$$

trong đó : W_{ch} , W - thể tích bị nhúng chìm và thể tích của vật nổi ;
 ρ_v , ρ - mật độ của vật nổi và mật độ của chất lỏng .

Như vậy, một vật rắn nhúng chìm trong chất lỏng trọng lực cân bằng sẽ chịu tác dụng của hai lực : lực Arsinet $P = \rho g W$ (có điểm đặt là D) hướng lên trên và trọng lượng của vật G (đặt tại trọng tâm vật rắn C) hướng xuống dưới.

Trường hợp $P > G$, vật rắn sẽ ló một phần ra khỏi mặt chất lỏng, ta có vật nổi.

Vật nổi sẽ cân bằng khi thoả mãn điều kiện :

$$P' = \rho g W' = G, \quad (2-43)$$

trong đó : W' - thể tích của khối chất lỏng bị phần ngập của vật choán chỗ ;
 D' - điểm đặt của lực P' .

Trục nổi là đường thẳng đi qua các điểm C và D .

Trục nổi ở vị trí cân bằng sẽ thẳng đứng, khi nghiêng nó hợp với đường thẳng đứng một góc α (góc nghiêng).

Đường ngập nước là giao tuyến của mặt thoáng và mặt bên của vật nổi (ở vị trí cân bằng).

Diện tích mặt nổi là diện tích của tiết diện do mặt thoáng và mặt bên của vật nổi (ở vị trí cân bằng nó được giới hạn bởi đường ngập nước).

Điều kiện nổi. Vật thể sẽ nổi khi $G = P$. Vật thể sẽ nổi ổn định khi tâm định khuynh (điểm M) nằm cao hơn trọng tâm của vật nổi (điểm C) dọc theo trục nổi. Có thể đánh giá độ ổn định bằng giá trị của chiều cao tâm định khuynh hoặc trị số của bán kính tâm định khuynh.

Bán kính định khuynh được xác định bằng công thức :

$$R_m = \frac{J_C}{W}, \quad (2-44)$$

trong đó J_C - mômen quán tính của diện tích mặt nổi đối với trục nằm ngang $O-O$ (hình 2-23), trục này đi qua tâm của diện tích đó ;

Chiều cao định khuynh bằng :

$$h_m = R_m - d = \frac{J_C}{W} - d, \quad (2-45)$$

trong đó : d - độ vượt cao của điểm C so với điểm D . Đối với thuyền vận tải (sà lan v.v...), trị số chiều cao định khuynh thường lấy khoảng 0,5 m ;

W - thể tích chuyển nước (thể tích phần vật thể bị chìm ngập);

C - trọng tâm của vật nổi ;

D - trọng tâm của thể tích phần vật thể bị ngập hoặc trọng tâm của thể tích chuyển nước khi ở vị trí cân bằng ;

D' - giống như trên, nhưng ở vị trí nghiêng ;

G - trọng lượng của vật thể ;

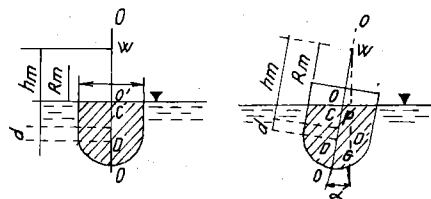
P - lực đẩy, bằng trọng lượng nước có thể tích chuyển nước W ;

M - tâm định khuynh-giao điểm của trục nổi với phương tác dụng của lực đẩy P khi nghiêng (hình 2-A-23). Khi góc nghiêng bé, điểm M giữ vị trí không đổi trên trục nổi ;

α - góc nghiêng ;

R_m - bán kính định khuynh (độ vượt cao của điểm M so với điểm D) ;

h_m - chiều cao định khuynh (khoảng cách từ điểm M tới điểm C).



Hình 2-A-23

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

2-B-1. ÁP SUẤT THỦY TĨNH

Bài 2-B-1. Xác định áp suất toàn phần lên đáy bình chứa đầy nước. Mặt bình hở, tiếp xúc với không khí. Chiều sâu mực nước trong bình $h = 0,6 \text{ m}$. Tính toán theo các hệ thống đơn vị $MkGS$, SI và hệ đo lường cơ học.

Bài giải

Trong trường hợp đã cho, có $p_0 = p_a$. áp suất toàn phần lên đáy bình được xác định theo công thức (2-3).

+ Trong hệ thống đơn vị $MkGS$:

$$p_a = 10000 \text{ kG/m}^2 ; \quad \gamma = 1000 \text{ kG/m}^3 ; \\ p = 10000 + 1000 \cdot 0,60 = 10600 \text{ kG/m}^2 .$$

+ Trong hệ thống đơn vị SI :

$$p_a = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 ; \quad \gamma = 9810 \text{ N/m}^3 ; \\ p = 9,81 \cdot 10^4 + 9810 \cdot 0,60 = 103.986 \text{ N/m}^2 = 103,986 \text{ kN/m}^2 .$$

+ Trong hệ đo lường cơ học :

$$p_a = 1 \text{ kG/cm}^2 = 1 \text{ at} ; \quad \gamma = 0,001 \text{ kG/cm}^3 ; \\ p = 1 + 0,001 \cdot 60 = 1,06 \text{ kG/cm}^2 = 1,06 \text{ at} .$$

Bài 2-B-2 . Xác định chiều cao cột nước ($\gamma_n = 1000 \text{ kG/m}^3$), cột thủy ngân ($\gamma_m = 13600 \text{ kG/m}^3$), cột rượu ($\gamma_r = 860 \text{ kG/m}^3$), cột dầu mỡ ($\gamma_{dm} = 720 \text{ kG/m}^3$), cân bằng với áp suất dư $p = 0,4 \text{ at}$.

Bài giải

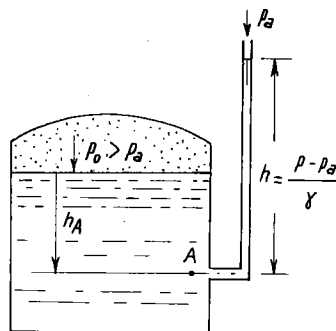
Biết $1 \text{ at} = 10000 \text{ kG/m}^2$, vậy :

$$h_n = \frac{p}{\gamma_n} = \frac{0,4 \cdot 10000}{1000} = 4 \text{ m c.n.};$$

$$h_m = \frac{p}{\gamma_m} = \frac{0,4 \cdot 10000}{13600} = 0,294 \text{ m c.tn.};$$

$$h_r = \frac{p}{\gamma_r} = \frac{0,4 \cdot 10000}{860} = 4,65 \text{ m c.r.};$$

$$h_{dm} = \frac{p}{\gamma_{dm}} = \frac{0,4 \cdot 10000}{720} = 5,55 \text{ m c.dm.}$$



Hình 2-B-1

Bài 2-B-3. Xác định áp suất thủy tĩnh tuyệt đối và dư tại điểm A (hình 2-B-1) trong thủy ngân có chiều cao $h_A = 1,5m$ và chiều cao chất lỏng trong ống đo áp (chiều cao đo áp) được đặt tại điểm A. Áp suất thủy tĩnh tuyệt đối trên mặt thoáng thủy ngân $p_0 = 1,5 \text{ kG/m}^2$ và trọng lượng thể tích của thủy ngân là: $\gamma_m = 13600 \text{ kG/m}^3$.

Bài giải

Theo công thức (2-3) áp suất thủy tĩnh tuyệt đối tại điểm A bằng :

$$p = p_0 + \gamma_m h_A = 1,5 \cdot 10000 + 13600 \cdot 1,5 = 35400 \text{ kG/m}^2 = 3,54 \text{ at} + 347274 \text{ N/m}^2.$$

Áp suất thủy tĩnh dư :

$$p_{du} = p - p_a = 35400 - 10000 = 25400 \text{ kG/m}^2 = 2,54 \text{ at} = 249174 \text{ N/m}^2 = 2,54 \text{ at} = 249174 \text{ N/m}^2,$$

trong đó $p_a = 10000 \text{ kG/m}^2 = 98100 \text{ N/m}^2$ - áp suất khí quyển.

Chiều cao đo áp tại A :

$$h = \frac{p_{du} - p_a}{\gamma} = \frac{25400}{13600} = 1,87m \text{ c.tn.}$$

Bài 2-B-4. Trong một bình kín chứa đầy dầu mỡ ($\gamma = 760 \text{ kG/m}^3$), trên mặt thoáng dầu mỡ áp suất thủy tĩnh tuyệt đối $p_0 = 2,5 \text{ at}$. Xác định áp suất dư tại điểm A trong bình ở độ sâu $h_A = 3 \text{ m}$ và chiều cao trong ống đo áp được nối với bình tại điểm A (hình 2-B-1).

Bài giải

1- Áp suất dư tại điểm A

$$p_A = (p_0 + \gamma h_A) - p_a = (2,5 \cdot 10000 + 760 \cdot 3) - 10000 = 17280 \text{ kG/m}^2 = 1,728 \text{ at} = 169517 \text{ N/m}^2.$$

2- Chiều cao cột dầu mỡ trong ống đo áp :

$$h_{dm} = \frac{p_A}{\gamma} = \frac{17280}{760} = 22,75m \text{ c.dm.}$$

Bài 2-B-5. Xác định độ cao nước dâng lên trong ống đo áp h' nếu áp suất tuyệt đối của khí chứa trong bình hình cầu là $p_0 = 0,9 \text{ at}$. Trọng lượng thể tích của nước $\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$ (hình 2-B-2).

Bài giải

Tại mặt a-a ta viết được :

$$p_a = p_l = p_0 + \gamma h'.$$

Do đó :

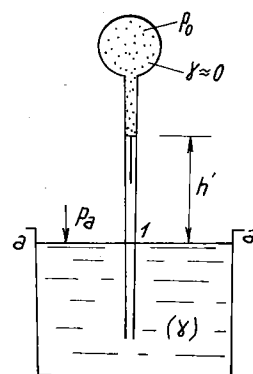
$$h' = \frac{p_a - p_0}{\gamma} = \frac{(1 - 0,9)10^5}{10^4} = 1m$$

Hình 2-B-2

Theo công thức (2-4) :

$p_a - p_0 = p_{ck}$ là chân không của không khí trong bình hình cầu, vì vậy :

$$h' = \frac{p_{ck}}{\gamma} \text{ chính là chiều cao chân không.}$$



Bài 2-B-6. Trong hai bình thông nhau hở có các đường kính khác nhau $d_1 = 5\text{ cm}$ và $d_2 = 10\text{ cm}$ (hình 2-B-3) được đổ đầy hai chất lỏng khác nhau, không hoà trộn với nhau có trọng lượng thể tích $\gamma_1 = 0,001\text{ kG/cm}^3$ (bình bên trái) và $\gamma_2 = 0,0008\text{ kG/cm}^3$ (bình bên phải). Khoảng cách từ mặt phân chia chất lỏng $m-n$ đến mực chất lỏng trong bình thứ hai $h_2 = 1\text{ m}$. Xác định độ chênh mực nước h trong các bình đó.

Bài giải

Vì $\gamma_1 > \gamma_2$ nên mặt phân cách của chất lỏng $m-n$ sẽ ở bình bên phải.

Trên mặt phân cách $m-n$ áp suất thuỷ tĩnh áp suất từ phía dưới và phía trên phải bằng nhau, tức là :

$$p_a + \gamma_1 h_1 = p_a + \gamma_2 h_2.$$

Vì có $h = h_2 - h_1$, nên ta được :

$$h = h_2 \left(1 - \frac{\gamma_2}{\gamma_1}\right) = 1,00 \left(1 - \frac{0,0008}{0,001}\right) = 0,20\text{ m}.$$

Bài 2-B-7. Xác định áp suất dư p_{du} của không khí trong buồng công tác của giếng chìm nằm ở độ sâu $h = 20\text{ m}$ (hình 2-B-4) với điều kiện sao cho nước ($\gamma = 1000\text{ kG/m}^3$) không vào giếng.

Bài giải

Áp suất dư tại chiều sâu $h = 20\text{ m}$:

$$p_{du} = \gamma h = 1000 \cdot 20 = 20000\text{ kG/m}^2 = 2\text{ at} = 196200\text{ N/m}^2.$$

Áp suất dư của không khí trong buồng công tác phải lớn hơn $p_{du} = 2\text{ at} = 196200\text{ N/m}^2$.

Bài 2-B-8. Nếu áp kế gắn với thùng kín (đựng chất khí và các chất lỏng như trên hình 2-B-5, cùng các cao độ tương ứng đối với mặt biển đã cho trên hình vẽ) cho số đo là $-0,17\text{ at}$.

a- Tính cao độ các ức chất lỏng ở L, N, Q .

b- Tính Δh ?

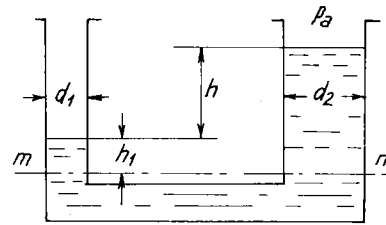
Bài giải

a- Áp suất trên mặt không khí :

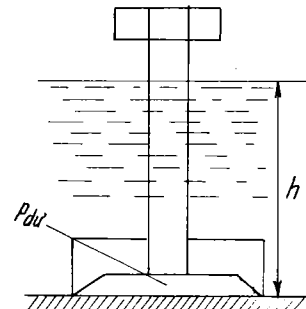
$$p_{49} = p_A + (65 - 490)\gamma_{kk} = p_A + 16\gamma_{kk} \approx p_A \approx -0,17\text{ at}.$$

- Áp suất trên mặt nước :

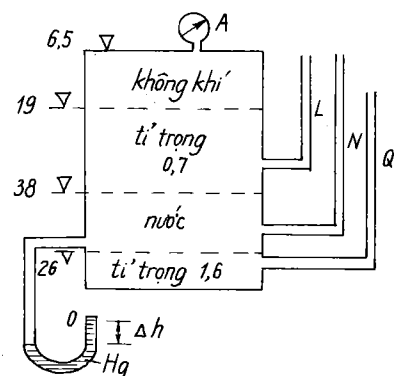
$$p_{38} = p_A + (49 - 38) 0,7 \gamma_n = -0,17 + 11 \cdot 0,7 \gamma_n \quad (1)$$



Hình 2-B-3



Hình 2-B-4



Hình 2-B-5

1) Áp suất tại mặt đẳng áp qua L :

$$p_L = p_A + (49 - V_L) 0,7 \gamma_n = 0 \quad (p_L = 0 ; \text{áp suất dư}) .$$

Từ đó rút ra :
$$V_L = 49 - \frac{p_A}{0,7 \gamma_n} = 49 - \frac{0,17 \cdot 10^5}{0,7 \cdot 10^4} = 46,4m.$$

2) Áp suất tại ống :

$$p_{AB} = p_N + (V_N - 38) \gamma_n = (V_N - 38) \gamma_n \quad (2)$$

(vì $p_N = 0$).

Từ (1) và (2) suy ra :

$$V_N = 38 + \frac{-0,17 + 7,7 \gamma_n}{\gamma_n} = 44m.$$

3) Áp suất tại mặt :

$$p_{26} = p_{38} + (38 - 26) \gamma_n = 6 \gamma_n + 12 \gamma_n = 18 \gamma_n \quad (3)$$

Mặt khác :

$$p_{26} = p_Q + (V_Q - 26) 1,6 \gamma_n = (V_Q - 26) 1,6 \gamma_n \quad (4)$$

(vì $p_Q = 0$)

Từ (3) và (4) rút ra :

$$V_Q = 26 + \frac{18 \gamma_n}{1,6 \gamma_n} = 37,25m.$$

b- Áp suất tại C :

$$p_C = p_{38} + (38 - V_C) \gamma_n = 6 \gamma_n + 12 \gamma_n = 18 \gamma_n .$$

Mặt khác :

$$p_C = p_D + \Delta h \gamma_m = \Delta h \gamma_m .$$

Vậy :

$$\Delta = 18 \frac{\gamma_n}{\gamma_m} = 1,32 m .$$

Bài 2-B-9.. Xác định áp suất dư trong lỗ khoan có chiều sâu $h = 85 m$. Lỗ khoan được đổ đầy dung dịch sét có mật độ $\rho = 1250 kg/m^3$.

Bài giải

Trị số áp suất dư được xác định theo công thức (2-4) :

$$p_{dư} = \gamma h = \rho g h = 1250 \cdot 9,81 \cdot 85 = 1,04 \cdot 10^6 Pa \approx 1MPa .$$

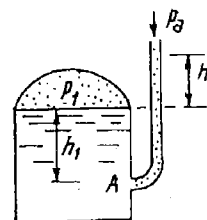
Bài 2-B-10. Tìm độ chênh mực nước trong ống đo áp và mực nước trong bình kín (hình 2-B-6), biết áp suất tuyệt đối trên mặt thoáng trong bình là $p_1 = 1,06 at$.

Bài giải

Tìm điều kiện cân bằng tại điểm A :

Áp suất tại phía trái điểm A theo công thức (2-3):

$$p_A = p_1 + \gamma h_1 .$$



Hình 2-B-6

Áp suất tại phía phải điểm A :

$$p_A = p_a + \gamma h + \gamma h_l.$$

Cân bằng hai vế và giản ước, ta có :

$$p_l = p_a + \gamma h.$$

Từ đó ta có :

$$h = \frac{p_l - p_a}{\gamma} = \frac{1,06 - 1}{0,001} = 60 \text{ cm}.$$

Bài 2-B-11. Xác định chiều cao dâng nước lên trong ống chân không h (hình 2-B-7), nếu như áp suất tuyệt đối trong bình $p_B = 0,95 \text{ at}$. Tính với hệ đơn vị cơ học và hệ SI.

Bài giải

Mặt phẳng $O-O$ trùng với mặt thoáng. Áp suất thủy tĩnh tại điểm A sẽ bằng áp suất khí quyển. Theo công thức (2-3), ta có :

$$p_A = p_B + \gamma h = p_a.$$

Từ đó có :

$$h = \frac{p_a - p_B}{\gamma} = \frac{1 - 0,95}{0,001} = 50 \text{ cm}.$$

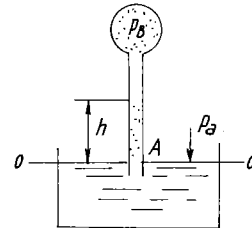
Nếu tính với hệ đơn vị SI :

$$p_a = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2;$$

$$p_B = 0,95 \text{ at} = 0,95 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 9,32 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2;$$

$$\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$$

$$h = \frac{p_a - p_B}{\gamma} = \frac{9,81 \cdot 10^4 - 9,32 \cdot 10^4}{9810} = 0,5 \text{ m}.$$



Hình 2-B-7

Bài 2-B-12. Xác định áp suất dư tại điểm A trong ống dẫn nếu biết chiều cao cột thủy ngân trong ống đo áp $h_2 = 25 \text{ cm}$. Khoảng cách từ tâm ống đến mặt phân cách nước và thủy ngân $h_l = 40 \text{ cm}$ (hình 2-B-8)

Bài giải

Áp suất tại điểm B theo công thức (2-3) là :

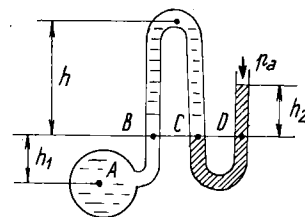
$$p_B = p_A - \gamma h_l$$

vì điểm B ở cao hơn điểm B một trị số là h_l .

Áp suất tại điểm D theo công thức (2-3) là :

$$p_D = p_a - \gamma_m h_2.$$

Áp suất tại điểm C bằng áp suất tại điểm B vì cùng ở môi trường nước và cùng ở một mặt phẳng nằm ngang, mặt khác áp suất tại C cũng bằng áp suất tại D vì cùng trong môi trường thủy ngân và cũng cùng mặt phẳng nằm ngang. Vậy có :



Hình 2-B-8

$$p_C = p_B - \gamma h_1 ;$$

$$p_C = p_D = p_a + \gamma_m h_2 .$$

Từ đó ta có :

$$p_B - \gamma h_1 = p_a + \gamma_m h_2 ;$$

$$p_B - p_a = \gamma_m h_2 + \gamma h_1 .$$

Trị số $p_B - p_a$ chính là áp suất dư tại điểm A .

Thay các trị số $\gamma_m = 133416 \text{ N/m}^3$ và $\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$, ta có kết quả :

$$p_{dA} = 133416 \cdot 0,25 + 9810 \cdot 0,40 = 33746,4 \text{ N/m}^2 =$$

$$= 3440 \text{ kG/m}^2 = 0,34 \text{ kG/cm}^2 = 0,34 \text{ at} .$$

Bài 2-B-13. Xác định áp suất dư của nước trong ống theo các số đọc của áp kế thủy ngân. Cao trình mực thủy ngân từ trục ống $z_1 = 1,75 \text{ m}$, $z_2 = 3 \text{ m}$; $z_3 = 1,5 \text{ m}$; $z_4 = 2,5 \text{ m}$ (hình 2-B-9).

Bài giải

Áp kế thủy ngân gồm hai đoạn ống thủy ngân nối liên tiếp. Áp suất của nước trong ống được cân bằng bởi các độ chênh mực thủy ngân và độ chênh mực nước trong các ống của áp kế.

Cộng các số đọc của áp kế từ đầu hở đến chỗ nối vào ống, ta có :

$$p = \rho_m \cdot g (z_4 - z_3) - \rho_n \cdot g (z_2 - z_3) + \rho_m \cdot g (z_2 - z_1) + \rho_n \cdot g (z_1 - z_0), \quad (1)$$

trong đó $\rho_n = 1000 \text{ kg/m}^3$ - mật độ của nước ;

$\rho_m = 13600 \text{ kg/m}^3$ - mật độ của thủy ngân .

Thay các trị số vào công thức (1), ta có :

$$p = 13600 \cdot 9,81 (2,5 - 1,5) - 1000 \cdot 9,81 (3 - 1,5) + 13600 \cdot 9,81 (3 - 1,75) + 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,75 =$$

$$= 302638,5 \text{ kG/m}^2 = 0,3 \cdot 10^6 \text{ Pa} \approx 0,3 \text{ Mpa} .$$

Bài 2-B-14. Phần dưới buồng làm việc của một giếng chìm nằm dưới mực nước một chiều sâu $h = 30 \text{ m}$ (hình 2-B-10). Xác định áp suất dư cần thiết của phần không chứa nước (trên mặt thoáng) trong buồng công tác của giếng chìm để nước từ ngoài sông không lọt được vào buồng công tác .

Bài giải

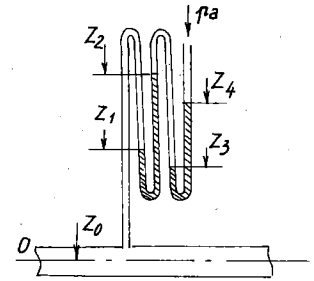
Áp suất dư của phần trên mặt thoáng trong buồng công tác phải không được nhỏ hơn áp suất thủy tĩnh ở chiều sâu cho trước, tức là theo công thức (2-4) :

$$p \geq \gamma h \geq \rho g h ;$$

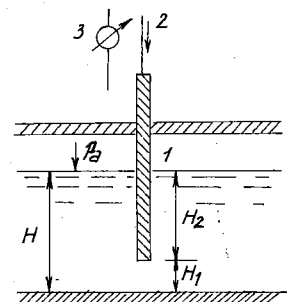
$$\rho g h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 30 = 294300 \text{ Pa} = 294,3 \text{ kPa} ;$$

$$p \geq 294,3 \text{ kPa} .$$

Bài 2-B-15. Trong kênh dẫn đến công trình làm sạch nước người ta đặt một thiết bị đo mực nước tự ghi (hình 2-B-10).



Hình 2-B-9



Hình 2-B-10

Đầu dưới của ống nằm trong nước với chiều sâu H_2 . Một thể tích không khí không lớn được truyền theo ống 2 vào đầu trên của ống 1 dưới áp suất đủ để cho không khí đi theo ống 1 vào phần chứa nước của kênh qua đầu dưới của ống. Xác định mực nước trong kênh H nếu áp suất không khí trong ống 1 theo số đọc của máy tự ghi 3 bằng $h' = 80 \text{ mm}$ cột thuỷ ngân và $h'' = 29 \text{ mm}$ cột thuỷ ngân. Khoảng cách từ đáy kênh đến đầu dưới của ống $H_1 = 0,3 \text{ m}$.

Bài giải

Áp suất dư của không khí trong ống :

$$p_1 = \rho_m \cdot g \cdot h ,$$

trong đó h - số đọc của máy tự ghi (độ hạ thấp mực thuỷ ngân trong máy).

Trong khi đó áp suất dư của nước ở đầu dưới của ống :

$$p_2 = \rho_m \cdot g \cdot H_2 .$$

Chiều sâu H_2 được xác định từ điều kiện cân bằng áp suất :

$$p_1 = p_2 \quad \text{tức là} \quad \rho_m \cdot g \cdot h = \rho_m \cdot g \cdot H_2 .$$

Do đó :

$$H_2 = \rho_m \cdot h / \rho_n .$$

Khi $h' = 80 \text{ mm}$ cột thuỷ ngân :

$$H_2 = \frac{13600 \cdot 0,08}{1000} = 1,09 \text{ m} .$$

Còn chiều sâu mực nước trong kênh :

$$H = H_2 + H_1 = 1,09 + 0,3 = 1,39 \text{ m} .$$

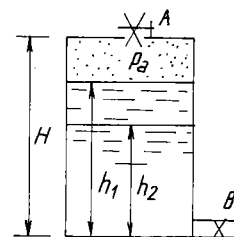
Khi $h'' = 29 \text{ mm}$ cột thuỷ ngân

$$H_2 = \frac{13600 \cdot 0,029}{1000} = 0,39 \text{ m} .$$

Và

$$H = 0,39 + 0,3 = 0,69 \text{ m} .$$

Bài 2-B-16. Trong bình hình trụ khi đóng khoá B , mở khoá A cho thuỷ ngân chảy vào dưới áp suất của không khí đến độ sâu $h_1 = 50 \text{ cm}$. Chiều cao bình $H = 70 \text{ cm}$ (hình 2-B-11). Sau đó đóng khoá A , mở khoá B . Giả thiết quá trình xảy ra là đẳng nhiệt, xác định áp suất chân không trong bình tại thời điểm cân bằng, khi mực nước thuỷ ngân đạt tới trị số h_2 . Tính trị số h_2 .



Bài giải

Ở thời điểm cân bằng ta có :

$$p' + \gamma_m h_2 = p_a ,$$

trong đó p' - áp suất tuyệt đối trên mặt thuỷ ngân ở trạng thái cân bằng đó. Ta có :

$$p_a - p' = \gamma_m h_2 . \quad (1)$$

Hình 2-B-11

Phương trình (1) có hai ẩn là p' và h_2 . Trị số h_2 càng giảm thì áp suất tuyệt đối trong bình cũng giảm theo. Dựa vào giả thiết quá trình xảy ra là đẳng nhiệt, ta có công thức (2-4):

$$p_a (H - h_1) = p' (H - h_2) . \quad (2)$$

Rút p' từ (1) và thay vào (3), ta có :

$$p_a (H - h_1) = (p_a - \gamma_m h_2) \cdot (H - h_2) .$$

Khai triển và giản ước ta được :

$$\gamma_m h_2^2 - (p_a - \gamma_m H) \cdot h_2 + p_a h_1 = 0 . \quad (3)$$

Thay các trị số : $\gamma_m = 133416 \text{ N/m}^3$; $p_a = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ vào (3), ta được :

$$133416 h_2^2 - (9,81 \cdot 10^4 + 133416 \cdot 0,7) h_2 + 9,81 \cdot 10^4 \cdot 0,5 = 0 .$$

Chia tất cả cho $9,81 \cdot 10^3$:

$$13,6 h_2^2 - 19,52 h_2 + 5 = 0 .$$

Giải ra được hai trị số : $h_2' = 1,10 \text{ m}$ và $h_2'' = 0,334 \text{ m}$.

Trị số $h_2' > H$ nên không thoả mãn điều kiện đầu bài. Vậy $h_2 = 0,344 \text{ m} = 33,4 \text{ cm}$.

Trị số chân không rút từ (1) :

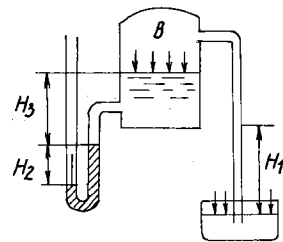
$$p_a - p' - 133416 \cdot 0,334 = 44561 \text{ N/m}^2 = 0,45 \text{ kG/cm}^2 = 0,454 \text{ at} .$$

Bài 2-B-17. Xác định áp suất trong bình chứa p_0 và chiều cao mực nước h_1 trong ống I , nếu số đọc của áp kế thuỷ ngân $h_2 = 0,15 \text{ m}$ và $h_3 = 0,8 \text{ m}$ (hình 2-B-12).

Bài giải

Điều kiện cân bằng của áp kế thuỷ ngân có thể viết dưới dạng :

$$\begin{aligned} p_0 &= p_a - g(\gamma_{\text{tn}} h_2 + \gamma_n h_3) = \\ &= 9,81 \cdot 10^4 - 9,81(13600 \cdot 0,15 + 1000 \cdot 0,8) = \\ &= 7 \cdot 10^4 \text{ Pa} . \end{aligned}$$



Hình 2-B-12

Vì vậy trong bình chứa có chân không và trị số của nó bằng :

$$p_{\text{ck}} = p_a - p_0 = 9,81 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^4 = 2,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 28,1 \text{ kPa} .$$

Điều kiện cân bằng của ống I :

$$p_0 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_a .$$

Do đó :

$$h_1 = \frac{p_a - p_0}{\rho \cdot g} = \frac{9,81 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} = 2,87 \text{ m} .$$

Bài 2-B-18. Xác định áp suất trong hệ thống ống sưởi (hình 2-B-13) nếu trong nồi hơi A nước được đun đến nhiệt độ 95°C , còn trong thiết bị B nước được hạ đến nhiệt độ 70°C . Khoảng cách giữa tâm nồi hơi và thiết bị B là $h_2 = 12 \text{ m}$.

Bài giải

Chia hệ thống ống sưởi bằng mặt cắt $a-a$ (qua tâm nồi hơi A).

Áp suất thủy tĩnh tại mặt cắt a-a do cột nước bên nhánh trái :

$$p_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_1 ,$$

còn do cột nước bên nhánh phải :

$$p_2 = \rho_1 \cdot g \cdot h_2 + \rho_2 \cdot g \cdot h_3 ,$$

trong đó ρ_2 - mật độ của nước khi nhiệt độ $95^{\circ}C$;

ρ_1 - cũng vậy, khi nhiệt độ $70^{\circ}C$.

Áp suất ở cuối hệ thống :

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho_1 \cdot g \cdot h_2 + \rho_2 \cdot g (h_3 - h_1) .$$

Vì : $h_1 = h_2 + h_3$, nên ta có :

$$\Delta p = \rho_1 \cdot g \cdot h_2 - \rho_2 \cdot g \cdot h_2 ,$$

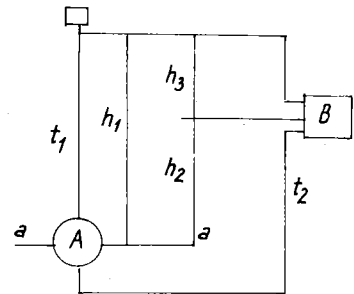
hoặc

$$\Delta p = g \cdot h_2 (\rho_1 - \rho_2) .$$

Ta lấy $\rho_1 = 978 \text{ kg/m}^3$ và $\rho_2 = 962 \text{ kg/m}^3$ (xem bảng 1-0) .

Áp suất trong hệ thống :

$$\Delta p = 9,81 \cdot 12 (978 - 962) = 1883,52 \text{ Pa} .$$



Hình 2-B-13

Bài 2-B-19. Một hệ thống thông gió hoạt động trên cơ sở chênh trọng lượng của khí nóng trong hệ thống và trọng lượng không khí ngoài trời. Khí nóng được hút ra qua ống 1 đặt trên mái nhà, còn không khí được cung cấp qua khe hở của giếng 2 (hình 2-B-14). Xác định hiệu số áp suất trong hệ thống thông gió của một nhà cao 9 tầng và ở môi trường xung quanh cao trình mặt đất, nếu nhiệt độ khí nóng trong mạng lưới là $20^{\circ}C$, còn nhiệt độ không khí là $10^{\circ}C$.

Bài giải

Chiều cao của ống thoát khí nóng được xác định bằng:

$$H = 3n + 4 = 3 \cdot 9 + 4 = 31 \text{ m} ,$$

trong đó n - số lượng tầng ;

3 - chiều cao mỗi tầng (m) ;

4 - chiều cao ống thoát khí gồm đoạn từ trần nhà đến mái và phần trên mái (m)

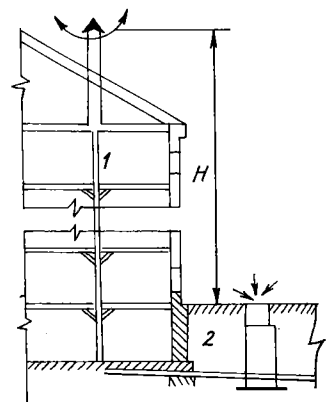
Với nhiệt độ $10^{\circ}C$ thì $\rho_1 = 1,23 \text{ kg/m}^3$, với nhiệt độ $20^{\circ}C$ thì $\rho_2 = 1,185 \text{ kg/m}^3$.

Độ chênh áp suất :

$$\Delta p = g H (\rho_1 - \rho_2) = 9,81 \cdot 31 (1,23 - 1,185) = 13,56 \text{ Pa} .$$

Hiệu số cột nước :

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{13,56}{1000 \cdot 9,81} = 0,0013 \text{ m c.n.}$$



Hình 2-B-14

Bài 2-B-20. Xác định áp suất của hơi trong xi lanh của bơm pistông (hình 2-B-15) cần thiết để bơm nước lên một chiều cao $H = 58 \text{ m}$. Đường kính của xilanh $d_1 = 0,3 \text{ m}$ và $d_2 = 0,18 \text{ m}$.

Bài giải

Áp lực truyền lên cần của pistông của xi lanh :

$$P = p_1 \omega_1.$$

Theo định luật Pascal , áp suất thuỷ tĩnh trong thân bơm :

$$p_2 = \frac{P}{\omega_2} = \frac{p_1 \omega_1}{\omega_2}.$$

Áp suất cần tìm trong xilanh hơi :

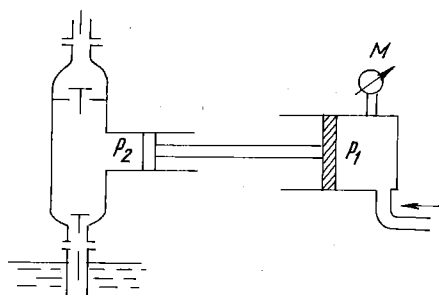
$$p_1 = p_2 \frac{\omega_2}{\omega_1} = p_2 \frac{d_2^2}{d_1^2}.$$

Áp suất thuỷ tĩnh trong thân bơm :

$$p_2 = \rho gH.$$

Do đó :

$$p_1 = \frac{\rho gHd_2^2}{d_1^2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 58 \cdot 0,18^2}{0,3^2} = 205 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 205 \text{ kPa}.$$



Hình 2-B-15

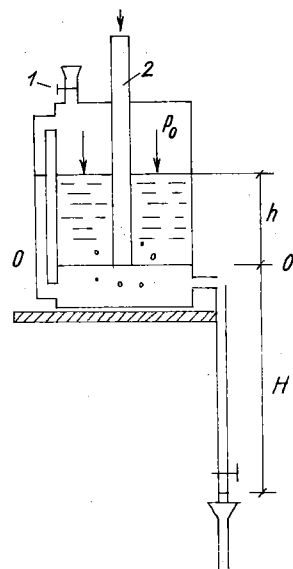
Bài 2-B-21. Để giữ lưu lượng chất lỏng cố định, trong nghiên cứu người ta sử dụng rộng rãi bình Mariôt (hình 2-B-16). Sau khi đổ chất lỏng đầy vào bình, khoá 1 được đóng lại. Trong thời gian tháo cạn bình chỉ có ống 2 được thông với khí quyển. Khi chất lỏng bắt đầu chảy thì mực nước hạ thấp và chân không hình thành. Mực nước trong ống 2 cũng hạ thấp dần và qua ống đó không khí bắt đầu vào bình. Ở cao trình đầu dưới của ống 2 hình thành áp suất khí quyển. Tại cao trình đó ở trong bình cũng có áp suất bằng áp suất khí quyển. Do đó bình chứa sẽ được tháo cạn dưới cột nước H và lưu lượng Q cố định. Hỏi áp suất p_0 thay đổi ra sao khi bình chứa được tháo cạn dần ?

Bài giải

Sau khi bình được chứa đầy, áp suất trong bình bằng áp suất khí quyển, tức là $p_0 = p_a$. Trong một thời gian ngắn áp suất sẽ giảm dần cùng với việc bình cạn dần. Khi không khí bắt đầu vào bình chứa bằng ống 2 ta xác định áp suất từ điều kiện cân bằng chất lỏng ở cao trình mặt phẳng) $O-O$. Trong bình chứa cũng tại cao trình đó :

$$p = p_0 + \rho gh.$$

Do sự cân bằng áp suất :



Hình 2-B-16

Do đó:

$$p_a = p_0 + \rho gh.$$

(1)

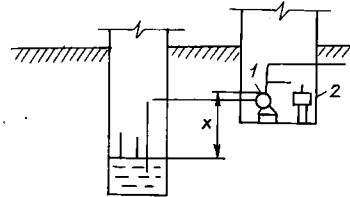
$$p_0 = p_a + \rho gh.$$

Từ phương trình (1) ta thấy áp suất trong bình chứa nhỏ hơn áp suất khí trời, tức là chân không xuất hiện và áp suất chân không bằng :

$$p_{ck} = p_a - p_0 = \rho gh.$$

Khi bình cạn dần thì mực nước cũng thấp dần, tức là khi chiều cao h giảm dần thì chân không cũng sẽ giảm cho tới khi mực nước xuống thấp bằng đầu dưới của ống 2 (khi $h = 0$) chân không sẽ bằng không, còn áp suất trong bình sẽ đạt đến áp suất khí quyển.

Bài 2-B-22. Để mỗi đầy bơm ly tâm 1, người ta dùng bơm chân không 2. Hỏi cần phải tạo độ chân không lớn bao nhiêu nếu điểm trên của vỏ máy bơm cao hơn mực nước trong bể chứa là $H = 3,5 \text{ m}$ (hình 2-B-17).



Bài giải

Từ công thức (2-5) ta có :

$$p_a - p = p_{ck} = \rho gh,$$

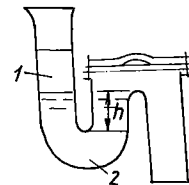
trong đó p - áp suất tuyệt đối trên mặt nước trong vỏ máy bơm sau khi mỗi đầy nước.

Hình 2-B-17

Do vậy :

$$p_{ck} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,5 = 34335 \text{ Pa} = 3,43 \text{ kPa}.$$

Bài 2-B-23. Để cho khí bẩn trong mạng lưới thoát không bay vào nhà, phía dưới thiết bị vệ sinh người ta lắp thêm xi phông 1 tạo nên một "cửa van" thủy lực (hình 2-B-18). "Cửa van" thủy lực là một nút được tạo nên bằng việc đổ đầy nước vào phần dưới của ống xi phông hình vòng. Khi thiết bị vệ sinh được tháo cạn và nước chuyển động với vận tốc lớn theo ống đứng thì không khí cũng thoát theo nước và trong ống xuất hiện chân không $p_{ck} = 0,005 \text{ at} = 490 \text{ Pa}$. Hỏi "cửa van" thủy lực phải có chiều cao h là bao nhiêu để nó không bị phá vỡ ?



Hình 2-B-18

Bài giải

Theo công thức (2-5) ta tìm :

$$h_{ck} = \frac{490}{1000 \cdot 9,81} = 0,05 \text{ m}.$$

Do đó, chiều cao "cửa van" $h \geq 50 \text{ mm}$. Thông thường trị số h được lấy bằng :

$$h = 70 \text{ mm}.$$

Bài 2-B-24. Một áp kế vi sai gồm một ống chữ U, đường kính $d = 5 \text{ mm}$ nối hai bình trụ tròn thẳng đứng có cùng đường kính $D = 50 \text{ mm}$ với nhau. Các bình và ống đựng hai chất lỏng không trộn lẫn với nhau, có trọng lượng riêng xấp xỉ nhau : dung dịch rượu êtylen - nước ($\gamma_1 = 8535 \text{ N/m}^3$) và dầu hỏa ($\gamma_2 = 8142 \text{ N/m}^3$). Trên mặt chất lỏng trong hai bình có

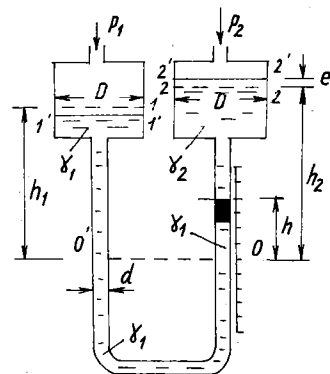
áp suất p_1 và p_2 mà ta cần xác định độ chênh

$\Delta p = p_1 - p_2$ (hình 2-B-19) .

Hãy thiết lập hệ thức $\Delta p = f(h)$, với h là độ dịch chuyển đúng của mặt phân cách hai chất lỏng so với vị trí ban đầu O (ứng với khi $\Delta p = 0$).

Xác định Δp khi $h = 280\text{mm}$.

Chỉ số sẽ thay đổi như thế nào khi không có hai bình.



Hình 2-B-19

Bài giải

Để thiết lập hệ thức $\Delta p = f(h)$ ta sử dụng các phương trình sau :

+ Khi $\Delta p = 0$, mực chất lỏng trong các bình là 1-1 và 2-2, mặt phân cách ở vị trí O , mặt đẳng áp (mặt có áp suất bằng nhau) $O-O'$ cho ta viết được :

$$p_0 = p_0 ; p_0 = p_2 + \gamma_2 h_2 ; p'_0 = p_1 + \gamma_1 h_1 ,$$

từ đó, với $p_1 = p_2$, ta có phương trình sau :

$$\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2 \quad \text{hoặc} \quad \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 = 0 \quad (1)$$

+ Khi $\Delta p > 0$ ($p_1 > p_2$), mực chất lỏng trong các bình lấy vị trí mới 1'-1' và 2'-2' , mặt phân cách dịch chuyển lên trên một đoạn h .

Mặt đẳng áp $O-O'$ cho ta viết được :

$$p_0 = p'_0 ; p_0 = p_2 + \gamma_1 h + \gamma_2 (h_2 + e - h) ;$$

$$p'_0 = p_1 + \gamma_1 (h_1 - e) .$$

Kết hợp với (1) ta có phương trình mới sau đây :

$$\Delta p = (\gamma_1 - \gamma_2)h + (\gamma_1 + \gamma_2)e \quad (2)$$

+Phương trình thứ ba để khử e trong (2) là phương trình giữa các thể tích chất lỏng trong đoạn dịch chuyển e ở các bình và đoạn dịch chuyển h ở ống :

$$\frac{\pi D^2}{4} e = \frac{\pi d^2}{4} h \quad ; \quad e = h \left(\frac{d}{D} \right)^2 . \quad (3)$$

Thế (3) vào (2), cuối cùng ta được hệ thức cần tìm :

$$\Delta p = h \left[(\gamma_1 - \gamma_2) + \left(\frac{d}{D} \right)^2 (\gamma_1 + \gamma_2) \right] \quad (*)$$

hay

$$h = \frac{\Delta p}{(\gamma_1 - \gamma_2) + \left(\frac{d}{D} \right)^2 (\gamma_1 + \gamma_2)} \quad (**)$$

Với $h = 280\text{mm} = 0,28\text{m}$, thay các trị số của γ_1 , γ_2 , $\left(\frac{d}{D} \right)^2 = 10^{-2}$ vào (*), ta được kết quả :

$$\Delta p = 157 \text{ Pa}$$

Độ chính xác của kết quả đo phải được thể hiện ở chỗ số đo h phải đủ lớn ngay cả với độ chênh Δp rất bé, như ta thấy từ kết quả tính trên. Việc chọn $\gamma_1 \neq \gamma_2$ và lắp thêm hai bình (để có $\left(\frac{d}{D}\right)^2 \ll 1$) là nhằm mục đích này như ta thấy từ (**).

So với chỉ số h đọc được khi không có thêm các bình ($\frac{d}{D} < 1$) thì khi đo cùng một trị số Δp , chỉ số h đọc được khi không có các bình ($\frac{d}{D} = 1$) sẽ giảm xuống theo tỷ lệ sau :

$$\frac{h\left(\frac{d}{D} < 1\right)}{h\left(\frac{d}{D} = 1\right)} = \frac{2\gamma_1}{(\gamma_1 - \gamma_2) + \left(\frac{d}{D}\right)^2 (\gamma_1 + \gamma_2)}$$

Trong bài toán này ta có : $\frac{h_{\text{có bình}}}{h_{\text{không bình}}} \approx 30 \text{ lần}$.

Bài 2-B-25. Để đo hiệu số áp suất giữa hai vị trí 1 và 2 của ống dẫn chất lỏng mật độ ρ , người ta nối thông với áp kế dùng chất lỏng có mật độ ρ' dạng chữ U bằng các ống kín như trên hình (2-B-20). Hai chất lỏng này không trộn lẫn được với nhau. Hãy thiết lập biểu thức tính độ chênh áp suất $\Delta p = p_1 - p_2$ theo ρ , ρ' và chỉ số h của áp kế.

Bài giải

Áp dụng phương trình cơ bản của thủy tĩnh học (2-1) :

Đối với điểm 1 và 1' (chất lỏng ρ), ta có :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_1' + \frac{p_1}{\rho g}$$

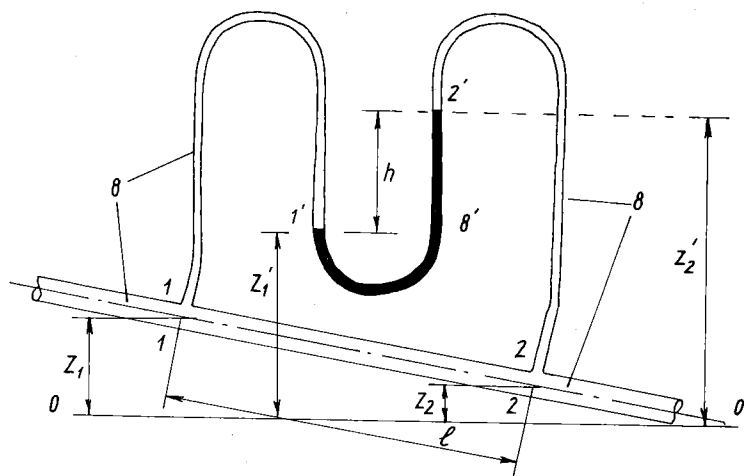
+ Đối với điểm 2 và 2' (chất lỏng ρ) :

$$z_2 + \frac{p_2}{\rho g} = z_2' + \frac{p_2}{\rho g}$$

+ Đối với điểm 1' và 2' của áp kế (chất lỏng ρ') :

$$z_1' + \frac{p_1}{\rho g} = z_2' + \frac{p_2}{\rho g}$$

Từ ba phương trình ta rút ra được :



Hình 2-B-20

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g}\right) = \frac{\rho' - \rho}{\rho} h,$$

trong đó : $h = z_2 - z_1$.

Từ đó
$$\Delta p = p_1 - p_2 = (\rho' - \rho)gh - \rho g(z_1 - z_2) .$$

Nếu ống nằm ngang ($z_1 = z_2$) thì :

$$\Delta p = (\rho' - \rho)gh ,$$

hay
$$h = \frac{\Delta p}{(\rho' - \rho)g}$$

Vậy :

+ Nói chung áp kế này cho phép ta đo độ chênh của đại lượng :

$$Z = z + \frac{p}{\rho g} ,$$

và của độ chênh áp suất .

+ Nếu $\rho' \gg \rho$ (chẳng hạn thủy ngân so với nước : $\frac{\rho' - \rho}{\rho} = 12,6$), áp kế này cho phép

đo những giá trị độ chênh Δp lớn nhưng với những chỉ số h đủ nhỏ .

+ Nếu $\rho' \neq \rho$ ($\rho' > \rho$), chẳng hạn như hai chất lỏng đã được xét trong bài (2-B-24), áp kế này cho phép đo được chính xác những trị số Δp bé vì bảo đảm có chỉ số h cần đọc đủ lớn .

2-B-2. ÁP LỰC CỦA CHẤT LỎNG LÊN MẶT PHẪNG

Bài 2-B-26. Trục y nằm ngang. Một tấm chắn a b nằm nghiêng với trục y một góc $\beta = 60^\circ$ (hình 2-B-21). Hãy tính áp lực dư lên tấm chắn đó khi cho $b = 5m$, $a = 10m$, $h = 1m$.

Bài giải

Áp lực dư được tính theo công thức :

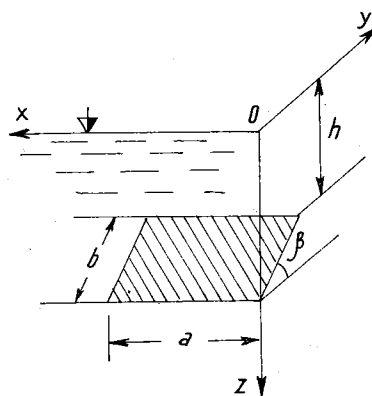
$$P = \gamma h_c \omega ,$$

mà :
$$h_c = h + \sin \beta \frac{b}{2} .$$

Vậy :

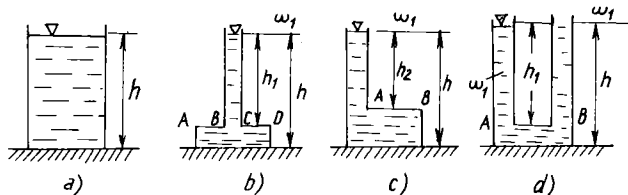
$$P = \gamma \left(h + \sin \beta \frac{b}{2} \right) ab = 1000 \left(1 + 0,866 \frac{2,5}{2} \right) 10,5 = 158250 kG ;$$

$$P = 1551470 N = 1551 kN = 158 T .$$



Hình 2-B-21

Bài 2-B-27. Xác định áp lực dư lên đáy các bình a, b, c, d (hình 2-B-22) chứa đầy nước. Chiều cao cột nước trong các bình $h = 60\text{cm}$, $h_1 = 50\text{cm}$ và $h_2 = 40\text{cm}$. Diện tích đáy bình $\omega = 1250\text{cm}^2$ và diện tích mặt cắt $\omega_1 = 12,50\text{cm}^2$. Tìm lực truyền xuống sàn của các bình, bỏ qua



Hình 2-B-22

trọng lượng bình. Tại sao áp lực lên đáy bình không phải luôn luôn bằng trọng lượng chất lỏng chứa trong bình. Hãy giải thích qua tính toán áp lực tác dụng lên mặt $AB-CD$ ở bình b và mặt AB ở các bình a, c, d .

Bài giải

Áp suất dư lên đáy bình trong tất cả các bình đều giống nhau vì chiều sâu của các đều giống nhau :

$$p = \gamma h = 9,81 \cdot 0,6 = 5886 \text{ N/m}^2 = 600 \text{ kG/m}^2 = 0,06 \text{ kG/cm}^2.$$

Áp lực dư lên đáy bình trong tất cả các bình theo công thức (2-6) cũng sẽ như nhau, vì diện tích đáy của các bình đều như nhau :

$$P = \gamma h \omega = p \omega = 5886 \cdot 0,125 = 735,75 \text{ N} = 75 \text{ kG}.$$

Lực truyền xuống sàn sẽ khác nhau vì trọng lượng chất lỏng chứa trong các bình khác nhau .

Kết quả tính lực truyền xuống sàn khi bỏ qua trọng lượng bình :

$$G_a = \gamma h \omega = 5886 \cdot 0,125 = 735,75 \text{ N} = 75 \text{ kG} ;$$

$$G_b = \gamma h_1 \omega_1 + \gamma (h - h_1) \omega = 9810 \cdot 0,5 \cdot 0,00125 + 9810 \cdot (0,60 - 0,50) \cdot 0,125 = 128,756 \text{ N} = 13,125 \text{ kG} ;$$

$$G_c = \gamma h_2 \omega_1 + \gamma (h - h_2) \omega = 9810 \cdot 0,4 \cdot 0,00125 + 9810 \cdot (0,60 - 0,40) \cdot 0,125 = 4,905 + 245,25 = 250,155 \text{ N} = 25,5 \text{ kG} ;$$

$$G_d = 2\gamma h_1 \omega_1 + \gamma (h - h_1) \omega = 2 \cdot 9810 \cdot 0,5 \cdot 0,00125 + 9810 \cdot (0,60 - 0,50) \cdot 0,125 = 12,263 + 122,625 = 134,888 \text{ N} = 13,75 \text{ kG}.$$

Như vậy lực truyền xuống sàn ở bình a là lớn nhất và ở bình b là nhỏ nhất . Ta xác định áp lực dư lên thành nằm ngang nối tiếp theo các sơ đồ :

+ Tại bình b , áp lực tác động lên mặt AB và CD sẽ là :

$$P'_b = \gamma h_1 (\omega - \omega_1) = 9810 \cdot 0,50 \cdot (0,125 - 0,00125) = 606,994 \text{ N} = 61,875 \text{ kG}.$$

+ Tại bình c , áp lực tác động lên mặt AB sẽ là :

$$P'_c = \gamma h_2 (\omega - \omega_1) = 9810 \cdot 0,40 \cdot (0,125 - 0,00125) = 485,595 \text{ N} = 49,5 \text{ kG}.$$

+ Tại bình d , áp lực tác động lên mặt AB sẽ là :

$$P'_d = \gamma h_1 (\omega - 2\omega_1) = 9810 \cdot 0,50 \cdot (0,125 - 0,00250) = 600,862 \text{ N} = 61,25 \text{ kG}.$$

Ta thấy ở bình a , trọng lượng chất lỏng bằng áp lực lên đáy bình :

$$P = G = 735,75 \text{ N} = 75 \text{ kG}.$$

Ở các bình b, c, d có $P > G$, nghĩa là áp lực tác dụng lên đáy bình có thể lớn hơn cả trọng lượng của bản thân chất lỏng. Nhưng chú ý là, lực truyền xuống sàn (bỏ qua trọng lượng bình) chính là :

$$P - P'_b = 735,75 - 606,994 = 128,756 \text{ N} = 13,125 \text{ kG} = G_b ;$$

$$P - P'_c = 735,75 - 485,595 = 250,155 \text{ N} = 25,5 \text{ kG} = G_c ;$$

$$P - P'_d = 735,75 - 600,862 = 134,888 \text{ N} = 13,75 \text{ kG} = G_d ;$$

Bài 2-B-28. Xác định lực kéo Δp (hiệu số áp lực) tại buồng đốt D và trước cửa buồng đốt D (hình 2-B-23), nếu chiều cao nồi hơi và ống khói $H = 15\text{m}$. Nhiệt độ của hỗn hợp khí $t_{kh} = 250^\circ\text{C}$. Nhiệt độ không khí xung quanh $t = 15^\circ\text{C}$.

Bài giải

Áp suất trong buồng đốt ở cao trình 2-2 :

$$p_{bd} = p_a + p_{lk} ,$$

trong đó : p_a - áp suất khí trời ở cao trình 1-1 ;

p_{lk} - áp suất của hỗn hợp khí thoát ra khỏi ống khói ;

Áp suất trước cửa buồng đốt ở cao trình 2-2 :

$$p = p_a + p_{kk} ,$$

trong đó p_{kk} - áp suất được tạo nên bởi cột không khí có chiều cao H .

Áp suất :

$$p_{lk} = \rho_{lk} g H ;$$

$$p_{kk} = \rho_{kk} g H ,$$

trong đó : ρ_{lk} - mật độ của hỗn hợp khí ở nhiệt độ 250°C ;

ρ_{kk} - mật độ không khí ở nhiệt độ 15°C .

Độ chênh áp suất trong buồng đốt nồi hơi và trước cửa buồng đốt bằng :

$$\Delta p = p - p_{bd} = p_a + \rho_{kk} g H - p_a - \rho_{lk} g H$$

hoặc

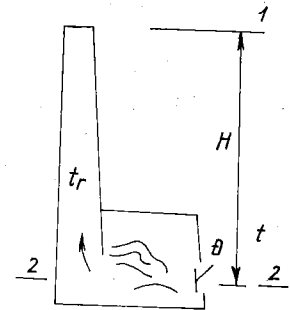
$$\Delta p = g H (\rho_{kk} - \rho_{lk}) .$$

Lấy $\rho_{lk} = 0,58 \text{ kg/m}^3$ và $\rho_{kk} = 1,23 \text{ kg/m}^3$ ta sẽ được :

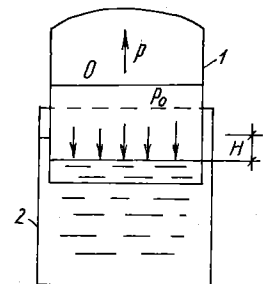
$$\Delta p = 9,81 \cdot 15 \cdot (1,23 - 0,58) = 95,6 \text{ Pa} .$$

Tìm độ chênh cột nước Δh . Từ $\Delta p = \rho g \Delta h$, nên :

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{95,6}{1000 \cdot 9,81} = 0,0098 \text{ m c.n.}$$



Hình 2-B-23



Hình 2-B-24

Bài 2-B-29. Một chuông chứa khí có đường kính $D = 6,6 \text{ cm}$. Trọng lượng $G = 34,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ (hình 2-B-24). Xác định độ chênh mực nước H trong chuông và trong bình 2 .

Bài giải

Để giữ cho chuông nước chứa khí cân bằng thì áp lực của khí P lên nắp chuông phải cân bằng với trọng lượng G của chuông, tức là $P = G$.

Trong khi đó áp lực nước dưới chuông :

$$P = p_0 \omega ,$$

trong đó p_0 - áp suất của khí phía dưới chuông ;

ω - diện tích mặt cắt ngang chuông .

Cân bằng các biểu thức trên ta có :

$$p_0 = \frac{G}{\omega} ,$$

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14,6,6^2}{4} = 34,195 \text{ m}^2 .$$

Vậy :

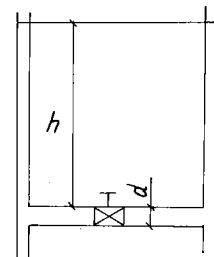
$$p_0 = \frac{34,3 \cdot 10^3}{34,195} = 1003 \text{ Pa} = 1,003 \text{ kPa} .$$

Áp suất p_0 tác dụng lên mặt thoáng phía dưới chuông phải cân bằng với độ chênh mực nước H .

$$p_0 = \rho g H ;$$

Do đó :

$$H = \frac{p_0}{\rho g} = \frac{1003}{1000,9,81} = 0,102 \text{ m}$$



Hình 2-B-25

Bài 2-B-30. Hai ống đứng của một hệ thống sưởi nước nóng được nối với một ống nằm ngang. Trên ống nằm ngang có lắp một khoá nước đường kính $d = 0,2m$. Nhiệt độ của nước trong ống đứng bên phải là $80^{\circ}C$, còn trong ống bên trái là $20^{\circ}C$. Tìm hiệu số áp lực lên khoá từ phía phải P_{ph} và từ phía trái P_{tr} . Chiều cao mực nước trong các ống đứng tính từ trục ống nằm ngang $h = 20m$ (hình 2-B-25).

Bài giải

Mật độ của nước ở nhiệt độ $80^{\circ}C$ (bảng 1-0) là :

$$\rho_{80^{\circ}C} = 972 \text{ kg / m}^3 ;$$

còn ở nhiệt độ $20^{\circ}C$:

$$\rho_{20^{\circ}C} = 998 \text{ kg / m}^3 .$$

Áp lực lên đĩa của van tính theo công thức (2-6) :

$$P_{ph} = \rho_{80^{\circ}C} g h_c \omega = 972,9,81,20 \frac{3,14,0,2^2}{4} = 5988,2 \text{ N}$$

$$P_{tr} = \rho_{20^{\circ}C} g h_c \omega = 998,9,81,20 \frac{3,14,0,2^2}{4} = 6148,4 \text{ N}$$

Hiệu số áp lực bằng :

$$6148,4 - 5988,2 = 160,2 \text{ N} .$$

Bài 2-B-31. Một nồi hơi của hệ thống sưởi nước nóng có cửa kiểm tra $D = 0,8m$. Cửa kiểm tra có nắp phẳng được chốt bằng 10 bu lông. Xác định đường kính của bu lông nếu mực nước trong bình mở rộng ở độ cao $H = 30m$, còn trọng tâm của nắp cửa ở cao trình $h = 2m$ tính từ đường trục nồi hơi (hình 2-B-26). Nhiệt độ nước $t = 20^{\circ}C$. Ứng suất kéo cho phép của bu lông $[\sigma] = 140MPa$.

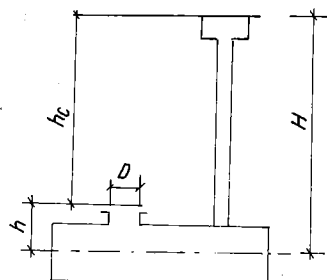
Bài giải

Xác định áp lực nước lên nắp cửa kiểm tra theo công thức:

$$P = \rho g(H-h)\omega = 998,2 \cdot 9,81(30-2) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 137750N.$$

Tìm đường kính cần thiết của bu lông :

$$d = \sqrt{\frac{4P}{10 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 137750}{10 \cdot 140 \cdot 10^6 \cdot 3,14}} = 0,011m.$$



Hình 2-B-26

Bài 2-B-32. Xác định tổng áp lực nước tác dụng lên diện tích thẳng đứng thể hiện trên hình (2-B-27) và xác định tâm áp lực theo các hướng x và y .

Bài giải

Chia diện tích thành một hình chữ nhật và một hình tam giác. áp lực tổng hợp P là tổng số áp lực P_1 tác dụng lên hình chữ nhật và áp lực P_2 lên hình tam giác.

$$P_1 = 1000 \cdot 1,2 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 3456 \text{ kG}$$

tác động ở độ sâu $\frac{2}{3} \cdot 2,4 = 1,6m$ dưới mặt $x-x$.

$$P_2 = 1000 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 1,2 = 324 \text{ kG}$$

tác động ở độ sâu

$$y = \frac{1,2 \cdot 1,8^3}{3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 1,8} + 3 = 3,06m.$$

Dưới mặt $x-x$ cách x_0-x_0 :

$$4,2 - 3,06 = 1,14m$$

$$1,8 - 1,14 = 0,66m.$$

Áp lực tổng :

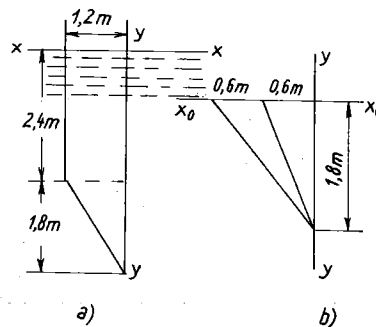
$$P = 3456 + 324 = 6696 \text{ kG}.$$

Lấy mô men đối với $x-x$:

$$6696 \cdot Y = 3456 \cdot 1,6 + 324 \cdot 3,06.$$

Do đó :

$$Y = 2,31m \text{ dưới mặt } x-x$$



Hình 2-B-27

Tìm vị trí của tâm áp lực trên trục x . Tính mômen đối với trục $y-y$, trong đó x_1 là vị trí tâm áp lực tính cho hình chữ nhật và x_2 là vị trí tâm áp lực tính cho hình tam giác.

Đối với hình chữ nhật tâm áp lực của mỗi dải nằm ngang có diện tích dA đều cách trục $y-y$ một khoảng $0,6m$. Vậy tâm áp lực x_1 là $0,6m$.

Đối với hình tam giác mỗi dải nằm ngang dA có tâm áp lực đặt ở chính trung tâm của dải. Vậy đường trung tuyến của tam giác đi qua tất cả các tâm áp lực đó, do vậy có thể tính tâm áp lực cho hình tam giác.

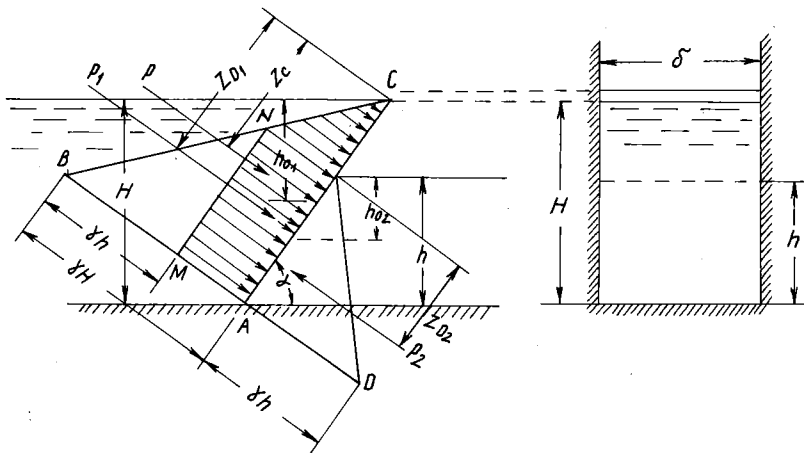
Từ hình (2-B-23-b) sử dụng tam giác đồng dạng $\frac{x_2}{0,6} = \frac{1,14}{1,8}$ ta được $x_2 = 0,38m$ tính từ

trục $y-y$.

Lấy mômen đối với $y-y$: $6966 X = 3456.0,6 + 3240.0,38$

suy ra :

$$X = 0,494m \text{ cách trục } y-y.$$



Hình 2-B-28

Bài 2-B-33. Xác định áp lực và vẽ biểu đồ áp suất của nước tác dụng lên thành chữ nhật phẳng (hình 2-B-28) có chiều rộng $b = 10m$, đặt nghiêng một góc $\alpha = 60^\circ$. Chiều sâu mực nước từ phía trái (phía trước thành phẳng) $H = 8m$ và từ phía phải (phía sau thành phẳng) $h = 5m$. Trọng lượng thể tích của nước $\gamma = 1000 \text{ kG/m}^3$.

Bài giải

Biểu đồ áp suất ở phía trái và phải của thành phẳng đều có hình tam giác ABE và ADa .

Giải bằng phương pháp giải tích. Áp lực từ phía trái và phải được xác định bằng công thức (2-6) :

$$P_1 = \gamma \frac{H}{2} b \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1000.8^2}{2.865} \cdot 10 = 370000 \text{ kG};$$

$$P_2 = \gamma \frac{h}{2} b \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{1000.5^2}{2.0865} \cdot 10 = 144500 \text{ kG}.$$

$$\text{Lực cân bằng : } P = P_1 - P_2 = 370000 - 144500 = 225500 \text{ kG} = 2212155 \text{ N}$$

Toạ độ của điểm đặt các lực P_1 và P_2 được xác định theo công thức (2-8) :

$$z_{D1} = \frac{J_{01}}{h_{01}\omega_1} \sin \alpha = \frac{3}{H} \frac{b \left(\frac{H}{\sin \alpha} \right)^3}{2 \sin \alpha} \sin \alpha = \frac{2H}{3 \sin \alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{8}{0,865} = 6,16m;$$

$$z_{D2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{0,865} = 3,86m.$$

Hai công thức trên cho ta kết quả: **tâm áp lực** trùng với **trọng tâm của biểu đồ áp suất** (hình tam giác), mà phía trái là biểu đồ ABE , còn phía phải - biểu đồ ADa .

Điểm đặt của tổng hợp lực được xác định từ điều kiện, mô men của tổng hợp lực bằng mômen của các lực thành phần, cụ thể là :

$$P \cdot z_D = P_1 \cdot z_{D1} - P_2 \left(z_{D2} + \frac{H-h}{\sin \alpha} \right);$$

$$z_D = \frac{370,6,16 - 144,3 \left(3,86 + \frac{8-5}{0,865} \right)}{225,7} = 5,41m.$$

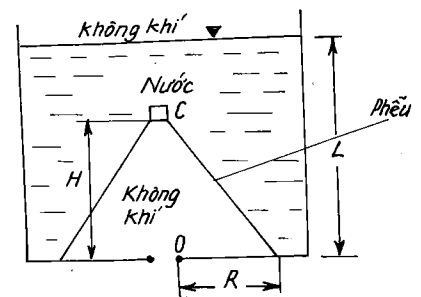
Phương pháp đồ giải . Cộng các biểu đồ áp suất ABE và ADa và đặt dấu cộng cho biểu đồ thứ nhất, dấu trừ cho biểu đồ thứ hai, biểu đồ tổng cộng sẽ là $AMNEa$, còn thể tích của biểu đồ này chính là lực tổng hợp :

$$P = \frac{H+h}{2 \sin \alpha} (\gamma H - \gamma h) b = \frac{\gamma (H^2 - h^2)}{2 \sin \alpha} b =$$

$$= \frac{1000(8^2 - 5^2)}{2 \cdot 0,865} 10 = 225700kG = 2214117N$$

Bài 2-B-34. Một phễu thủy tinh có bán kính $R = 5cm$, cao $H = 12cm$, khối lượng $25,5gam$. Bỏ qua chiều dài và đường kính cổ phễu C . Cho $g = 9,8m/s^2$.

1- Bịt bằng một nút nhỏ, úp phễu xuống đáy phẳng một bình hình hộp chứa đầy nước (có $\rho = 1000kg/m^3$) với chiều cao $L = 20cm$ (hình 2-B-29). Khoét một lỗ nhỏ O ở đáy bình để cho áp suất trong phễu là áp suất khí quyển.



Hình 2-B-29

a) Tính tổng áp lực $\vec{F}$ tác dụng lên phễu .

b) Trị số áp lực $\vec{F}$ có bằng trọng lượng thể tích nước V không ? Xác định V .

c) Tính lực nâng f_0 nhỏ nhất cần thiết để nâng phễu lên .

2- Bình được tháo hết nước và bịt lỗ O . Úp phễu xuống đáy bình và đổ nước từ từ vào phễu qua C . Nước sẽ thoát ra khi chiều cao mực nước được đổ vào vượt quá h_0 . Tính h_0 và V_0 được đổ vào tương ứng .

Bài giải

1- Tổng áp lực $\vec{F}$ tác dụng lên phễu có chiều thẳng đứng, hướng xuống dưới :

$$\vec{F} = -\gamma \left[\pi R^2 L - \frac{1}{3} \pi R^2 H \right] \vec{k}.$$

Thay số :

$$F = 12,3 \text{ N}.$$

$$V = \pi R^2 \left(L - \frac{H}{3} \right).$$

Lực cần thiết nhỏ nhất để nâng phễu lên :

$$f_0 = F + P,$$

trong đó $P = mg$ là trọng lượng của phễu thủy tinh.

$$f_0 = \gamma \pi R^2 \left(L - \frac{H}{3} \right) + m g.$$

Thay số

$$f_0 = 12,5587 \text{ N}.$$

Khi đổ nước vào phễu có chiều cao mực nước lớn hơn h_0 thì nước thoát ra. Khi nước ở mức h_0 , thì phễu ở trạng thái cân bằng :

$$\text{Áp lực : } F' = \gamma \pi \frac{R^2 h_0^2}{H} \left(1 - \frac{h_0}{3H} \right) \equiv \rho g \pi R^2 H \left(\frac{h_0}{H} \right)^2 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{h_0}{H} \right) \right].$$

Trọng lượng : $P = mg$.

$$F' = P.$$

$$\text{Vậy : } \left(\frac{h_0}{H} \right)^2 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{h_0}{H} \right) \right] = \frac{m}{\rho \pi R^2 H} = 0,027.$$

Giải phương trình bậc 3, tìm được $h_0 = 2,00 \text{ cm}$.

Thể tích nước V_0 được đổ tương ứng :

$$V_0 = \pi R^2 h_0 \left(1 - \frac{h_0}{H} + \frac{h_0^2}{3H^2} \right).$$

Thay số vào V_0 , tìm được :

$$V_0 \approx 132 \text{ cm}^3.$$

Bài 2-B-35. Xác định áp lực nước lên tấm chắn phẳng và lực cần thiết để nâng tấm chắn lên cao. Chiều rộng tấm chắn $b = 1,8 \text{ m}$, chiều sâu mực nước trước tấm chắn $h = 2,2 \text{ m}$. Trọng lượng tấm chắn $G = 15 \text{ kN}$. Hệ số ma sát của cửa van trên trục đỡ $f = 0,25$ (hình 2-B-30).

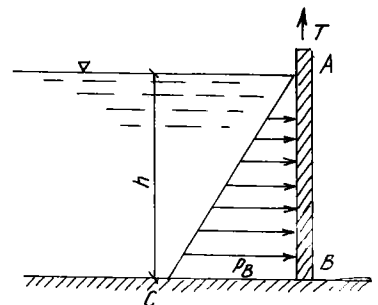
Bài giải

Áp lực lên tấm chắn xác định theo công thức (2-6):

$$P = \rho g h^2 \frac{b}{2}. \quad (1)$$

Nếu áp lực được tính theo công thức (1) tức là bài toán đã được giải bằng *phương pháp giải tích*.

Bài toán cũng có thể giải bằng *phương pháp đồ giải* như sau :



Hình 2-B-30

Vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh dư. Tại điểm B áp suất thuỷ tĩnh dư : $p_B = \rho g h$.

Đặt từ điểm B theo phương vuông góc với tấm chắn đại lượng p_B (từ phía tác dụng của áp suất) và nối đầu vectơ (điểm C với điểm A). Tam giác ABC mới vẽ là biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh.

Xác định áp lực lên tấm chắn bằng thể tích của biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh :

$$P = \omega_{ABC} b = \frac{AB \cdot BC}{2} b = \frac{\rho g h^2 b}{2}. \quad (2)$$

Công thức (2) trùng với công thức (1), tức là kết quả giải theo phương pháp giải tích và đồ giải sẽ giống nhau.

Thay số vào công thức (2), ta được :

$$P = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,2^2 \cdot \frac{1,8}{2} = 42,610^3 \text{ N} = 42,6 \text{ kN}.$$

Lực cần thiết để nâng tấm chắn lên cao :

$$T = G + fP = 15 + 0,25 \cdot 42,6 = 26,6 \text{ kN}.$$

Bài 2-B-36. Vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh lên thành gãy khúc của bình chứa và xác định áp lực điểm đặt trên đoạn gãy khúc ABE có chiều dài 1m (hình 2-B-31). Cho biết $H_1 = 1,5\text{m}$; $H_2 = 3,5\text{m}$ và $\alpha = 30^\circ$.

Bài giải

Áp suất thuỷ tĩnh dư :

+ Tại điểm A :

$$p_A = \rho g (H_1 + H_2) = 1000 \cdot 9,81 (1,5 + 3,5) = 49,05 \text{ kPa};$$

+ Tại điểm B :

$$p_B = \rho g H_2 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,5 = 34,34 \text{ kPa}.$$

Để vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh lên thành EB , từ điểm B theo phương vuông góc với thành EB , theo tỷ lệ ta đặt đại lượng $p_{du} = 34,34 \text{ kPa}$. Nối điểm mới vẽ này (từ phía tác dụng của áp suất) với điểm E . Để vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh lên thành AB , từ điểm A và B theo phương vuông góc với thành AB với tỷ lệ đã định đặt trị số áp suất. Nối các điểm mới vẽ với nhau.

Áp suất tuyệt đối :

+ Tại điểm E :

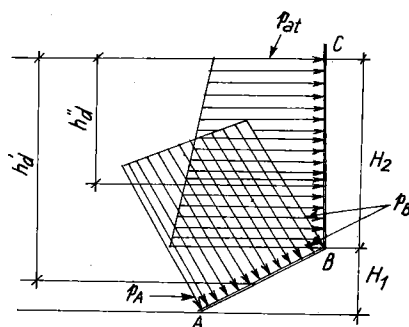
$$p = p_a = 98,1 \text{ kPa};$$

+ Tại điểm B :

$$p = p_a + p_{du} = 98,1 + 19,05 = 147,15 \text{ kPa}.$$

Các biểu đồ áp suất tuyệt đối được vẽ bằng cách tăng áp suất tại mỗi điểm lên một trị số $p_a = 98,1 \text{ kPa}$ (theo tỷ lệ đã định).

Áp lực lên thành AB :



Hình 2-B-31

$$P_{AB} = p_c \omega = \rho g \left(H_2 + \frac{H_1}{2} \right) \frac{H_1}{\sin 30^\circ} \cdot 1 =$$

$$= 1000 \cdot 9,81 \left(3,5 + \frac{1,5}{2} \right) \frac{1,5}{0,5} = 31,25 kN.$$

Điểm đặt của áp lực được xác định theo công thức (2-8) :

$$h_D' = h_c + \frac{J_c}{\omega h_c} = h_c + \frac{H_1^2}{12 h_c} =$$

$$= 3,5 + \frac{1,5}{2} + \frac{1,52}{12 \left(3,5 + \frac{1,5}{2} \right)} = 4,3 m.$$

Áp lực lên thành BE :

$$P_{BC} = p_c \omega = \rho g \frac{H_2}{2} H_2 \cdot 1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{3,5}{2} \cdot 3,5 = 60,2 kN.$$

Chiều sâu của điểm đặt :

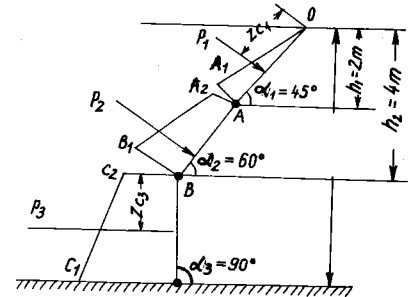
$$h_D'' = \frac{2}{3} H_2 = \frac{2}{3} \cdot 3,5 = 2,33 m.$$

Bài 2-B-37. Xác định áp lực nước lên một mét chiều rộng ($b = 1m$) của một tường chịu lực bằng phương pháp đồ giải. Kích thước theo hình vẽ (2-B-32).

Bài giải

Để vẽ biểu đồ áp lực cần phải từ các điểm A, B, E dựng đường thẳng góc đến các mặt OA, AB, BE và trên các đường đó với một tỷ lệ nhất định đặt các đoạn $AA_1 = A_2 = \gamma h_1$; $BB_1 = BB_2 = \gamma h_2$ và $EE_1 = \gamma h_3$, bằng áp suất đo áp tại các điểm A, B, E, còn áp suất dư tại O bằng không.

Nối các điểm cuối của các đoạn thẳng nói trên bằng các đường thẳng, ta được các biểu đồ áp suất của nước lên các mặt riêng rẽ của tường chịu lực.



Hình 2-B-32

Áp lực nước lên từng mặt của tường chịu lực được xác định bằng diện tích phần biểu đồ áp suất tương ứng, cụ thể là :

+ Trên mặt AO :

$$P_1 = \frac{1}{2} \gamma h_1 \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{1,2^2}{2 \cdot 0,707} = 2,83 T = 27762 N.$$

+ Trên mặt AB :

$$P_2 = \frac{\gamma (h_1 + h_2)}{2} \cdot \frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{\sin \alpha} (h_2^2 - h_1^2) =$$

$$= \frac{1(4^2 - 2^2)}{2 \cdot 0,866} = 6,93 T = 68783 N.$$

+ Trên mặt BE :

$$P_3 = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{\sin \alpha} (h_3^2 - h_2^2) = \frac{1(6^2 - 4^2)}{2.1} = 10,00T = 98100N.$$

Áp lực P_1 , P_2 và P_3 tác dụng thẳng góc đến các mặt tương ứng của tường chịu lực qua các trọng tâm của tam giác OAA_1 và hình thang AA_2B_1B và BB_2E_1E của biểu đồ áp suất.

Do đó, lực P_1 đặt cách điểm O một đoạn là :

$$z_{C1} = \frac{2}{3} \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{0,707} = 1,89m.$$

Lực P_2 đặt cách điểm A một đoạn là :

$$z_{C2} = \frac{h_2 - h_1}{3 \sin \alpha} \cdot \frac{2h_2 + h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4 - 2}{3.0,866} \cdot \frac{4.2 + 2}{2 + 4} = 1,29m.$$

Lực P_3 đặt cách điểm B một đoạn là :

$$z_{C3} = \frac{h_3 - h_2}{3} \cdot \frac{2h_3 + h_2}{h_3 + h_2} = \frac{6 - 4}{3} \cdot \frac{2.6 + 4}{4 + 6} = 1,07m.$$

Bài 2-B-38. Tính áp lực nước lên tấm chắn phẳng hình chữ nhật đặt thẳng đứng, kích thước $H.b = 3,52m$. Chiều sâu nước ở thượng lưu $h_1 = 3,0m$, ở hạ lưu $h_2 = 1,2m$. Tính lực nâng ban đầu T nếu tấm chắn nặng $G = 6600N$ và hệ số ma sát giữa tấm chắn và khe trượt $f = 0,30$. Lấy $g = 9,81 m/s^2$.

Bài giải

Dùng công thức (2-6) :

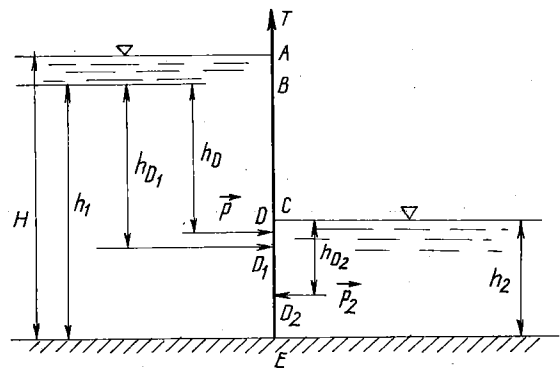
+ Áp lực nước từ bên trái :

$$* \text{Trị số : } P_1 = \gamma h_{C1} \omega_1 = \gamma \frac{h_1}{2} h_1 b_1 = \frac{\gamma}{2} b h_1^2 = \frac{9810}{2} 2.3^2 = 88,3.10^3 N$$

* Điểm đặt D_1 :

$$\begin{aligned} z_{D1} = h_{D1} = h_{C1} + e_1 &= h_{C1} + \frac{J_{C1}}{h_{C1} \omega_1} = \frac{h_1}{2} + \frac{\frac{b h_1^3}{12}}{\frac{h_1}{2} b h_1} = \frac{h_1}{2} + \frac{h_1}{6} \\ &= \frac{2}{3} h_1 = 2m. \end{aligned}$$

+ Áp lực nước từ bên phải :



Hình 2-B-33

$$P_2 = \frac{\gamma}{2} b h_2^2 = \frac{9810}{2} 2 \cdot (1,2)^2 = 14,15 \cdot 10^3 \text{ N}.$$

$$h_{D2} = \frac{2}{3} h_2 = 0,80 \text{ m}$$

+ Hợp lực P của hai lực P_1, P_2 :

* **Độ lớn** : $P = P_1 - P_2 = 74,15 \cdot 10^3 \text{ N}$, hướng từ trái sang phải .

* **Điểm đặt D_2** : nằm ở độ sâu h_D tính từ mực nước thượng lưu. Để tính h_D lập phương trình cân bằng mômen của các lực ngang đối với điểm bất kỳ, chẳng hạn điểm B :

$$P \cdot h_D = P_1 h_{D1} - P_2 (h_{D2} + h_1 - h_2) .$$

Từ đó ta tính được : $h_D = 1,89 \text{ m}$.

Vậy điểm D nằm cao hơn D_1 một đoạn $0,11 \text{ m}$ và nằm thấp hơn mực nước hạ lưu một đoạn $0,09 \text{ m}$.

Lực nâng ban đầu đối với tấm chắn được tính như sau :

$$\begin{aligned} T &= G + fP = 6600 + 0,3 \cdot 74150 \\ T &= 28,85 \cdot 10^3 \text{ N}. \end{aligned}$$

Bài 2-B-39. Một ống tròn đường kính $d = 0,60 \text{ m}$, đặt nằm ngang, dẫn nước từ bể chứa ra ngoài. Đầu ống phía bể chứa được cắt bằng mặt phẳng nghiêng $\alpha = 45^\circ$, được đóng bằng nắp vừa với ống và có thể quay quanh bản lề) nằm ngang ở phía trên . Tính lực nâng T ban đầu để mở nắp ra nếu bỏ qua trọng lượng nắp và ma sát ở bản lề. Chiều sâu $h = 1 \text{ m}$. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Bài giải

Lực T được xác định từ phương trình cân bằng mô men của các lực đối với bản lề O :

$$P \cdot m - T \cdot n = 0 ,$$

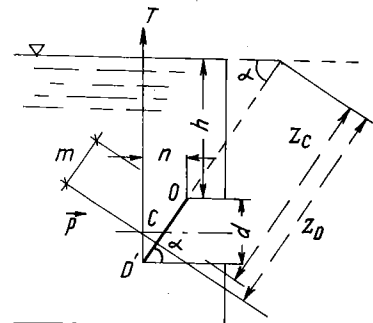
từ đó : $T = P \frac{m}{n}$,

trong đó : P là áp lực nước lên nắp đáy .

Nắp ống hình elíp, với trục dài : $a = \frac{d}{\sin \alpha}$, trục ngắn $b = d$, do đó diện tích nắp là :

$$\omega = \frac{\pi ab}{4} = \frac{\pi d^2}{4 \sin \alpha} ;$$

$$P = \gamma h_c \omega = \gamma \left(h + \frac{d}{2} \right) \cdot \frac{\pi d^2}{4 \sin \alpha} = 10^4 \left(1 + \frac{0,6}{2} \right) \frac{3,14 (0,6)^2}{4 \sin 45^\circ} \approx 5200 \text{ N};$$



Hình 2-B-34

$$n = d = 0,60m$$

$$m = z_D - \frac{h}{\sin \alpha}$$

trong đó z_D - toạ độ của điểm đặt D của lực P , là khoảng cách tính theo chiều nghiêng của nắp từ điểm D đến mặt nước, được tính theo (2-7):

$$z_C = \frac{\left(h + \frac{d}{2}\right)}{\sin \alpha} = 1,839m;$$

$$\omega = 0,4m^2;$$

$$J_0 = \frac{\pi b a^3}{64} = \frac{\pi d \left(\frac{d}{\sin \alpha}\right)^3}{64} = 0,018m^4;$$

$$z_D = z_C + \frac{J_0}{z_C \omega} = 1,839 + \frac{0,018}{1,839 \cdot 0,4} = 1,863m;$$

$$m = 1,839 - \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,449m;$$

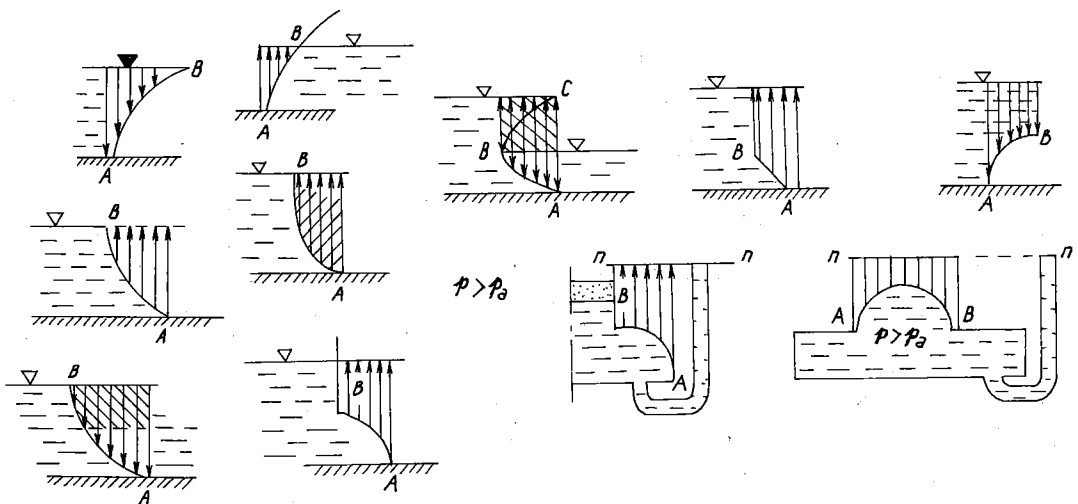
$$T = 5200 \frac{0,449}{0,6} = 3900N.$$

Ta có :

2-B-3. ÁP LỰC CỦA CHẤT LỎNG LÊN MẶT CONG

Bài 2-B-40. Xác định vật áp lực trong các trường hợp sau đây (hình 2-B-35)

Bài giải



Hình 2-B-35

Bài 2-B-41. Đường hầm $CDEFG$ có dạng bán nguyệt, bán kính $R = 2m$, nằm dưới đáy biển sâu $H = 25m$ (hình 2-B-36). Giả thiết rằng :

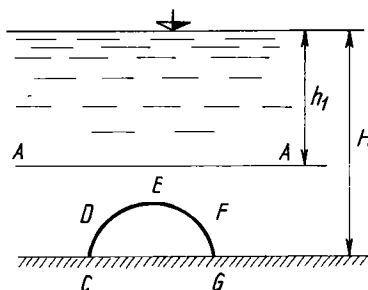
1- Trong khối nước từ mặt thoáng đến mặt $A-A$ ($A-A$ cách mặt thoáng một khoảng $h_1 = 20m$) trọng lượng thể tích của nước biển thay đổi theo qui luật sau :

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 + 0,02 \frac{h}{h_1} \right),$$

trong đó : $\gamma_0 = 10000 N/m^3$;

h - độ sâu tính từ mặt thoáng đến điểm được xét ;

$p_a = 1 \text{ at}$ - áp suất trên mặt thoáng .



Hình 2-B-36

2- Từ mặt $A-A$ đến đáy biển trọng lượng thể tích của nước biển xem như không đổi .

Yêu cầu :

1) Tính áp suất dư tại các điểm C, D, E, F và g trên đường hầm. Cho C và G nằm trên đáy và 5 điểm này cách đều nhau trên cung tròn. Từ các giá trị tính được ở trên, vẽ dạng biểu đồ phân bố áp suất do nước biển tác dụng lên $CDEFG$.

2) Tính lực do nước biển tác dụng lên một mét chiều dài đường hầm (trị số, phương chiều) và vẽ vị trí đặt lực đó .

Bài giải

Tính áp suất và vẽ biểu đồ phân bố áp suất :

+ **Tính áp suất dư trên mặt $A-A$.**

Áp dụng phương trình vi phân cân bằng của chất lỏng chỉ chịu tác dụng của lực khối là lực trọng trường, với chiều của z chọn hướng xuống dưới, lấy mặt thoáng làm chuẩn, ta có

$$dp = \rho g dz = \gamma dz . \quad (1)$$

Theo đầu bài, quy luật phân bố trọng lượng thể tích theo chiều sâu có dạng :

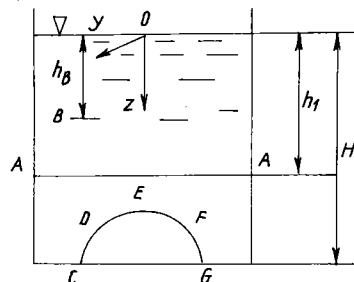
$$\gamma = \gamma_0 \left(1 + 0,02 \frac{h}{h_1} \right) . \quad (2)$$

Do việc chọn trục như trên, có thể thay h trong công thức (2) bằng z , ta nhận được :

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 + 0,02 \frac{z}{h_1} \right) . \quad (3)$$

Thay (3) vào (1) ta nhận được :

$$dp = \gamma_0 \left(1 + 0,002 \frac{z}{h_1} \right) dz . \quad (4)$$



Hình 2-B-37

Vậy :

$$p|_{h_1} = \int_0^h \gamma_0 \left(1 + 0,002 \frac{z}{h_1} \right) dz = \gamma_0 \left(z + 0,02 \frac{z^2}{h_1} \right) \Big|_0^{h_1} = 1,01 \gamma_0 h_1 \quad (5)$$

Theo đầu bài $h_1 = 20m$, $\gamma_0 = 10000 \text{ N/m}^3$, thay vào (5), ta có :

$$p|_{h_1} = 1,01.10000.20 = 2,02.10^5 \text{ N / m}^2 \quad (6)$$

hay

$$p_{A-A} = 2,02.10^5 \text{ N / m}^2 \quad .$$

+ Tính trọng lượng thể tích của nước biển tại vị trí mặt cắt A-A

Vì trọng lượng thể tích của nước biển trong vùng từ mặt thoáng đến mặt cắt A-A phân bố theo quy luật (2), A-A cách mặt thoáng một khoảng h_1 , nên thay $h = h_1$, ta nhận được :

$$\gamma_{A-A} = \gamma_0 \left(1 + 0,02 \frac{h}{h_1} \right) = 1,02 \gamma_0 \quad (7)$$

Thay $\gamma_0 = 10000 \text{ N/m}^3$ vào (7), ta có :

$$\gamma_{A-A} = 1,02.10000 = 0,102.10^5 \text{ N/m}^3 \quad .$$

Theo đầu bài, trong khu vực từ mặt cắt A-A đến đáy trọng lượng thể tích của nước biển không đổi, do vậy bằng trọng lượng thể tích của nước biển tại A-A và được xác định theo công thức (8) .

+ Tính áp suất dư tại các điểm C, D, E, F và G :

* Áp suất tại điểm E :

$$p_E = p_A + \gamma_{A-A} (h_E - h_1) = p_A + \gamma_{A-A} (H - R - h_1) \quad (8)$$

vì

$$H_E = H - R \quad .$$

Theo các kết quả trên : $p_{A-A} = 2,02.10^5 \text{ N / m}^2$ và $\gamma_{A-A} = 0,102.10^5 \text{ N/m}^3$, thay vào (8)

$$\begin{aligned} p_E &= 2,02.10^5 + 0,102.10^5 \cdot (25 - 2 - 20) = 2,02.10^5 + 0,102.10^5 \cdot 3 = \\ &= 2,326.10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

* Áp suất tại điểm D và F :

Do các điểm C, D, E, F, G được bố trí đều trên đường tròn nên hai điểm D và F cách đáy biển một khoảng :

$$y = R \cos 45^\circ = R \frac{\sqrt{2}}{2}$$

vậy p_D và p_F được xác định như sau :

$$p_D = p_F = p_A + \gamma_{A-A} (h_D - h_1) = p_A + \gamma_{A-A} (H - y - h_1) \quad (9)$$

Tương tự câu trên, thay số vào (9), ta có :

$$\begin{aligned} p_D = p_F &= 2,02.10^5 + 0,102.10^5 (25 - 1,414 - 20) = 2,02.10^5 + 0,102.10^5 (5 - 1,414) = \\ &= 2,386.10^5 \text{ N/m}^2 \quad . \end{aligned}$$

* Áp suất tại điểm C và G :

$$p_C = p_G = p_A + \gamma_l (h_C - h_l) \quad (10)$$

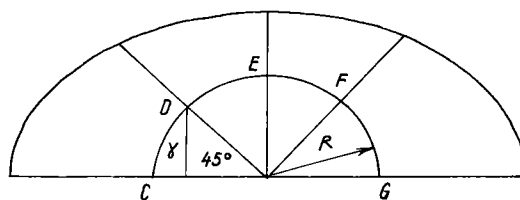
Thay số :

$$p_C = p_G = 2,02.10^5 + 0,102.10^5 (25 - 20) = 2,02.10^5 + 0,102.10^5 \cdot 5 =$$

$$p_C = p_G = 2,53.10^5 \text{ N/m}^2$$

+ Vẽ biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh

Áp suất luôn vuông góc và hướng vào mặt tác dụng nên các đường tác dụng của véc tơ áp suất đều đi qua tâm. Độ dài các véc tơ biểu diễn tương ứng với các giá trị áp suất tại các điểm được tính (hình 2-B-38)



Tính áp lực do nước biển tác dụng lên hầm

Hình 2-B-38

* Do đường hầm cong phẳng nên áp lực theo hai phương y bằng không.

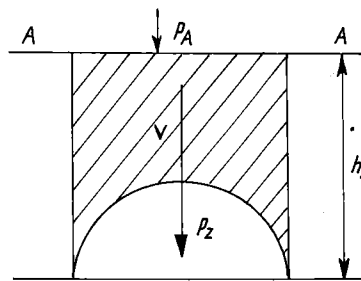
* Áp lực theo phương x triệt tiêu.

* Áp lực theo phương z thẳng đứng :

$$P_z = p_A \omega_z + \gamma_{A-A} V \quad (11)$$

$$\text{trong đó : } \omega_z = 2 R \lambda \quad (12)$$

là hình chiếu của mặt cong lên A-A.



Hình 2-B-39

+ Xác định thể tích vật áp lực V

Thể tích vật áp lực V xác định bằng phần gạch chéo trên hình (2-B-39) :

$$V = \left(2 R h_2 - \frac{\pi R^2}{2} \right) \lambda \quad (13)$$

Thay (6), (12), (13) vào (11) ta nhận được (14) như sau :

$$P_z = p_A 2R + \gamma_{A-A} R \left(2h_2 - \frac{\pi R}{2} \right)$$

$$P_z = p_A 2R + \gamma_{A-A} R \cdot x$$

$$x \left[2(H - h_1) - \frac{\pi R}{2} \right]$$

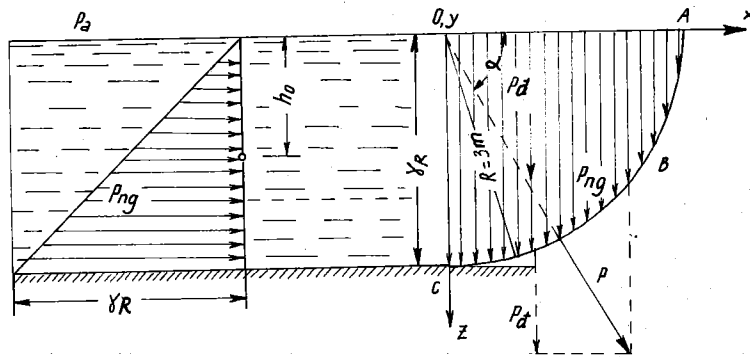
Thay số vào (14) :

$$P_z = 2,02.10^5 \cdot 2,2 + 0,102.10^5 \cdot 2x = x \left[2(25 - 20) - \frac{3,14 \cdot 2}{2} \right] = 9,479.10^5$$

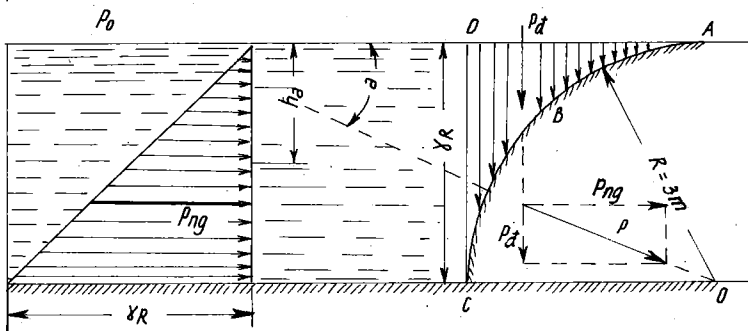
Phương của hợp lực tác dụng : thẳng đứng . Chiều : hướng xuống dưới .

+ Đường đặt lực : hình (2-B-39) .

Bài 2-B-42. Xác định áp lực dư của nước lên mặt trụ (hình 2-B-40 và 2-B-41). Cho biết chiều dài của mặt trụ (phương thẳng góc với hình vẽ) $b = 1m$.



Hình 2-B-40



Hình 2-B-41

Bài giải

+ Hình (2-B-40) : Xác định áp lực dư thành phần ngang theo (2-11) :

$$P_{ng} = \gamma h_0 \omega_{z,y} = 1.1,5.3 = 4,5T = 44145N,$$

trong đó : $\gamma = 1T/m^3$ - trọng lượng thể tích của nước ;

$\omega_{z,y} = R.b$ - diện tích hình chiếu đứng của mặt ABE ;

$h_0 = \frac{R}{2} = 1,5m$ - chiều sâu trọng tâm của diện tích $\omega_{z,y}$.

Áp lực dư thành phần ngang cũng có thể xác định bằng thể tích biểu đồ áp suất (hình 2-B-41) nhân với trọng lượng thể tích của nước, tức là :

$$P_{ng} = \frac{1}{2} \gamma R R b = \frac{1}{2} . 1.3^2 . 1 = 4,5T = 44164N.$$

Thành phần đứng của áp lực dư bằng trọng lượng nước chứa trong thể tích biểu đồ áp suất theo chiều đứng, tức là trong thể tích ABEO :

$$P_d = \frac{1}{4} \gamma \pi R^2 b = \frac{1}{4} . 1.3.14.3^2 . 1 = 7,06T = 44164N.$$

Lực tổng hợp được xác định theo công thức (2-9') :

$$P = \sqrt{4,50^2 + 7,06^2} = 8,38T = 82208N.$$

Đường ABE là một phần tư đường tròn. Vì áp lực tác dụng thẳng góc với mặt cong chịu lực mà đối với đường tròn thì đường thẳng góc đó chính là đường kính, nên tại điểm bắt

kỳ nào của mặt cong áp suất cũng tác dụng theo phương đường kính. Do đó lực tổng hợp cũng tác dụng theo phương của đường kính, tức là đi qua tâm O .

Tang của góc nghiêng đối với đường nằm ngang :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_d}{P_{ng}} = \frac{7,06}{4,5} = 1,57,$$

trong đó $\alpha = 57^{\circ}30'$.

+ **Hình (2-B-41)** : Bán kính của mặt trụ trên hình (2-B-41) cũng như trường hợp trước. Giống nhau cả về cao trình điểm đầu và điểm cuối của mặt trụ đỡ. Vì vậy biểu đồ của áp suất dư ngang và thành phần ngang của áp lực dư ở cả hai trường hợp đều như nhau.

Thành phần đứng của áp lực dư trong trường hợp này bằng trọng lượng nước được chứa trong thể tích biểu đồ áp lực đứng ($ABED$) :

$$P_d = \gamma \left(R^2 - \frac{1}{4} \pi R^2 \right) b = 1 \left(3^2 - \frac{1}{4} 3,14 \cdot 3^2 \right) \cdot 1 = 1,98 T = 19424 N.$$

Lực tổng hợp sẽ bằng :

$$P = \sqrt{P_{ng}^2 + P_d^2} = \sqrt{4,5^2 + 1,98^2} = 4,91 T = 48167 N$$

Tang góc nghiêng bằng :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_d}{P_{ng}} = \frac{1,98}{4,5} = 0,44,$$

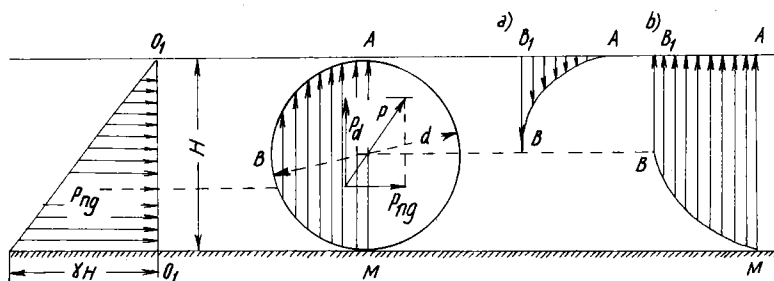
và

$$\alpha = 23^{\circ}45'.$$

Lực tổng hợp đi qua điểm O - tâm của cung tròn EBA .

Bài 2-B-43. Xác định áp lực dư của nước trên một đơn vị chiều dài của mặt trụ tròn (hình 2-B-42). Cho biết đường kính của mặt trụ $d = 2m$. Mặt thoáng trùng với đường sinh cao nhất của mặt trụ.

Bài giải



Hình 2-B-42

+ **Xác định thành phần ngang của áp lực chất lỏng lên mặt trụ** : dựng đường thẳng đứng O_1-O_1 và từ đó vẽ một tam giác vuông góc có cạnh đáy là γd và chiều cao là $H = d$. Tam giác đó sẽ là biểu đồ áp suất trên thành phẳng đứng O_1-O_1 hoặc cũng vậy là biểu thành phần ngang của mặt trụ. Vì vậy thành phần ngang áp lực lên mặt trụ bằng :

$$P_{ng} = \frac{1}{2} \gamma d^2 b = \frac{1000 \cdot 2^2}{2} \cdot 1 = 2000 kG = 19620 N.$$

Áp lực P_{ng} đi qua trọng tâm của biểu đồ, tức là cách mặt thoáng một đoạn :

$$z_{ng} = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} d = 1,34 m.$$

+ **Xác định thành phần đứng của áp lực lên mặt trụ** : thành phần đứng hướng lên trên, bằng trọng lượng nước chứa trong thể tích khối trụ nằm sâu trong nước. Đó là tổng số hình học của hai biểu đồ : biểu đồ BB_1A - áp lực của nước lên một phần tư khối trụ từ phía trên và biểu đồ MBB_1A - áp lực của nước lên một phần tư khối trụ từ phía dưới (xem hình 2-B-42 a, b). Do đó, lực P_d bằng :

$$P_d = \frac{1}{2} \frac{\pi d^2}{4} \gamma b = \frac{3,14 \cdot 2^2}{8} \cdot 1000 \cdot 1 = 1670 kG = 16383 N.$$

Lực P_d đặt tại trọng tâm của nửa hình tròn. Theo công thức hình học, trọng tâm của nửa hình tròn cách mặt AM một đoạn x :

$$x = \frac{4d}{6\pi} = 0,425 m.$$

+ **Xác định tổng hợp lực lên mặt trụ** :

$$P = \sqrt{P_{ng}^2 + P_d^2} = \sqrt{2^2 + 1,67^2} = 2,61 T = 25604 N.$$

+ **Xác định vị trí của đường tác dụng của lực P** : ký hiệu cánh tay đòn của lực P đối với trục quay của mặt trụ là s và viết phương trình mô men đối với trục quay đó :

$$P \cdot s = P_{ng} \left(z_{ng} - \frac{d}{2} \right) - P_d \cdot x.$$

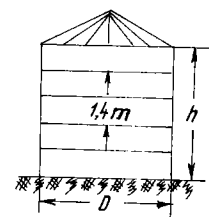
Thay các đại lượng z_{ng} , x , P_{ng} và P_d ta được :

$$P \cdot s = \frac{\gamma}{2} d^2 b \left(\frac{2}{3} d - \frac{d}{2} \right) - \frac{1}{2} \frac{\pi d^2}{4} \gamma b \frac{4d}{6\pi} = 0.$$

Vì $P \neq 0$ nên, $s = 0$ tức là lực P đi qua giao điểm của P_{ng} và P_d và đi qua trục quay của mặt trụ.

Bài 2-B-44. Xác định chiều dày của các tấm thép được ghép bằng đỉnh tán của một bể chứa (hình 2-B-43) chứa đầy dầu lửa (trọng lượng thể tích $\gamma = 880 kG/m^3$) với chiều sâu $h = 10 m$. Đường kính bể chứa $D = 8 m$; ứng suất kéo cho phép $\sigma = 1000 kG/cm^2$, $\Delta e = 3 mm$.

Bể chứa được ghép bằng các vành thép. Chiều cao mỗi vành bằng chiều rộng của tấm thép - $1,4 m$. Chiều dày các tấm của từng vành thép được xác định theo mép chịu áp suất lớn nhất, tức là theo mép bên dưới.



Hình 2-B-43

Bài giải

Xác định chiều dày của vành thép thấp nhất. Áp suất tại điểm thấp nhất của bể chứa :

$$p_{ng} = \gamma_d h = 880 \cdot 10 = 8800 \frac{kG}{m^2} = 86328$$

Chiều dày tấm thép xác định theo công thức :

$$e = 1,25 \frac{pr}{\sigma} + \Delta e = 1,25 \frac{8800.400}{1000.100.100} + 0,3 = 0,74 \text{ cm} \approx 8 \text{ mm}.$$

Áp suất tại điểm thấp nhất của vành thép tiếp theo bằng :

$$p_{ng} = \gamma_d (h - 1,4) = 880(10 - 1,4) = 7568 \frac{\text{kG}}{\text{m}^2} = 74242 \frac{\text{N}}{\text{m}^2},$$

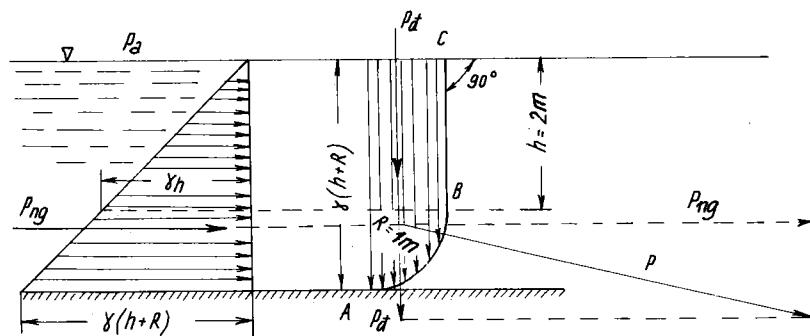
vì vậy chiều dày cần thiết của vành thép theo công thức trên sẽ là :

$$e = 1,25 \frac{7568.400}{1000.100.100} + 0,3 = 0,69 \text{ cm} \approx 7 \text{ mm}.$$

Bài 2-B-45. Vẽ biểu đồ và xác định áp lực tổng hợp dư lên tấm chắn ABE (hình 2-B-44).

Bài giải

Áp suất tại các điểm A, B, E được xác định theo công thức (2-4) :



Hình 2-B-44

$$p_A = \gamma (h + R) = 3 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} = 29430 \frac{\text{N}}{\text{m}^2};$$

$$p_B = \gamma h = 2 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} = 19620 \frac{\text{N}}{\text{m}^2};$$

$$p_E = 0$$

Áp lực thành phần ngang được xác định theo công thức (2-11) :

$$P_{ng} = \frac{\gamma H^2}{2} = \frac{\gamma (h + R)^2}{2} = \frac{1(2 + 1)^2}{2} = 4,5T = 44145 \text{ N}.$$

Thành phần đứng theo công thức (2-12) :

$$P_d = \gamma \left(hR + \frac{\pi R^2}{4} \right) = 1 \left(2.1 + \frac{3.14.1^2}{4} \right) = 2,786T = 27339 \text{ N}.$$

Áp lực tổng hợp xác định theo công thức (2-9) :

$$P = \sqrt{4,5^2 + 2,786^2} = 5,27T = 51699 \text{ N}.$$

Bài 2-B-46. Xác định lực có xu thế tách các nắp nửa hình cầu ra khỏi bể chứa nước. Nắp đóng các lỗ đường kính $d = 0,4 \text{ m}$. Bỏ qua trọng lượng bản thân của nắp. Cho biết : $H = 2,4 \text{ m}$; $h = 16 \text{ m}$; $p_{0d} = 0,3 \text{ at}$. Lấy $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Lực tách các nắp chính là áp lực nước tác dụng theo phương vuông góc với mặt phẳng của lỗ

$$p_{0d} = 0,3at = 0,3 \cdot 98100 = 29430 Pa.$$

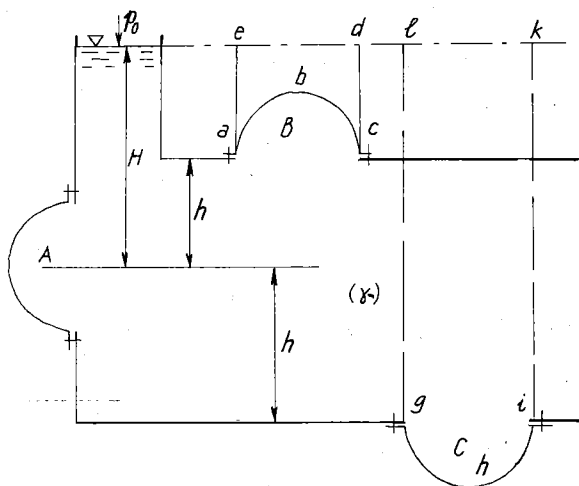
+ **Nắp A** : áp lực tác dụng theo hướng nằm ngang từ phải sang trái, có độ lớn

$$P_1 = (p_{od} + \gamma h_c) \omega,$$

với : $\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 0,1256m^2$ - diện

tích lũy;

$$h_c = H \quad - \text{độ sâu trọng tâm lỗ}.$$



Hình 2-B-45

+ **Nắp B** : áp lực hướng thẳng đứng
(vuông góc với mặt phẳng lỗ), từ dưới lên trên, gồm hai phần tác dụng cùng chiều : phần do áp suất ngoài p_0 và phần do nước :

$$P_2 = p_0 \omega + W_2,$$

trong đó : W_2 - thể tích $abcde$.

$$W_2 = \omega \cdot (H - h) - \frac{\pi d^3}{6.2} = 0,1256 \cdot (2,4 - 1,6) - \frac{3,14 \cdot (0,4)^3}{12} = 0,083 m^3.$$

Do đó :

$$P_y = 29430.0,1256 + 9810.0,083 = 4510N$$

+ **Nắp C.** Áp lực hướng thẳng đứng từ trên xuống dưới và gồm hai phần (do p_0 và do nước)

$$P_3 = p_0.\omega + \gamma \ W_3,$$

trong đó : W_3 - thể tích $ghicl$.

$$W_3 = \omega \cdot (H + h) + \frac{\pi d^3}{12} = 0,519 m^3.$$

Do đó :

$$P_3 = 29430.0,1256 + 9810.0,519 = 8787 N.$$

Bài 2-B-47. Vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh dư của nước ở hình 2-B-46 nếu $H_1 = 2m$; $H_2 = 2m$; $H_3 = 3m$; $r_1 = H_1$ và $r_2 = H_2$.

Bài giải

Tính trị số áp suất thủy tĩnh dư tại các điểm đặc trưng theo công thức :

$$p_2 = \rho gh = \rho g \frac{H_1}{2} = 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{2}{2} = 9,81 \cdot 10^3 Pa = 9,81 kPa.$$

$$p_3 = \rho \cdot g H_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 = 19,62 \text{ kPa}.$$

Tại các điểm 3 và 4 chiều sâu giống nhau nên :

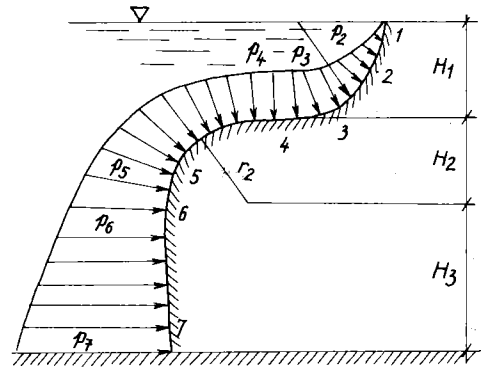
$$p_4 = p_3 = 19,62 \text{ kPa};$$

$$p_5 = \rho g \left(H_1 + \frac{H_2}{2} \right) = 1000 \cdot 9,81 \left(2 + \frac{2}{2} \right) = 29,43 \text{ kPa};$$

$$p_6 = \rho g (H_1 + H_2) = 1000 \cdot 9,81 (2 + 2) = 39,24 \text{ kPa};$$

$$p_7 = \rho g (H_1 + H_2 + H_3) = 1000 \cdot 9,81 (2 + 2 + 3) = 68,67 \text{ kPa}.$$

Tại mỗi điểm của thành, theo phương vuông góc với thành ta đặt trị số áp suất thủy tĩnh theo tỷ lệ. Đối với thành phẳng ta nối các véc tơ này bằng đường thẳng, còn với mặt cong - bằng đường cong.



Hình 2-B-46

2-4. ÁP LỰC CỦA CHẤT LỎNG LÊN CỬA VAN CÔNG TRÌNH

Bài 2-B-48. Một cửa van chắn ngang kênh được đặt nghiêng dưới một góc $\alpha = 45^\circ$ và được quay quanh một ổ trục đặt trên mặt nước (hình 2-B-47). Xác định lực cần thiết phải đặt vào dây tời để mở cửa, nếu chiều rộng cửa $b = 2 \text{ m}$, chiều sâu mực nước trước cửa $H_1 = 2,5 \text{ m}$ và sau cửa $H_2 = 1,5 \text{ m}$. ổ trục đặt cao hơn mực nước một khoảng cách $H_3 = 1 \text{ m}$. Trọng lượng cửa van và lực ma sát trong ổ trục có thể bỏ qua.

Bài giải

+ Từ phía trái :

$$P_1 = p_c \omega = \rho g \frac{H_1}{2} b \frac{H_1}{\sin \alpha} = \frac{\rho g H_1^2 b}{2 \sin \alpha} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5^2 \cdot 2}{2 \sin 45^\circ} = 86,7 \text{ kN}.$$

+ Từ phía phải :

$$P_2 = \frac{\rho g H_2^2 b}{2 \sin \alpha} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 1,5^2 \cdot 2}{2 \sin 45^\circ} = 31,25 \text{ kN}.$$

Khoảng cách từ ổ trục đến các tâm áp lực :

$$z_1 = \frac{H_3}{\sin \alpha} + \frac{2H_1}{3 \sin \alpha} = \frac{1}{\sin 45^\circ} + \frac{2 \cdot 2,5}{3 \sin 45^\circ} = 3,77 \text{ m};$$

$$z_2 = \frac{H_1 + H_3 - H_2}{\sin \alpha} + \frac{2H_2}{3 \sin \alpha} = \frac{2,5 + 1 - 1,5}{\sin 45^\circ} + \frac{2 \cdot 1,5}{3 \sin 45^\circ} = 4,23 \text{ m}.$$

Lấy mô men của các lực đối với điểm O:

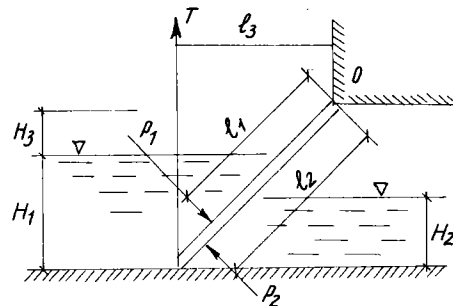
$$M_0 = -P_1 z_1 + P_2 z_2 + T z_3 = 0.$$

Vì :

$$\alpha = 45^\circ \quad \text{nên} \quad z_3 = H_1 + H_3$$

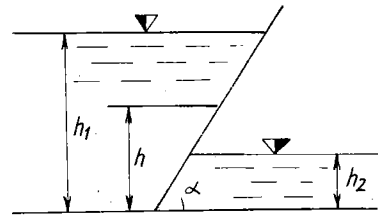
Do đó :

$$T = \frac{P_1 z_1 - P_2 z_2}{z_3} = \frac{86,7 \cdot 3,77 - 31,25 \cdot 4,23}{2,5 + 1} = 55,62 \text{ kN}.$$



Hình 2-B-47

Bài 2-B-49. Xác định áp lực nước tác dụng lên cửa van phẳng đặt nghiêng với phương ngang một góc $\alpha = 45^\circ$. Cho biết $h_1 = 5m$; $h = 3m$; $h_2 = 1,2m$ và $b = 4m$ (b là chiều rộng cửa van). Trọng lượng thể tích của nước $\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$ (hình 2-B-48).



Hình 2-B-48

a) Xác định trị số áp lực nước :

+ Áp lực từ phía thượng lưu :

$$P_1 = p_1 \omega = \gamma h_1 \omega_1 = \gamma \left(\frac{h_1 + h}{2} \right) b \left(\frac{h_1 - h}{\sin \alpha} \right) = 9810 \frac{5+3}{2} \cdot 4 \cdot \frac{5-3}{\sin 45^\circ} = 443 \text{ kN}.$$

+ Áp lực từ phía hạ lưu :

$$P_2 = p_2 \omega_2 = \gamma h_2 \omega_2 = \gamma \frac{h_2^2}{2} \cdot \frac{b}{\sin \alpha} = 36,7 \text{ kN}.$$

Vậy : $P = P_1 - P_2 = 443 - 36,7 = 406,3 \text{ kN}.$

b) Xác định điểm đặt (hình 2-B-49) :

Lực P_2 đặt cách B một đoạn x_2 :

$$x_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{h_2}{\sin \alpha} = \frac{1,2}{3 \sin 45^\circ} = 0,6 \text{ m}.$$

Gọi x là khoảng cách từ điểm B đến điểm đặt của lực P .

Lấy mô men lực với điểm B ta có :

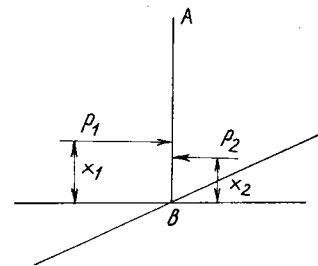
$$P \cdot x = P_1 \cdot x_1 - P_2 \cdot x_2.$$

Rút ra :

$$x = \frac{P_1 x_1 - P_2 x_2}{P}.$$

Vậy :

$$x = \frac{443 \cdot 1,3 - 36,7 \cdot 0,6}{406,3} = 1,37 \text{ m}.$$



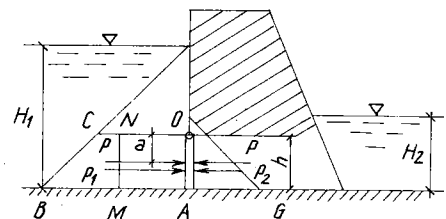
Hình 2-B-49

Bài 2-B-50. Xác định áp lực nước và điểm đặt lên cửa van của một cống tháo nước có chiều cao $h = 1,5m$ và chiều rộng $b = 5m$. Chiều sâu mực nước trước đập $H_1 = 4m$ và sau đập $H_2 = 2m$ (hình 2-B-50).

Bài giải

Áp lực nước lên cửa van từ phía thượng lưu :

$$P_1 = p \cdot \omega = \rho g (H_1 - h) h b = 1000 \cdot 9,81 \left(4 - \frac{1,5}{2} \right) 1,5 \cdot 5 = 239,5 \text{ kN}.$$



Hình 2-B-50

Chiều sâu tâm áp lực :

$$h'_D = h_c + \frac{J_c}{\omega \cdot h_c} = h_c + \frac{bh^3}{bh h_c} = \left(H_1 + \frac{h}{2} \right) + \frac{h^2}{12 \left(H_1 + \frac{h}{2} \right)} =$$

$$= \left(4 - \frac{1.5}{2} \right) + \frac{1.5^2}{12 \left(4 - \frac{1.5}{2} \right)} = 3.31m$$

Áp lực của nước lên cửa van từ phía hạ lưu :

$$P_2 = \rho \cdot g \left(H_2 - \frac{h}{2} \right) h b = 1000 \cdot 9.81 \left(2 - \frac{1.5}{2} \right) 1.5 \cdot 5 = 92 kN.$$

Chiều sâu tâm áp lực :

$$h''_D = \left(H_2 - \frac{h}{2} \right) + \frac{h^2}{12 \left(H_2 - \frac{h}{2} \right)} = \left(2 - \frac{1.5}{2} \right) + \frac{1.5^2}{12 \left(2 - \frac{1.5}{2} \right)} = 1.4m.$$

Áp lực lên cửa van :

$$P = P_1 - P_2 = 239.5 - 92 = 147.5 kN.$$

Điểm đặt của lực này được xác định từ phương trình mômen của lực đối với điểm O :

$$\sum M_0 = -P_1 \left[h'_D - (H_1 - h) \right] + P_2 \left[h''_D (H_2 - h) \right] + P' a = 0,$$

trong đó : P' - phản lực của hai áp lực P_1 và P_2 .

Vậy :

$$a = \frac{P_1 \left[h'_D - (H_1 - h) \right] - P_2 \left[h''_D - (H_2 - h) \right]}{P'} =$$

$$= \frac{239.5 \left[3.31 - (4 - 1.5) \right] - 92 \left[1.4 - (2 - 1.5) \right]}{147.5} = 0.75m.$$

Do đó áp lực ở giữa cửa van .

Bài toán giải bằng phương pháp đồ giải sẽ đơn giản hơn. Trước hết ta vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh mà ở đáy cửa van là :

+ Từ cột nước thượng lưu :

$$p = \rho \cdot g H_1 = 1000 \cdot 9.81 \cdot 4 = 39.25 kPa.$$

+ Từ cột nước hạ lưu :

$$p = 1000 \cdot 9.81 \cdot 2 = 19.62 kPa.$$

Biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh lên cửa van từ phía thượng lưu là hình thang $ABCO$ đáy AB , có trị số bằng $39.25 kPa$. Biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh lên cửa van từ phía hạ lưu cũng là hình thang $AGBO$ đáy AG , có trị số bằng $19.62 kPa$.

Biểu đồ tổng cộng của áp suất thuỷ tĩnh được tìm bằng cách đem biểu đồ thứ nhất trừ đi biểu đồ thứ hai ($BM = AG$; $CN = OE$).

Áp lực được xác định như là thể tích của biểu đồ này :

$$P = \omega_{\Delta NOA} \cdot b = 19,63 \cdot 1,55 = 147,5 \text{ kN}.$$

Vì biểu đồ có dạng hình chữ nhật nên điểm đặt của áp lực sẽ ở giữa cửa van, tức là :

$$a = \frac{h}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ m}.$$

Bài 2-B-51. Để rửa (xả cát) các đoạn đầu của mạng lưới thoát nước, người ta xây các giếng rửa (hình 2-B-51) làm việc trên nguyên lý chứa đầy và tháo cạn tuần hoàn. Việc tháo cạn được thực hiện bằng cách mở cửa van 1 khi dùng cần quay 2 quay quanh ổ trục 3. Xác định lực T cần phải đặt vào dây 4 để mở cửa van khi mực nước trong giếng rửa $H = 1,8 \text{ m}$. Đường kính của ống xả $d = 200 \text{ mm}$. Trục của ống này nằm cách đáy giếng một đoạn $a = 150 \text{ mm}$, các kích thước còn lại $b = 200 \text{ mm}$; $t = 300 \text{ mm}$.

Bài giải

Áp lực của nước lên cửa van :

$$P = p_c \cdot \omega = \rho \cdot gh = \rho \cdot g(H - a) \frac{\pi d^2}{4} =$$

$$= 1000 \cdot 9,81(1,8 - 0,15) \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 508 \text{ N}$$

Khoảng cách từ trọng tâm diện tích van đến điểm đặt áp lực (tâm áp lực) :

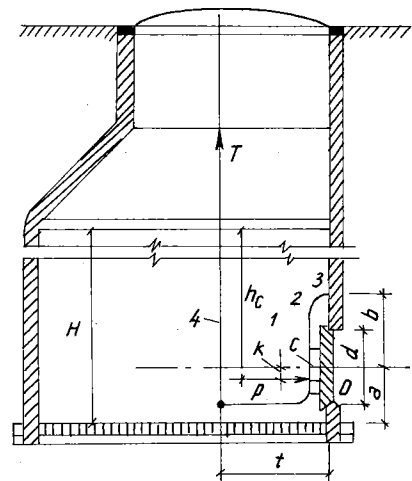
$$k = \frac{d^2}{16h_c} = \frac{d^2}{16(H - a)} = \frac{0,2^2}{16(1,8 - 0,15)} = 0,0015 \text{ m}.$$

Lực T được xác định từ phương trình mô men của các lực lấy với điểm 3 :

$$\sum M_0 = T \cdot t - P(b + k) = 0,$$

do đó :

$$T = \frac{P(b + k)}{t} = \frac{508(0,2 + 0,0015)}{0,3} = 341 \text{ N}.$$



Hình 2-B-51

Bài 2-B-52. Xác định vị trí trục quay O để cửa van phẳng hình chữ nhật tự động mở ra khi độ sâu nước ở thượng lưu $h_1 \geq 2 \text{ m}$. Biết độ sâu nước ở hạ lưu $h_2 = 1,2 \text{ m}$ và $\gamma_w = 9810 \text{ N/m}^3$ (hình 2-B-52).

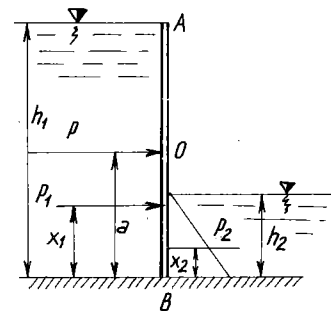
Bài giải

Khi độ sâu nước ở thượng lưu $h_1 = 2 \text{ m}$ thì nếu cửa van vẫn đứng yên, tức là mômen của áp lực thủy tĩnh đối với trục quay O bằng không, ta có :

$$M_0 = P \cdot x = 0.$$

Vì $P \neq 0$ nên x phải bằng 0.

Vậy O chính là điểm đặt của lực P . Ta xác định vị trí điểm đặt lực P .



Hình 2-B-52

Ta có : $P = P_1 - P_2$, (1)

trong đó : $P_1 = \frac{\gamma h_1^2}{2}$ – áp lực nước thượng lưu ; P_1 cách đáy một đoạn $x_1 = \frac{h_1}{3}$.

$P_2 = \frac{\gamma h_2^2}{2}$ – áp lực nước hạ lưu ; P_2 cách đáy một đoạn $x_2 = \frac{h_2}{3}$.

Lấy mômen đối với điểm O . Gọi a là khoảng cách từ điểm O đặt lực P tới B ta có :

$$\begin{aligned} \sum M &= P_1(a - x_1) - P_2(a - x_2) = 0 \\ &= \frac{\gamma h_1^2}{2} \left(a - \frac{h_1}{3}\right) - \frac{\gamma h_2^2}{2} \left(a - \frac{h_2}{3}\right) = 0 \end{aligned}$$

Từ đó : $a = \frac{1}{3} \cdot \frac{h_1^3 - h_2^3}{h_1^2 - h_2^2}$. (2)

Thay số vào (2), ta được :

$$a = \frac{2^3 - 1,2^3}{3(2^2 - 1,2^2)} \approx 0,8m$$

Như vậy trục quay sẽ đặt cách đáy một đoạn $a = 0,8m$ và khi mực nước lớn hơn $2m$ của van sẽ tự động mở ra.

Bài 2-B-53. Một cửa van phẳng hình chữ nhật đặt vuông góc với phương ngang và tựa vào điểm M (M nằm dưới trọng tâm C của cửa van một đoạn $CM = \lambda = 20cm$). Cửa van ở trạng thái cân bằng (hình 2-B-53). Xác định áp lực nước tác dụng lên cửa van nếu $b = 4m$.

Bài giải

Vẽ biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh, áp lực P được xác định theo công thức :

$$P = \frac{\gamma H^2}{2} b, \quad (1)$$

trong đó : H - chiều sâu mực nước trước cửa van .

Theo giả thiết đã cho C là trọng tâm của cửa van. Điểm đặt thanh chống cách C một đoạn $CM = 20\text{ cm}$ thì cửa van ở trạng thái cân bằng, nghĩa là M chính là điểm đặt của áp lực P .

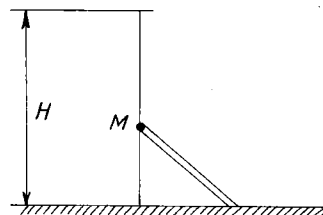
Mặt khác vì điểm C là trọng tâm của cửa van (C cách đáy một khoảng $\lambda_1 = \frac{H}{2}$) và là

điểm đặt của P nên M cách đáy một khoảng $\lambda_2 = \frac{H}{3}$. Theo đầu bài :

$$\lambda_1 - \lambda_2 = CM = 20cm$$

$$\frac{H}{2} - \frac{H}{3} = 20cm$$

Từ đó rút ra : $H = 120cm = 1,2\text{ m}$.



Hình 2-B-53

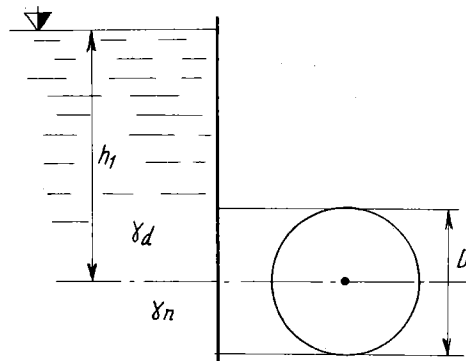
Theo (1) ta được : $P = \frac{\gamma}{2} \frac{H^2}{b} = \frac{9810 \cdot 1,2^2}{2} \cdot 4 = 28252 N = 28,252 kN$.

Bài 2-B-54. Cho một cửa van phẳng hình tròn, đường kính $D = 0,5m$ lắp trên thành bình chứa. Trong bình, chứa 2 loại chất lỏng ; từ cao độ tâm củ van trở lên là dầu ($\gamma_d = 0,8 \gamma_n$) với độ sâu $h_d = 2,0m$, phía dưới là nước có $\gamma_n = 9,81 \cdot 10^3 N/m^3$ (hình 2-B-54).

1- Tìm tổng áp lực dư của 2 chất lỏng nói trên tác dụng lên cửa van.

2- Tìm điểm đặt của tổng áp lực đó. Cho biết , đối với hình bán nguyệt thì :

$$x = \frac{2D}{3\pi} = \frac{2 \cdot 0,5}{3 \cdot \pi} = 0,106m;$$



Hình 2-B-54

Bài giải

1- Tìm tổng áp lực dư. Cần tính riêng cho 2 nửa hình tròn.

Gọi P_1 là tổng áp lực tác dụng lên nửa trên, ta có :

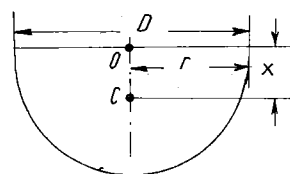
$$P_1 = \gamma_d h_{c1} \omega_1$$

Với :

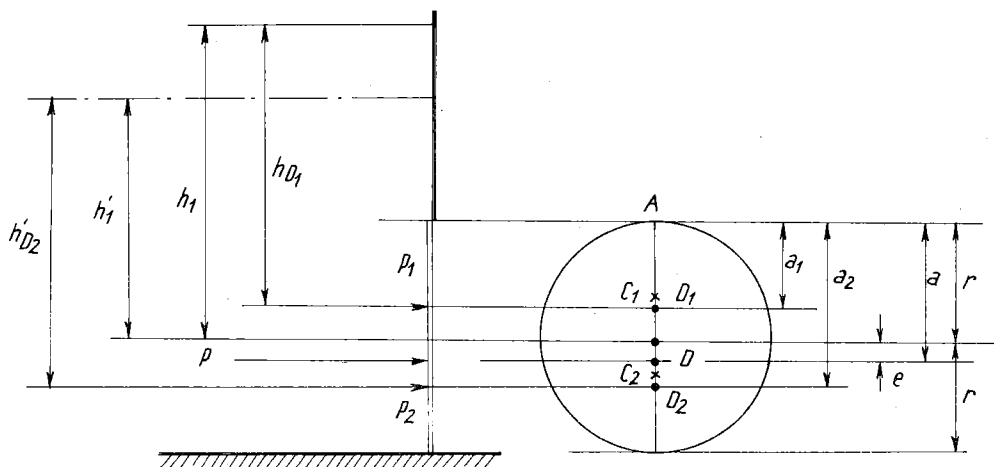
$$\omega_1 = \frac{\pi D^2}{8} = 0,098 m^2;$$

$$h_{c1} = h_1 - \frac{2D}{3\pi} = 1,894 m$$

Vậy : $P_1 = 0,8 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot 1,894 \cdot 0,098 = 1459,2 N$.



Hình 2-B-55



Hình 2-B-56

Gọi P_2 là tổng áp lực tác dụng lên nửa dưới. Để tiện trong tính toán, ta có thể đổi lớp dầu bằng một lớp nước tương đương có độ sâu h'_1 là :

$$h'_1 = \frac{\gamma_d}{\gamma_n} \cdot h_1 = 0,82,0 = 1,6m.$$

Vậy : $P_2 = \gamma_n h'_{c2} \omega_2.$

Với : $\omega_2 = \omega_1 = 0,098 m^2$
 $h'_{c2} = h'_1 + \frac{2D}{3\pi} = 1,706m.$

Vậy : $P_2 = 9,81.10^3 \cdot 1,706 \cdot 0,098 = 1643,1N$

Do đó ; $P = P_1 + P_2 = 3102,3 N$

2- Tìm điểm đặt của tổng áp lực. Cần tìm điểm đặt của từng lực P_1, P_2 :

$$h_{x1} = h_{c1} + \frac{J_c}{\omega_1 h_{c1}} = 1,896m$$

+ Tìm h_{D1} : $J_c = \frac{9\pi^2 - 64}{72\pi} \left(\frac{D}{2}\right)^4 = \frac{9,3,14^2 - 64}{72,3,14} \left(\frac{0,5}{2}\right)^4 = 0,000437$

$$h_{D1} = 1,894 + \frac{0,000437}{0,098 \cdot 1,894} = 1,896m.$$

+ Tìm h'_{D2} : $h'_{D2} = h'_{c2} + \frac{J_c}{\omega_2 h'_{c2}} = 1,706 + \frac{0,000437}{0,098 \cdot 1,706} = 1,709m.$

+ Tìm h_D (hay a) : lấy mô men của 3 lực P_1, P_2, P đối với điểm A, ta được :

$$P \cdot a = P_1 \cdot a_1 + P_2 \cdot a_2$$

$$a_1 = r - (h_1 - h_{D1}) = \frac{0,5}{2} - (2 - 1,896) = 0,146m$$

Với :

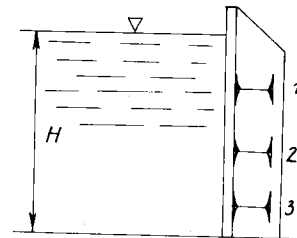
$$a_2 = r + (h'_{D2} - h'_1) = \frac{0,5}{2} + (1,709 - 1,6) = 0,359m$$

Từ đó : $a = \frac{P_1 \cdot a_1 + P_2 \cdot a_2}{P} = \frac{1459,2 \cdot 0,146 + 1643,1 \cdot 0,359}{3102,3} = 0,259m.$

Vậy điểm đặt của P ở cách tâm đường tròn về phía dưới một đoạn là :

$$e = a - r = 0,9 cm.$$

Bài 2-B-55. Kênh rộng $b = 4m$ được ngăn bằng một cửa van có dầm ngang (hình 2-B-57). Xác định vị trí của dầm từ điều kiện chịu lực như nhau, nếu số lượng của dầm $n = 3$, còn chiều sâu mực nước trong kênh $H = 2,5m$. Bài toán giải bằng phương pháp đồ giải.



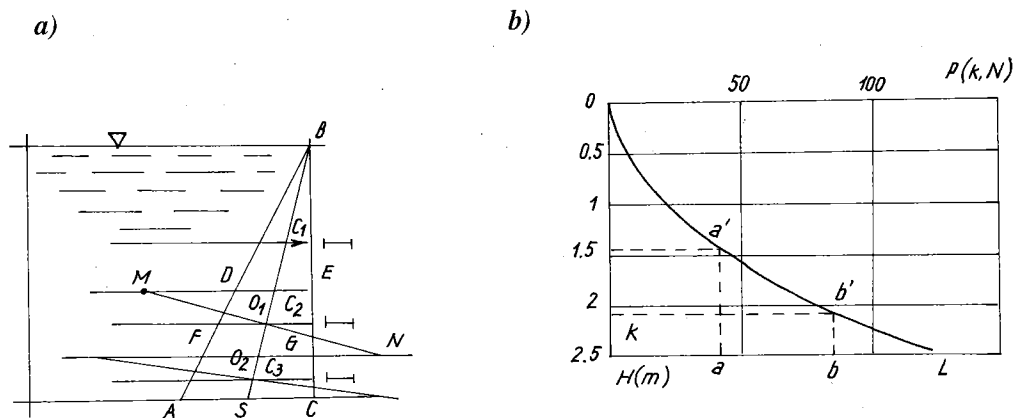
Bài giải

Áp suất thủy tĩnh tại đáy kênh :

$$p = \rho gh = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 = 24,5 kPa.$$

Biểu đồ áp suất thủy tĩnh sẽ có dạng tam giác vuông đáy AC, có trị số $p = 24,5 kPa$ (hình 2-B-59a) .

Hình 2-B-57



Hình 2-B-58

Ta xác định áp lực ở các chiều sâu khác nhau :

- khi $H_1 = 0,5m$:

$$P_1 = p_c \omega = \rho g h_c H_1 = \rho g H_1^2 \frac{b}{2} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2 \cdot \frac{4}{2} = 4,9 kN ;$$

- khi $H_2 = 1m$:

$$P_2 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1^2 \cdot \frac{4}{2} = 19,62 kN ;$$

- khi $H_3 = 1,5m$:

$$P_3 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,5^2 \cdot \frac{4}{2} = 44,2 kN ;$$

- khi $H_4 = 2m$:

$$P_4 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2^2 \cdot \frac{4}{2} = 78,5 kN ;$$

- khi $H = 2,5m$:

$$P = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5^2 \cdot \frac{4}{2} = 123 kN .$$

Tương ứng với các kết quả đã tính, vẽ đường cong tích phân áp suất (hình 2-B-58b).

Đoạn KL ($P = 123 kN$) được chia ra làm 3 phần bằng nhau. Từ các điểm mới nhận được a và b , kẻ hai đường hai đường thẳng đứng. Chúng sẽ gặp đường cong $P = f(H)$ ở các điểm a' và b' . Các đường DE và FG vẽ từ cao trình của các điểm a' và b' sẽ chia biểu đồ áp suất thuỷ tĩnh thành các diện tích bằng nhau. Áp lực lên các phần diện tích của cửa van BE , EG và GC cũng sẽ bằng nhau và bằng :

$$P' = \frac{P}{3} = \frac{123}{3} = 41 kN .$$

Ta xác định điểm đặt áp lực lên từng phần của cửa van. Chiều sâu của tâm áp lực lên diện tích BE :

$$BC_1 = \frac{2}{3} BE = \frac{2}{3} \cdot 1,43 = 0,96 m \quad (BE = 1,43 m \text{ xác định theo hình 2-B-58a}) .$$

Vị trí của điểm C_2 được xác định theo phương pháp đồ thị. Trên đường kéo dài của DE , lấy đoạn $DM = FG$, còn trên đường kéo dài của FG lấy đoạn $GN = DE$. Nối hai điểm M và N .

Giao điểm của đường MN và đường trung tuyến BS cho điểm O_I , đó là trọng tâm của hình thang cũng là tâm áp lực tác dụng lên diện tích EG . Áp lực vuông góc với mặt phẳng mà nó tác dụng. Vẽ đường vuông góc với mặt phẳng EG qua điểm O_I và được điểm đặt lực C_2 . Cũng như vậy, tìm điểm C_3 . Theo hình vẽ với tỷ lệ đã định, tìm :

$$BC_2 = 2,05m ; BC_3 = 2,28m .$$

Các điểm C_1, C_2 và C_3 sẽ là các điểm đặt dầm ngang .

Bài 2-B-56. Xác định vị trí theo chiều sâu của 6 dầm đặt trên một cửa van thẳng đứng sao cho mỗi dầm đều chịu tải trọng (áp lực) như nhau. Xác định trị số áp lực đó. Cho biết chiều cao cửa van $H = 6m$, chiều rộng $b = 10m$.

Bài giải

Xác định h_1 theo công thức :

$$h_1 = \frac{H}{\sqrt{n}} ,$$

trong đó h_1 - chiều sâu tính từ mặt nước đến điểm thấp nhất của biểu đồ áp suất thủy tĩnh tác dụng lên dầm thứ nhất (bằng $1/6$ diện tích biểu đồ áp suất thủy tĩnh tổng cộng tác dụng lên cửa van)

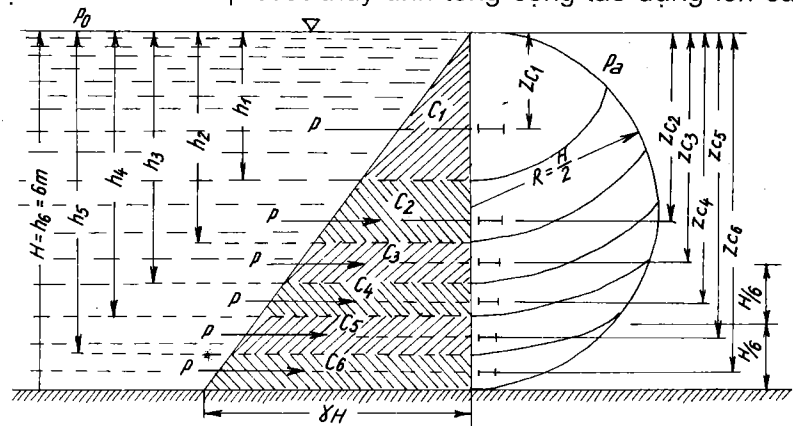
H - chiều sâu mực nước ;

n - số lượng dầm .

Vậy :

$$h_1 = \frac{6}{\sqrt{6}} = 2,44m .$$

Các chiều sâu của điểm thấp nhất của biểu đồ áp suất thủy tĩnh tác dụng lên các dầm tiếp theo (cũng bằng $1/6$ diện tích biểu đồ áp suất thủy tĩnh tổng cộng tác dụng lên cửa van) được xác định bằng :



Hình 2-B-59

$$h_2 = h_1 \sqrt{2} = 3,46m;$$

$$h_3 = h_1 \sqrt{3} = 4,22m;$$

$$h_4 = h_1 \sqrt{4} = 4,88m;$$

$$h_5 = h_1 \sqrt{5} = 5,45m;$$

$$h_6 = h_1 \sqrt{6} = 6m.$$

Áp lực P tác dụng lên từng dầm được tính theo các công thức sau (kết quả đều cho một giá trị P như nhau) .

$$P_1 = \frac{\gamma h_1^2 b}{2} = \frac{1.2,44^2 \cdot 10}{2} \approx 29,85T = 292828,5N;$$

$$P_2 = \frac{\gamma (h_2^2 - h_1^2) b}{2} = \frac{1(3,46^2 - 2,44^2)10}{2} \approx 29,85T = 292828,5N;$$

$$P_3 = \frac{\gamma (h_3^2 - h_2^2) b}{2} = \frac{1(4,22^2 - 3,46^2)10}{2} \approx 29,85T = 292828,5N;$$

$$P_4 = \frac{\gamma (h_4^2 - h_3^2) b}{2} = \frac{1(4,88^2 - 4,22^2)20}{2} \approx 29,85T = 292828,5N;$$

$$P_5 = \frac{\gamma (h_5^2 - h_4^2) b}{2} = \frac{1(5,46^2 - 4,88^2)20}{2} \approx 29,85T = 292828,5N;$$

$$P_6 = \frac{\gamma (h_6^2 - h_5^2) b}{2} = \frac{1(6^2 - 5,46^2)20}{2} \approx 29,85T = 292828,5N.$$

Toạ độ của từng dầm có thể xác định theo:

$$z_{ck} = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{k(k-1)} + 2k - 1}{\sqrt{k} + \sqrt{k-1}} h_1,$$

hoặc :

$$z_{cn} = A_k \cdot h_1,$$

trong đó :

$$A_k = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{k(k-1)} + 2k - 1}{k + \sqrt{k-1}}$$

$$z_{c1} = A_1 \cdot h_1 = 0,667 \cdot 2,44 = 1,62m;$$

Vậy :

$$z_{c2} = A_2 \cdot h_1 = 1,22 \cdot 2,44 = 2,96m;$$

$$z_{c3} = 3,85m; z_{c4} = 4,56m; z_{c5} = 5,16m; z_{c6} = 5,62m.$$

Trên hình 2-B-59 trình bày cách giải bài toán bằng phương pháp đồ thị .

Bài 2-B-57. Xác định áp lực nước lên một cửa van hình trụ có đường kính $d = 3m$, $b = 5m$ và $H = 4,2m$ (hình 2-B-60).

Bài giải

Áp lực nước tác dụng lên cửa van xác định theo công thức (2-9), trong đó :

$$P_{ng} = \frac{H + (H - d)}{2} \cdot d \cdot \gamma \cdot b = \frac{4,2 + (4,2 - 3)}{2} \cdot 3,9810,5$$

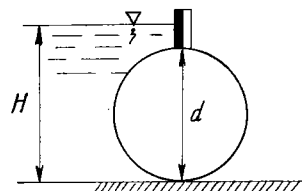
$$P_{ng} = 397305N = 397,30kN;$$

Hình 2-B-60

$$P_d = \gamma W = \frac{1}{2} \gamma b \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1}{2} 9810,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 173269,12N = 173,27kN.$$

Vậy :

$$P = \sqrt{P_{ng}^2 + P_d^2} = \sqrt{397,30^2 + 173,27^2} = 433,44kN.$$



Phương của lực P hợp với phương nằm ngang một góc α và đi qua tâm O :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_{ng}}{P_d} = \frac{173,27}{397,30} = 0,436;$$

$$\alpha = 24^{\circ}11'.$$

Bài 2-B-58. Một van hình trụ có thể quay xung quanh trục nằm ngang O . Trọng tâm của van nằm trên đường bán kính tạo thành góc $\varphi = 45^{\circ}$ theo phương ngang và cách trục quay một khoảng $OA = \frac{1}{5}r$. Cho biết bán kính $r = 40\text{cm}$, chiều rộng van $b = 100\text{cm}$, $h = 3r$ (hình 2-B-61).

Xác định trọng lượng của van để van ở vị trí cân bằng như hình vẽ.

Bài giải

Để cho van ở vị trí cân bằng như hình vẽ thì tổng mômen của các lực đối với trục O phải bằng 0, tức là :

$$\sum M_0 = 0 \quad (1)$$

Theo biểu đồ áp suất ta viết phương trình (1) như sau :

$$P_z \cdot OD_2 - P_x \cdot OD_1 + G \cdot OA \cos \varphi = 0, \quad (2)$$

trong đó :

$$P_z = \gamma b \frac{1}{4} \pi r^2; \quad OD_2 = \frac{4r}{3\pi};$$

$$P_{x1} = \gamma b 2rr = \gamma b 2r^2; \quad OD_1 = \frac{1}{6}r;$$

$$OA = \frac{1}{5}r; \quad P_{x2} = \gamma b 2rr = \gamma 2r^2;$$

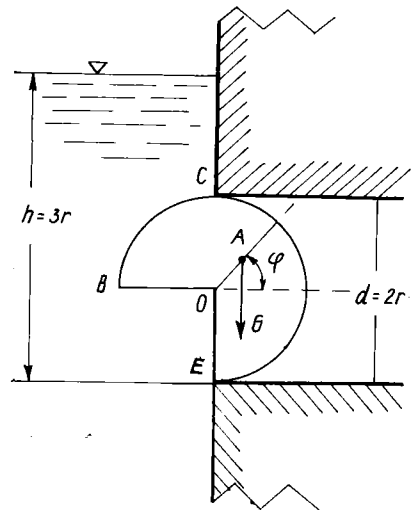
$$P_x = P_{x1} + P_{x2} = 4\gamma br^2.$$

Thay vào (2), được :

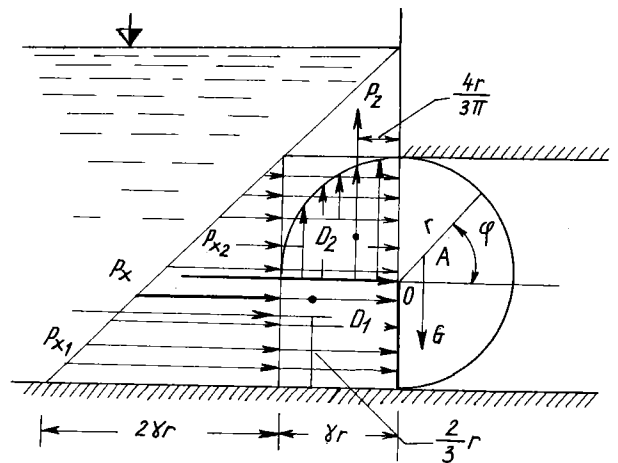
$$G = \frac{P_x OD_1 - P_z OD_2}{OA \cos \varphi} = \frac{4\gamma br^2 \cdot \frac{1}{6}r - \frac{1}{4} \gamma b \pi r^2 \cdot \frac{4r}{3\pi}}{\frac{1}{5}r \cos \varphi} = \frac{10\gamma br^2}{6 \cos 45^{\circ}}.$$

Thay số vào, được :

$$G = \frac{1,66 \cdot 10,4^2 \cdot 9810}{\cos 45^{\circ}} = 3685\text{N} \approx 3,7\text{kN}.$$



Hình 2-B-61



Hình 2-B-62

Bài 2-B-59. Vẽ biểu đồ áp suất thủy tĩnh dư và xác định trị số, phương tác dụng của nó lên cửa van hình trụ. ường kính của van $d = 2,5\text{m}$, chiều sâu trước van $H = 1,8\text{m}$ và chiều dài

$L=4m$ (hình 2-B-63).

Bài giải

Áp suất thuỷ tĩnh dư bằng :

+ Ở chiều sâu $H/4$ (hình 2-B-63):

$$p_1 = \rho gh = \rho g \frac{H}{4} = 1000.9,81. \frac{1,8}{4} = 4,4kPa;$$

+ Ở chiều sâu $H/2$:

$$p_2 = 1000.9,81.3. \frac{1,8}{2} = 8,8kPa;$$

+ Ở chiều sâu $\frac{3}{4}H$:

$$p_3 = 1000.9,81.3. \frac{1,8}{2} = 13,2kPa;$$

+ Ở chiều sâu H :

$$p_4 = 1000.9,81.1,8 = 17,6kPa.$$

Ở chiều sâu tương ứng trên đường kéo dài của bán kính theo tỷ lệ ta đặt các trị số áp suất thuỷ tĩnh tương ứng. Nối các điểm cuối vectơ bằng đường cong (hình 2-B-64).

Thành phần nằm ngang của áp lực :

$$P_{ng} = p_c \omega_d = \rho g \frac{H^2}{2} L = 1000.9,81. \frac{1,8^2}{2} 4 = 63,5kN,$$

trong đó : ω_d - diện tích hình chiếu của thành cong BCD lên mặt phẳng thẳng đứng.

Thành phần thẳng đứng của áp lực (2-31) :

$$P_d = \rho g W = \rho g \omega L,$$

trong đó : W - thể tích của vật $ABCD$;

ω - diện tích của hình $ABCD$.

Góc φ được xác định theo :

$$\sin \varphi = \frac{AO}{BO} = \frac{H - \frac{d}{2}}{\frac{d}{2}} = \frac{1,8 - \frac{2,5}{2}}{\frac{2,5}{2}} = 0,44;$$

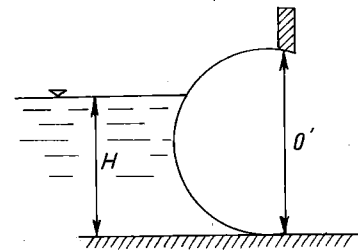
$$\varphi = 26^\circ.$$

$$\text{Góc } BOD = 90^\circ + 26^\circ = 116^\circ.$$

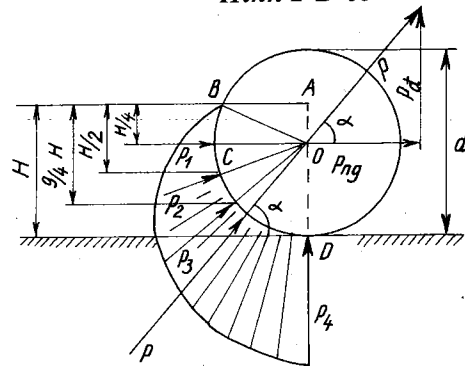
Diện tích hình $ABCD$:

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_{OBCD} + \omega_{ABO} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\angle BOD}{360} + \frac{(1, H - \frac{d}{2}) \frac{d}{2} \cos \varphi}{2} = \\ &= \frac{3,14.2,5^2}{4} \cdot \frac{116}{360} + \frac{(1,8 - \frac{2,5}{2}) \frac{2,5}{2} \cos 26^\circ}{2} = 1,89m^2. \end{aligned}$$

Do đó, thành phần thẳng đứng sẽ là :



Hình 2-B-63



Hình 2-B-64

$$P_d = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,89 \cdot 4 = 74,8 \text{ kN}.$$

Tổng hợp lực được xác định theo công thức (2-9') :

$$P = \sqrt{63,5^2 + 74,8^2} = 98,2 \text{ kN}.$$

Góc nghiêng của tổng hợp lực so với đường nằm ngang được xác định bằng (2-13) :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_d}{P_{ng}} = \frac{74,8}{63,5} = 1,18 \quad ; \quad \alpha = 50^\circ.$$

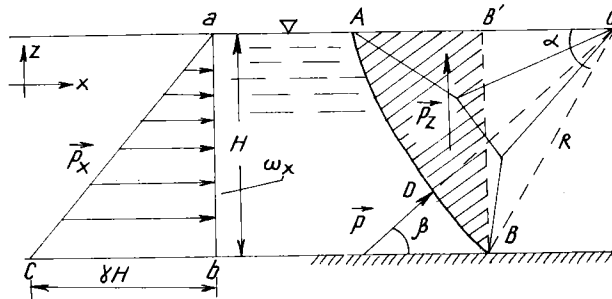
Bài 2-B-60. Xác định áp lực nước lên cửa van hình cung tròn AB , bán kính $R = 1,5 \text{ m}$, rộng $b = 8 \text{ m}$ (vuông góc với mặt hình 2-B-65), đường sinh nằm ngang. Trục quay O nằm ngang với mức nước thượng lưu và góc tâm $\alpha = 60^\circ$.

Bài giải

Áp lực nước $\vec{P}$ lên cửa van được xác định từ 3 thành phần $\vec{P}_x, \vec{P}_y, \vec{P}_z$. Chọn các trục x, y, z như hình vẽ thì $\vec{P}_z = 0$, do đó :

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}.$$

Tính P_x : $\vec{P}_x$ tác dụng từ trái sang phải, là áp lực nước tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng hình chữ nhật ab có diện tích $\omega_x = bH$ (ω_x - diện tích hình chiếu của mặt cong AB lên mặt phẳng đặt vuông góc với trục x).



Hình 2-B-65

Theo (2-12) :

$$P_x = \gamma h_{cx} \omega_x =$$

$$= \gamma \frac{H}{2} bH.$$

$$P_x = \gamma \frac{H^2}{2} b = 9810 \frac{1,3^2}{2} \cdot 8 = 66,3 \cdot 10^3 \text{ N},$$

trong đó đã tính trước : $H = R \sin \alpha = 1,5 \sin 60^\circ \approx 1,3 \text{ m}$;

P_x được biểu thị bằng biểu đồ áp suất tam giác abc .

Tính P_z . Theo (2-12) :

$$P_z = \gamma W,$$

trong đó W - thể tích ABB' , được giới hạn bởi mặt cong AB , mặt thẳng đứng BB' và đường mặt nước kéo dài AB' (thể tích gạch chéo trên hình vẽ).

$$\begin{aligned} W &= (S_{OAB} - S_{OBB'})b = \left(-\frac{\pi R^2 \cdot 60^\circ}{360^\circ} - \frac{1}{2} HR \cos 60^\circ \right) b = \\ &= \left[\frac{3,14(1,5)^2}{6} - \frac{1}{2} \cdot 1,3 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \right] \cdot 8 = 5,545 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Vậy :

$$P_z = 9810.5,545 = 54,5.10^3 \text{ N}$$

và :

$$P = 85,7.10^3 \text{ N}.$$

Đường tác dụng của P vuông góc với mặt cung tròn, tức là đi qua tâm O và hợp với đường nằm ngang một góc :

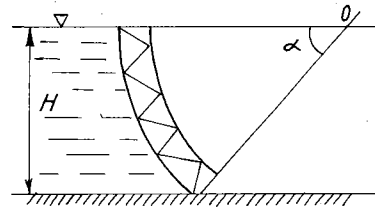
$$\beta \approx 39^\circ 20' ; (\operatorname{tg} \beta = \frac{P_z}{P_x} = 0,818).$$

Điểm đặt D của $\vec{P}_x$ là giao điểm của đường tác dụng của nó với mặt cong.

Bài 2-B-61. Xác định áp lực nước tác dụng lên cửa van hình cung, biết chiều rộng $b = 4\text{m}$, $H = 3\text{m}$ và $\alpha = 45^\circ$ (hình 2-B-66).

Bài giải

Áp lực P của nước tác dụng lên cửa van xác định theo công thức (2-9'). Theo biểu đồ áp suất và vật áp lực đã vẽ, ta có :



Hình 2-B-66

$$P_x = p_c \cdot \omega_x = \gamma \frac{H^2}{2} b = 9810 \frac{3^2}{2} 4 = 176580 \text{ N} = 176,58 \text{ kN};$$

$$P_z = \gamma W,$$

$$W = (S_{AOB} - S_{AOA'}) \cdot b =$$

trong đó :

$$= \left[\frac{R + (R - H)}{2} H - \frac{\pi R^2}{8} \right],$$

$$\text{vì : } R = H\sqrt{2} \quad \text{nên} \quad BA' = H\sqrt{2} - H.$$

Vậy

$$P_z = 9810 \left[\frac{3\sqrt{2} + (3\sqrt{2} - 3)}{2} 3 - \frac{3,14 \cdot 3^2 \cdot 2}{8} \right] = 11359,98 \text{ N} = 11,359 \text{ kN} - \text{hướng xuống dưới}.$$

$$\text{Kết quả có : } P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{176,58^2 + 11,359^2} = 177,05 \text{ kN}.$$

Lực P có phương tạo với phương nằm ngang một góc :

$$\alpha = \arctg \frac{P_z}{P_x} = \arctg \frac{11,359}{176,58} = \arctg 0,06.$$

Bài 2-B-62. Xác định áp lực lên cửa van cung và phương tác dụng của nó. Cho biết chiều sâu trước van $H = 4\text{m}$, chiều dài cửa van $L = 8\text{m}$ và $\alpha = 60^\circ$ (hình 2-B-67).

Bài giải

Thành phần nằm ngang của áp lực bằng áp lực lên hình chiếu đứng của cửa van được xác định theo (2-10) :

$$P_{ng} = p_c \cdot \omega_d = \rho g h \frac{H^2}{2} L = 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{4^2}{2} 8 = 628 \text{ kN}.$$

Thành phần thẳng đứng của áp lực được xác định theo (2-10) :

$$P_d = \rho g W = \rho g \omega_{abc} L,$$

trong đó : W - thể tích của vật abc có chiều dài L ;

ω_{abc} - diện tích của hình abc .

$$R = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{4}{\sin 60^\circ} = 4,62m;$$

$$Oe = R \cos \alpha = 4,62 \cdot 0,5 = 2,31m;$$

$$\omega_{Oac} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360} = \frac{3,14(2,4,62)^2}{4} \cdot \frac{60}{360} = 11,2m^2;$$

$$\omega_{Oec} = \frac{ce \cdot Oe}{2} = \frac{4,2,31}{2} = 4,62m^2;$$

$$\omega_{ace} = \omega_{Oac} - \omega_{Oec} = 11,2 - 4,62 = 6,58m^2;$$

$$\omega_{abce} = ab \cdot ae = 4(4,62 - 2,31) = 9,24m^2;$$

$$\omega_{abc} = \omega_{abce} - \omega_{ace} = 9,24 - 6,58 = 2,66m^2;$$

$$P_d = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,668 = 209,5kN.$$

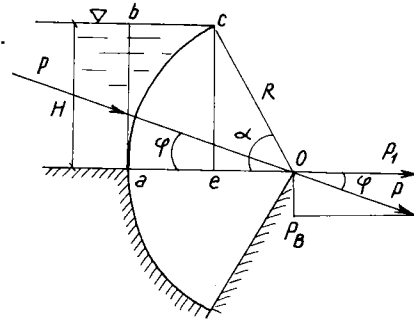
Tổng hợp lực P được xác định theo (2-9') :

$$P = \sqrt{P_{ng}^2 + P_d^2} = \sqrt{628^2 + 209,5^2} \approx 660kN.$$

Phương tác dụng của P được xác định bằng góc φ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P_d}{P_{ng}} = \frac{209,5}{628} = 0,333;$$

$$\varphi = 18^\circ 25'.$$



Hình 2-B-67

Bài 2-B-63. Một khuôn hình trụ có đường kính trong $D = 1120mm$ và chiều cao $L = 1000mm$, quay với số vòng quay $n = 500$ vòng/phút được dùng để đúc ống bằng phương pháp ly tâm. Vữa xi măng dùng đúc ống có $\gamma = 1600kG/m^3$ (hình 2-B-68). Nếu chiều dày xi măng thành ống ở dưới đáy $\delta_1 = 60mm$, hãy :

- 1) Xác định chiều dày xi măng thành ống ở đầu trên của ống.
- 2) Phải làm gì để giảm sự khác nhau giữa δ_1 và δ_2 ?

Bài giải

- 1) Xác định các đại lượng phụ trợ theo hình vẽ :

+ Vận tốc quay :

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 52 \frac{1}{s}$$

và khi đó :

$$\frac{\omega^2}{2g} = 139,5 \frac{1}{m}.$$

+ Tổng chiều cao parabolôit quay H được xác định theo công thức (2-39) :

$$H = \frac{\omega^2}{2g} \left(\frac{D}{2} \right)^2 = 139,50,56^2 = 43,8m.$$

Chiều cao parabolôit quay h_1 khi :

$$r_1 = \frac{D}{2} - \delta_1 = 560 - 60 = 500mm;$$

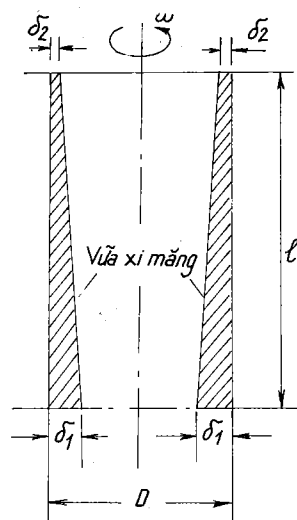
$$h_1 = \frac{\omega^2}{2g} r_1^2 = 139,50,50 = 34,9m.$$

2) Xác định bán kính parabolôit quay r_2 ứng với chiều cao $h_2 = h_1 + l$ và chiều dày thành ống ở đầu trên δ_2 :

$$h_2 = h_1 + L = \frac{\omega^2}{2g} r_2^2;$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{h_1 + L}{\frac{\omega^2}{2g}}} = \sqrt{\frac{35,9}{139,5}} = 0,507;$$

$$\delta_2 = R - r_2 = 560 - 507 = 53mm.$$



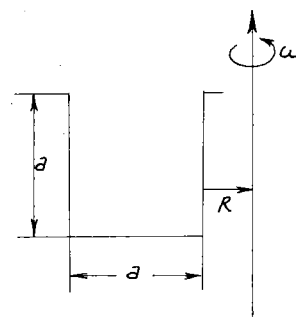
Hình 2-B-68

3) Do đó chiều dày thành ống ở đầu trên nhỏ hơn dưới đáy là 7mm. Trong trường hợp cần giảm sự khác nhau giữa δ_1 và δ_2 phải tăng tốc độ quay, tức là tăng số vòng quay n .

Bài 2-B-64. Một thùng nước hình hộp không có nắp đáy có cạnh $a = 1m$, quay xung quanh trục thẳng đứng trong mặt phẳng nằm ngang với vận tốc góc ω (hình 2-B-69). Khoảng cách từ trục quay đến thành bên trong của thùng là $R = 0,25m$.

1) Tìm phương trình chung của mặt đẳng áp.

2) Số vòng quay n lớn nhất phải là bao nhiêu để nước không tràn ra khỏi thùng và lúc đó mặt tự do gặp điểm góc của đáy thùng.



Hình 2-B-69

3) Tìm phương trình của mặt tự do trong trường hợp trên.

Vẽ biểu đồ áp suất dư của nước tác dụng lên thành bên và lên đáy thùng.

Bài giải

Chọn hệ trục tọa độ Oxyz như hình (2-B-70) và gắn liền với với thùng, cùng quay quanh trục O với vận tốc góc ω . Nước trong thùng đứng yên tương đối đối với hệ tọa độ được chọn.

1) Lấy điểm M bất kỳ trong khối nước. Lực khối đơn vị tác dụng vào chất điểm M là :

$$F_x = \omega^2 x; \quad F_y = \omega^2 y; \quad F_z = -g.$$

Phương trình chung của mặt đẳng áp là

$$dp = \rho (F_x dx + F_y dy + F_z dz) = 0$$

$$\text{hay: } \frac{\omega^2 r^2}{2} - gz = C \quad (1)$$

Vây mặt đẳng áp là một phần của mặt parabolôit tròn xoay.

2) Để nước không tràn ra khỏi thùng thì thùng phải quay với vận tốc góc ω sao cho điểm trên mặt tự do trong thùng vừa chạm vào điểm B, toạ độ B $(R+a, z_0+a)$, z_0 - tung độ của điểm A ở đáy thùng. Theo đề bài, mặt tự do gặp điểm A, toạ độ A (R, z_0) . Gọi hằng số của phương trình (1) đối với mặt tự do là C_0 , được hệ sau :

$$\begin{aligned} \frac{\omega^2}{2} R^2 - g z_0 &= C_0 \quad (\text{tại } A); \\ \frac{\omega^2}{2} (R+a)^2 - g(z_0+a) &= C_0 \quad (\text{tại } B). \end{aligned} \quad (2)$$

Trừ hai vế của (2) cho nhau, sẽ tìm được :

$$\omega = \sqrt{\frac{2g}{2R+a} \left(\frac{1}{s} \right)} \quad (3)$$

Số vòng quay lớn nhất sẽ là :

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{2R+a} \left(\frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)} \quad (4)$$

Với $R = 0,25 \text{ m}$; $a = 1 \text{ m}$; $n = 34,7$ vòng/phút .

3) Thay biểu thức thứ nhất của hệ (2) vào phương trình ta có phương trình của mặt tự do:

$$\begin{aligned} \frac{\omega^2}{2} (r^2 - R^2) - g(z - z_0) &= 0; \\ \frac{g}{2R+a} (r^2 - R^2) - g(z - z_0) &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Biểu thức tính phân bố áp suất tại một điểm bất kỳ trong chất lỏng sẽ là:

$$p - p_a = \frac{\gamma}{2R+a} (r^2 - R^2) - \gamma(z - z_0) = 0. \quad (6)$$

Với $\gamma = \rho g$ và p_a - áp suất trên mặt thoáng .

Trên thành bên của thùng : $r = R + a$

$$p - p_a = A - \gamma(z - z_0)$$

với :

$$A = \gamma a - g(z - z_0). \quad (7)$$

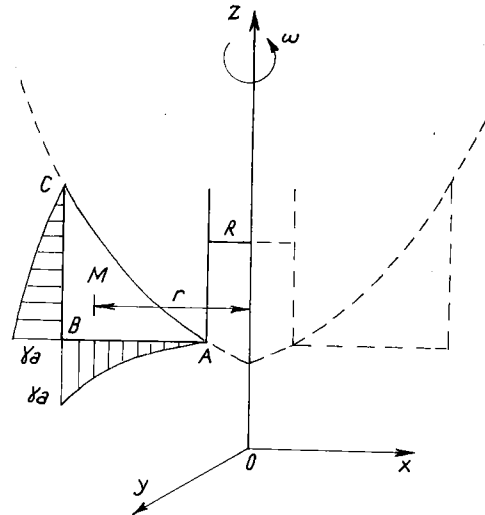
Áp suất dư phân bố theo quy luật thuỷ tĩnh .

Tại đáy thùng $z = z_0$, do đó :

$$p - p_a = \frac{\gamma}{2R+a} (r^2 - R^2). \quad (8)$$

Áp suất phân bố theo đường cong parabol bậc 2, tại B :

$$p_B = \gamma a = 9810 \text{ N/m}^2.$$



Hình 2-B-70

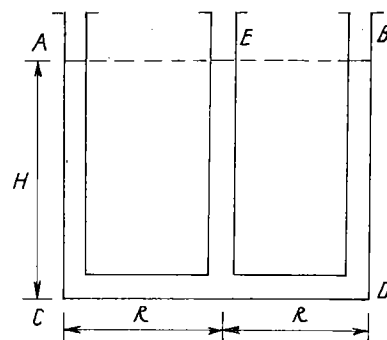
Bài 2-B-65. Một bình thí nghiệm gồm 3 ống thẳng đứng có đường kính bằng nhau được đổ chất lỏng có trọng lượng thể tích γ đến độ cao H (hình 2-B-71). Cho bình quay xung

quanh trục EF của ống giữa với vận tốc góc $\omega = \text{const.}$

1) Xác định mực chất lỏng tại các điểm A, B, E và áp suất tại C, D, F .

2) Nếu ống giữa bị nút chặt tại E trước khi quay thì áp suất tại C, D, F là bao nhiêu ?

3) Nút chặt 2 ống bên, nhưng để hở ống giữa. Xác định áp suất tại C, D, F . Hãy biện luận các kết quả trên theo trị số ω, H, R cho trước.



Hình 2-B-71

Bài giải

1) Phương trình mặt thoáng (hình 2-B-72)

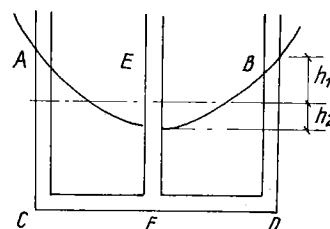
$$z = \frac{\omega^2}{2g} r^2 \quad (1)$$

Do lượng chất lỏng không đổi nên $h_2 = 2h_1$. Từ (1):

$$h_2 + h_1 = \frac{\omega^2 R^2}{2g};$$

$$h_1 = 6g\omega^2 R^2;$$

$$h_2 = \frac{1}{3g} \omega^2 R^2.$$



Hình 2-B-72

Áp suất phân bố theo :

$$p = p_0 + \frac{\rho \omega^2}{2} r^2 - \gamma z.$$

Suy ra :

$$p_C = p_D = p_0 + \frac{\rho \omega^2}{2} R^2 + (H - h_2)\gamma = p_0 + \frac{1}{6} \rho \omega^2 R^2 + \gamma H;$$

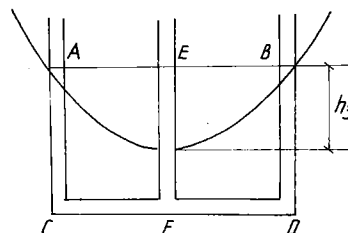
$$p_F = p_0 + 0 + (H - h_2)\gamma = p_0 + \left(H - \frac{1}{3g} \omega^2 R^2\right) \gamma.$$

2) Mực chất lỏng không đổi :

$$h_3 = \frac{\omega}{2g} R^2;$$

$$p_C = p_D = p_0 + \frac{\rho \omega^2 R^2}{2} + (H - h_3)\gamma = p_0 + \gamma H;$$

$$p_F = p_0 + 0 + (H - h_3)\gamma = p_0 + \left(H - \frac{\omega^2}{2g} R^2\right) \gamma.$$



Hình 2-B-73

3) Biện luận :

$$h_4 = \frac{\omega^2}{2g} R^2;$$

$$p_C = p_D = p_0 + \frac{\rho \omega^2}{2} R^2 + \gamma H;$$

$$p_F = p_0 + \gamma H.$$

a) Nếu $h_2 > H$ tức $\frac{1}{3g} \omega^2 R^2 > H$ hay $\omega > \frac{\sqrt{2gH}}{R}$.

Các kết quả về h_1 và h_2 không còn đúng.

b) Nếu $h_3 < H$ ở F, C, D có áp suất dư.

$$h_3 = H \text{ tức } \omega = \frac{\sqrt{2gH}}{R} \text{ thì ở } F \text{ có áp suất khí trời}$$

$h_3 > H$ ở F có áp suất chân không, ở C và D luôn luôn có áp suất dư.

c) p_C, p_D, p_F luôn luôn lớn hơn áp suất khí trời.

Bài 2-B-66. Cho một bình hình trụ tròn có $R_0 = 0,5m$ đựng nước với $H = 0,6m$ (hình 2-B-75).

1) Tìm tốc độ góc quay của bình quanh trục z sao cho mặt thoáng tại điểm thấp nhất tiếp xúc với đáy bình. Gọi đó là ω_1 , hãy biểu thị bằng Rad/sec .

2) Cho bình quay với vận tốc góc $\omega > \omega_1$ thì một phần bình lộ ra. Gọi r là bán kính của diện tích đáy bình bị lộ ra đó. Tìm biểu thức cho quan hệ giữa ω và r . áp dụng số với $\omega > \omega_2 = 20 Rad/sec$. Hãy tính $r = r_2$.

Bài giải

1) Từ hệ phương trình cân bằng Oie :

$$F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0;$$

$$F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0;$$

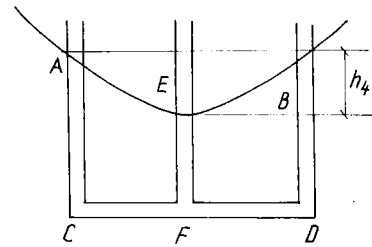
$$F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0.$$

suy ra được công thức :

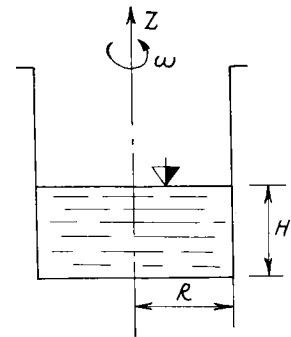
$$gh' = \frac{1}{2} \omega^2 r^2, \quad (1)$$

trong đó h' - độ sâu nước tính từ mặt thoáng tới đỉnh parabol tròn xoay.

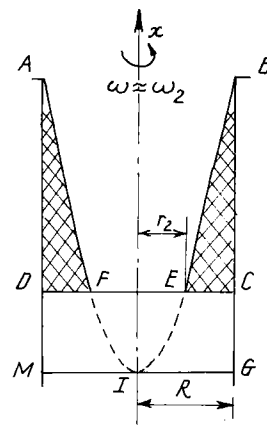
Khi mặt thoáng tiếp xúc với đáy bình, trong (1)



Hình 2-B-74



Hình 2-B-75



Hình 2-B-76

Từ đó tính được :

$$\omega_1 = \frac{2\sqrt{gH}}{R} = 9,7 \frac{\text{Rad}}{\text{sec}}.$$

2) Khi bình quay với $\omega > \omega_1$ ta có hình ảnh như trên hình (2-B-76) .

Thể tích nước (như phần gạch chéo trên hình) lúc này cũng bằng thể tích nước có lúc ban đầu :

$$V = \pi R^2 H \quad . \quad (2)$$

Từ hình vẽ ta có thể tích phần gạch chéo trên hình vẽ là : $V_{ADF+BEC}$. Thể tích đó được tính như sau :

$$V_{ADF+BEC} = V_{ABGM} - V_{DCGM} - V_{AFIEB} - V_{FIE} \quad (3)$$

$\longleftrightarrow$
Hình trụ

$\longleftrightarrow$
Hình trụ

$\longleftrightarrow$
Pa rabôn
tròn xoay

$\longleftrightarrow$
Pa rabôn
tròn xoay

Cân bằng (2) và (3), sau khi rút gọn được phương trình sau :

$$r^4 - 2R^2r^2 + R^4 - \frac{4gR^2H}{\omega^2} = 0 \quad .$$

Giải ra được : $r^2 = R^2 \pm \frac{2R}{\omega} \sqrt{gH}.$

Vì theo kết quả câu 1) : $\omega_1 = \frac{2\sqrt{gH}}{R}$ nên được :

$$r^2 = R^2 \pm \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right) R^2$$

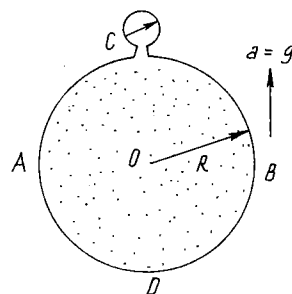
Vì $r < R$ nên lấy nghiệm có dấu (-) :

$$r^2 = R^2 \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega} \right);$$

$$r = R \sqrt{1 - \frac{\omega_1}{\omega}}.$$

Áp dụng số : $\omega = \omega_2 = 20 \text{ Rad/sec}$ nên :

$$r = r_2 = 0,5 \sqrt{1 - \frac{9,7}{20}} \approx 0,36m.$$



Hình 2-B-77

Bài 2-B-67. Một hình cầu có bán kính $R = 1m$ đựng đầy nước với $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$, chịu áp suất dư $p_{du} = 2 \text{ at}$.

Tính áp lực tác dụng lên mặt cong ABC và ADB trong hai trường hợp (hình 2-B-77) :

- 1) Hình cầu đứng yên.
- 2) Hình cầu chuyển động thẳng đứng hướng lên trên với gia tốc $a = g$.

Bài giải

a) Hình cầu đứng yên (hình 2-B-78) :

Ta có : $2at = 20m$ cột nước. Do đó mặt thoáng cách AB một đoạn :

$$h = R + 20 = 21m.$$

Áp lực tác dụng lên mặt cong ACB :

$$P_{ACB} = \gamma W,$$

trong đó :

$$\begin{aligned} W &= W_{\text{trụ ABFE}} - \frac{1}{2} W_{\text{cầu}} = \\ &= \pi R^2 h - \frac{1}{2} \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{1}{3} \pi R^3 + 20\pi R^2. \\ &= 63,9m^3. \end{aligned}$$

Áp lực đặt tại C , có chiều hướng lên trên và bằng :

$$P_{ACB} = 9800.63,9 = 626014,7 N.$$

Tương tự tính được :

$$P_{ADB} = \gamma W = \gamma \left(W_{\text{trụ ABFE}} + \frac{1}{2} W_{\text{cầu}} \right) = 9800.68,1 = 667064,8 N.$$

Áp lực đặt tại D , chiều hướng xuống dưới .

Nhận xét : áp lực tác dụng lên hình cầu, chỉ còn :

$$P = P_{ABC} - P_{ACB} = \gamma W_{\text{cầu}} = 41050,1 N,$$

có chiều hướng xuống dưới.

b) Hình cầu chuyển động thẳng đứng :

Chuyển động hướng lên trên với gia tốc : $a = g$ (trục O hướng lên trên).

Từ phương trình vi phân cân bằng Ole :

$$Xdx + Ydy + Zdz = \frac{1}{\rho} dp.$$

Với $X = 0$; $Y = 0$; $Z = -2g$, ta được :

$$-2gdz = \frac{1}{\rho} dp;$$

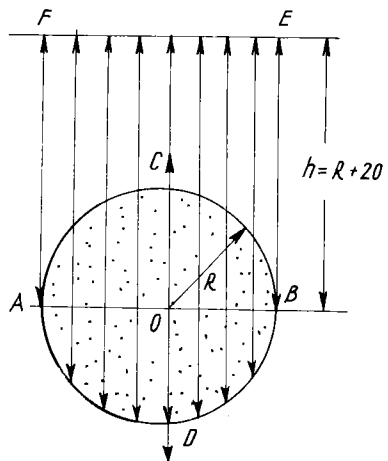
Suy ra :

$$p = p_0 - 2\gamma z.$$

Như vậy, so với trường hợp a) , ta thấy ở độ sâu h so với mặt thoáng, áp suất dư đã tăng lên gấp đôi, nghĩa là áp lực lên các mặt ACB và ADB đã tăng gấp đôi. áp lực tác dụng lên hình cầu :

$$P = 82100,2 N.$$

Bài toán có thể mở rộng cho các trường hợp tính áp lực lên bình hình lập phương, có cạnh là h , chuyển động lên thẳng đứng, sang phải với gia tốc $a = g$.



Hình 2-B-78

Bài 2-B-68. Xác định trọng lượng của vật được đặt lên một xà lan kim loại tròn (trong bình đồ) với đường kính $d = 4m$, nếu sau khi đặt vật lên, mức nước của xà lan tăng lên $h = 0,6m$.

Bài giải

Trọng lượng của vật bằng lực bổ sung của phần chuyển nước. Tương ứng với định luật Acsimet, lực bổ sung của phần chuyển nước được xác định theo công thức :

$$P_{bs} = \rho g W = \rho g \frac{\pi d^2}{4} h.$$

Do đó trọng lượng của vật :

$$G = \rho g \frac{\pi d^2}{4} h = 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 0,6 = 74 kN.$$

Bài 2-B-69. Một dụng cụ xác định mật độ chất lỏng đơn giản làm bằng một bút chì hình tròn có đường kính $d_b = 8mm$ và phía dưới đáy bút có gắn một hình cầu kim loại đường kính $d_c = 5mm$, có trọng lượng $G = 0,006 N$. Xác định mật độ chất lỏng ρ nếu phần hình trụ của dụng cụ đo nằm sâu trong nước với $h = 1,5cm$.

Bài giải

Trọng lượng của dụng cụ cân bằng với lực đẩy, do đó :

$$G = \rho g W = \rho g (W_c + W_b) = \rho g \left(\frac{\pi d_c^3}{6} + \frac{\pi d_b^2}{4} h \right).$$

Vậy :

$$\rho = \frac{G}{g \left(\frac{\pi d_c^3}{6} + \frac{\pi d_b^2}{4} h \right)} = \frac{0,006}{9,81 \left(\frac{3,14 \cdot 0,005^3}{6} + \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} \cdot 0,015 \right)} = 730 \frac{kg}{m^3}.$$

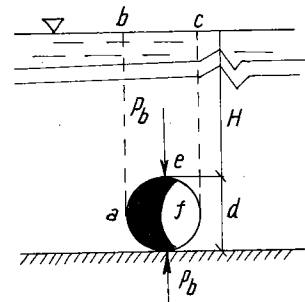
Bài 2-B-70. Để tháo nước biển vào biển người ta đặt đường ống có đường kính $d = 800mm$ ở đáy với chiều sâu $H = 30m$. Xác định lực tác dụng lên đường ống khi trong ống không có nước (hình 2-B-79).

Bài giải

Lực tác dụng lên đường ống từ phía trên được xác định như là thành phần thẳng đứng của áp lực lên mặt cong aef . Lực đó bằng trọng lượng của nước chứa trong vật áp $abcfe$ (tính cho $1m$ dài đường ống) :

$$\begin{aligned} P_d &= \rho g W = \rho g \omega_{abcfe} \cdot 1 = \rho g (\omega_{abcf} - \omega_{aef}) = \\ &= \rho g \left[d \left(H + \frac{d}{2} \right) - \frac{\pi d^2}{4 \cdot 2} \right] = \\ &= 1030 \cdot 9,81 \left[0,8 \left(30 + \frac{0,8}{2} \right) - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4 \cdot 2} \right] = \\ &= 236 \cdot 10^3 N = 236 kN, \end{aligned}$$

trong đó : $\rho = 1030 kg/m^3$ - mật độ của nước biển.



Hình 2-B-79

Lực P'_d tác dụng lên đường ống từ phía dưới lớn hơn lực P_d một trị số bằng trọng lượng nước trong đoạn đường ống đang xét, tức là :

$$P' = P_d + \frac{\pi d^2}{4} \lambda \rho g .$$

Trọng lượng bản thân G của đường ống bằng $P'_d - P_d$, để ống không bị đẩy nổi.

Lực tác dụng lên đường ống theo phương nằm ngang bằng nhau và ngược chiều nhau. Mỗi lực này bằng thành phần nằm ngang của áp lực lên thành cong. Còn thành phần nằm ngang lại bằng áp lực nước lên hình chiếu đứng của đường ống (tính cho $1m$ dài đường ống) :

$$P_{ng} = p_c \omega = \rho g \left(H + \frac{d}{2} \right) d = 1030,9,81 \left(30 + \frac{0,8}{2} \right) 0,8 = 246,10^3 N = 246kN.$$

Bài 2-B-71. Bể chứa của tháp nước được trang bị một thiết bị hạn chế mực nước gồm một van 1 nối với phao 2 qua dây kéo (hình 2-B-80).

Khi mực nước cao hơn trị số giới hạn, độ ngập của phao sẽ đạt đến một giá trị mà lực đẩy của nước lớn hơn áp lực tác dụng lên van. Van sẽ được mở ra và nước được tháo bớt qua van. Khi mực nước hạ van sẽ đóng lại. Xác định khoảng cách từ đáy bể chứa đến mặt dưới của phao h_{ph} để giữ cho mực nước trong bể chứa có $H = 4,5m$. Đường kính của phao $d_{ph} = 0,4m$, trọng lượng của nó cùng với van và dây kéo $G = 120N$. Đường kính của van $d_v = 0,1m$.

Bài giải

Áp lực của nước lên van :

$$P = \rho g H \omega_v = \rho g H \frac{\pi d^2}{4}, \quad (1)$$

trong đó ω_v - diện tích của van .

$$\text{Lực đẩy : } P_d = \rho g W = \rho g \frac{\pi d_{ph}^2}{4} (H - h_{phao}). \quad (2)$$

Đại lượng cần tìm h_{phao} được xác định từ điều kiện cân bằng lực :

$$P + G = P_d . \quad (3)$$

Nếu $P_d > P + G$, van được mở ra và bể chứa bắt đầu xả bớt nước .

Theo phương trình cân bằng, từ các công thức (10-3), được :

$$\rho g H \frac{\pi d^2}{4} + G = \rho g \frac{\pi d_{phao}^2}{4} (H - h_{phao}). \quad (4)$$

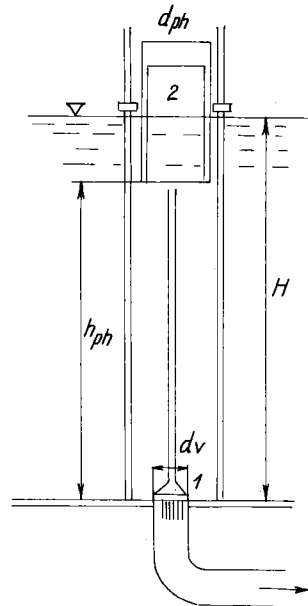
Thay số vào công thức (4), được :

$$1000,9,81,4,5 \cdot \frac{3,14,0,1^2}{4} + 120 = 1000,9,81 \cdot \frac{3,14,0,4^2}{4} (4,5 - h_{phao});$$

$$466 = 1230(4,5 - h_{phao}).$$

Do đó :

$$h_{phao} = \frac{5550 - 466}{1230} = 4,14m.$$



Hình 2-B-80

Bài 2-B-69. Xác định chiều sâu ngập nước và độ ổn định của cầu phaoximăng lưới thép có dạng hình hộp với : chiều cao $h = 1,8m$; chiều rộng $b = 2,5m$; chiều dài $L = 6m$; chiều dày thành cầu phao $\delta = 0,1m$.

Bài giải

Trọng lượng cầu phao :

$$G = \rho_b g W = \rho_b g [2Lb\delta + 2b(h - 2\delta)\delta + 2(L - 2\delta)(h - 2\delta)\delta], \quad (1)$$

trong đó : W - thể tích của thành cầu phao ;

$\rho_b = 2500kg/m^3$ - khối lượng đơn vị của xi măng lưới thép .

Thay số vào (1) :

$$G = 2500 \cdot 9,81 \cdot [2 \cdot 6 \cdot 2,5 \cdot 0,1 + 2 \cdot 2,5(1,8 - 2 \cdot 0,1)0,1 + 2(6 - 2 \cdot 0,1)(1,8 - 2 \cdot 0,1)0,1] =$$

$$G = 139 \cdot 10^3 N = 139 kN.$$

Lực đẩy xác định theo công thức (2-44) :

$$P_d = \rho g W = \rho g b L h_l, \quad (2)$$

trong đó : h_l - chiều sâu ngập nước của cầu phao.

Lực đẩy nổi khi cầu phao nổi trong nước bằng trọng lượng của nó, tức là :

$$G = P_d.$$

$$\text{Vậy :} \quad G = \rho g b L h_l. \quad (3)$$

Do đó :

$$h_l = \frac{G}{\rho g b L} = \frac{139 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot 6} = 0,95m.$$

Tâm áp lực cách đáy cầu phao :

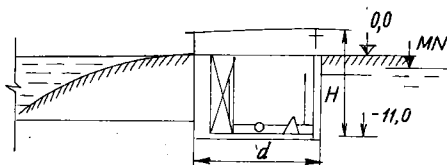
$$h_d = \frac{h_l}{2} = \frac{0,95}{2} = 0,475m.$$

Chiều cao định khuynh xác định theo công thức (2-47) :

$$h_m = \frac{J_c}{W} - d = \frac{bL^3}{bLh_l} - \left(\frac{h}{2} - h_d \right) = \frac{L^2}{2h_l} - \left(\frac{h}{2} - h_d \right) = \frac{6^2}{2 \cdot 0,95} - \left(\frac{1,8}{2} - 0,475 \right) = 18,4m.$$

Vì $h_m = 18,4m > 0$ nên cầu phao ổn định .

Bài 2-B-70. Giếng lấy nước kiểu bờ kết hợp với trạm bơm là một giếng đứng hình trụ có đường kính $d = 16m$; chiều cao $H = 14,5m$ ở độ sâu $11m$ (hình 2-B-81). Mực nước ngầm cao nhất nằm thấp hơn mặt đất $1m$. Trọng lượng của giếng cùng với thiết bị $G_g = 35,5 MN$. Lực ma sát giữa giếng và đất $F = 1,4 MN$. Xác định độ ổn định chống đẩy nổi của giếng.



Hình 2-B-81

Bài giải

Thể tích phần giếng nằm thấp hơn mực nước ngầm sẽ là :

$$W = \frac{\pi d^2}{4} h = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} (11 - 1) = 2 \cdot 10^3 m^3.$$

Lực nâng :

$$P = \rho g W = 2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 19,6 MN.$$

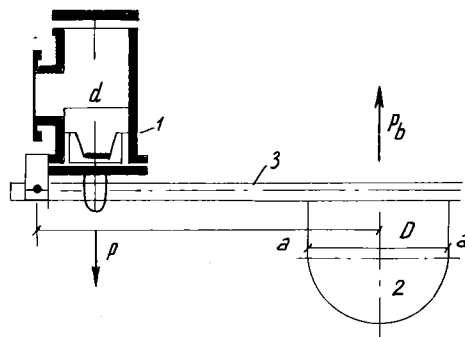
Hệ số đẩy nổi :

$$k_{dn} = \frac{G_g + F}{P} = \frac{35,5 + 1,4}{19,6} = 1,88.$$

Giếng được xem là ổn định, nếu lực giữ lớn hơn lực đẩy nổi không bé hơn 1,25 lần. Trong trường hợp này giếng kiểu bờ sẽ ổn định vì :

$$k_{dn} = 1,88 > 1,25.$$

Bài 2-B-71. Một van phao kín nước của bể chứa nước có kích thước sau đây: $d = 100\text{mm}$; $L = 68\text{mm}$; $L_1 = 520\text{mm}$; $D = 325\text{mm}$ (hình 2-B-82). Nừu mực nước không đạt đến một nửa hình cầu 2 thì van sẽ mở ra và nước chảy vào bể chứa. Khi mực nước dâng dần lên trong bể chứa và phap nổi dần lên thì P_d là lực cân bằng với lực đẩy của nước (định luật Arsimet) sẽ bắt đầu tác động lên cánh tay đòn 3. Qua cánh tay đòn lực được truyền đến van. Nếu trị số của lực này lớn hơn áp lực nước P tác động lên cửa van thì nó sẽ đóng lại và nước sẽ ngừng chảy vào bình chứa. Xác định trị số áp suất giới hạn để van đóng lại, nếu giả thiết phao chỉ ngập một nửa hình cầu (đến đường $a-a$).



Hình 2-B-82

Bài giải

Áp lực của nước lên van :

$$P = p\omega = p \frac{\pi d^2}{4}, \quad (1)$$

trong đó p - áp suất thuỷ tĩnh trong vỏ cửa van ;

ω - diện tích cửa van .

Theo định luật Arsimet lực đẩy tác động lên phao sẽ bằng :

$$P_d = \rho g W_c = \rho g 0,5 \frac{\pi D^3}{6}, \quad (2)$$

trong đó : W_c - thể tích của cầu .

Tổng số mômen đối với ổ trục O :

$$\sum M_0 = LP - (L + L_1)P_d = 0. \quad (3)$$

Từ các biểu thức từ (1) - (3), được :

$$Lp \frac{\pi d^2}{4} - (L + L_1) \rho g 0,5 \frac{\pi D^3}{6} = 0. \quad (4)$$

Do đó áp suất giới hạn sẽ bằng :

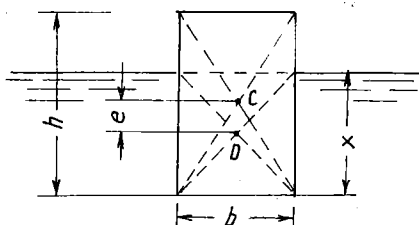
$$p = \frac{(L + L_1) \rho g 0,5 \frac{\pi D^3}{6}}{L \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{(0,068 + 0,52) 1000 \cdot 9,81}{0,068 \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4}} \cdot 0,5 \frac{3,14 \cdot 0,325^3}{6} =$$

$$p = 96,8 \cdot 10^2 \text{ Pa} = 9,86 \text{ kPa}.$$

Bài 2-B-72. Xác định mớn nước x và độ ổn định của khúc gỗ trôi trong sông (hình 2-B-83). Mặt cắt ngang khúc gỗ có kích thước: $h = 0,4m$ và $b = 0,2m$, còn chiều dài $L = 6,0m$, trọng lượng thể tích của gỗ ướt $\gamma_g = 750 \text{ kG/m}^3$ và của nước $\gamma_{nước} = 1000 \text{ kG/m}^3$.

Bài giải

1- Xác định mớn nước. Để xác định mớn nước của khúc gỗ, sử dụng công thức (2-43). Thể tích nước do khúc gỗ choán chỗ bằng $W = x b L$, còn trọng lượng khúc gỗ $G = h b L \gamma_g$.



Hình 2-B-83

Vậy theo (2-43), được :

$$\gamma_n x b L = h b L \gamma_g \quad \text{hoặc} \quad x = h \frac{\gamma_g}{\gamma_n} = 0,4 \frac{750}{1000} = 0,3m.$$

2- Xác định độ ổn định của khúc gỗ. Trọng tâm của khúc gỗ C cách mặt dưới của khúc gỗ đó một khoảng bằng một nửa chiều cao $h/2$, còn tâm áp lực - một nửa mớn nước $x/2$.

Vậy khoảng cách giữa điểm C và D bằng :

$$d = \frac{h}{2} - \frac{x}{2} = \frac{0,4}{2} - \frac{0,3}{2} = 0,05m.$$

Mômen quán tính của mặt nổi J_C đối với trục dọc đi qua mặt nổi bằng :

$$J_C = \frac{L b^3}{12},$$

còn thể tích chuyển nước :

$$W = x b L,$$

do đó bán kính định khuynh, theo công thức (2-45), bằng :

$$R_m = \frac{J_C}{W} = \frac{b^2}{12x} = \frac{0,2^2}{12 \cdot 0,3} = 0,11m.$$

Vì $d = 0,05m > R_m = 0,11m$, nên vị trí nổi của khúc gỗ là không ổn định.

Cần xác định chiều rộng của khúc gỗ để nó được ổn định. Mớn nước như đã tính ở trên, không phụ thuộc vào chiều rộng của khúc gỗ, nên vẫn như cũ : $x = 0,3m$ và $d = 0,05m$

Điều kiện ổn định đòi hỏi phải có : $d < R_m$ hoặc trong điều kiện của bài toán :

$$0,05 < \frac{b^2}{12x},$$

tức là :

$$b > \sqrt{12 \cdot 0,3 \cdot 0,05} = 0,425m.$$

Như vậy, khi khúc gỗ có chiều rộng $b > 0,425m$, nó sẽ luôn ở vị trí ổn định.

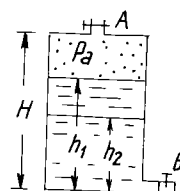
C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 2-C-1. Tính áp suất tuyệt đối và áp suất dư ở độ sâu dưới mặt biển $h = 15m$. Cho biết mật độ của nước biển $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$; $p_a = 10^5 \text{ Pa}$.

Đáp số: $p = 2,5 \text{ at}$;
 $p_{du} = 1,5 \text{ at}$.

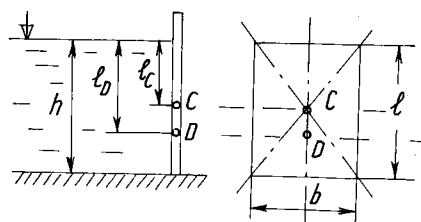
Bài 2-C-2. Xác định độ cao dâng lên trong ống đo áp (h'). Cho biết áp suất trên mặt nước trong bình kín là $p_{01} = 1,06 \text{ at}$. Tính áp suất dư tại điểm M có độ sâu $h = 0,8m$. Trọng lượng thể tích của nước $\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$. Lấy $p_a = 10^5 \text{ Pa}$.

Đáp số: $h' = 0,60m$;
 $p_{duM} = 14000 \text{ Pa}$.



Bài 2-C-3. Người ta rót thủy ngân vào một bình hình trụ thẳng đứng đến độ cao $h_1 = 50 \text{ cm}$ qua van A mở, van B đóng. Tiếp đó, đóng van A lại rồi mở van B ra, thủy ngân chảy ra ngoài, mực thủy ngân trong bình tụt xuống và đến h_2 thì dừng lại. Tính h_2 và áp suất p_2 tương ứng trên mặt thủy ngân trong bình. Chiều cao bình chứa $H = 70 \text{ cm}$ (hình 2-C-1). Lấy $\gamma_m = 13,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$; $p_a = 10^5 \text{ Pa}$.

Đáp số: $h_2 = 0,25m$;
 $p_2 = 0,66 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.



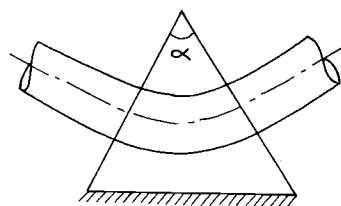
Hình 2-C-2

Bài 2-C-4. Xác định vị trí tâm áp lực trên cửa van hình chữ nhật chịu áp lực nước. Cho biết chiều cao cửa van $h = 3m$, chiều rộng $b = 2m$ (hình 2-C-2).

Đáp số: $\lambda_{Dj} = 2m$.

Bài 2-C-5. Ống dẫn nước bằng gang có đường kính $d = 300 \text{ mm}$ và góc ngoặt $\alpha = 60^\circ$. Xác định lực R cần phải tính cho bệ đỡ, nếu áp suất trong ống dẫn $p = 343 \text{ kPa}$ (hình 2-C-3).

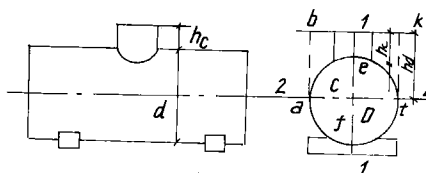
Đáp số: $R = 24 \text{ kN}$.



Hình 2-C-3

Bài 2-C-6. Xác định áp lực và điểm đặt lên thành phẳng đầu ống của một xitéc hình trụ có đường kính $d = 2,4m$. Chiều cao của cửa vào $h = 0,6m$. Xitéc được đổ đầy xăng đến cửa vào (hình 2-C-4)

Đáp số: $P = 59 \text{ kN}$;
 $h_D = 2m$.

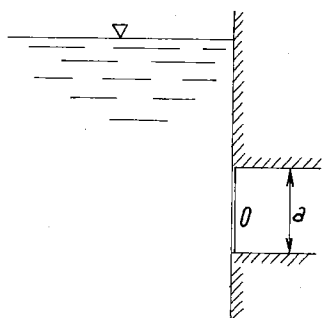


Hình 2-C-4

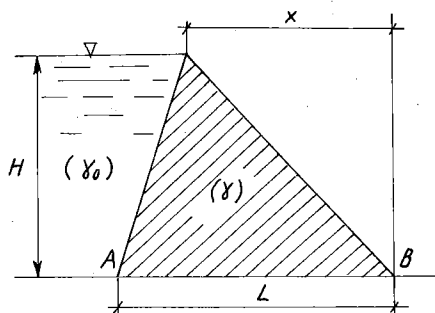
Bài 2-C-7. Ở thân đập chắn nước thẳng đứng có khoét một lỗ hình chữ nhật nằm ngang. Một cửa van có cùng kích thước với lỗ có thể quay quanh trục nằm ngang được dùng để bịt lỗ (hình 2-C-5).

Chứng minh rằng mômen cần thiết để giữ cho cửa van được đóng lại không phụ thuộc vào chiều sâu mực nước phía trước van, miễn là mặt nước nằm cao hơn mép trên của cửa van. Tính trị số của mômen đó. Cho biết kích thước của cửa van : $2 \times 3m$ và $g = 10m/s^2$.

Đáp số: $M = \gamma J_c = \gamma \frac{bh^3}{12} = 20000 Nm.$



Hình 2-C-5



Hình 2-C-6

Bài 2-C-8. Một đập trọng lực bằng bê tông có mặt cắt ngang hình tam giác (hình 2-C-6). Mực nước thượng lưu ngang đỉnh đập, hạ lưu đập không có nước. Với điều kiện H, L, γ (bê tông) và γ_n (nước) được cho trước. Hãy chọn mặt cắt đập (tức là chọn tỷ số x/L) sao cho đập là ổn định nhất (theo nghĩa là khả năng của đập chống lại sự quay quanh trục B là lớn nhất).

Giải cho hai trường hợp sau :

- + Không có áp lực đẩy nổi từ phía nền ;
- + Có áp lực đẩy từ phía nền, với biểu đồ phân bố áp suất là tam giác (p_{max} tại $A, p = 0$ tại B). Cho $\gamma = 2,5 \cdot 10^4 N/m^3; \gamma_n = 10^4 N/m^3$.

Đáp số: $\frac{x}{L} = \frac{\gamma - \gamma_n}{2\gamma_n} = \frac{3}{4}.$

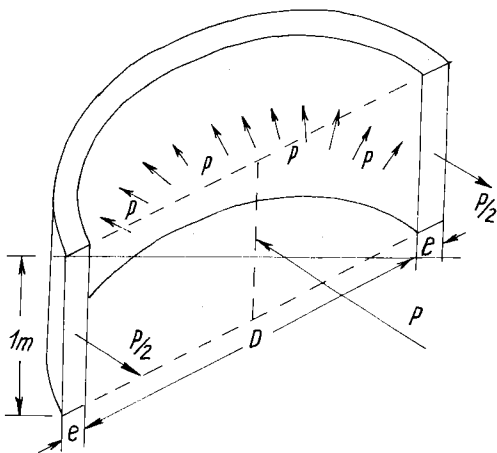
Bài 2-C-9. Xác định chiều dày tối thiểu δ của thành ống dẫn nước bằng thép có đường kính trong $D = 900mm$ và chịu một áp suất dư trung bình là $p = 30at$, nếu ứng suất kéo cho phép đối với thép là $[\sigma] = 137,34 \cdot 10^6 Pa$ (hình 2-C-7).

Đáp số: $\delta = 9,6mm.$

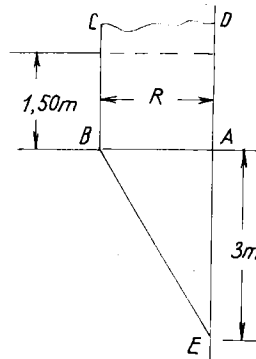
Bài 2-C-10. Cột chống có dạng nửa hình tròn ABE dùng để đỡ một tháp nửa trụ tròn $ABCD$ bán kính $R = 1m$ (hình 2-C-8).

Tính thành phần nằm ngang và thành phần thẳng đứng của áp lực nước lên cột chống ABE .

Đáp số: $P_x = 75000N$ (từ bên trái) ;
 $P_y = 39250N$ (từ dưới) .



Hình 2-C-7



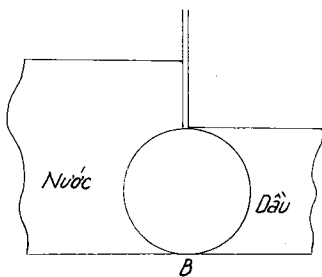
Hình 2-C-8

Bài 2-C-11. Hình trụ tròn nằm ngang, đường kính $2m$, dài $2m$ (hình 2-C-9), chịu áp lực nước từ bên trái và áp lực dầu từ bên phải ($\rho_d = 800kg/m^3$). Yêu cầu :

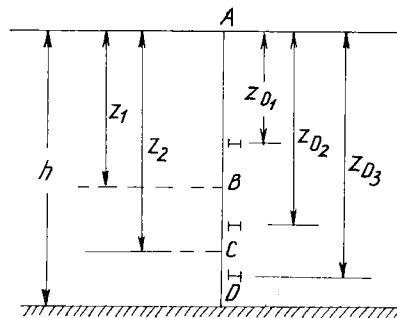
1- Lực pháp tuyến ở B , nếu trọng lượng của hình trụ là $60.000N$;

2- Hợp lực của các lực nằm ngang từ nước và dầu nếu mực dầu sụt xuống $0,50m$. Lấy $g = 10m/s^2$.

Đáp số: 1) $3500N$;
 2) $62000N$ (từ bên trái) .



Hình 2-C-9



Hình 2-C-10

Bài 2-C-12. Một bể chứa nước sâu $H = 9m$ có thành chắn được tạo nên từ 3 tấm phẳng thẳng đứng ghép với nhau (hình 2-C-10).

1- Muốn các tấm chịu áp lực nước như nhau thì chiều cao mỗi tấm phải là bao nhiêu ?

2- Tính áp lực nước lên mỗi tấm.

3- Xác định vị trí của tâm áp lực, mà tại đó các tấm đều có thanh đỡ nằm ngang đặt ở phía sau.

Đáp số: 1) $AB=5,2m, BC=2,14m, CD=1,66m$.

2) $\Delta P = \Delta P_i = \Delta P_j = 135000N$.

3) $z_{D1} = 3,45m$ (biểu đồ hình tam giác);

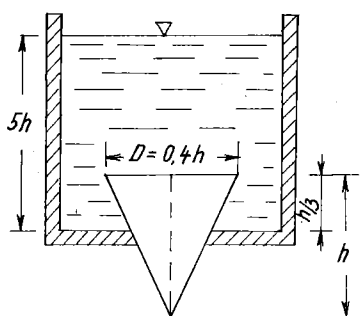
$z_{D2} = 6,3m$ (biểu đồ hình thang);

$z_{D3} = 8,24m$ (- n t -).

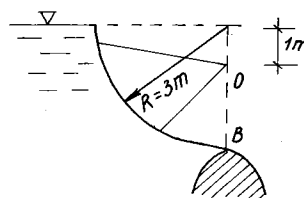
Bài 2-C-13. Một van hình nón bằng thép ($\gamma_{th} = 9810N/m^3$) đóng kín lỗ tròn ở đáy bể chứa nước ($\gamma = 9810 N/m^3$) (hình 2-C-11).

Tính lực cần thiết ban đầu để nâng van lên, nếu $h = 10m$.

Đáp số: 5660N.



Hình 2-C-11



Hình 2-C-12

Bài 2-C-14. Một cửa van hình cung của một đập chắn nước (hình 2-C-12). Tính mômen đối với điểm O do áp lực nước gây nên. Chiều dài cửa van $b = 4m$.

Đáp số: $M = 180000N.m$ (hướng theo chiều kim đồng hồ).

Bài 2-C-15. Một cửa nửa hình trụ tròn nằm ngang, đường kính 1,20m, dài 1,0m (hình 2-C-13). Biết rằng cửa nặng 5000N và hệ số ma sát giữa cửa và các đường dẫn là $f = 0,1m$. Hãy tính lực ban đầu T cần thiết để nâng cửa lên.

Đáp số: $T = 1870N$.

Bài 2-C-16. Một bình chứa hình trụ tròn thẳng đứng đường kính $D = 1m$, cao $H = 1,5m$, ban đầu nước chứa đến nửa chiều cao bình, quay quanh trục với tốc độ góc không đổi $n = 90$ vòng/phút (hình 2-C-14).

Hãy vẽ biểu đồ áp suất dư lên thành và đáy bình trong hai trường hợp :

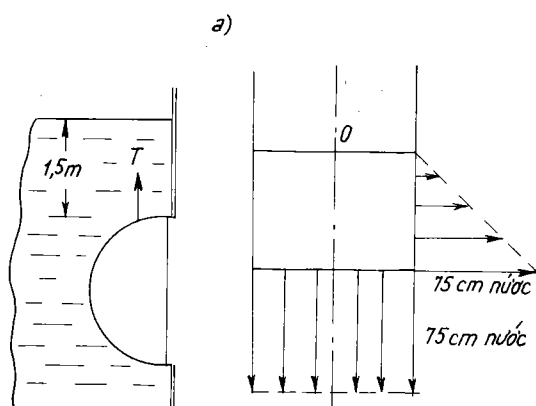
+ Bình đứng yên .

+ Bình quay .

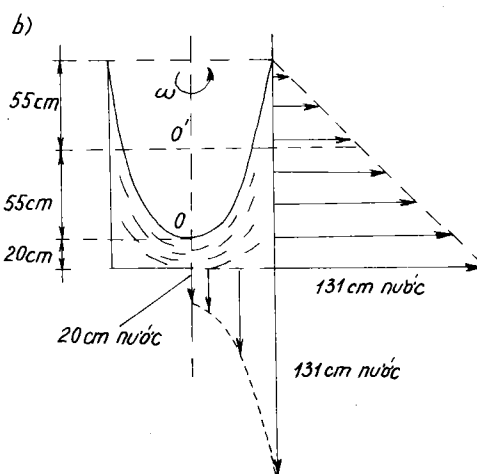
Cho biết thể tích của parabolôit tròn xoay bằng nửa thể tích hình trụ có cùng chiều cao. Lấy $g = 10 m/s^2$.

Đáp số: 1) Trên hình 2-C-14-a.

2) Trên hình 2-C-14-b .



Hình 2-C-13



Hình 2-C-14

Bài 2-C-17. Một bình kín hình trụ tròn thẳng đứng đường kính $0,60m$, cao $1,50m$ chứa đầy dầu ($\rho = 890kg/m^3$), quay xung quanh trục của nó với tốc độ góc $n = 100$ vòng/phút.

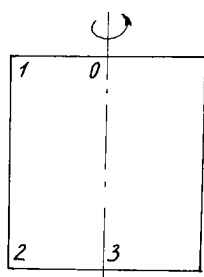
- 1- Khoét một lỗ ở tâm O của nắp. Tính áp suất dư tại các điểm $1, 2, 3$ (hình 2-C-15).
- 2- Nắp được khoét một lỗ tại 1 . Tính áp suất tại $2, 3$ và O .
- 3- Lỗ được khoét tại 1 . Tính tốc độ quay để làm xuất hiện một bọt hơi dầu tại tâm O (tức là ứng với áp suất tại O bằng không).
- 4- Bình quay với tốc độ góc $n = 500$ vòng/phút. Tính thể tích dầu chảy ra ngoài qua lỗ 1 .

Đáp số: 1) $p_1 = 4390 Pa$; $p_2 = 17490 Pa$; $p_3 = 13100 Pa$.

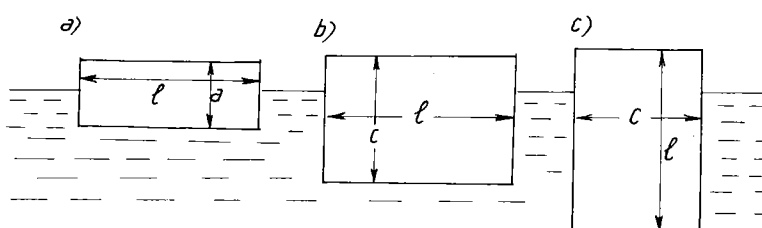
2) $p_2 = 13100 Pa$; $p_3 = 8710 Pa$; $p_O = 4390 Pa$.

3) $n = 478$ vòng/phút.

4) $W = 8,36 \lambda$.



Hình 2-C-15



Hình 2-C-16

Bài 2-C-18. Một khối gỗ hình hộp chữ nhật có kích thước $m = 100\text{mm}$, $n = 200\text{mm}$, $L = 300\text{mm}$, nổi trong nước ở ba vị trí thẳng đứng khác nhau (hình 2-C-16) :

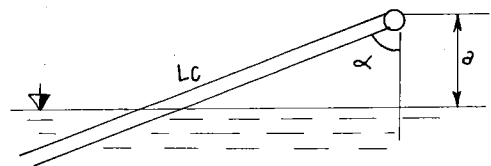
1- Tính trọng lượng thể tích của gỗ γ_1 nếu ở vị trí 1, vật ngập sâu $y_1 = 80\text{mm}$.

2- Trong 3 vị trí nổi 1, 2, 3 thì vị trí nào là ổn định ? Cho biết trọng lượng thể tích của nước $\gamma = 9810\text{N/m}^3$.

Đáp số : 1) $\gamma_1 = 7848\text{N/m}^3$;

2) Vị trí 1 là ổn định .

Bài 2-C-19. Một thanh gỗ đồng chất dài $L_0 = 2,0\text{m}$, diện tích mặt cắt ngang là S , có khối lượng thể tích là $\rho_1 = 840\text{kg/m}^3$ được gắn vào bản lề A đặt cách mặt nước là $a = 0,4\text{m}$ (hình 2-C-17). Tìm góc nghiêng α khi thả thanh gỗ vào nước.



Đáp số : $\alpha = 60^\circ$.

Hình 2-C-17

ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CHẤT LỎNG

ĐỀ CƯƠNG CHI TIẾT HỌC PHẦN

1. THÔNG TIN CHUNG

1.1. Tên học phần



THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

3-1. CÁC YẾU TỐ THUỶ LỰC CỦA DÒNG CHẢY

1- Lưu lượng :

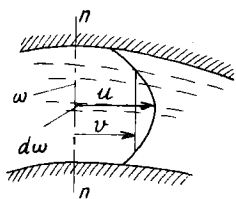
Đối với dòng nguyên tố :

$$dQ = u d\omega. \quad (3-1)$$

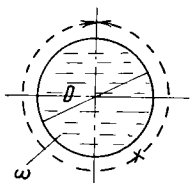
Đối với dòng chảy (tập hợp vô số dòng nguyên tố) :

$$Q = \int_{\omega} dQ = \int_{\omega} u d\omega = v \omega, \quad (3-2)$$

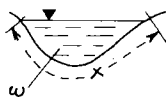
trong đó ω và v - diện tích mặt cắt ngang và vận tốc trung bình trong mặt cắt; u - vận tốc điểm trung bình thời gian; dQ - lưu lượng của dòng nguyên tố (hình 3-A-1) .



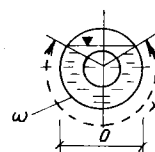
Hình 3-A-1



Hình 3-A-2



Hình 3-A-3



Hình 3-A-4

2- Vận tốc trung bình :

Công thức tính toán :

$$v = \frac{Q}{\omega}. \quad (3-3)$$

Nếu dòng chảy có $Q = const$ thì đối với những mặt cắt trung gian ta có :

$$Q = \omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 = \dots = \omega_n v_n = const \quad (3-4)$$

hoặc có thể viết :

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

tức là vận tốc trung bình tỷ lệ nghịch với diện tích các mặt cắt tương ứng .

3-2. CÁC YẾU TỐ THUỶ LỰC CỦA MẶT CẮT ỨT

Trên các hình (3-A-1) đến (3-A-4) : ω - diện tích mặt cắt ứớt ; χ - chu vi ứớt ; $R = \frac{\omega}{\chi}$ - bán kính thủy lực .

1- Đối với mặt cắt tròn :

- Nếu ống chảy đầy (chảy có áp - hình 3-A-3) thì bán kính thủy lực bằng :

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}. \quad (3-5)$$

Nếu ống chảy không đầy (chảy không áp - hình 3-A-4) thì diện tích mặt cắt ướt :

$$\omega = \frac{1}{8}(\varphi - \sin \varphi) D^2. \quad (3-6)$$

Chu vi ướt :

$$\chi = \frac{1}{2} \varphi D. \quad (3-7)$$

Bán kính thủy lực :

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \varphi}{\varphi} \right) D, \quad (3-8)$$

trong đó φ - góc tại tâm (tính bằng radian) .

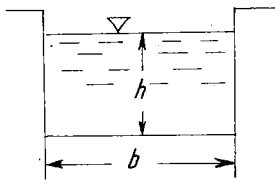
2- Đối với mặt cắt chữ nhật của kênh hở

Nếu chiều sâu mực nước trong kênh là h (hình 3-A-5) thì bán kính thủy lực bằng :

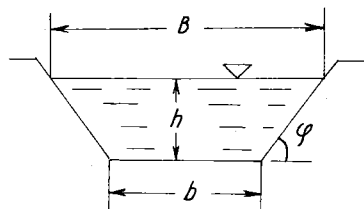
$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{bh}{b+2h} \quad (3-9)$$

Khi kênh rất rộng với $b \gg h$ thì : $R \cong h$.

Khi kênh hẹp và sâu $h \gg b$ thì : $R = \frac{b}{2}$.



Hình 3-A-5



Hình 3-A-6

3- Đối với mặt cắt hình thang của kênh hở

Nếu chiều sâu mực nước trong kênh là h (hình 3-A-6) thì diện tích mặt cắt ướt là :

$$\omega = (b + mh)h, \quad (3-10)$$

trong đó $m = \frac{a}{h} = \text{ctg} \varphi$ - hệ số mái dốc .

Chu vi ướt : $\chi = a - 2h\sqrt{1+m^2}. \quad (3-11)$

Bán kính thủy lực :

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}.$$

Kí hiệu : $\beta = \frac{b}{h}$ thì :

$$R = \frac{\beta + m}{\beta + 2\sqrt{1 + m^2}} h . \quad (3-12)$$

Đối với mặt cắt có lợi nhất về thủy lực thì : $R = \frac{h}{2} .$

Khi kênh rất rộng $b \gg h$ thì : $R \cong h .$

3-3. CÁC DẠNG CHUYỂN ĐỘNG CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG

- *Chuyển động ổn định* : các đặc trưng của dòng chảy ở điểm bất kỳ không phụ thuộc vào thời gian (ngược với chuyển động ổn định là chuyển động không ổn định) .

- *Chuyển động đều* : vận tốc tại hai điểm tương ứng trên hai mặt cắt kề nhau thì bằng nhau (ngược với chuyển động đều là chuyển động không đều) .

- *Chuyển động xoáy* : các phần tử của chất lỏng ngoài chuyển động tịnh tiến còn quay xung quanh trọng tâm của chính nó (ngược với chuyển động xoáy là chuyển động không xoáy - còn gọi là chuyển động thế) .

- *Chuyển động tầng* : các phần tử chất lỏng chuyển động theo lớp, không có mạch động vận tốc, không có sự xáo trộn .

- *Chuyển động rối* : các phần tử chất lỏng chuyển động xáo trộn hỗn loạn, có mạch động vận tốc và áp suất .

- *Chuyển động không áp* : có mặt thoáng tự do .

- *Chuyển động có áp* : không có mặt thoáng tự do .

- *Chuyển động êm* : chuyển động của chất lỏng trong lòng dẫn hở với chiều sâu lớn hơn chiều sâu phân giới (ngược với êm là chuyển động xiết) .

3-4. CHUYỂN ĐỘNG THẾ . HÀM THẾ VẬN TỐC . HÀM SỐ DÒNG

1- Chuyển động thế. Chuyển động của chất lỏng lý tưởng không quay ($\text{rot } \vec{u} = 0$) được gọi là chuyển động không xoáy hoặc là *chuyển động thế* .

2- Hàm thế vận tốc. Một hàm số φ , mà đạo hàm riêng của các hàm số này theo các toạ độ chính là các thành phần vận tốc, tức là :

$$u_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}; \quad u_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y}; \quad u_z = \frac{\partial \varphi}{\partial z} . \quad (3-13)$$

hoặc :
$$\vec{U} = \text{grad} \varphi . \quad (3-14)$$

Vì u_x, u_y, u_z là những hàm số của x, y, z, t , nên $\varphi = f(x, y, z, t)$, trong đó t coi như thông số. Hàm số $\varphi(x, y, z, t)$ được gọi là *hàm thế vận tốc* .

Hàm thế vận tốc còn có thể viết là :

$$\varphi = \int_A^B u_s ds$$

Trong toạ độ vuông góc :

$$u_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}; \quad u_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y}.$$

Trong hệ toạ độ cực :

$$u_r = \frac{\partial \varphi}{\partial r}; \quad u_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial \theta}.$$

3- Hàm số dòng . Trong chuyển động phẳng một hàm số $\Psi(x, y)$ mà :

$$\frac{\partial \Psi}{\partial y} = u_x; \quad \frac{\partial \Psi}{\partial x} = -u_y. \quad (3-15)$$

thì hàm số $\Psi(x, y)$ được gọi là *hàm số dòng* .

Trong hệ toạ độ cực :

$$u_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial \theta}; \quad -u_\theta = \frac{\partial \Psi}{\partial r}. \quad (3-16)$$

4- Phương trình Laplace

$$\Delta \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0. \quad (3-17)$$

Hàm số φ là hàm điều hoà .

$$\Delta \Psi = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0. \quad (3-18)$$

Hàm số Ψ cũng là hàm điều hoà .

Bài toán đi tìm φ và Ψ là giải phương trình vi phân $\Delta \varphi = 0$ hay $\Delta \Psi = 0$ sao cho đáp số thoả mãn các điều kiện ở vô cực và biên :

- Điều kiện vô cực là trị số vận tốc u_∞ ở nơi cách xa vị trí đang xét ;
- Điều kiện biên : khi môi trường chuyển động của chất lỏng bị giới hạn bởi thành cứng Σ , điều kiện biên cho φ và Ψ lúc đó là :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0 \quad \text{trên biên } \Sigma \quad (\text{phương } n \text{ là phương pháp tuyến của biên } \Sigma);$$

$$\Psi = \text{const} \quad \text{trên biên } \Sigma.$$

5- Thế phức $f(z)$

$$u_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \Psi}{\partial y}; \quad u_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \quad (3-19)$$

là điều kiện cần và đủ để hàm $f(z) = \varphi + i\Psi$ là một hàm giải tích với $z = x + iy$.

$$\frac{df}{dz} = u_x - iu_y. \quad \text{Trong hệ toạ độ cực : } z = re^{i\theta}.$$

3.5. CÁC TRƯỜNG HỢP CHUYỂN ĐỘNG THỂ ĐƠN GIẢN

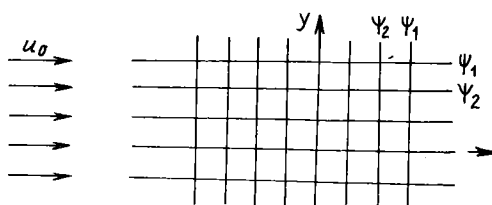
1- Chuyển động thẳng đều

$$\varphi = u_0 x;$$

$$\Psi = u_0 y;$$

$$f(z) = \varphi + i\Psi \quad (3-20)$$

$$= u_0 z$$



Hình 3-A-7

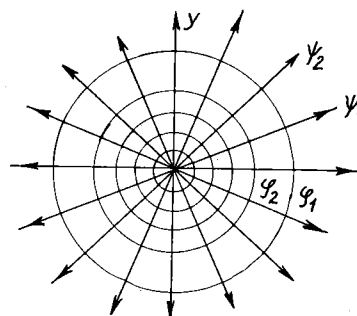
2- Điểm nguồn, điểm tụ

Trong mặt phẳng xOy , nguồn là 1 điểm của môi trường chuyển động, ở đó chất lỏng toả ra với một lưu lượng không đổi bằng một chuyển động ổn định.

Cường độ điểm nguồn là lưu lượng thể tích xuất phát từ một đoạn nguồn có chiều dài là một đơn vị.

Điểm tụ có cường độ âm.

Hàm φ và hàm Ψ của điểm nguồn đặt tại gốc tọa độ, cường độ q là :



Hình 3-A-8

$$\varphi = \frac{q}{2\pi} \ln r = \frac{q}{4\pi} \ln(x^2 + y^2); \quad (3-21)$$

$$\Psi = \frac{q}{2\pi} \theta = \frac{q}{2\pi} \arctg \frac{y}{x};$$

$$f(z) = \frac{q}{2\pi} (\ln r + i\theta) = \frac{q}{2\pi} \ln z \quad (3-22)$$

3- Xoáy tự do

Điểm gốc là điểm bất thường ($\vec{r} \otimes \vec{u} \neq 0$).

Cường độ xoáy (lưu số vận tốc) quanh điểm bất thường là :

$$\Gamma = \oint_C \vec{u} \cdot d\vec{l} \quad (3-23)$$

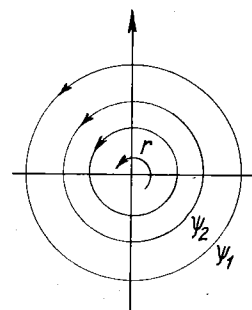
$$u_0 2\pi r = \Gamma$$

($\Gamma > 0$ - ngược chiều kim đồng hồ).

$$\varphi = \frac{\Gamma}{2\pi} \theta = \frac{\Gamma}{2\pi} \arctg \frac{y}{x};$$

$$\Psi = -\frac{\Gamma}{2\pi} \ln r = -\frac{\Gamma}{4\pi} \ln(x^2 + y^2); \quad (3-24)$$

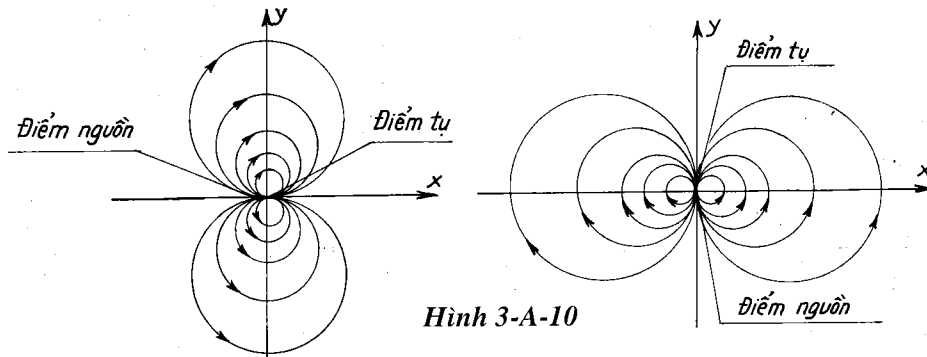
$$f(z) = \frac{i\Gamma}{2\pi} \ln z.$$



Hình 3-A-9

4- Lưỡng cực (cặp điểm nguồn, điểm tụ)

Lưỡng cực là một cặp điểm nguồn và điểm tụ có cùng cường độ q cách nhau một đoạn ε rất nhỏ, nhưng $\frac{\varepsilon q}{2\pi} = q_0$ là một đại lượng hữu hạn và được gọi là cường độ lưỡng cực



Hình 3-A-10

$$\begin{aligned}\varphi &= \frac{q_0 \cos \theta}{r} = \frac{q_0 x}{x^2 + y^2} \\ \Psi &= -\frac{q_0 \sin \theta}{r} = -\frac{q_0 y}{x^2 + y^2}\end{aligned}\quad (3-25)$$

$$\begin{aligned}\varphi &= \frac{q_0 \sin \theta}{r} = \frac{q_0 y}{x^2 + y^2} \\ \Psi &= -\frac{q_0 \cos \theta}{r} = -\frac{q_0 x}{x^2 + y^2}\end{aligned}\quad (3-26)$$

$$f(z) = \frac{q_0}{z}$$

$$f(z) = \frac{q_0}{z}$$

3-6. PHƯƠNG PHÁP CỘNG CHUYỂN ĐỘNG THỂ

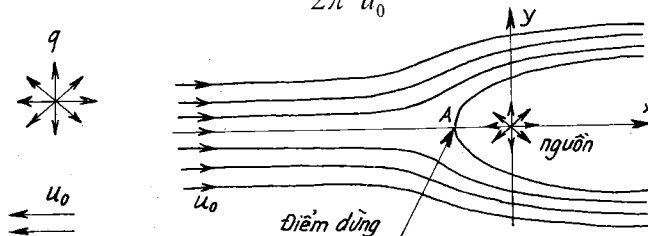
1- Chuyển động bao một nửa vật thể cố định

Chuyển động đều + điểm nguồn

$$\varphi = u_0 x + \frac{q}{4\pi} \ln(x^2 + y^2) = u_0 r \cos \theta + \frac{q}{2\pi} \ln r \quad ; \quad (3-27)$$

$$\Psi = u_0 y + \frac{q}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x} = u_0 r \sin \theta + \frac{q}{2\pi} \theta \quad (3-28)$$

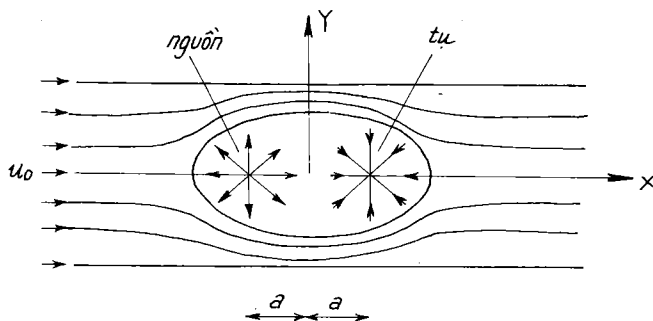
Điểm dừng A : $x_A = -\frac{q}{2\pi u_0} ; y_A = 0$



Hình 3-A-11 (CCL.138)

2- Chuyển động bao một vật thể cố định dạng Rankine

Chuyển động đều + điểm nguồn + điểm tụ



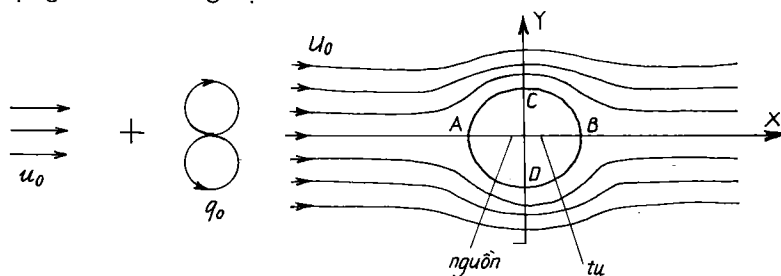
Hình 3-A-12

$$\varphi = u_0 x + \frac{q}{4\pi} \ln[(x+a)^2 + y^2] - \frac{q}{4\pi} \ln[(x-a)^2 + y^2]; \quad (3-29)$$

$$\Psi = u_0 y + \frac{q}{2\pi} \arctg \frac{y}{x+a} - \frac{q}{2\pi} \arctg \frac{y}{x-a}.$$

3- Chuyển động đều quanh trụ tròn

Chuyển động đều + lưỡng cực



Hình 3-A-13

$$\varphi = u_0 r \cdot \cos \theta \left(1 + \frac{R^2}{r^2} \right); \quad (3-30)$$

$$\Psi = u_0 r \cdot \sin \theta \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right);$$

với $R = \frac{q_0}{u_0}$ - bán kính hình trụ .

+ Vận tốc tại các điểm trên vòng tròn bán kính R :

$$u_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial \theta} \Big|_{r=R} = -2u_0 \sin \theta;$$

$$u_A = u_B = 0 : 2 \text{ điểm dừng}; \quad (3-31)$$

$$u_C = u_D = 2u_0.$$

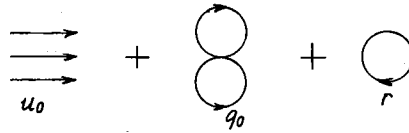
+ Áp suất tại các điểm trên vòng tròn bán kính R :

$$p' = p + \rho gz;$$

$$\Delta p' = p' - p_{\infty} = \left(\rho \frac{u_0^2}{2} \right) (1 - 4 \sin^2 \theta). \quad (3-32)$$

4- Chuyển động đều bao hình trụ tròn xoay (chuyển động đều bao hình trụ tròn có lưu số vận tốc)

Chuyển động đều + lưỡng cực + xoáy tự do



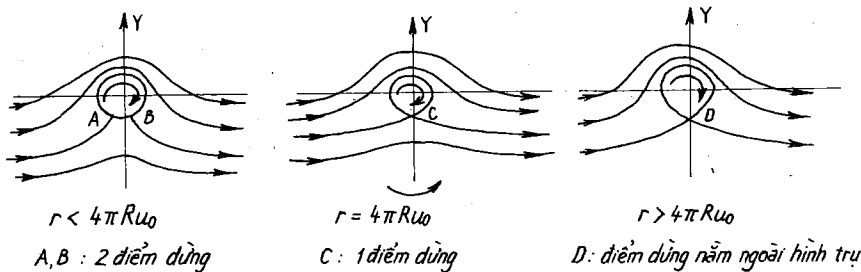
Hình 3-A-14

$$\varphi = u_0 r \cdot \cos \theta \left(1 + \frac{R^2}{r^2} \right) - \frac{\Gamma}{2\pi} \theta; \quad (3-33)$$

$$\Psi = u_0 r \cdot \sin \theta \left(1 + \frac{R^2}{r^2} \right) + \frac{\Gamma}{2\pi} \ln r$$

+ Vận tốc tại các điểm trên vòng tròn $r = R$:

$$u_{\theta} = -2u_0 \cdot \sin \theta - \frac{\Gamma}{2\pi R} \quad (3-34)$$



Hình 3-A-15

+ Áp suất tại các điểm trên vòng tròn $r = R$:

$$\Delta p' = p' - p_{\infty} = \left(\frac{\rho u_0^2}{2} \right) \left[1 - \left(2 \sin \theta + \frac{\Gamma}{2\pi R u_0} \right) \right]. \quad (3-35)$$

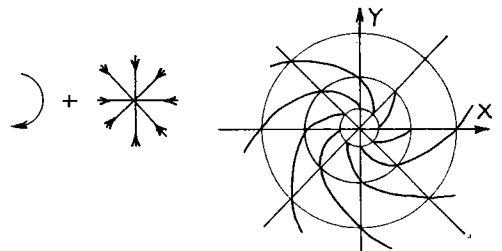
+ Lực nâng (coi $p_{\infty} = 0$) :

$$F_L = - \int p' \sin \theta ds = - \int_0^{2\pi} p' R \sin \theta d\theta = \rho u_0 \Gamma. \quad (3-36)$$

Đây chính là hiện tượng Magnus.

5- Hiện tượng lốc

Xoáy tự do + điểm tụ



Hình 3-A-16

$$\begin{aligned}\varphi &= -\frac{q}{2\pi} \ln r - \frac{\Gamma}{2\pi} \theta; \\ \Psi &= -\frac{q}{2\pi} \theta + \frac{\Gamma}{2\pi} \ln r.\end{aligned}\quad (3-37)$$

3-7. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA DÒNG CHẢY

1- Các phương trình vi phân chuyển động của chất lỏng

- Phương trình vi phân liên tục

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_x)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho u_y)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho u_z)}{\partial z} = 0 \quad (3-38)$$

hoặc :
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \operatorname{div} \vec{u} = 0 \quad (3-39)$$

- Trong trường hợp chuyển động ổn định, chất lỏng đồng chất và không nén được ($\rho = \text{const}$) :

$$\operatorname{div} \vec{u} = 0 \quad (3-40)$$

- Đối với dòng nguyên tố, chất lỏng đồng chất, không nén được :

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 \quad \text{hay} \quad \frac{u_1}{u_2} = \frac{d\omega_2}{d\omega_1} \quad (3-41)$$

- Đối với dòng nguyên tố, chất lỏng nén được :

$$\rho_1 u_1 d\omega_1 = \rho_2 u_2 d\omega_2 \quad \text{hay} \quad \frac{\rho_1 u_1}{\rho_2 u_2} = \frac{d\omega_2}{d\omega_1} \quad (3-42)$$

- Đối với toàn dòng chất lỏng nén được :

$$\int_{\omega_1} \rho_1 u_1 d\omega_1 = \int_{\omega_2} \rho_2 u_2 d\omega_2 ; \quad (3-43)$$

$$Q_1 = Q_2 = \alpha_1 v_1 \omega_1 = \alpha_2 v_2 \omega_2 \quad \text{hay} \quad \frac{\alpha_1 v_1}{\alpha_2 v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

- Phương trình vi phân Olee đối với chuyển động của chất lỏng không nhớt :

@ Dạng vectơ :

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p = \frac{d\vec{u}}{dt} = \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \vec{\nabla}) \vec{u} , \quad (3-44)$$

trong đó $\vec{F}$ - mật độ lực khối hay gia tốc lực khối (lực khối tác dụng lên một đơn vị khối lượng chất lỏng). Hình chiếu của $\vec{F}$ lên các trục tọa độ Ox, Oy, Oz lần lượt sẽ là $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$.

@ Dạng các hình chiếu lên hệ trục tọa độ vuông góc $Oxyz$. Ví dụ chiếu lên trục x :

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{du_x}{dt} = \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} \quad (3-45)$$

@ Dạng các hình chiếu lên phương của đường dòng s và phương vuông góc với đường dòng n . Trong trường hợp chuyển động ổn định, đó là các phương trình :

$$F_s - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} = u \frac{\partial u}{\partial s};$$

$$F_n - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = \frac{u^2}{r},$$
(3-46)

trong đó r - bán kính cong của đường dòng ứng với điểm được xét.
 Trong trường hợp chất lỏng trọng lực, (3-40) được viết dưới dạng :

$$\frac{\partial}{\partial s} \left(gz + \frac{p}{\rho} \right) = u \frac{\partial u}{\partial s};$$

$$\frac{\partial}{\partial n} \left(gz + \frac{p}{\rho} \right) = \frac{u^2}{r^2}.$$
(3-47)

- Phương trình Lamb-Grômêcô là phương trình Ôle đã được biến đổi để làm xuất hiện các thành phần xoáy :

@ Dạng vectơ :

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p = \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{\nabla} \left(\frac{u^2}{2} \right) + r \vec{\omega} \wedge \vec{u},$$
(3-48)

trong đó :

$$r \vec{\omega} \wedge \vec{u} = 2 \vec{\omega} \wedge \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \\ u_x & u_y & u_z \end{vmatrix}.$$
(3-49)

@ Dạng các hình chiếu lên hệ trục tọa độ vuông góc $Oxyz$. Ví dụ chiếu lên trục x :

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial u_x}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + 2(\omega_y u_z - \omega_z u_y).$$
(3-50)

@ Trong trường hợp chuyển động ổn định ($\frac{\partial u}{\partial t} = 0$) và lực khối là lực có thế ($\vec{F} = -\vec{\nabla} \varphi$)

, trong đó $\varphi = (x, y, z)$ là thế của lực khối, phương trình Lamb-Grômêcô được viết dưới dạng :

$$d \left(\varphi + \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2g} \right) = 2 \begin{vmatrix} d_x & d_y & d_z \\ u_x & u_y & u_z \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \end{vmatrix}.$$
(3-51)

- Phương trình Navie-Xtôc đối với chuyển động của chất lỏng nhớt

@ Dạng vectơ :

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p + \nu \Delta \vec{u} + \frac{\nu}{3} (\text{div } \vec{u}) = \frac{d\vec{u}}{dt}.$$
(3-52)

Đối với chất lỏng không nén được ta có $\text{div } \vec{u} = 0$, (3-52) được viết dưới dạng đơn giản:

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p + \nu \Delta \vec{u} = \frac{d\vec{u}}{dt}.$$
(3-53)

@ *Dạng các hình chiếu lên hệ trục tọa độ vuông góc Oxyz.* Ví dụ chiếu lên trục x :

- Đối với phương trình (3-52) :

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) + \frac{\nu}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_x}{\partial z} \right) = \frac{du_x}{dt} \quad (3-54)$$

- Đối với phương trình (3-53) :

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) = \frac{du_x}{dt} \quad (3-55)$$

2- Phương trình Becnuli của chuyển động ổn định

- Đối với dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng, phương trình có dạng :

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = E = const. \quad (3-56)$$

Đối với chất lỏng thực, tại mặt cắt 1-1, 2-2 và 3-3 phương trình có dạng ;

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}} = \dots = E = const. \quad (3-57)$$

Ở đây các số hạng đều có thứ nguyên chiều dài : z - chiều cao vị trí; $\frac{p}{\gamma}$ - chiều cao áp

suất; $\frac{u^2}{2g}$ - chiều cao cột nước vận tốc và h_w - cột nước tổn thất (hình 3-A-17).

Ý nghĩa năng lượng của phương trình : mỗi số hạng đều biểu thị tỷ năng (năng lượng tiềm tàng trong một đơn vị trọng lượng của chất lỏng). Vì thế : z - tỷ thế vị năng;

$\frac{p}{\gamma}$ - tỷ thế áp năng; $\frac{u^2}{2g}$ - tỷ động năng; h_w - tổn thất tỷ năng (cơ năng bị tổn thất do sức

cản trên chiều dài từ mặt cắt đầu đến mặt cắt cuối); $h_{w_{1-2}}$ - cũng vậy từ mặt cắt 1 đến mặt cắt 2; $h_{w_{2-3}}$ - cũng vậy từ 2 đến 3.

Tổng số 3 đại lượng $(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g})$ là toàn bộ

tỷ cơ năng tiềm tàng E ở mặt cắt đã cho

$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} \quad (3-58)$$

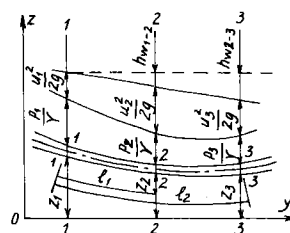
- Đối với toàn dòng (dòng chảy có kích thước hữu hạn của chất lỏng thực), phương trình có dạng

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}} \quad (3-59)$$

hoặc : $E_1 = E_2 + h_w$, (3-60)

trong đó : v_1 và v_2 - vận tốc trung bình tại mặt cắt 1 và 2; α_1 và α_2 - hệ số động năng (hệ số Coriolit) là tỷ số giữa động năng thực và động năng tính theo vận tốc trung bình trên mặt cắt ω . Thường lấy $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$.

Phương trình Becnuli được áp dụng cho dòng chảy thay đổi dần (khi sự phân bố áp suất thủy động trên phạm vi một mặt cắt được coi như sự phân bố áp suất thủy tĩnh).



Hình 3-A-17

Giá trị của hệ số α phụ thuộc vào sự phân bố vận tốc của mặt cắt và được xác định theo công thức :

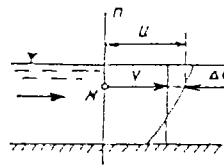
$$\alpha = 1 + 3 \frac{\int \Delta u^2 d\omega}{v^2 \omega} + \frac{\int \Delta u^3 d\omega}{v^3 \omega}, \quad (3-61)$$

trong (3-61) vì giá trị của số hạng thứ 3 rất nhỏ có thể bỏ qua nên α được xác định :

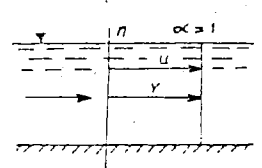
$$\alpha = 1 + 3 \frac{\int \Delta u^2 d\omega}{v^2 \omega} \geq 1,0 \quad (3-62)$$

trong đó $\Delta u = u - v$; u - vận tốc tại điểm M nào đó của mặt cắt ngang (vận tốc điểm) ;

$v = \frac{Q}{\omega}$ - vận tốc trung bình mặt cắt (hình 3-A-18).



Hình 3-A-18



Hình 3-A-19

Nếu vận tốc tại tất cả các điểm của mặt cắt ngang đều bằng nhau và do đó bằng vận tốc trung bình thì $u = v$ (hình 3-A-19) và hệ số $\alpha = 1$.

Nếu chuyển động là song phẳng và vận tốc phân bố theo đường thẳng AB hoặc AB' (hình 3-A-20) thì hệ số $\alpha = 2$.

Nếu cũng trong trường hợp đó mà vận tốc phân bố theo parabol (hình 3-A-21) theo phương trình :

$u = ky''$ thì α được xác định theo

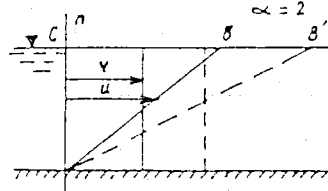
$$\alpha = 1 + 3 \frac{\int \Delta u^2}{v^2 \omega} = 1 + 3 \frac{n^2}{2n+1},$$

hoặc chính xác hơn :

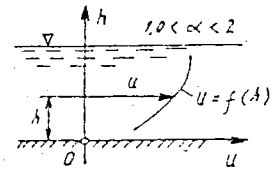
$$\alpha = 1 + 3 \frac{n^2}{2n+1} \left(1 + \frac{n}{3} \right) = \frac{(n+1)^2}{3n+1}.$$

Cũng có thể lấy gần đúng :

$$\alpha = 1 + \frac{210}{C^2},$$



Hình 3-A-20



Hình 3-A-21

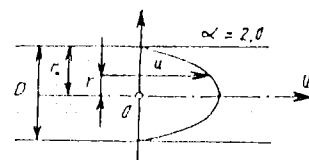
trong đó C - hệ số Sêdi trong công thức $v = C\sqrt{Ri}$ (theo hệ mét) . Trị số α theo C như sau :

C	20	40	60	80
α	1,53	1,13	1,06	1,03

- Đối với ống (hình 3-A-22) và vận tốc phân bố theo qui luật parabol theo phương trình : $u = a(r_0^2 - y^2)$, ví dụ với chuyển động tầng, hệ số $\alpha = 2$.

A.Đ.Altul đề nghị xác định hệ số α theo công thức:

$$\alpha = 1 + 2,65\lambda,$$



Hình 3-A-22

trong đó λ - hệ số ma sát thủy lực trong công thức :

$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Trong thực tế , đối với dòng chảy rối thường lấy $\alpha = 1,1$ còn trong các trường hợp khi $\frac{v^2}{2g}$ nhỏ so với h_d hoặc khi tính toán với độ chính xác không lớn lắm, lấy $\alpha = 1$.

3- Đường đo áp, đường năng, độ dốc đo áp, độ dốc thủy lực

- Đường đo áp là đường biểu thị thế năng của các mặt cắt khác nhau dọc theo dòng chảy:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} \quad (3-63)$$

- Đường năng là đường biểu thị tỷ năng lượng của các mặt cắt khác nhau dọc theo dòng chảy :

$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} \quad (3-64)$$

- Độ dốc đo áp, ký hiệu là J_p , đặc trưng cho sự thay đổi tỷ thế năng của dòng chảy :

$$J_p = \frac{d\left(z + \frac{p}{\gamma}\right)}{dl} \quad (3-65)$$

Độ dốc đo áp có thể âm, dương hoặc bằng không : $J_p < > 0$.

- Độ dốc thủy lực, ký hiệu là J , đặc trưng cho sự giảm tỷ năng của dòng chảy :

$$J = \frac{dh_w}{dl} = \frac{d\left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}\right)}{dl} = -\frac{dE}{dl} \quad (3-66)$$

Độ dốc thủy lực luôn luôn dương .

4- Định luật động lượng hoặc xung lực

Định luật động lượng có thể phát biểu như sau :

“ Số gia của tổng động lượng các chất điểm của một hệ trong khoảng thời gian đã cho sẽ bằng xung của tất cả các ngoại lực cũng trong thời đoạn đã cho ấy “ .

$$m\vec{u}_2 = m\vec{u}_1 + \sum \vec{P} \Delta t = \vec{R} \Delta t, \quad (3-67)$$

trong đó :

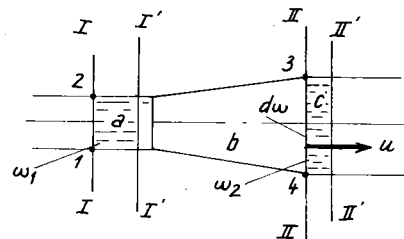
$m\vec{u}_1, m\vec{u}_2$ - động lượng ở thời điểm t và $t + \Delta t$;

m - khối lượng của chất điểm đã cho ;

u_1, u_2 - vận tốc đã cho ở thời điểm t và $t + \Delta t$;

$\vec{P}$ - giá trị trung bình của từng lực tác dụng trong khoảng thời gian Δt ;

$\vec{R}$ - tổng hợp lực của các lực tác dụng .



Hình 3-A-24

Trong chuyển động ổn định, phương trình động lượng (3-67) viết cho đoạn dòng chảy giới hạn bởi hai mặt cắt 1 và 2 có dạng :

$$\rho \alpha_0 (\omega_2 v_2^2 - \omega_1 v_1^2) = \sum P \cos \alpha , \quad (3-68)$$

trong đó α_0 - hệ số Butxinhetsk (hệ số động lượng) :

$$\alpha_0 = 1 + \frac{\int \Delta u^2 d\omega}{\omega v^2} , \quad (3-69)$$

ρ - khối lượng thể tích của chất lỏng ;
 v_1, v_2 - vận tốc trung bình trên mặt cắt ướt ;
 α - góc của các lực chiếu lên trục Ox .

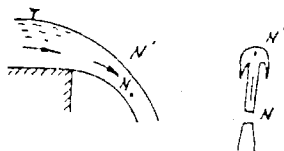
Vì $Q = \omega_1 v_1 = \omega_2 v_2$ nên phương trình (3-68) còn có thể viết dưới dạng :

$$\rho Q (v_2 - v_1) = \sum P \cos \alpha . \quad (3-70)$$

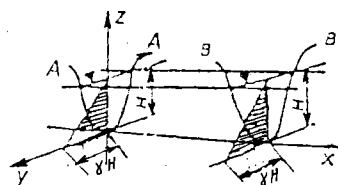
6- Phân bố áp suất thủy động trong dòng chảy

Trong trường hợp chảy tự do, áp suất thủy tĩnh ở tất cả các điểm của dòng (ví dụ điểm N và N' - hình 3-A-25) đều giống nhau và bằng áp suất của môi trường bên ngoài .

Khi dòng chảy thay đổi dần trong kênh hở hoặc trong ống có áp, áp suất thủy động phân bố theo định luật thủy tĩnh trong tất cả các mặt cắt ngang của dòng chảy (ví dụ



Hình 3-A-25



Hình 3-A-26

mặt cắt A-A, mặt cắt B-B

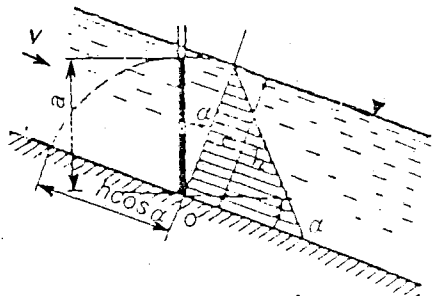
v.v...- hình (3-A-26), tức là theo qui luật đường thẳng :

$$z + \frac{p}{\gamma} = H \quad (3-71).$$

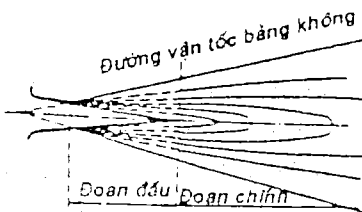
Áp suất dư ở độ sâu H ($z = 0$) tính từ mặt tự do là :

$$p = \gamma H$$

Trên hình (3-A-27) trình bày biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh trong dòng chảy hở có độ dốc lớn. Áp suất tại đáy ở điểm O bằng $p = \gamma a = \gamma h \cos \alpha$; với độ dốc đáy $i \leq 0,15$; $\cos \alpha = 0,99 \approx 1$; khi đó $p = \gamma h$.



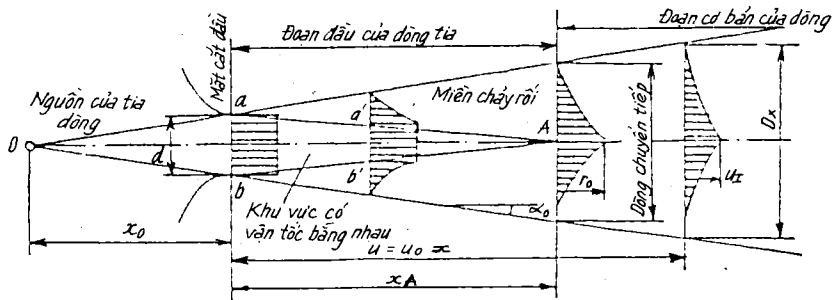
Hình 3-A-27



Hình 3-A-28

3-8. DÒNG TIA

1- Dòng tia tự do là dòng chảy trong môi trường không bị cản, không bị hạn chế bởi các thành cứng. Trên hình (3-A-28) ghi các đường đẳng tốc của dòng tia tự do, tức là đường nối liền các điểm có vận tốc dọc bằng nhau (trên đoạn chủ yếu hình thành dòng chảy được đặt tên là “bó đuốc”).



Hình 3-A-29

2- Dòng tia ngập là dòng tia được phân tán trong khối chất lỏng đồng nhất với chất lỏng của dòng (ví dụ, dòng nước chảy ngập từ lỗ khoét trên bình chứa vào không gian chứa nước). Trên hình (3-A-29) trình bày cấu trúc dòng tia chảy rời của chất lỏng chảy ra từ một lỗ tròn và phân tán vào một khoảng không gian không giới hạn chứa chất lỏng đứng yên và đồng nhất với chất lỏng của dòng.

Ở mặt cắt đầu tiên (a-b), vận tốc ở tất cả các điểm của mặt cắt đều giống nhau và do đó bằng vận tốc ở trục $u = u_0$. Ở tất cả các mặt cắt khác, vận tốc phân bố theo biểu đồ trên hình (3-A-29).

Theo hình (3-A-29), các đại lượng :

$$x_0 = 0,15 \frac{d}{a} \quad (3-72)$$

$$D_x = d + 0,8 x \quad (3-76)$$

$$x_A = 0,335 \frac{d}{a} \quad (3-73)$$

$$u_0 = v = \frac{Q}{\omega}$$

$$\lg \alpha = 3,4 a \quad (3-74)$$

$$u_x = u_0 \frac{0,48 d}{ax + 0,145 d} \quad (3-77)$$

$$D_{ch,ngp} = d + 0,8 x_A \quad (3-75)$$

Đại lượng “a” trong các công thức từ (3-72) đến (3-74) là hệ số rối mà theo kết quả nghiên cứu của G.N.Abramovich khi mặt cắt cửa ra là tròn bằng :

$$a \approx 0,07 \div 0,08$$

Theo M.Milovich thì :

$$x_A \approx 6d;$$

$$u_x = \beta \frac{u_0 d}{x}, \quad (3-78)$$

trong đó $\beta = 6$.

Áp lực thủy động bên trong dòng tia ở mọi nơi đều như nhau và bằng áp lực của môi trường bên ngoài.

3- Dòng tia không ngập là dòng tia được phun vào không khí (vòi phun nước trong công viên, vòi phun chữa cháy, súng phun thủy lực). Dòng tia không ngập gồm 3 phần đoạn bó chặt, đoạn bị vỡ và đoạn hoá bụi (hình 3-A-30).

- Chiều cao của dòng tia thẳng đứng có thể xác định gần đúng theo công thức :

$$h_d = \frac{H}{1 + \alpha H}, \quad (3-79)$$

trong đó :

$$H = \frac{v^2}{2g} - \text{cột nước vận tốc ở chỗ ra ;}$$

α - hệ số kinh nghiệm, bằng :

$$\alpha = \frac{0,0025}{d + (10d)^3},$$

d - đường kính của lỗ ra tính bằng mét .

Chiều cao phần bó chặt có thể xác định theo công thức gần đúng :

$$h_{bó chặt} = \beta h_d = \beta \frac{H}{1 + \alpha H}, \quad (3-80)$$

β - hệ số, phụ thuộc vào chiều cao của dòng tia . Giá trị của β có thể lấy theo bảng sau :

Chiều cao của dòng tia (m)	7	12	20	25	30
Hệ số β	0,84	0,83	0,80	0,78	0,72

- Độ bay xa của dòng tia . Đối với súng phun thủy lực độ bay xa ℓ có thể xác định theo

$$\text{công thức :} \quad \ell = 0,415 \sqrt[3]{\alpha d H^3} \quad (m), \quad (3-81)$$

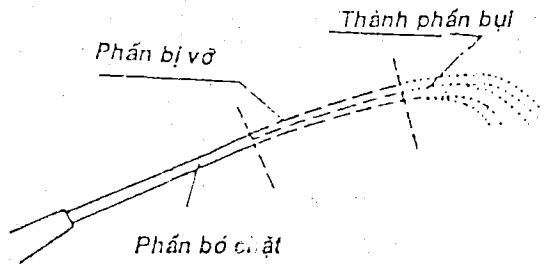
trong đó α - góc nghiêng của dòng lập với đường nằm ngang (độ) ; d - đường kính của mặt cắt ra của súng phun thủy lực (mm) ; H - cột nước ở mặt cắt ra (m) .

4- Áp lực của dòng tia tự do lên các thành cứng

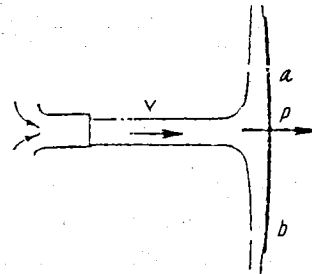
Áp lực P mà dòng tia tự do tác dụng lên một tấm phẳng cố định ab (hình 3-A-31) bằng :

$$P = \gamma \omega \frac{v^2}{g} = 2\gamma \omega \frac{v^2}{2g}, (kG) \quad (3-82)$$

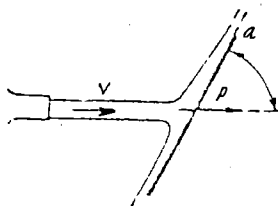
trong đó ω - diện tích mặt cắt ngang dòng tia (m); v - vận tốc trung bình trong dòng chảy tia (m/s); γ - trọng lượng thể tích của chất lỏng .



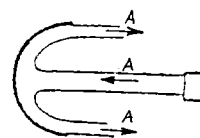
Hình 3-A-30



Hình 3-A-31



Hình 3-A-32



Hình 3-A-33

Nếu tấm ab chuyển động với vận tốc c theo phương của trục dòng tia thì vận tốc tương đối của dòng tia :

$$w' = v - c$$

và áp lực sẽ bằng :

$$P = \gamma \omega \frac{w'^2}{g} = 2\gamma \omega \frac{(v-c)^2}{2g} \cdot (kG) \quad (3-83)$$

Nếu xuất hiện góc nghiêng α (hình 3-A-32) thì áp lực :

$$P = \gamma \omega \frac{v^2}{2g} \sin^2 \alpha = 2\gamma \omega \frac{v^2}{2g} \sin^2 \alpha \cdot (kG) \quad (3-84)$$

Cũng vậy khi có sự chuyển động của tấm với vận tốc c : $w' = v - c$ và áp lực :

$$P = \gamma \omega \frac{w'^2}{g} \sin^2 \alpha = 2\gamma \omega \frac{(v-c)^2}{2g} \sin^2 \alpha \cdot (kG) \quad (3-85)$$

Khi tấm có hình dạng như trên hình (3-A-33) thì áp lực sẽ bằng :

$$P = 2\gamma \omega \frac{w'^2}{g} = 4\gamma \omega \frac{(v-c)^2}{2g} \cdot (kG) \quad (3-86)$$

Khi có chuyển động của tấm với vận tốc c :

$$P = 2\gamma \omega \frac{w'^2}{g} \sin^2 \alpha = 4\gamma \omega \frac{(v-c)^2}{2g} \sin^2 \alpha \cdot (kG) \quad (3-87)$$

5- Công của dòng tia

Theo sơ đồ hình (3-A-31) và tấm chuyển động với vận tốc c thì công do lực P sản ra trong một đơn vị thời gian, tức là công suất sẽ là :

$$N = P \cdot c = 2\gamma \omega \frac{(v-c)^2}{2g} \cdot c \cdot \left(kG \frac{m}{s}\right) \quad (3-88)$$

Nếu có một hệ các tấm thì trong một đơn vị thời gian có một khối lượng chất lỏng bằng $\frac{\gamma \omega}{g} v$ chảy qua hệ đó, vì thế công suất sẽ là :

$$N = P \cdot c = 2\gamma \omega v \frac{(v-c)}{2g} \cdot c \cdot \left(kG \frac{m}{s}\right) \quad (3-89)$$

Nếu $c = \frac{v}{2}$ thì công suất cực đại bằng :

$$N_{\max} = \frac{1}{2} \gamma \omega v \frac{v^2}{2g} = 0,5\gamma Qh \cdot \left(kG \frac{m}{s}\right) \quad (3-90)$$

tức là bằng một nửa công suất của dòng tia .

Như vậy là hiệu suất trong trường hợp của tấm phẳng không thể lớn hơn 0,5 ($\eta_{\max} = 0,5$).

Theo sơ đồ hình (3-A-33) thì :

Công suất truyền cho một tấm đơn chuyển động với vận tốc c bằng :

$$\begin{aligned}
 N &= P \cdot c = 4\gamma \omega \frac{v^2}{2g} c = 4\gamma \omega (v - c) \frac{(v - c)}{2g} c; \\
 &= 4\gamma Q' \frac{(v - c)}{2g} c, \left(kG \frac{m}{s} \right),
 \end{aligned}
 \tag{3-91}$$

trong đó :

$$Q' = \omega (v - c) = \omega w - \text{lưu lượng hiệu quả của dòng}.$$

Công suất truyền cho cả hệ tấm ($Q' = Q = \omega v$) sẽ là :

$$N = 4\gamma Q \frac{(v - c)}{2g} c = 4\gamma \omega v \frac{(v - c)}{2g} c \cdot \left(kG \frac{m}{s} \right).$$

Khi $c = \frac{v^2}{2}$ thì công suất cực đại sẽ là :

$$N_{\max} = \gamma \omega v \frac{v^2}{2g} = \gamma Q \frac{v^2}{2g} = \gamma Qh, \tag{3-92}$$

tức là công suất của chính dòng tia .

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

3-B-1. CHUYỂN ĐỘNG THỂ

Bài 3-B-1. Cho một dòng chảy phẳng có các thành phần vận tốc là :

$$\begin{aligned} u_x &= a.by; \\ u_y &= bx.at \\ a, b &- \text{hằng số}; t - \text{thời gian}. \end{aligned}$$

1- Tìm phương trình họ đường dòng. Xác định đường dòng đi qua điểm $A(1, 1)$ lúc $t = 1$ và vẽ đường dòng đó với $a = 2, b = 1$.

2- Tìm phương trình các quỹ đạo dưới dạng $x = f_1(t); y = f_2(t)$. Xác định quỹ đạo của chất điểm M_0 , biết rằng lúc $t = \pi$ chất điểm M_0 đi qua điểm $A(1, 1)$ và $a = 2; b = 1$.

Bài giải

1- Phương trình họ đường dòng :

$$\begin{aligned} (bx - at)dx &= (a - by)dy; \\ x^2 + y^2 - \frac{2a}{b}(tx - y) &= C. \end{aligned} \quad (1)$$

Biến đổi được :

$$\left(x - \frac{a}{b}t\right)^2 + \left(y - \frac{a}{b}\right)^2 = C + \left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{a}{b}t\right)^2. \quad (2)$$

Vậy đường tròn, hình ảnh tức thời tại thời điểm t là họ đường tròn, tâm tại $\left(\frac{a}{b}t, \frac{a}{b}\right)$; có bán kính tùy thuộc vào hằng số C .

$$R = \left[C + \left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{a}{b}t\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Thay số vào ta có đường dòng cụ thể :

Đặt $x=1; y=1; t=1; a=2; b=1$; vào (1) ta được $C = -6$.

Thay $C = -6$ vào (2) ta được :

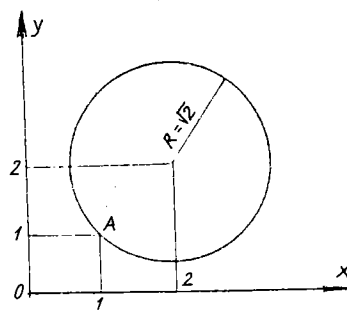
$$(x-2)^2 + (y-2)^2 = (\sqrt{2})^2.$$

2- Tìm quỹ đạo :

$$u_x = \frac{dx}{dt} = a - by; \quad (3)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -b \frac{dy}{dt}; \quad (4)$$

$$u_y = \frac{dy}{dt} = bx - at. \quad (5)$$



Hình 3-B-1

Từ (4) và (5) ta được : $\ddot{x} + b^2x = abt$ là phương trình tuyến tính cấp 2 có vế phải với nghiệm là :

$$x = C_1 \cos bt + C_2 b \cos bt + \frac{a}{b}, \quad (6)$$

C_1, C_2 - là hằng số .

Lấy đạo hàm :

$$\frac{dx}{dt} = -C_1 b \sin bt + C_2 b \cos bt + \frac{a}{b}. \quad (7)$$

So sánh (3) và (7) ta được :

$$y = C_1 \sin bt - C_2 \cos bt + \frac{a}{b} - \frac{a}{b^2} = f_2(t). \quad (8)$$

x và y là biểu thị các Cycloid.

Xác định quỹ đạo của chất điểm M_0 đi qua $A(1,1)$ lúc $t = \pi$.

Từ (6) và (8) ta tìm được :

$$C_1 = 2\pi - 1; \quad C_2 = 1.$$

Vậy quỹ đạo của chất điểm M_0 thỏa mãn phương trình :

$$x = (2\pi - 1) \cos t + \sin t + 2t;$$

$$y = (2\pi - 1) \sin t - \cos t.$$

Bài 3-B-2. Một dòng chảy gần điểm tụ được biểu thị bằng hàm phức :

$$f(z) = \frac{a}{2} z^2.$$

Yêu cầu :

1- Vẽ đường dòng và đẳng thế .

2- Tìm vận tốc thành phần tại điểm M có giá trị tọa độ là $x = 3 \text{ cm}; y = 0,2 \text{ cm}$, với trị số của hằng số $\frac{1}{a} = \frac{1}{5} \text{ sec}$.

Bài giải

Hàm số $f(z)$ được viết lại :

$$f(z) = \frac{a}{2} (x^2 - y^2 + 2ixy).$$

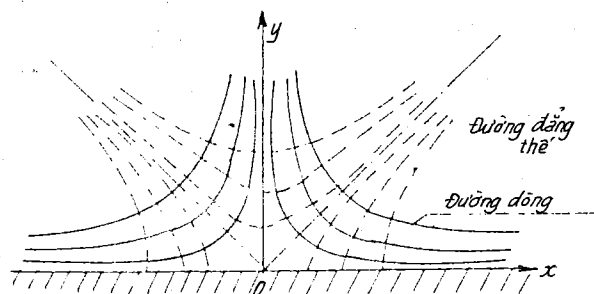
Từ đó ta có hàm số thế :

$$\varphi = \frac{a}{2} (x^2 - y^2);$$

Hàm số dòng : $\Psi = a x y$.

Các dòng là những đường hypecbôn đối xứng tiệm cận với các trục tọa độ. Các đường đẳng thế là họ đường hypecbôn đối xứng, trực giao.

Các thành phần vận tốc tại thời điểm bất kỳ là :



Hình 3-B-2

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \Psi}{\partial y} = ax;$$

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{\partial \Psi}{\partial x} = -ay.$$

2- Thay số vào ta có :

$$u = 5.3 = 15 \frac{cm}{s};$$

$$v = -5.0,2 = -1 \frac{cm}{s}.$$

Bài 3-B-3. Cho trường vận tốc của chất lỏng không nén được tại điểm $M(x,y,z)$ quanh điểm O là gốc tọa độ Đề các Oy :

$$V_x = \alpha x; \quad V_y = \beta y; \quad V_z = \gamma z.$$

α, β, γ là các hằng số thực, không phụ thuộc vào thời gian. Dòng chảy đối xứng trục qua Ox

a- Xác định thế vận tốc $\varphi(x,y,z)$ tại M chỉ qua một hằng số α .

b- Tìm phương trình họ đường đẳng thế và họ đường đẳng vận tốc. Xác định phương trình đường dòng trong mặt phẳng $z = 0$ và vẽ các đường dòng.

c- Trong trường hợp $V_z = 0$, hãy xác định các phương trình thông số $x(t)$ và $y(t)$ của phân tử chất lỏng ở điểm $M_0(x_0, y_0)$ tại thời điểm $t = 0$ chỉ qua một hằng số α . Dùng thế phức $F(z)$,

$z = x + iy$, biểu diễn chuyển động phẳng đó.

Bài giải

a- Xác định thế vận tốc :

$$d\varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x} dx + \frac{\partial \varphi}{\partial y} dy + \frac{\partial \varphi}{\partial z} dz;$$

$$d\varphi = \alpha x dx + \beta y dy + \gamma z dz; \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{1}{2}(\alpha x^2 + \beta y^2 + \gamma z^2) + C.$$

Vì chất lỏng không nén được nên $\text{div} \vec{V} = 0$, hay là :

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0; \quad (2)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 0.$$

Với giả thiết cho chất lỏng đối xứng trục quanh Ox , suy ra $\beta = \gamma$ (vì trục Oy và Oz đóng vai trò như nhau). Do đó theo (2) :

$$\beta = \gamma = -\frac{1}{2}\alpha.$$

Vậy thế vận tốc có dạng :

$$\varphi = \frac{\alpha}{4}(2x^2 - y^2 - z^2).$$

b- Phương trình họ đường đẳng thế và họ đường đẳng vận tốc .

Phương trình họ đường đẳng thế $\varphi(x,y,z) = \text{const} = C$:

$$2x^2 - y^2 - z^2 = C.$$

Bình phương vận tốc :

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2;$$

$$V^2 = \frac{\alpha}{4}(4x^2 + y^2 + z^2).$$

Mặt đẳng vận tốc ($V = \text{const}$) là các êlípsoit :

$$4x^2 + y^2 + z^2 = C$$

có tâm O với các trục $1/2, 1, 1$.

Họ các đường dòng trong mặt phẳng xOy :

$$\frac{dx}{V_x} = \frac{dy}{V_y};$$

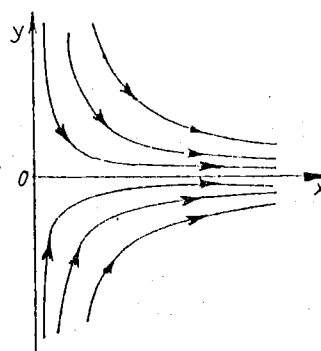
$$\frac{dx}{x} + 2 \frac{dy}{y} = 0.$$

Tích phân :

$$\ln x + 2 \ln y = \ln(xy)^2 = \text{const} = C$$

hay $\Psi = xy^2 = C.$

Đó là hypebolic .



Hình 3-B-3

c- Các phương trình thông số

Do $\alpha = 0$, suy ra $\alpha + \beta = 0$. Vậy $\alpha + \beta = -\alpha$.

Ta có : $V_x = \frac{dx}{dt} = \alpha x$; $V_y = \frac{dy}{dt} = -\alpha y$.

Do đó : $\frac{dx}{dt} = \alpha dt \rightarrow \ln x = \alpha t + C$; $\frac{dy}{dt} = -\alpha dt \rightarrow \ln y = -\alpha t + C$.

Vậy phương trình thông số :

$$x(t) = x_0 e^{\alpha t}; \quad y(t) = y_0 e^{-\alpha t}.$$

Tương tự phần a ta tìm được :

$$\varphi(x,y) = \frac{\alpha}{2}(x^2 - y^2); \quad \Psi(x,y) = \alpha xy;$$

$$F(z) = \frac{\alpha}{2}(x^2 - y^2 + 2ixy); \quad z^2 = (x + iy)^2 = x^2 - y^2 + 2ixy.$$

Vậy :

$$F(z) = \frac{1}{2} \alpha z^2.$$

Bài 3-B-4. Cho một chuyển động của dòng chất lỏng được biểu diễn bằng hàm thế vị phức :

$$z = chW(z) + shW(z)$$

$$\text{với } z = x + iy.$$

Yêu cầu :

- 1- Viết phương trình đường đẳng thế và phương trình đường dòng .
- 2- Tìm hình ảnh của chuyển động (vẽ họ đường đẳng thế và họ đường dòng).
- 3- Tính lưu lượng đơn vị q của dòng chất lỏng chảy giữa hai đường dòng đi qua các điểm $A(1,0)$ và $B(3, \sqrt{3})$.

Bài giải

- 1- Viết phương trình đẳng thế và phương trình đường dòng :

Biến đổi phương trình đã cho, ta có :

$$z = chW + shW = e^w \quad (1)$$

Lấy lôgarit hai vế của (1) sẽ được :

$$\varphi + i\Psi = \ln z \quad (2)$$

Với biến phức z tính trong tọa độ cực

$z = re^{i\theta}$ hàm dòng và hàm thế có dạng :

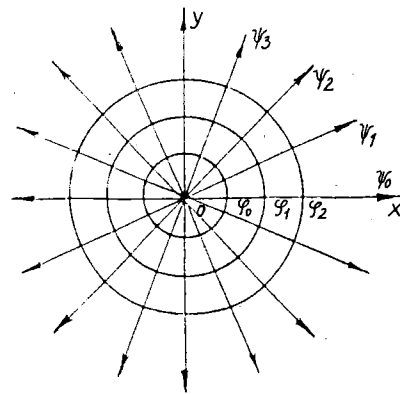
$$\text{- Hàm thế : } \varphi = \ln r + C. \quad (3)$$

$$\text{- Hàm dòng : } \Psi = \theta + C. \quad (4)$$

Phương trình đẳng thế :

$$\begin{aligned} \text{hay } \ln r + C &= \text{const}; \\ r &= \text{const}. \end{aligned} \quad (5)$$

Họ đường đẳng thế là họ đường tròn tâm ở gốc tọa độ O .



Hình 3-B-4

Phương trình đường dòng :

$$\begin{aligned} \text{hay } \theta + C &= \text{const}; \\ \theta &= \text{const}. \end{aligned} \quad (6)$$

Họ đường dòng là họ các đường thẳng đi qua O .

2- Tìm hình ảnh của chuyển động :

- Chiều đường dòng : đường dòng đi từ tâm ra ngoài .
- Đánh số đường dòng và đường thế : như hình (3-B-4) .

3- Tìm lưu lượng đơn vị q :

$$q = \Psi_B - \Psi_A = \frac{\pi}{6}.$$

Bài 3-B-5. Cho một dòng phẳng có hàm thế vị phức là :

$$W(z) = \text{arch}(1 - iz).$$

1- Nghiên cứu hình ảnh chuyển động của dòng chảy đó . Vẽ định tính các họ đường dòng và đường đẳng thế . Chỉ rõ chiều dòng chảy và nói rõ lý do .

2- Tìm lưu lượng đơn vị chảy giữa 2 đường dòng lần lượt đi qua điểm $A(1, 2)$ và $B(2, 3)$

Bài giải

1- Tìm hình ảnh chuyển động

Từ đầu bài : $W(z) = \text{arch}(1 - iz)$, ta có :

$$\text{ch}W(z) = 1 - iz$$

$$\text{ch}W = \text{ch}(\varphi + i\psi) = \cos[i(\varphi + i\psi)]$$

$$= \cos(i\varphi - \psi) = \cos i\varphi \cos \psi + \sin i\varphi \sin \psi$$

$$\text{ch}W = \text{ch}\varphi \cos \psi + i(\text{sh}\varphi \sin \psi) \quad (1)$$

$$1 - iz = 1 - i(x - iy) = (1 + y) - ix \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) ta được :

$$1 + y = \text{ch}\varphi \cos \psi ; \quad (3)$$

$$x = -\text{sh}\varphi \sin \psi \quad (4)$$

Từ (3) :

$$\cos^2 \psi = \frac{(1 + y)^2}{\text{ch}^2 \varphi}$$

Từ (4) :

$$\sin^2 \psi = \frac{x^2}{\text{sh}^2 \varphi}$$

Cộng vế đối vế ta được :

$$\frac{x^2}{\text{sh}^2 \varphi} + \frac{(1 + y)^2}{\text{ch}^2 \varphi} = 1$$

Đường đẳng thế là họ các ellip đồng tiêu, có tiêu điểm ở $E(0, 0)$ và $F(0, -2)$. Giá trị của φ tăng từ trong ra ngoài (hình 3-B-5).

Từ (3) và (4) :

$$\text{ch}^2 \varphi = \frac{(1 + y)^2}{\cos^2 \psi}$$

$$\text{sh}^2 \varphi = \frac{x^2}{\sin^2 \psi}$$

Trừ vế đối vế ta được :

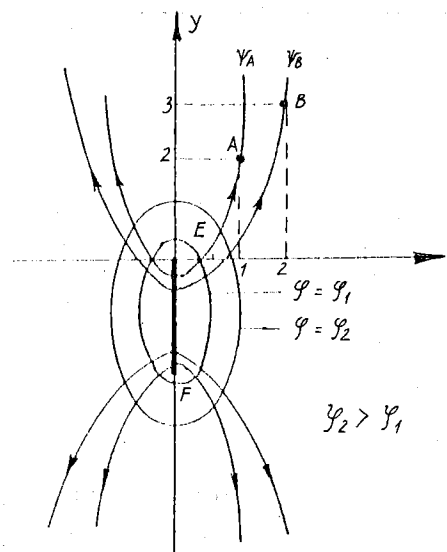
$$\frac{(1 + y)^2}{\cos^2 \psi} - \frac{x^2}{\sin^2 \psi} = 1 \quad (5)$$

Đường dòng là họ các hypecbon đồng tiêu (hình 3-B-5) .

2- Tính lưu lượng :

Ta có :

$$q_{AB} = |\psi_B - \psi_A|$$



Hình 3-B-5

Từ (5) thay $\sin^2 \psi = 1 - \cos^2 \psi$ và sau khi giải ra ta được :

$$\cos \psi = \left\{ 0,5 \left[(2 + x^2 + y^2 + 2y) - \sqrt{(2 + x^2 + y^2 + 2y)^2 - 4(1 + y)^2} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

với $A(1, 2) \rightarrow \psi_A = 19^\circ 35'$;

với $B(2, 3) \rightarrow \psi_B = 27^\circ 15'$;

Vậy : $q_{AB} = 7,8 \text{ đơn vị}$.

Bài 3-B-6. Chuyển động của chất lỏng được xác định bởi các thành phần hình chiếu của véc tơ $\vec{u}$ trên các trục x, y và z như sau :

$$u_x = 2axy; \quad u_y = -\frac{ay^2}{2}; \quad u_z = -ayz .$$

Yêu cầu :

- 1- Bằng phương pháp giải tích, chứng minh rằng tồn tại chuyển động đố .
- 2- Chứng minh rằng chuyển động trên không phải là chuyển động thế (chuyển động không quay).
- 3- Khi $a = 1$, tính các thành phần của véc tơ xoáy tại điểm $(2, 1, 1)$.
- 4- Mặc dù một cách tổng quát, chuyển động trên là có quay nhưng vẫn có những điểm mà tại đó chuyển động là không quay, tìm phương trình tọa độ các điểm đó .

Bài giải

Theo đầu bài, 3 thành phần vận tốc của $\vec{u}$ là :

$$u_x = 2axy; \quad u_y = -\frac{ay^2}{2}; \quad u_z = -ayz$$

- 1- Chứng minh $\vec{u}$ biểu thị vận tốc của một dòng chảy :

Để $\vec{u}$ có thể là véc tơ vận tốc, $\vec{u}$ phải thoả mãn phương trình liên tục :

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 . \quad (2)$$

Đạo hàm các thành phần của $\vec{u}$:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} = 2ay; \quad \frac{\partial u_y}{\partial y} = -ay; \quad \frac{\partial u_z}{\partial z} = -ay ,$$

và thay vào vế phải của (2), ta có :

$$2ay - ay - ay = 0 .$$

Phương trình (2) thoả mãn nên có thể coi $\vec{u}$ biểu thị chuyển động của một chất lỏng lý tưởng không nén được .

- 2- Chứng minh trên không phải là chuyển động .

Theo định nghĩa chuyển động là có thể khi có véc tơ xoáy $\vec{\Omega} = 0$. Vậy để chứng minh chuyển động trên không phải là chuyển động thế, ta chỉ cần xét các thành phần của véc tơ vận tốc xoáy .

Các thành phần của véc tơ xoáy được tính như sau :

$$\begin{aligned}\Omega_x &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_z}{\partial y} - \frac{\partial u_y}{\partial z} \right) = \frac{-az - 0}{2} = -\frac{az}{2}; \\ \Omega_y &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial z} - \frac{\partial u_z}{\partial x} \right) = 0; \\ \Omega_z &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) = \frac{0 - 2ax}{2} = -ax.\end{aligned}\tag{3}$$

Từ trên ta thấy $\vec{\Omega} \neq 0$ nên chuyển động không phải là chuyển động thế .

3- Tính các thành phần véc tơ xoáy tại các điểm đã cho :

Khi $a = 1$, giá trị các thành phần của véc tơ xoáy tại điểm $(2, 1, 1)$ tính theo (3) được biểu thị trong bảng sau :

Toạ độ	$\Omega_x = -\frac{z}{2}$	$\Omega_y = 0$	$\Omega_z = -x$
(2, 1, 1)	$-\frac{1}{2}$	0	-2

4- Toạ độ của các điểm có chuyển động không quay

Điều kiện chuyển động không quay là $\vec{\Omega} = 0$, do vậy $|\vec{\Omega}| = 0$.

Mà : $|\vec{\Omega}| = \sqrt{\Omega_x^2 + \Omega_y^2 + \Omega_z^2} = 0$. (4)

Thay vào (4) các thành phần : $\Omega_x = -\frac{z}{2}$; $\Omega_y = 0$; $\Omega_z = -x$, ta nhận được :

$$|\vec{\Omega}| = \sqrt{\frac{z^2}{4} + 0 + x^2} = 0 \tag{5}$$

hay $\frac{z^2}{4} + x^2 = 0$. (6)

Phương trình (6) chỉ thoả mãn khi đồng thời $x = 0$ và $y = 0$, vậy tập hợp các điểm thuộc mặt phẳng xOz sẽ có chuyển động không quay (hay không xoáy).

Bài 3-B-7. Một nguồn có lưu lượng đơn vị q_v (tính cho 1 mét dài) và một tia nước xoáy có lưu số là Γ được xem xét với cùng một gốc trục toạ độ (toạ độ trùng). Yêu cầu :

1- Xác định các phương trình của hàm thế phức, của vận tốc thế và của hàm dòng trong dòng chảy đó .

2- Tính các thành phần hướng tâm và tiếp tuyến của vận tốc .

3- Chỉ ra rằng vận tốc V thoả mãn quan hệ dưới dạng : $V.r = \text{const}$, trong đó r - khoảng cách tính từ gốc toạ độ .

4- Chỉ ra rằng các đường dòng của dòng chảy đó ở dạng xoắn ốc lôgarit .

5- Cho $q_v = 400 \frac{l}{s}$ trên một mét dài và $\Gamma = 0,2 \frac{m^2}{s}$. Hãy tính vận tốc tại điểm M với các giá trị toạ độ $x = 3m$ và $y = 4m$ và véc tơ bán kính là OM tạo với Ox một góc là θ .

Bài giải

1- Hàm thế phức của một nguồn có lưu lượng q_v đặt tại gốc O được viết là :

$$f_1(z) = \frac{q_v}{2\pi} - \ln z$$

vì vận tốc hoàn toàn xuyên tâm với trị số $\frac{q_v}{2\pi r}$.

Hàm thế phức của một xoáy được đặt chính xác tại gốc O được viết là :

$$f_2(z) = i \frac{\Gamma}{2\pi} \ln z$$

vì vận tốc hoàn toàn là tiếp tuyến.

Hàm thế tổng hợp được xác định theo :

$$f(z) = f_1(z) - f_2(z) = \frac{1}{2\pi} (q_v - i\Gamma) \ln z$$

do đó :

$$f(z) = \frac{1}{2\pi} (q_v - i\Gamma) (\ln r - i\theta).$$

Thế vận tốc của dòng chảy đó là :

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} (q_v \theta - \Gamma \ln r)$$

là thành phần thực của hàm thế phức.

Hàm số dòng ψ là thành phần ảo :

$$\psi = \frac{1}{q_v} (q_v \theta + \Gamma \ln r).$$

2- Các thành phần vận tốc

Thành phần xuyên tâm của vận tốc được biểu thị bằng :

$$V_r = \frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{\partial \psi}{r \partial \theta} = \frac{q_v}{2\pi r}.$$

Thành phần tiếp tuyến :

$$V_\theta = \frac{\partial \varphi}{r \partial \theta} = - \frac{\partial \psi}{\partial r} = - \frac{\Gamma}{2\pi r}.$$

3- Vận tốc được xác định qua các vận tốc thành phần :

$$V = \sqrt{V_r^2 + V_\theta^2} = \frac{\sqrt{q_v^2 + \Gamma^2}}{2\pi r}.$$

Do đó ta có kết quả :

$$V \cdot r = \frac{\sqrt{q_v^2 + \Gamma^2}}{2\pi} = \text{const}.$$

4- Trong sơ đồ vận tốc này, góc α tạo nên bởi V và vận tốc tiếp tuyến V_θ cho ta quan hệ:

$$\text{tg} \alpha = \frac{V_r}{V_\theta} = - \frac{q_v}{\Gamma} = \text{const}.$$

Vận tốc V tạo nên một góc không đổi : $\frac{\pi}{2} + \alpha$ với véc tơ bán kính, do đó các đường dòng là xoắn ốc logarit .

5- Để tính bằng số ta viết : $q_v = 400 \frac{l}{s} = 1,42 \frac{m^3}{s}$.

Với điểm M có gốc tọa độ $x = 3m$ và $y = 4m$, chúng ta có $r = 5m$.

Vận tốc có giá trị :

$$V = \frac{\sqrt{0,4^2 - 0,2^2}}{5,2\pi} = 1,42 \cdot 10^{-2} \frac{m}{s} = 1,42 \frac{cm}{s};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{0,4}{0,2} = -2; \quad \alpha = -63^\circ 26'.$$

Vận tốc V tạo thành một góc $26^\circ 36'$ với véc tơ bán kính OM .

Bài 3-B-8. Xác định tính chất của các chuyển động sau đây :

1) $u_x = y; \quad u_y = -\frac{3x}{2};$

2) $u_x = xy^2; \quad u_y = x^2 y.$

Bài giải

$$\operatorname{div} \vec{u} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0 + 0 = 0;$$

1-

$$\operatorname{rot} \vec{u} = \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} - \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \vec{k} = \left(1 + \frac{3}{2} \right) \vec{k} = \left(\frac{5}{2} \right) \vec{k} \neq 0.$$

Vậy đây là chuyển động ổn định, 2 chiều, quay của chất lỏng không nén được .

2-
$$\operatorname{div} \vec{u} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = y^2 + x^2 \neq 0.$$

Vậy nếu là chất lỏng không nén được, chuyển động sẽ không tồn tại .

Bài 3-B-9. Một trường chất lỏng chuyển động đều theo phương x với vận tốc $0,5 \text{ m/s}$ và 1 nguồn đặt tại $O (0,0)$ có cường độ $2,0 \text{ m}^3/\text{s.m}$.

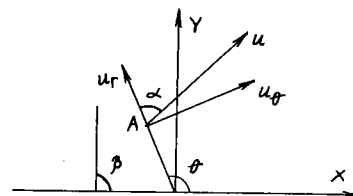
Xác định vận tốc và áp suất dư tại điểm $r = 1,0 \text{ m}$ và $\theta = 120^\circ$. Biết ở xa nguồn áp suất bằng áp suất khí trời và bỏ qua độ chênh Δz . Cho biết $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Bài giải

Phương trình hàm dòng :

$$\psi = u_0 r \cdot \sin \theta + \frac{q}{2\pi};$$

với $u_0 = 0,5 \frac{m}{s}; \quad q = 2,0 \frac{m^2}{s}.$



Hình 3-B-6

+ Vận tốc tại A ($r = 1m$; $\theta = 120^\circ$):

$$\begin{aligned} u_r &= \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} = \frac{1}{r} \left(u_0 r \cos \theta + \frac{q}{2\pi} \right) = \\ &= \frac{1}{1} \left[(0,5 \cdot 1 \cdot \cos 120) + \frac{2}{2\pi} \right] = 0,068 \frac{m}{s}. \\ u_\theta &= -\frac{\partial \psi}{\partial r} = -u_0 \sin \theta = -0,5 \cdot \sin 120 = -0,433 \frac{m}{s}. \\ u &= \sqrt{u_r^2 + u_\theta^2} = 0,438 \frac{m}{s}. \end{aligned}$$

Góc β hợp bởi véc tơ $\vec{u}$ và trục $O\vec{x}$:

$$\begin{aligned} \beta &= \theta - \alpha; \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{u_\theta}{u_r} = \frac{0,433}{0,068} = 6,44; \\ \alpha &= 81^\circ 2'; \quad \beta = 120 - 81,2 = 38^\circ 8'. \end{aligned}$$

+ Áp suất tại A :

$$p_\infty + \rho \frac{u_\infty^2}{2} = p_A + \rho \frac{u_A^2}{2}$$

Với : $u_\infty = u_0 = 0,5 \text{ m/s}$; $p_\infty = 0$; $u_A = 0,438 \text{ m/s}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, ta được :

$$\begin{aligned} p_A &= \frac{\rho}{2} (u_0^2 - u_A^2) \\ &= 29,07 \frac{N}{m^2}. \end{aligned}$$

Bài 3-B-10. Gió với vận tốc đều $\vec{V}$ thổi ngang theo phương x lên ống khói trụ tròn thẳng đứng, trục O , đường kính $2a = 4m$.

Ở lân cận ống khói vận tốc gió sẽ có sự thay đổi. Tính khoảng cách từ ống khói đến điểm trên trục x trước ống khói và điểm trên trục y mà tại đó lượng biến đổi của vận tốc gió không vượt quá 1% .

Bài giải

Thế phức của dòng bao quanh hình trụ tròn bán kính a có thể nhận được bằng cách cộng dòng song phẳng đều với lưỡng cực :

$$f(z) = V \left(z + \frac{a^2}{z} \right),$$

từ đó ta có thế vận tốc :

$$\varphi = V \left(x - \frac{a^2 x}{x^2 + y^2} \right).$$

Dọc trục Ox và Oy , vì đối xứng nên chỉ có thành phần $u_x (u = u_x)$:

$$u_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = V \left[1 - a^2 \frac{x^2 - y^2}{(x^2 + y^2)^2} \right].$$

+ Dọc theo trục x , ta có $y = 0$, do đó :

$$u_x = V \left(1 - \frac{a^2}{x^2} \right);$$

và

$$x = \frac{a}{\sqrt{1 - \frac{u_x}{V}}}.$$

Điểm mà u_x chỉ khác V có 1%, tức là $\frac{u_x}{V} = 0,99$, có tọa độ :

$$X = \frac{a}{\sqrt{0,01}} = 10a = 20m$$

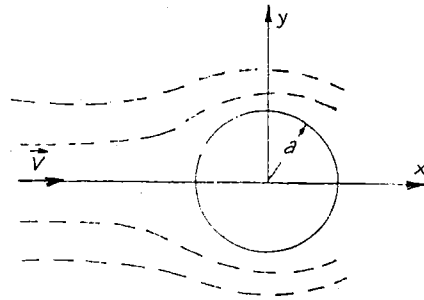
+ Dọc theo trục y , ta có $x = 0$, do đó :

$$u_x = V \left(1 - \frac{a^2}{y^2} \right)$$

và

$$y = \frac{a}{\sqrt{\frac{u_x}{V} - 1}}$$

$$x = \frac{a}{\sqrt{0,01}} = 10a = 20m.$$



Hình 3-B-7

Đặt : $\frac{u_x}{V} = 1,01$, tính được : $y = 10a = 20m$.

Như vậy, chỉ cách ống một khoảng 5 lần đường kính ống thì lượng biến đổi của vận tốc đã không còn đáng kể (1%).

Bài 3-B-11. Cho hàm thế phức : $f(z) = a\sqrt{z}$, trong đó a là hệ số thực. Xác định thế vận tốc φ và hàm số dòng Ψ .

Bài giải

Bình phương hai vế ta được :

$$\begin{aligned} [f(z)]^2 &= (\varphi + i\psi)^2 = a^2 z = a^2(x + iy); \\ \varphi^2 - \psi^2 + 2i\varphi\psi &= a^2(x + iy). \end{aligned}$$

Tách thành phần thực và ảo ra, ta có :

$$x = \frac{\varphi^2 - \psi^2}{a^2}; \quad y = \frac{2\varphi\psi}{a^2}.$$

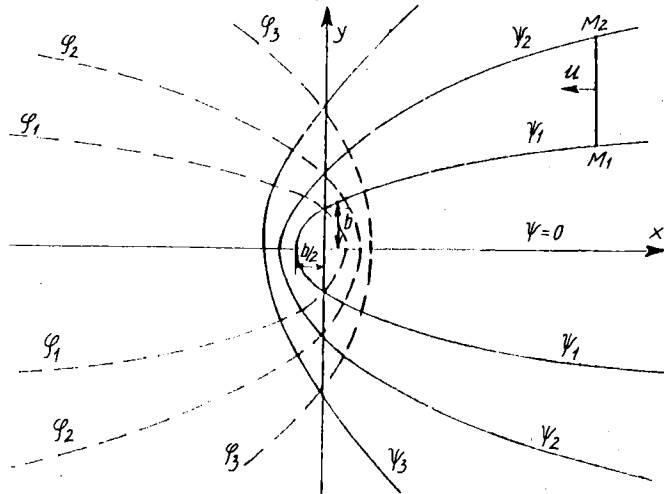
+ **Đường dòng.** Phương trình đường dòng là $\psi = \text{const}$. Loại φ ra khỏi hai phương trình đối với x, y ở trên :

$$a^2 x = \varphi^2 - \psi^2; \quad \varphi = \frac{a^2}{2\psi} y;$$

từ đó :

$$a^2 x = \frac{a^4}{4\psi^2 y^2} - \psi^2,$$

$$y^2 = \frac{4\psi^2}{a^2} x + \frac{4\psi^4}{a^4}.$$



Hình 3-B-8

Đặt $b = \frac{2\psi^2}{a^2} = \text{const}$ (do $\psi = \text{const}$), cuối cùng ta được phương trình :

$$y^2 = 2bx + b^2$$

Đây là các parabôn cùng tiêu chung là gốc tọa độ O và thông số b .

+ Đường đẳng thế vận tốc :

Phương trình đẳng thế là $\varphi = \text{const}$. Loại ψ ra khỏi phương trình đối với x và y và tiến

hành tương tự như trên, nếu đặt $c = \frac{2\varphi^2}{a^2} = \text{const}$, sẽ đi đến phương trình : $y^2 = c^2 - 2cx$.

Đây cũng là các parabôn cùng tiêu điểm, trục Ox , với tiêu điểm chung là gốc tọa độ O và thông số là c , nhưng bề lõm quay về phía $x < 0$.

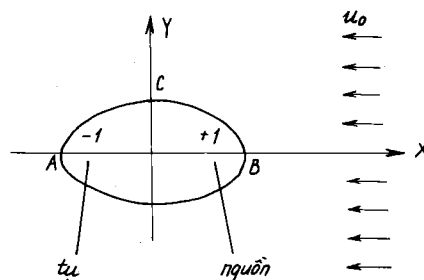
Có thể kiểm chứng được rằng hai họ parabôn $y^2 = 2bx + b^2$ và $y^2 = c^2 - 2cx$ là vuông góc với nhau. Vì vậy dòng đang xét là dòng thế phẳng bao quanh một màn phẳng nửa vô hạn Ox .

Bài 3-B-12. Một nguồn có cường độ $10m^2/s$ đặt tại điểm có tọa độ $(1,0)$ và một giếng có cùng cường độ đặt tại $(-1,0)$ nằm trong trường chảy đều với vận tốc bằng $25m/s$ theo hướng ngược chiều trục x . Xác định kích thước của vật thể cố định Rankine được hình thành bởi trường chảy và độ chênh áp suất giữa một điểm ở xa vô cực và điểm $(1,1)$.

Bài giải

1- Xác định kích thước vật thể cố định Rankine
Phương trình hàm dòng

$$\psi = -u_0 y + \frac{q}{2\pi} \arctg \frac{y}{x-a} - \frac{q}{2\pi} \arctg \frac{y}{x+a};$$



Hình 3-B-9

$$\psi = -25y + \frac{10}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x-1} - \frac{10}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x+1};$$

$$u_x = \frac{\partial \psi}{\partial y} = -25 + \frac{10}{2\pi} \left[\frac{x-1}{(x-1)^2 + y^2} - \frac{x+1}{(x+1)^2 + y^2} \right]$$

A và B là hai điểm dừng: $u_{xA} = u_{xB} = 0$ nên:

$$0 = -25 + \frac{10}{2\pi} \left(\frac{1}{x-1} - \frac{1}{x+1} \right) \Rightarrow x = \pm 1,062m \begin{cases} x_A = -1,062m; \\ x_B = +1,062m. \end{cases}$$

Chiều dài vật thể cố định Rankine là: $l = 2.1,062 = 2,124m$.

Để tính chiều rộng vật thể ta tính $y_{\max}$ ứng với đường dòng $\psi = 0$; $x = 0$.

$$\psi = -25y + \frac{10}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x-1} - \frac{10}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x+1};$$

$$0 = -25y + \frac{10}{2\pi} [\operatorname{arctg}(-y) - \operatorname{arctg}(y)] = -25y - \frac{10}{\pi} \operatorname{arctg}(y);$$

$$y_{\max} = 0,047m.$$

Chiều rộng vật thể Rankine là $2y_{\max} = 0,094m$.

2- Xác định độ chênh áp suất Δp ,

Tại điểm E (1,1) vận tốc là:

$$u_x = \frac{\partial \psi}{\partial y} = -25 + \frac{10}{2\pi} \left[\frac{x-1}{(x-1)^2 + y^2} - \frac{x+1}{(x+1)^2 + y^2} \right]$$

$$= -25 + \frac{10}{2\pi} \left(-\frac{2}{5} \right) = -25,63 \frac{m}{s};$$

$$u_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{10}{2\pi} \left[-\frac{y}{(x-1)^2 + y^2} - \frac{y}{(x+1)^2 + y^2} \right]$$

$$= -\frac{10}{2\pi} \left(1 - \frac{1}{5} \right) = -1,27 \frac{m}{s}.$$

Vậy
$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = 25,66 \frac{m}{s}.$$

Áp dụng phương trình Bernouli cho điểm ở xa vô cực có $u_\infty = u_0 = 25 \text{ m/s}$ và điểm (1,1) có $u = 25,66 \text{ m/s}$:

$$p_\infty + \rho \frac{u_\infty^2}{2} = p' + \rho \frac{u^2}{2};$$

$$\Delta p' = p' - p_\infty = \frac{\rho}{2} (u_\infty^2 - u^2) = -16,71 \rho \frac{m^2}{s^2}.$$

Bài 3-B-13. Một dòng có thể chảy bao quanh một nửa hình trụ trong mặt phẳng nằm ngang. Tại chỗ rất xa nửa hình trụ dòng chảy có vận tốc $u_\infty = 0,5 \text{ m/s}$ và có áp suất $p_\infty = 10^5 \text{ Pa}$. Cho biết $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, $R = 3 \text{ m}$. Bỏ qua trọng lực, xác định :

- 1- Vận tốc tại điểm A trên nửa hình trụ (cho $r = 3 \text{ m}$, $\theta = 60^\circ$).
- 2- Lực tác dụng lên mặt nửa hình trụ.

Bài giải

Đường $BCADE$ là một đường dòng trùng với thành rắn. Do tính đối xứng, bài toán dòng chảy bao quanh nửa hình trụ là một phần của bài toán dòng chảy bao quanh hình trụ.

1- Vận tốc của dòng chảy bao quanh mặt trụ là :

$$\begin{cases} u_r = 0; \\ u_\theta = -2u_\infty \sin \theta. \end{cases}$$

Tại A ($\theta = 60^\circ$):

$$u_A = -2 \cdot 0,5 \cdot \sin 60^\circ = -0,866 \text{ m/s}.$$

Viết phương trình Bernoulli cho điểm xa vô cực và điểm bất kỳ trên mặt trụ (bỏ qua số hạng $\rho g z$ vì không tính đến trọng lực), ta được

$$p_\infty + \rho \frac{u_\infty^2}{2} = p + \rho \frac{u^2}{2}.$$

$$p = p_\infty - \frac{\rho}{2} (u_\infty^2 - u^2) = p_\infty - \frac{\rho}{2} u_\infty^2 [1 - (2 \sin \theta)^2]$$

Vậy :

$$= p_\infty - \frac{\rho}{2} u_\infty^2 [1 - 4 \sin^2 \theta].$$

2- Áp lực tác dụng lên diện tích $ds = R \cdot d\theta$ là :

$$d\vec{P} = -p ds \vec{n} \quad \begin{cases} dP_x = -p ds \cdot \cos \theta \\ dP_y = -p ds \cdot \sin \theta \end{cases}$$

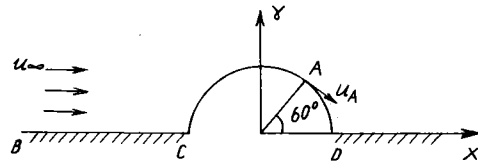
$$P_x = \iint_{\omega} (-p \cdot \cos \theta) d\omega = - \int_0^\pi p \cdot \cos \theta \cdot R \cdot d\theta = 0;$$

$$P_y = \iint_{\omega} (-p \cdot \sin \theta) d\omega = - \int_0^\pi p \cdot \sin \theta \cdot R \cdot d\theta = 0$$

$$= -R \int_0^\pi \left[p_\infty \cdot \sin \theta + \rho \frac{u_\infty^2}{2} (1 - 4 \sin^2 \theta) \right] d\theta$$

$$= R \left[p_\infty \cdot \cos \theta + \rho \frac{u_\infty^2}{2} \left(\frac{4}{3} \cos^3 \theta - 3 \cos \theta \right) \right]_0^\pi$$

$$= -R \left(2p_\infty - \rho u_\infty^2 \frac{5}{3} \right) = -5,99 \cdot 10^{-5} \text{ N}.$$



Hình 3-B-10

3-B-2. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG

Bài 3-B-14. Sau đây là hai dòng chảy ổn định, chất lỏng không nén được với vận tốc u và v được biểu thị bằng những phương trình :

$$\text{Dòng thứ nhất : } \begin{cases} u = 4xy + y^2 \\ v = 6xy + 3x \end{cases}$$

$$\text{Dòng thứ hai : } \begin{cases} u = 2x^2 + y^2 \\ v = -4xy \end{cases}$$

Dòng nào là hiện thực, dòng nào là không ?

Bài giải

Theo đầu bài, các dòng chảy đều là dòng hai chiều (x, y) . Áp dụng phương trình vi phân liên tục của chuyển động chất lỏng không nén được :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

Đối với dòng thứ nhất ta có :

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 4y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 6x; \quad 4y + 6x \neq 0,$$

như vậy dòng này không hiện thực .

Đối với dòng thứ hai ta có :

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 4x; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = -4x; \quad 4x - 4x = 0,$$

như vậy dòng này là hiện thực .

Bài 3-B-15 . Cho một dòng chất lỏng nén được có thành phần vận tốc :

$$u_x = 2(x + y) + 3t$$

$$u_y = (x + y) + 0,5t$$

1- Tìm phương trình quỹ đạo dưới dạng $x = x(t)$, $y = y(t)$ của hạt chất lỏng khi $t = 0$ thì ở gốc tọa độ .

2- Tìm biểu thức của khối lượng đơn vị ρ , biết rằng khi $t = 0$ thì $\rho = \rho_0$.

Bài giải

Theo đầu bài ta có :

$$u_x = \frac{dx}{dt} = 2x + 2y + 3t \quad (1)$$

$$u_y = \frac{dy}{dt} = x + y + 0,5t \quad (2)$$

Đưa hai hệ phương trình vi phân cấp 1 về phương trình vi phân cấp 2. Đạo hàm phương trình (1) theo t ta được :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 2 \frac{dx}{dt} + 2 \frac{dy}{dt} + 3.$$

Thay $\frac{dy}{dt}$ theo (2) vào đây dẫn đến :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 2 \frac{dx}{dt} + 2x + 2y + t + 3 \quad (3)$$

Từ (1) ta có :

$$2y = \frac{dx}{dt} - 2x - 3t$$

đem thay vào (3) ta được :

$$\frac{d^2x}{dt^2} - 3 \frac{dx}{dt} = 3 - 2t. \quad (4)$$

2- Phương trình (4) là phương trình vi phân tuyến tính cấp 2 có vế phải. Giải ra được nghiệm tổng quát là :

$$x = C_1 e^{3t} + C_2 + \frac{1}{3} t^2 - \frac{7}{9} t;$$

$$y = 0,5 C_1 e^{3t} - C_2 - \frac{1}{3} t^2 - \frac{7}{18} t - \frac{7}{18}.$$

Từ điều kiện đầu : $t = 0$ thì $x = y = 0$ tìm được :

$$C_1 \frac{7}{27}; \quad C_2 = -\frac{7}{27}.$$

Vậy phương trình quỹ đạo của hạt chất lỏng đó là :

$$x = \frac{7}{27} e^{3t} + \frac{1}{3} t^2 - \frac{7}{9} t - \frac{7}{27};$$

$$y = \frac{7}{54} e^{3t} - \frac{1}{3} t^2 - \frac{7}{18} t - \frac{7}{54}.$$

3- Từ phương trình liên tục :

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \vec{u} = 0,$$

với $\operatorname{div} \vec{u} = 3$, ta nhận được phương trình :

$$\frac{d\rho}{dt} + 3\rho = 0$$

giải ra ta được :

$$C \cdot \rho = e^{-3t}.$$

Tại $t = 0$; $\rho = \rho_0$ suy ra $C = \frac{1}{\rho_0}$, do đó :

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{-3t}.$$

Bài 3-B-16. Chuyển động của một chất lỏng không nén, được đặc trưng bằng các giá trị vận tốc :

$$u_x = -x; \quad u_y = 2y; \quad u_z = 5 - z.$$

1- Chuyển động có hiện thực không ?

2- Xác định phương trình đường dòng đi qua điểm A (2,1,1).

Bài giải

1- Ta có:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial x} &= -1 \\ \frac{\partial u_y}{\partial y} &= 2 \\ \frac{\partial u_z}{\partial z} &= -1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \operatorname{div} \vec{u} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = -1 + 2 - 1 = 0$$

Vậy chuyển động này hiện thực vì thoả mãn phương trình liên tục.

2- Phương trình vi phân của đường dòng :

$$\frac{dx}{u_x} = \frac{dy}{u_y} = \frac{dz}{u_z} \Rightarrow \frac{dx}{x} = \frac{dy}{2y} = \frac{dz}{5-z}.$$

Lấy tích phân ta được :

$$y\sqrt{x} = C_1; \quad 5-z = C_2x;$$

C_1 và C_2 là các hằng số tích phân.

Vậy phương trình đường dòng đi qua $A(2,1,1)$ là :

$$y\sqrt{x} = 2; \quad 5-z = 2x.$$

Bài 3-B-17. Một dòng phẳng được cho theo biến số Ole qua các biểu thức sau :

$$\vec{u} \begin{cases} u_x = a \\ u_y = b + kt \end{cases}$$

với a, b, k là các hằng số.

1- Chuyển động là ổn định hay không ổn định, xoáy hay không xoáy ?

2- Tìm phương trình đường dòng.

3- Tìm phương trình quỹ đạo.

Bài giải

1- Vì : $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial u_y}{\partial t} = k \neq 0$ – chuyển động là không ổn định.

$$\omega = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) = 0 \text{ – chuyển động là không xoáy.}$$

2- Áp dụng phương trình vi phân của đường dòng :

$$\frac{dx}{u_x} = \frac{dy}{u_y}$$

ta có :
$$\frac{dx}{a} = \frac{dy}{b+kt} \Rightarrow a dy - (b+kt) dx = 0.$$

Tích phân phương trình này với $t = \text{const}$ (bài toán được xét tại một thời điểm xác định) ta được phương trình của họ đường dòng :

$$ay - (b + kt)x = \text{const},$$

đó là họ đường thẳng song song với nhau, với hệ số góc $\frac{b + kt}{a}$

3- Áp dụng phương trình vi phân của quỹ đạo :

$$dx = u_x dt = a dt;$$

$$dy = u_y dt = (b + kt) dt.$$

Tích phân lên ta sẽ được phương trình của quỹ đạo :

$$x = at + x_0;$$

$$y = bt + k \frac{t^2}{2} + y_0.$$

Mỗi cặp (x_0, y_0) ứng với một phần tử chất lỏng. Muốn có được họ đường quỹ đạo ta vẽ các đường cong $x = x(t)$, $y = y(t)$ ứng với các cặp (x_0, y_0) khác nhau.

Bài 3-B-18. Tìm biểu thức thành phần thứ ba vận tốc (u_z) của chuyển động ổn định của chất lỏng không nén được, nếu hai thành phần kia lần lượt là $u_x = 5x$ và $u_y = -3y$. Cho biết $u = 0$ tại gốc toạ độ.

Bài giải

Từ điều kiện liên tục của chất lỏng không nén được (3-40) : $\text{div } \vec{u} = 0$, ta có :

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(5x) = 5;$$

$$\frac{\partial u_y}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y}(-3y) = -3,$$

từ đó có phương trình :

$$\text{div } \vec{u} = 0 = 5 - 3 + \frac{\partial u_z}{\partial z}.$$

Vậy :
$$\frac{\partial u_z}{\partial z} = -2 \quad \text{hay} \quad u_z = -2z + C.$$

Tại $z = 0$, $u = 0$, tức là $u_z = 0$, do đó $C = 0$.

Vậy :
$$u_z = -2z.$$

Bài 3-B-19. Cho trường vận tốc :

$$\vec{u} = \begin{cases} u_x = 2xy \\ u_y = 2yz \\ u_z = 2zx \end{cases}.$$

Hãy biểu thị gia tốc chuyển động theo phương trình vi phân Ôle.

Bài giải

Áp dụng phương trình (3-45) : $\frac{d\vec{u}}{dt} = \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u}$ ta có hình chiếu của gia tốc lên các

trục tọa độ như sau :

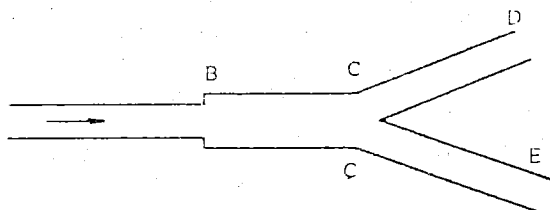
$$\begin{aligned}\frac{du_x}{dt} &= \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} \\ &= 0 + 2xy \cdot 2y + 2yz \cdot 2x + 2zx \cdot 0 = 4xy(y+z)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{du_y}{dt} &= \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z} \\ &= 0 + 2xy \cdot 0 + 2yz \cdot 2z + 2zx \cdot 2y = 4yz(z+x)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{du_z}{dt} &= \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} \\ &= 0 + 2xy \cdot 2z + 2yz \cdot 0 + 2zx \cdot 2x = 4zx(x+y).\end{aligned}$$

Ta có $\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} = 0$, vậy chuyển động này là ổn định.

Bài 3-B-20. Nước chảy trong ống rẽ như hình (3-B-11). Đoạn AB có đường kính $d_1 = 50\text{mm}$, đoạn BC có $d_2 = 75\text{mm}$; vận tốc trung bình $v_2 = 2\text{m/s}$. Đoạn ống CD có $v_3 = 1,5\text{m/s}$. Đoạn ống CE có $d_4 = 30\text{mm}$. Biết rằng lưu lượng chảy trong đoạn CD bằng 2 lần lưu lượng chảy trong đoạn CE.



Hình 3-B-11

Bỏ qua tổn thất cột nước, xác định lưu lượng và vận tốc trung bình trong từng đoạn ống và đường kính d_3 của đoạn ống CD

Bài giải

Nước được xem là chất lỏng không nén được. Áp dụng phương trình liên tục :

$$\begin{aligned}Q_1 &= Q_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} v_2 \\ &= \frac{\pi \cdot 0,075^2}{4} \cdot 2 = 8,836 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; \\ v_1 &= \frac{Q_1}{\omega_1} = \frac{4Q_1}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 8,836 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,05^2} = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.\end{aligned}$$

Lưu lượng trong đoạn BC bằng tổng lưu lượng trong đoạn CD và CE :

$$Q_2 = Q_3 + Q_4 = 3Q_4$$

$$Q_4 = \frac{8,836.10^{-3}}{\omega_4} = 2,945.10^{-3} \frac{m}{s}$$

$$Q_3 = 2Q_4 = 5,891.10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Vì $v_3 = 1,5 \text{ m/s}$ nên có thể tính d_3 bằng :

$$d_3 = \sqrt{\frac{4Q_3}{\pi \cdot v^3}} = 71 \text{ mm};$$

$$v_4 = \frac{4Q_4}{\pi d_4^2} = 4,17 \frac{m}{s}.$$

Bài 3-B-21. Lưu lượng nước $Q = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ được chuyển qua hai ống đặt nối tiếp nhau có đường kính khác nhau : $d_1 = 300 \text{ mm}$, $d_2 = 150 \text{ mm}$. Tính vận tốc trung bình trong hai ống .

Bài giải

$$\omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,3)^2}{4} = 0,07065 \text{ m}^2 ;$$

$$\omega_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,15)^2}{4} = 0,01766 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{0,03}{0,07065} = 0,43 \frac{m}{s};$$

$$v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{0,03}{0,01766} = 1,70 \frac{m}{s}$$

Từ phương trình liên tục của toàn dòng ta xác định được tỷ số giữa v_1 và v_2 như sau :

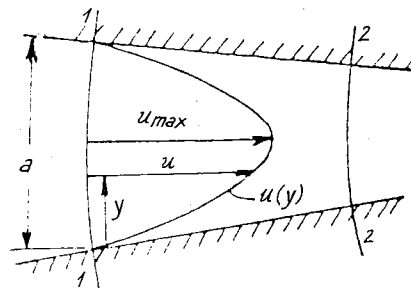
$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 = Q;$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 = \frac{1}{4},$$

như vậy, sau khi tính v_1 , ta có thể tính ngay được v_2 như sau :

$$v_2 = 4v_1 = 0,43 \cdot 4 = 1,70 \frac{m}{s}.$$

Bài 3-B-22. Chất lỏng không nén được chảy giữa hai tấm phẳng có chiều rộng $b = 45 \text{ cm}$, có khoảng cách thu hẹp lại dần dần (hình 3-B-12). Vận tốc phân bố trên mặt cắt ướt theo qui luật sau :



Hình 3-B-12

$$\frac{u}{u_{\max}} = 2 \frac{y}{a} \left(1 - \frac{y}{a} \right),$$

trong đó a là khoảng cách giữa hai tấm; y là khoảng cách từ một điểm trong dòng chảy (điểm có vận tốc u) đến tấm phẳng ($0 \leq y \leq a$); $u_{\max}$ là vận tốc ở giữa hai tấm.

Cho biết tại mặt cắt 1-1 : $a = 5 \text{ cm}$, $u_{\max} = 0,30 \text{ m/s}$. Yêu cầu xác định :

- 1- Lưu lượng.
- 2- Vận tốc trung bình tại mặt cắt 1-1.
- 3- Vận tốc trung bình tại mặt cắt 2-2, có $a = 2 \text{ cm}$.

Bài giải

1- Lưu lượng tính theo công thức (3-44) :

$$Q = \int_{\omega} \rho u d\omega$$

$$\rho = \text{const}; \quad Q = \int_{\omega} u d\omega = \int_0^a u b dy = \frac{2bu_{\max}}{a} \int_0^a \left(y - \frac{y^2}{a} \right) dy;$$

với

$$Q = \frac{1}{3} abu_{\max} = \frac{1}{3} \cdot 0,05 \cdot 0,45 \cdot 0,30 = 2,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2- Vận tốc trung bình tại mặt cắt 1-1 :

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{Q}{ab} = \frac{1}{3} u_{\max} = 0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

3- Vận tốc trung bình tại mặt cắt 2-2 :

$$Q = v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2.$$

$$v_2 = v_1 \frac{\omega_1}{\omega_2} = v_1 \frac{a_1}{a_2};$$

Do đó :

$$v_2 = 0,1 \cdot \frac{5}{2} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Bài 3-B-24. Một chất lỏng chảy trong ống trụ tròn với vận tốc phân bố trên mặt cắt ướt

(hình 3-B-13) theo qui luật : $u = u_{\max} \left(1 - \frac{r^2}{r_0^2} \right).$

Yêu cầu xác định :

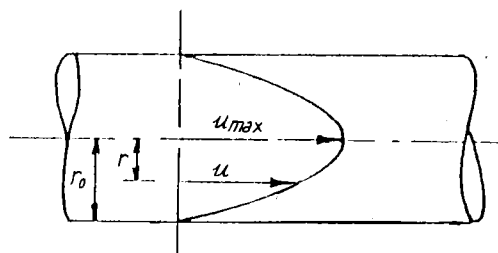
- 1- Vận tốc trung bình v của dòng chảy, nếu $u_{\max} = 0,2 \text{ m/s}$
- 2- Hệ số động năng α .

Bài giải

1- Xác định vận tốc trung bình :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int u d\omega}{\pi r_0^2} = \frac{\int_0^{r_0} u_{\max} \left(r_0^2 - r^2 \right) 2\pi r dr}{\pi r_0^2}$$

$$= \frac{2u_{\max}}{r_0^4} \int_0^{r_0} (r_0^2 r - r^3) dr = \frac{u_{\max}}{2} = 0,1 \frac{m}{s}.$$



Hình 3-B-13

2- Xác định hệ số động năng :

$$\alpha = \frac{\int \rho dQ \frac{u^2}{2}}{\rho Q \frac{v^2}{2}} = \frac{\int u^2 dQ}{v^2 Q} = \frac{\int u^3 d\omega}{v^3 \omega} = \frac{\int_0^{r_0} \left[\frac{u_{\max}}{r_0^2} (r_0^2 - r^2) \right]^3 2\pi r dr}{\left(\frac{u_{\max}}{2} \right)^3 \pi r_0^2}$$

$$= 2,0.$$

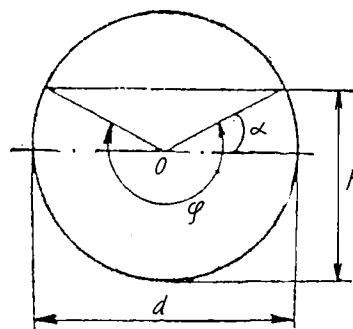
Bài 3-B-25 . Xác định phạm vi thay đổi của bán kính thuỷ lực R của các ống thoát nước tự chảy, nếu đường kính d của chúng thay đổi từ 150 đến 350mm. Độ đầy tính toán lớn nhất $a = h/d = 0,6$ đối với ống $d = 150mm$; $a = h/d = 0,8$ đối với $d = 350mm$.

Bài giải

Bán kính thuỷ lực được xác định theo công thức (3-5) :

$$R = \frac{\omega}{\chi},$$

trong đó :



Hình 3-B-14

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} \frac{\varphi}{2\pi} + \frac{1}{2} \left(h - \frac{d}{2} \right) 2 \sqrt{\left(\frac{d}{2} \right)^2 - \left(h - \frac{d}{2} \right)^2} = \frac{\pi d^2}{4} \frac{\varphi}{2\pi} + d^2 (a - 0,5) \sqrt{a(1-a)};$$

$$\chi = \frac{\pi d \varphi}{2\pi}.$$

Góc α (hình 3-B-14) được xác định từ quan hệ :

$$\sin \alpha = \frac{h - \frac{d}{2}}{\frac{d}{2}} = \frac{ad - 0,5d}{0,5d} = \frac{a}{0,5} - 1;$$

$$\varphi = \pi + 2\alpha.$$

Đối với ống $d = 150\text{mm}$:

$$\sin \alpha = \frac{0,6}{0,5} - 1 = 0,2; \quad \alpha = 0,2 \text{ radian};$$

$$\varphi = 3,14 + 2 \cdot 0,2 = 3,54 \text{ radian};$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 3,54}{4,6,28} + 0,15^2 (0,6 - 0,5) \sqrt{0,6(1 - 0,6)} = 0,0111 \text{m}^2;$$

$$\chi = 3,14 \cdot 0,15 \frac{3,54}{6,28} = 0,266;$$

$$R = \frac{0,0111}{0,266} = 0,0417 \text{m}.$$

Đối với ống đường kính $d = 3500\text{mm}$:

$$\sin \alpha = \frac{0,8}{0,5} - 1 = 0,6;$$

$$\alpha = 0,63 \text{ radian};$$

$$\varphi = 3,14 + 2 \cdot 0,63 = 4,4 \text{ radian};$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 3,5^2 \cdot 4,4}{4,6,28} + 3,5^2 (0,8 - 0,5) \sqrt{0,8(1 - 0,8)}$$

$$= 8,22 \text{m}^2;$$

$$\chi = 3,14 \cdot 3,5 \cdot \frac{4,4}{6,28} = 7,7 \text{m};$$

$$R = \frac{8,22}{7,7} = 1,07 \text{m}.$$

Do đó bán kính thủy lực thay đổi từ 0,04 đến 1,07m.

Bài 3-B-26. Trên trục ống dẫn nước người ta đặt một ống Pitô với vi áp kế thủy ngân. Xác định vận tốc nước chảy trong ống u_{max} nếu hiệu số mực thủy ngân trong áp kế $\Delta h = 18\text{mm}$ (hình 3-B-15).

Bài giải

Ống Pitô đo cột nước vận tốc :

$$H = \frac{u_{max}^2}{2g} \quad (1)$$

Hệ số kiểm định φ giả thiết bằng 1.

Để xác định H ta viết phương trình cân bằng trong áp kế thủy ngân đối với mặt phẳng $a-a$ (hình 3-B-15):

$$p_1 + \Delta h \cdot \rho_m \cdot g = p_2 + \Delta h \cdot \rho \cdot g, \quad (2)$$

trong đó p_1 và p_2 - áp suất trong các ống áp kế thủy ngân ở cao độ ứng với mực thủy ngân cao ;

ρ và ρ_m - mật độ của nước (1000 kg/m^3) và thủy ngân (13600 kg/m^3).

Do đó :

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} = \Delta h \left(\frac{\rho_m}{\rho} - 1 \right) \quad (3)$$

Thay số vào công thức (2) được :

$$H = 0,018 \left(\frac{13600}{1000} - 1 \right) = 0,227\text{m}.$$

Từ công thức (1) ta có vận tốc cực đại trong ống :

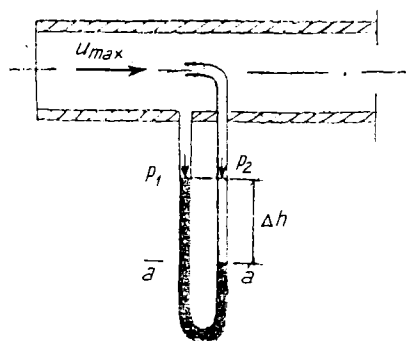
$$u_{max} = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,227} = 2,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Bài 3-B-27. Hãy xác định nước dâng lên ở độ cao nào trong ống, nếu một đầu của ống được nối với mặt cắt thu hẹp của ống dẫn, còn đầu kia được thả vấp nước. Lưu lượng ở trong ống $Q = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$; áp suất dư $p_1 = 49 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, các đường kính $d_1 = 100 \text{ mm}$ và $d_2 = 50 \text{ mm}$ (hình 3-B-16).

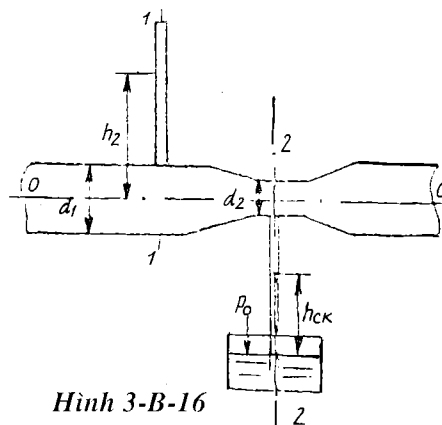
Bài giải

Phương trình Becnuli (3-58) đối với mặt cắt 1-1 và 2-2 (hình 3-B-16), mặt chuẩn đi qua trục ống (bỏ qua tổn thất), khi $\alpha_1 = \alpha_2$ có dạng:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}.$$



Hình 3-B-15



Hình 3-B-16

Vì :

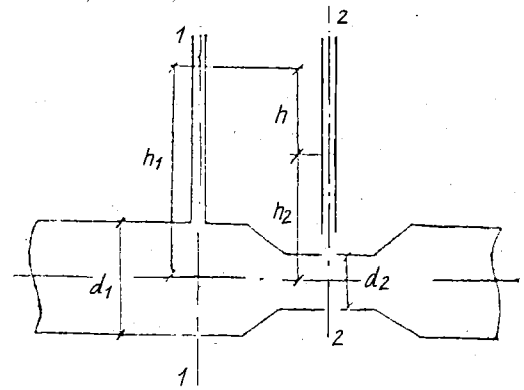
$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} \quad v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2}$$

Sau khi biến đổi ta có :

$$\begin{aligned} \frac{p_2}{\rho g} &= \frac{p_1}{\rho g} + \frac{4^2 Q^2}{2g\pi^2} \left(\frac{1}{d_1^4} - \frac{1}{d_2^4} \right) = \\ &= \frac{49 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} + \frac{16 \cdot 0,025^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,14^2} \left(\frac{1}{0,1^4} - \frac{1}{0,05^4} \right) = -2,7m. \end{aligned}$$

Ta được chiều cao với dấu âm và chính là chiều cao chân không. Nước trong ống sẽ dâng lên chiều cao $h_{ck} = 2,7m$.

Bài 3-B-28. Xác định lưu lượng Q trong ống có đường kính $d_1 = 250mm$, có đoạn thu hẹp với đường kính $d_2 = 125mm$ (hình 3-B-17). Nếu số đọc của các ống đo áp : trước chỗ thu hẹp $h_1 = 50cm$, tại chỗ thu hẹp $h_2 = 30cm$. Nhiệt độ của nước $20^\circ C$.



Hình 3-B-17

Bài giải

Viết phương trình Bernoulli (3-58) đối với mặt cắt 1 - 1 và 2 - 2 (hình 3-B-17), mặt chuẩn là trục ống. Vì $z_1 = z_2 = 0$, bỏ qua tổn thất cột nước, tức là lấy $h_{w1-2} = 0$ và giả thiết $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, ta sẽ có :

$$\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

Từ phương trình liên tục ta có :

$$\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2$$

$$\text{Do } \omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}; \quad \omega_2 = \frac{\pi d_2^2}{4},$$

ta được :

$$v_2 = v_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

Ký hiệu :

$$\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = h_1 - h_2 = h$$

Phương trình Bernoulli được viết dưới dạng :

$$h = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{d_1^4}{d_2^4} - 1 \right)$$

Do đó :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\frac{d_1^4}{d_2^4} - 1}}$$

Lưu lượng nước trong ống :

$$Q = \omega_1 \cdot v_1 = \frac{\pi d_1^4}{4} \sqrt{\frac{2gh}{d_1^4 - d_2^4}}$$

Trong thực tế lưu lượng nước sẽ nhỏ hơn do tổn thất cột nước mà chúng ta đã bỏ qua. Để xét đến đại lượng tổn thất, công thức để xác định lưu lượng được viết lại dưới dạng :

$$Q = \mu \frac{\pi d_1^4}{4} \sqrt{\frac{2gh}{d_1^4 - d_2^4}}, \quad (1)$$

trong đó : μ - hệ số, xét đến độ giảm lưu lượng do tổn thất cột nước .

Để tính sơ bộ gần đúng lần thứ nhất ta lấy $\mu = 0,98$. Vậy :

$$Q = 0,98 \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,2}{0,25^4 - 0,125^4}} = 0,024 \frac{m^3}{s}$$

Hệ số μ phụ thuộc vào tỷ số các đường kính d_2/d_1 và số Râyôn (với $Re = 1 \cdot 10^6$, $\mu = 0,99$; $Re = 3 \cdot 10^5$, $\mu = 0,98$) .

Với : $\frac{d_2}{d_1} = \frac{125}{250} = 0,5$; $Re = \frac{v_2 d_2}{\nu}$.

Mà : - vận tốc trong ống thu hẹp - $v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{Q}{\pi d_2^2 / 4} = \frac{0,024}{3,14 \cdot \frac{0,125^2}{4}} = 2 \frac{m}{s}$;

- độ nhớt động học theo bảng 1-4 - $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$.

Vậy :

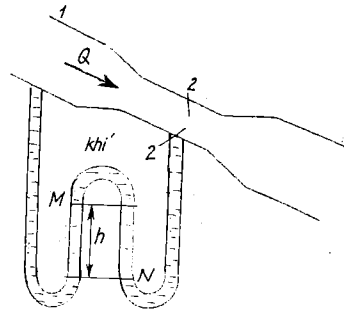
$$Re = \frac{2 \cdot 0,125}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 198000.$$

Theo số liệu nói trên ta được $\mu = 0,98$. Do vậy trị số μ lấy ở lần tính gần đúng thứ nhất là chính xác.

Lưu lượng cần tìm $Q = 0,024 m^3/s$.

Đoạn ống chuyển tiếp thuận từ ống có đường kính lớn đến ống có đường kính bé được gọi là ống Venturi.

Bài 3-B-29. Một ống Venturi dùng để đo lưu lượng gồm 2 đoạn ống ngắn có đường kính khác nhau $d_1 = 300\text{mm}$ và $d_2 = 150\text{mm}$. Hai đoạn ống được nối vào một áp kế. Cho biết độ chênh trong ống đo áp $h = 100\text{mm}$ (hình 3-B-18). Lập biểu thức tính lưu lượng Q chảy trong ống theo độ chênh h và tính Q nếu chất lỏng chảy trong ống là nước.



Hình 3-B-18

Bài giải

Hai mặt cắt ướt 1 - 1 và 2 - 2 là hai mặt phẳng, áp suất tại các điểm trên mặt cắt phân bố theo qui luật thủy tĩnh:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_M + \frac{p_M}{\gamma} \quad \text{và} \quad z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = z_N + \frac{p_N}{\gamma}.$$

Vì chất lỏng giữa MN là khí nên ta có thể xem $p_N = p_M$. Vậy:

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right) = z_M - z_N = h.$$

Viết phương trình Bernoulli (3-58), bỏ qua tổn thất cột nước, xem $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ cho đoạn dòng chảy giới hạn bởi hai mặt cắt 1 - 1 và 2 - 2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g};$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right) = h.$$

Từ phương trình liên tục ta có: $v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 = Q$. Vậy:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{\omega_2^2} - \frac{1}{\omega_1^2} \right) = \frac{Q^2}{2g} \frac{1}{\omega_2^2} \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 \right] = h;$$

$$Q = \omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} = K \sqrt{2gh}.$$

Thay số ta được:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,1}{1 - \left(\frac{0,15}{0,30} \right)^4}} = 0,0255 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 25,5 \frac{\text{l}}{\text{s}}.$$

Trên thực tế do có ma sát nên ta viết dưới dạng:

$$Q = \mu K \sqrt{2gh}$$

với μ là hệ số hiệu chỉnh lưu lượng tùy thuộc vào hình dạng ống Venturi và số Raynôn. Nếu ở khu vực bình phương sức cản μ chỉ phụ thuộc vào hình dạng ống Venturi.

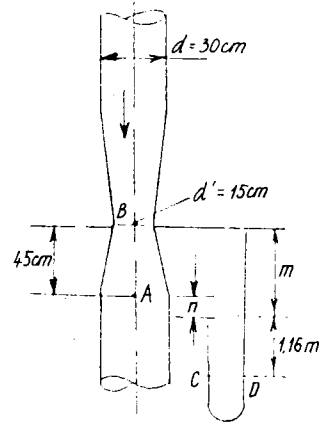
Bài 3-B-30. Nước chảy từ phía bên trong một ống Venturi với các đường kính 30cm và 15cm . Hệ số lưu lượng $\mu = 0,980$ (hình 3-B-15). Độ chênh của mực chất lỏng trong áp kế vi phân là $1,16\text{m}$, trọng lượng thể tích của chất lỏng $\gamma = 1,25 \text{ T/m}^3$.

Tính lưu lượng bằng m^3/s .

Bài giải

Lấy mặt chuẩn nằm ngang đi qua A, tức là $z_A = 0$ thì $z_B = 0,45\text{m}$.

Viết phương trình Bernoulli cho các mặt cắt ngang đi qua A và B, ta có công thức tính lưu lượng như sau :



Hình 3-B-19

$$Q = \mu \omega_B \sqrt{\frac{2g \left[\left(\frac{p_A - p_B}{\gamma} \right) - 0,45 \right]}{1 - \left(\frac{1}{2} \right)^4}}$$

Tính $\frac{\Delta p}{\gamma}$ bằng công thức tính độ chênh áp suất của áp kế vi phân.

Từ điều kiện đầu bài ta có : $\frac{p_C}{\gamma} = \frac{p_D}{\gamma}$.

$$\frac{p_A}{\gamma} + (n + 1,16) = \frac{p_B}{\gamma} + m + 1,25 \cdot 1,16;$$

Vậy :

$$\left[\left(\frac{p_A - p_B}{\gamma} \right) - (m - n) \right] = 1,16 \cdot (1,25 - 1,0);$$

$$\left[\left(\frac{p_A - p_B}{\gamma} \right) - 0,45 \right] = 0,29 \text{ m.c.n.}$$

Thay vào công thức tính Q :

$$Q = 0,980 \left(\frac{1}{4} \pi \right) (0,15)^2 \sqrt{\frac{2g \cdot 0,29}{1 - \frac{1}{16}}} = 0,0426 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Bài 3-B-31. Để đo lưu lượng nước chuyển trong ống (đường kính D), người ta lắp trên đó một thiết bị đo gọi là ống Venturi (gồm một đoạn ống thu hẹp dần và sau đó là ống mở rộng dần), tại chỗ thu hẹp có đường kính $d < D$. Cho biết các đường kính D và d (hình 3-B-20).

1- Bỏ qua tổn thất cột nước, thiết lập hệ thức:

$$Q = f(h),$$

trong đó h là chỉ số đọc được ở áp kế thủy ngân chữ U .

2- Cho $D = 200\text{mm}$, $d = 100\text{mm}$, $h = 600\text{mm}$ tính lưu lượng cho hai trường hợp :

a- Khi bỏ qua tổn thất cột nước ;

b- Khi tính đến tổn thất cột nước với hệ số lưu lượng của ống Venturi là : $\mu = 0,95$.

Bài giải

1- Sự thay đổi đường kính ống từ D đến $d < D$ sẽ dẫn đến sự thay đổi của vận tốc và cột nước đo áp và nói riêng là áp suất.

Ta chú ý đến hai mặt cắt đặc trưng của ống Venturi là 1-1 và 2-2. Phương trình liên tục được viết như sau :

$$Q = v_1 \cdot \omega_1 = v_2 \cdot \omega_2.$$

Như vậy bài toán dẫn đến việc xác định v_1 hoặc v_2 .

Áp dụng phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1-1 và 2-2 với $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, ta được :

Ta có :

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = (z_1 - z_2) \frac{p_1 - p_2}{\gamma};$$

$$z_1 - z_2 = a.$$

Với giả thiết là áp suất được phân bố trên các mặt cắt ướt 1-1 và 2-2 theo qui luật thủy tĩnh như trong ống đo áp chữ U , thì :

+ theo nhánh trái : $p_3 = p_1 + \gamma(a + b + h)$;

+ theo nhánh phải : $p_4 = p_2 + \gamma b + \gamma_1 h$.

Vì $p_3 = p_4$ (do cùng một chất lỏng là thủy ngân và cùng trên mặt đẳng áp) nên :

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = -a + \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} h = -a + (\delta_1 - 1)h,$$

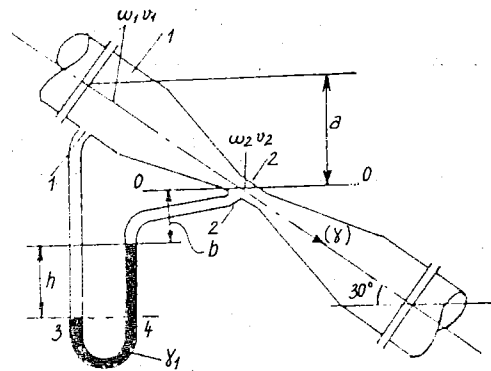
trong đó : $\delta_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma} = 13,6$ là tỷ trọng của thủy ngân.

Vậy : $\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = a - a + (\delta_1 - 1)h = (\delta_1 - 1)h.$

Từ phương trình này ta rút ra v_1 hoặc v_2 . Chẳng hạn v_1 :

$$\frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{v_2^2}{v_1^2} - 1 \right) = (\delta_1 - 1)h.$$

Theo phương trình liên tục :



Hình 3-B-20

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 = \left(\frac{D}{d} \right)^4,$$

$$\frac{v_1^2}{2g} \left[\left(\frac{D}{d} \right)^4 - 1 \right] = (\delta_1 - 1)h;$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2g(\delta_1 - 1)h}{\left(\frac{D}{d} \right)^4 - 1}};$$

do đó :

$$Q = v_1 \omega_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g(\delta_1 - 1)h}{\left(\frac{D}{d} \right)^4 - 1}};$$

$$Q = A.h^2 = f(h),$$

trong đó :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g(\delta_1 - 1)h}{\left(\frac{D}{d} \right)^4 - 1}} = \text{const.}$$

2- Tính đại lượng A :

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 10(13,6 - 1)}{\left(\frac{2}{1} \right)^4 - 1}} = 0,129 \frac{m^{2,5}}{s}.$$

a- Khi bỏ qua tổn thất cột nước, nghĩa là tính theo :

$$Q = A.h^2 = 0,129 \cdot 0,6^2 = 0,1 \frac{m^3}{s} = 100 \frac{l}{s}$$

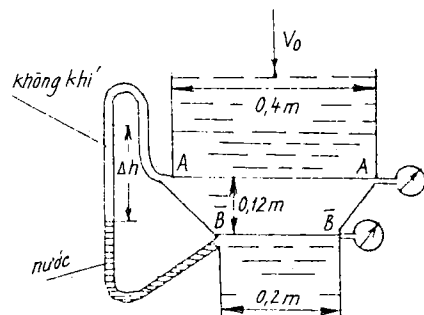
b- Trong thực tế vì có tổn thất cột nước nên:

$$Q = \mu A.h^2 = 0,95 \cdot 0,129 \cdot 0,6^2 = 0,95 \cdot 100 = 95 \frac{l}{s}.$$

Bài 3-B-32. Một ống dẫn nước thẳng đứng gồm hai đoạn ống hình chữ nhật được nối với nhau bằng một đoạn ống thu hẹp (hình 3-B-21). Đoạn trên có kích thước $0,50m \times 0,40m$, đoạn dưới có kích thước $0,50m \times 0,20m$. Vận tốc trong ống là v_0 . Tại hai mặt cắt A-A và B-B lắp 2 áp kế kim loại để đo áp suất.

1- Tìm độ chênh lệch áp suất Δp đọc được trên áp kế kim loại khi vận tốc tại A là $0,7v_0$, còn tại B là $2,3v_0$ và lưu lượng là $600 l/s$.

2- Tìm giá trị của Δh trong ống đo áp hình chữ U ngược chứa không khí cũng được nối vào các mặt cắt A và B. Cho biết $g = 10 m/s^2$.



Hình 3-B-21

Bài giải

1- Viết phương trình Becnuli cho mặt cắt A và B ta được :

$$\frac{p_A}{\gamma} + h_A + \frac{v_A^2}{2g} = \frac{p_B}{\gamma} + h_B + \frac{v_B^2}{2g}$$

$$\frac{p_A - p_B}{\gamma} = h_B - h_A + \frac{1}{2g}(v_B^2 - v_A^2);$$

hoặc

$$\frac{p_A - p_B}{\gamma} = -0,12 + \left[(2,3)^2 - (0,7)^2 \right] \frac{v_0^2}{2g},$$

$$v_0 = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,6}{0,2} = 3 \frac{m}{s};$$

hoặc

$$\frac{v_0^2}{2g} = \frac{9}{20} = 0,45 m.cn.$$

$$\frac{1}{\gamma}(p_A - p_B) = -0,12 + 4,8 \cdot 0,45 = 2,04 m.cn.$$

Độ chênh số đọc trên áp kế kim loại là :

$$\Delta p = 0,204 \frac{kG}{cm^2}.$$

2- Trong ống hình chữ nhật U ngược, trị số Δh sẽ là :

$$\begin{aligned} \Delta h &= \frac{p_A^* - p_B^*}{\gamma} = -\frac{1}{2g}(v_B^2 - v_A^2) \\ &= \frac{v_0^2}{2g} \left[(2,3)^2 - (0,7)^2 \right] = 2,16 m.cn. \end{aligned}$$

Chú thích . Các ống đo áp và áp kế không cho ta cùng giá trị vì :

+ Ống đo áp đo : $p^* = p - \rho gh$;

+ Áp kế kim loại đo : p .

Bài 3-B-33. Nước chảy trong ống A và ống B có cùng đường kính $d_1 = d_2 = d = 100mm$. Để đo độ chênh áp suất giữa hai đường ống, người ta nối vào đó một ống đo áp (hình 3-B-22). Xác định vận tốc và lưu lượng trong ống A nếu tỷ năng ở ống A và ống B bằng nhau. Biết $z = 1cm$; $Q_B = 11,8 l/s$. Cho hệ số $\alpha = 1$.

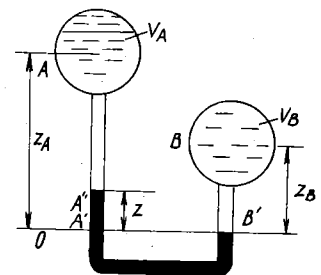
Bài giải

Xác định tỷ năng của hai ống :

- Ống A :
$$E_A = z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha v_A^2}{2g};$$

- Ống B :
$$E_B = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{\alpha v_B^2}{2g},$$

trong đó : z_A, z_B - khoảng cách từ mặt chuẩn O-O lấy từ mặt phân cách với ống B .



Hình 3-B-22

Vì $E_A = E_B$ nên :

$$\frac{\alpha v_A^2}{2g} = \left(z_B + \frac{p_B}{\gamma_n} \right) - \left(z_A + \frac{p_A}{\gamma_n} \right) + \frac{\alpha v_B^2}{2g}. \quad (1)$$

Mặt $O-O$ là mặt chuẩn, đồng thời là mặt đẳng áp nên ta có :

$$p_A = p_B;$$

$$p_A = p_A + \gamma_n(z_A - z) + \gamma_m z;$$

$$p_B = p_B + \gamma_n z_n.$$

Cân bằng đẳng thức và chia hai vế cho γ_n , ta có :

$$\left(z_B + \frac{p_B}{\gamma_n} \right) - \left(z_A + \frac{p_A}{\gamma_n} \right) = -\frac{\gamma_m - \gamma_n}{\gamma_n} z. \quad (2)$$

Lấy $\alpha = 1$, thay biểu thức (2) vào biểu thức (1) ta được :

$$\frac{v_A^2}{2g} = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{\gamma_m - \gamma_n}{\gamma_n} z. \quad (3)$$

Vì : $v_B = \frac{Q_B}{\omega_B}$ nên :

$$v_A = \sqrt{2g \left[\frac{16Q_B^2}{2g(\pi d^2)^2} - \left(\frac{\gamma_m - \gamma_n}{\gamma_n} \right) z \right]} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9,81 \left[\frac{16 \cdot 0,0118^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (3,14 \cdot 0,1^2)^2} + \left(\frac{13,6 - 1}{1} \right) 0,01 \right]} = 2,17 \frac{m}{s},$$

$$Q_A = v_A \cdot \omega_A = v_A \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 2,17 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,017 \frac{m^3}{s}.$$

Bài 3-B-34. Một kênh có mặt cắt hình chữ nhật $b_1=12m$; $h_1=3m$, đáy nằm ngang. Trên kênh có một đoạn thu hẹp với chiều rộng $b_2=8m$. Bỏ qua tổn thất cột nước, tính độ sâu và vận tốc tại phần co hẹp của kênh (h_2, v_2). Cho biết vận tốc nước chảy trong đoạn kênh không thu hẹp $v_1=0,5m/s$ (hình 3-B-23).

Bài giải

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 1-1 và 2-2 đối với mặt chuẩn nằm ngang đi qua đáy kênh $O-O$ (hình 3-B-23) :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_w,$$

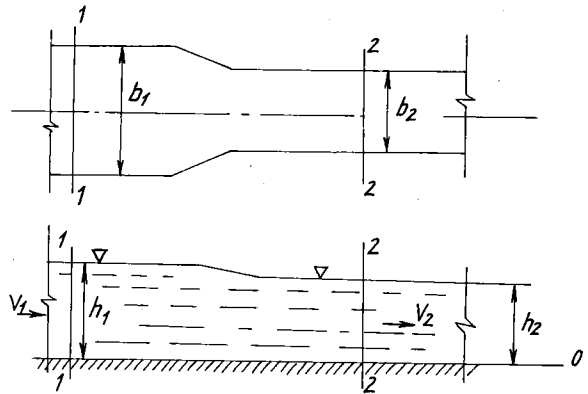
trong đó : $z_1 = z_2 = 0$; $h_w = 0$ nên : $\frac{p_1}{\gamma} = h_1$ và $\frac{p_2}{\gamma} = h_2$.

Viết phương trình liên tục :

$$Q = \omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 = b_1 h_1 v_1 = b_2 h_2 v_2.$$

Từ đó :

$$h_2 = \frac{b_1 h_1 v_1}{b_2 v_2}. \quad (1)$$



Hình 3-B-23

Phương trình Becnuli được viết dưới dạng :

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g},$$

hoặc

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{b_1 h_1 v_1}{b_2 v_2} + \frac{v_2^2}{2g}.$$

(2)

Thay số vào phương trình (2), ta được :

$$3 + \frac{0,5^2}{2 \cdot 19,81} = \frac{12 \cdot 3 \cdot 0,5}{8 \cdot v_2} + \frac{v_2^2}{2 \cdot 19,81}.$$

Giải ra được $v_2 = 0,75 \text{ m/s}$.

Thay trị số của v_2 vào phương trình (1) được :

$$h_2 = \frac{12 \cdot 3 \cdot 0,5}{8 \cdot 0,75} = \frac{18}{6} = 3 \text{ m}.$$

Bài 3-B-35. Từ bể lắng cát nằm ngang nước đi ra kênh dẫn qua một đoạn chuyển tiếp thu hẹp có tường lượn tròn (hình 3-B-24). Chiều rộng bể lắng cát $B = 3 \text{ m}$. Lưu lượng nước thải $Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ với vận tốc của nước $v_1 = 0,3 \text{ m/s}$. Xác định chiều sâu mực nước trong kênh dẫn h_2 , nếu chiều rộng của nó $b = 0,8 \text{ m}$.

Bài giải

Viết phương trình Becnuli cho mặt cắt 1-1 và 2-2 đối với mặt phẳng nằm ngang $O-O$ đi qua đáy bể lắng cát. Khoảng cách giữa các mặt cắt 1-1 và 2-2 tương đối ngắn, vì thế đáy của kênh ở đoạn này có thể xem là nằm ngang và trùng với mặt phẳng $O-O$. Do đó $z_1 = z_2 = 0$. Bỏ qua tổn thất cột nước, tức là lấy $h_{w1-2} = 0$. Ta có :

$$\frac{p_1}{\rho g} = h_1 \quad \text{va} \quad \frac{p_2}{\rho g} = h_2.$$

Chiều sâu mực nước trong bể lắng cát :

$$h_1 = \frac{Q}{v_1 B} = \frac{0,9}{0,3 \cdot 3} = 1 \text{ m}.$$

Vận tốc chuyển động của nước trong kênh :

$$v_2 = \frac{Q}{h_2 \cdot b}.$$

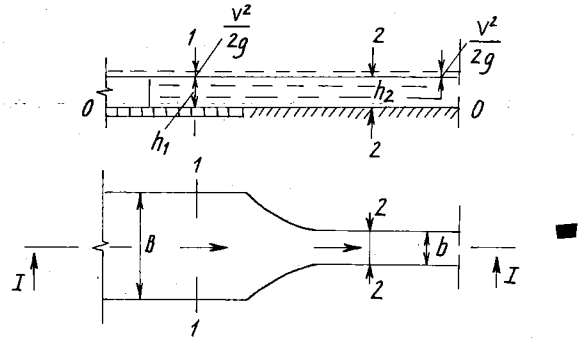
Phương trình Becnuli được viết dưới dạng :

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = h_2 + \frac{Q^2}{2gh_2^2 b^2}. \quad (1)$$

Thay vào phương trình (1) ta được :

$$1 + \frac{0,3^2}{2 \cdot 9,81} = h_2 + \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81 \cdot h_2^2 \cdot 0,8^2};$$

$$1 = h_2 + \frac{0,064}{h_2^2};$$



Hình 3-B-24

Ta được phương trình bậc 3 :

$$h_2^3 - h_2^2 + 0,064 = 0. \quad (2)$$

Để giải bằng phương pháp đồ thị phương trình (2) ta viết nó dưới dạng :

$$h_2^3 - h_2^2 + 0,064 = \Delta \quad (3)$$

và vẽ đồ thị quan hệ Δ và h_2 . Từ đồ thị ta được $\Delta = 0$ khi $h_2 = 0,93m$. Đây chính là chiều sâu cần tìm của kênh.

Bài 3-B-36. Cho một đoạn ống nằm ngang, trên ống chỗ thu hẹp (mặt cắt C-C, hình 3-B-25). Giả thiết chất lỏng là lý tưởng. Cho $H = const$, $Q = const$. Vẽ đường năng và đường đo áp cho 3 trường hợp :

$$\omega_c > \frac{Q}{\sqrt{2gH}}; \quad \omega_c = \frac{Q}{\sqrt{2gH}}; \quad \omega_c < \frac{Q}{\sqrt{2gH}}.$$

Chỉ rõ khi nào trong ống có chân không.

Bài giải

1- Vẽ đường đo áp :

+ Khi $\omega_c > \frac{Q}{\sqrt{2gH}}$ tức là $H > \frac{Q^2}{\omega_c^2 2g}$ do

đó $H - \frac{Q^2}{\omega_c^2 2g} = h_{du} > 0$ (đường 1);

+ Khi $\omega_c = \frac{Q}{\sqrt{2gH}}$ tức là $H = \frac{Q^2}{\omega_c^2 2g}$ do đó $H - \frac{Q^2}{\omega_c^2 2g} = 0$; $h_{du} = 0$ (đường 2);

+ Khi $\omega_c < \frac{Q}{\sqrt{2gH}}$ tức là $H < \frac{Q^2}{\omega_c^2 2g}$ do đó $H - \frac{Q^2}{\omega_c^2 2g} < 0$; ($h_{du} < 0$) $\Rightarrow h_{ckh}$ (đường 3).

Do đó xuất hiện chân không trong ống .

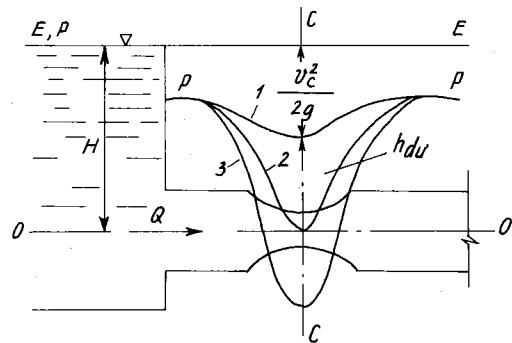
2- Đường năng : vì chất lỏng là lý tưởng nên đường năng là một đường nằm ngang (đường E-E).

Bài 3-B-37. Một ống xi phông có đường kính $d = 100mm$ được dùng để tháo nước từ bể chứa hở vào không khí. Đỉnh xi phông cao hơn mực nước trong bể $h = 4m$ (hình 3-B-26) . Cho biết $p_a = 10^5 Pa$; $g = 10m/s^2$. Bỏ qua tổn thất cột nước .

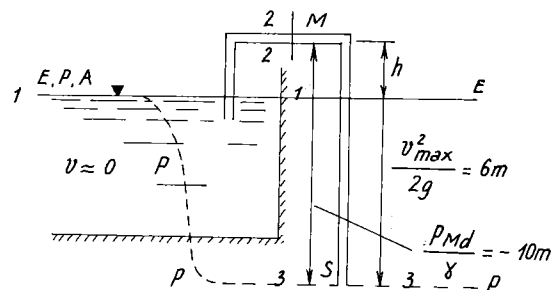
1- Nếu áp suất tuyệt đối trong ống được xem là bằng không ($p_{min} = 0$), tính lưu lượng tháo lớn nhất .

2- Lúc đó miệng ra của ống xi phông phải ở độ cao nào ?

3- Vẽ đường năng và đường đo áp .



Hình 3-B-25



Hình 3-B-26

Bài giải

1- Tại đỉnh xi phông áp suất là nhỏ nhất. Áp dụng phương trình Becnuli cho hai mặt cắt 1-1 (mặt nước trong bể chứa) và 2-2 (đỉnh xi phông), ta có :

$$z_1 + \frac{p_a}{\gamma} + 0 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g},$$

trong đó p_2 - áp suất tuyệt đối tại mặt cắt 2-2, vì đã lấy $p_1 = p_a$ là áp suất tuyệt đối tại 1-1. Vì p_2 đã được giả thiết là bằng không nên :

$$v = \sqrt{2g\left(z_1 - z_2 + \frac{p_a}{\gamma}\right)} = \sqrt{2g\left(-h + \frac{p_a}{\gamma}\right)} = \sqrt{2 \cdot 10 \left(-4 + \frac{10^5}{10^3 \cdot 10}\right)} = \sqrt{120} = 10,95 \frac{m}{s}.$$

$$Q = v \cdot \omega = v \frac{\pi d^2}{4} = 10,95 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,10^2}{4} = 0,086 \frac{m^3}{s} = 86 \frac{l}{s}$$

2- Để xác định cao độ miệng ra của ống xi phông khi $Q = Q_{max} = 86 \text{ l/s}$, viết phương trình Becnuli cho mặt cắt 1-1 và 3-3 (lấy áp suất dư $p_1 = p_3 = 0$) :

$$z_1 + 0 + 0 = z_3 + 0 + \frac{v^2}{2g}.$$

Từ đó :

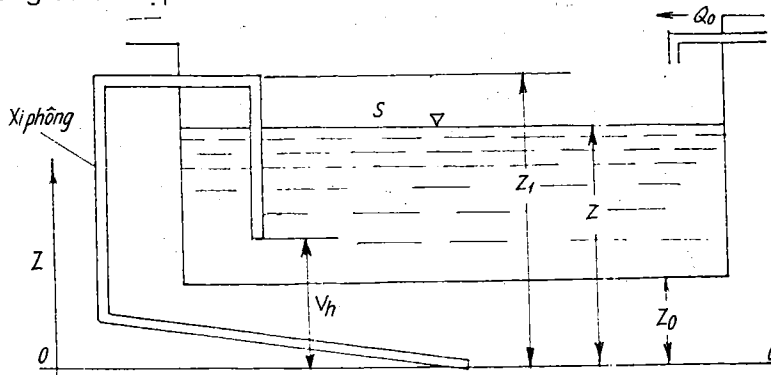
$$z_3 - z_1 = -\frac{v^2}{2g} = -\frac{120}{2 \cdot 10} = -6m.$$

Vậy miệng ra của xi phông nằm thấp hơn mặt nước trong bể 6m.

3- Đường năng $E-E$ và đường đo áp $P-P$ được thể hiện trên hình (3-B-26) .

Bài 3-B-38. Một bể hình trụ thẳng đứng mặt cắt ngang $S = 20m^2$ được cấp thường xuyên một lưu lượng nước không đổi $Q_0 = 30 \text{ l/s}$ (hình 3-B-27). Người ta lấy nước ra khỏi bể bằng một ống xi phông có mặt cắt miệng ra $\omega = 7,85 \cdot 10^{-3} m^2$. Mặt phẳng nằm ngang đi qua tâm miệng ra của xi phông được lấy làm gốc tính các cao độ z . Cho các cao độ như sau :

- Đáy bể $z = z_0$; đỉnh xi phông $z = z_1 = +3m$;
- Miệng hút của xi phông $z = h$. Bỏ qua tổn thất cột nước trong xi phông. Tại miệng ra của xi phông không có co hẹp bên .



Hình 3-B-27

1- Với cao độ ban đầu của nước trong bể là z_1 và xi phông làm việc (tháo nước ra ngoài), hãy xác định về mặt định tính sự thay đổi của mực nước trong bể (z) theo thời gian (t). Sự thay đổi này có phụ thuộc l hay không? Tính trị số phân giới của h .

2- Với cao độ mực nước ban đầu trong bể là z_1 và xi phông làm việc với $h = 2m$ và $z_0 = 0,5m$:

- Hãy viết phương trình vi phân của z đối với t cho hai quá trình:

+ Quá trình nước hạ xuống;

+ Quá trình nước dâng lên.

- Vẽ định tính đường biểu diễn $z = z(t)$ cho hai quá trình trên.

Bài giải

1- Lưu lượng tháo ra khi $z = z_1 = 3m$:

$$Q = \omega \sqrt{2gz^*} = 0,06 \frac{m^3}{s} = 60 \frac{l}{s}.$$

Xi phông vẫn liên tục làm việc thì nước trong bể sẽ hạ thấp dần (do đó lưu lượng tháo ra Q cũng sẽ giảm theo) cho đến $Q = Q_0$ thì ngừng lại ở mực nước $z = z^*$. Tính z^* :

Từ
$$Q = Q_0 = \omega \sqrt{2gz^*}$$

Ta được:
$$z^* = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{\omega} \right)^2 = 0,744m.$$

Có thể xảy ra hai trường hợp:

a- $h \leq z^*$ - mực nước hạ từ z_1 xuống z^* rồi dừng lại và ổn định.

b- $h > z^*$ - mực nước hạ từ z_1 đến $z = h$ thì xi phông ngừng làm việc do miệng ống hút của nó bị hở ra. Chỉ khi có Q_0 bổ sung, nước dâng lên cho đến z_1 thì xi phông mới trở lại làm việc và sự dao động của nước lại bắt đầu một chu kỳ mới. Trong trường hợp này, mực nước luôn thay đổi theo thời gian, với $h \leq z \leq z_1$.

Rõ ràng, trị số phân giới của h là $h_c = z^* = 0,744m$.

2- Vì $z_1 = +3m$; $h = 2m > z^*$ nên ta thường có trường hợp b.

+ Phương trình vi phân:

- Nước hạ xuống: mực nước trong bể thay đổi một lượng dz trong thời gian dt . Ta có phương trình cân bằng thể tích nước:

$$Sdz = -Q_0 dt = Q_0 dt - \omega \sqrt{2gz} dt,$$

hoặc:
$$\frac{dz}{dt} = 0,0015 - 0,00174\sqrt{z}$$

với z tính bằng m , t tính bằng sec .

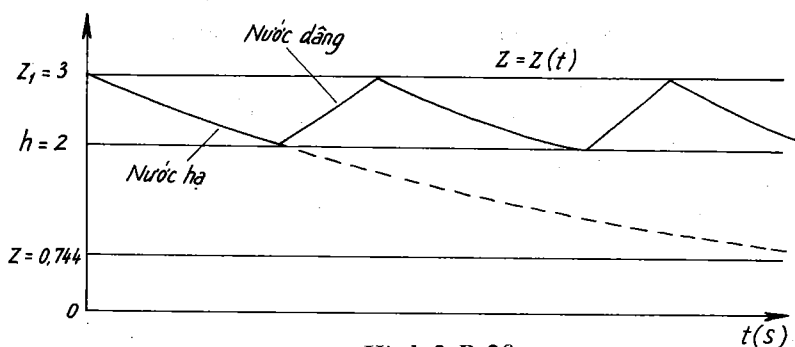
- Nước dâng lên: $Q = 0$ nên phương trình trở thành:

$$Sdz = Q_0 dt.$$

Từ đó:
$$\frac{dz}{dt} = 0,0015m \frac{m}{s}.$$

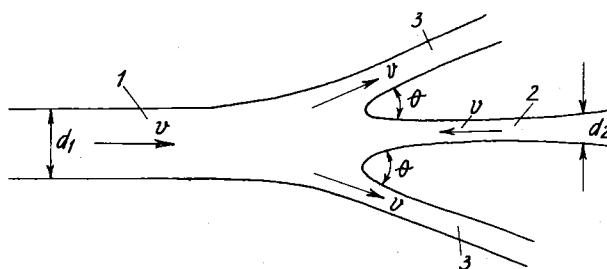
Quan hệ giữa z và t là tuyến tính.

+ Vẽ đường biểu diễn $z = z(t)$:



Hình 3-B-28

Bài 3-B-39. Hai luồng chất lỏng cùng vận tốc, ngược chiều, có đường kính d_1 và d_2 đập vào nhau (hình 3-B-29). Lập biểu thức liên hệ giữa góc θ và đường kính d_1 và d_2 .



Hình 3-B-29

Bài giải

Chọn chiều trục z trùng với trục dòng, từ trái sang phải. Viết phương trình động lượng cho thể tích kiểm tra giới hạn của đoạn dòng tia trong phạm vi 1, 2 và 3 :

$$-\rho Q_1 v + \rho Q_2 v + \rho Q_3 v \cos \theta = 0,$$

hoặc :

$$-\rho \omega_1 v^2 + \rho \omega_2 v^2 + \rho v^2 \cos \theta (\omega_1 + \omega_2) = 0,$$

rút ra :

$$\omega_2 (1 + \cos \theta) = \omega_1 (1 - \cos \theta).$$

Biết :

$$\omega_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}; \quad \omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}.$$

Vậy :

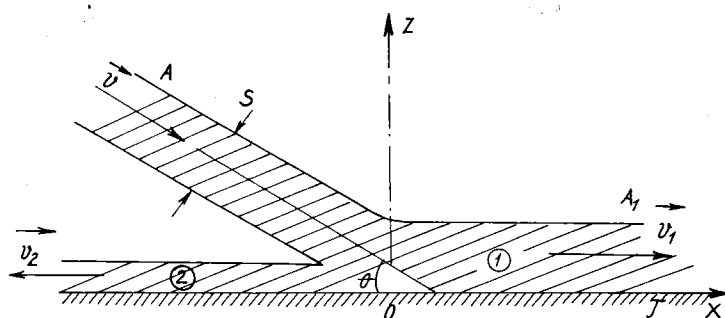
$$\left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 = \frac{1 - \cos \theta}{1 + \cos \theta}.$$

Bài 3-B-40. Có một tia nước với vận tốc $v = 30 \text{ m/s}$ và mặt cắt vuông góc $\omega = 20 \text{ cm}^2$. Bỏ qua lực cản và trọng lực. Coi dòng nước là chất lỏng lý tưởng không nén được có khối lượng thể tích $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Áp suất không khí là p_a . Dòng tia phun thẳng vào tấm phẳng cố định nằm ngang T_1 và tạo một góc θ với tấm phẳng này và chia thành hai dòng 1 và 2 với vận tốc v_1 và v_2 cùng hướng Ox , ngược chiều và song song với tấm T_1 (hình 3-B-30).

a- Chứng minh $v = v_1 = v_2$.

b- Góc θ bằng bao nhiêu để lưu lượng dòng tia 1 là Q_1 gấp 3 lần lưu lượng tia 2 là Q_2 .
Hãy tính Q_1 và Q_2 .

c- Với các điều kiện trên tính lực F_I của dòng nước tác dụng lên tấm phẳng.



Hình 3-B-30

Bài giải

a- Viết phương trình Bernouli :

+ Cho đường dòng song song với Ox :

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gz = p_0 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gz;$$

$$\text{hay : } v_1 = v_2.$$

+ Cho đường dòng $A - A_1$:

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v^2 \cong p_0 + \frac{1}{2} \rho v_1^2;$$

$$\text{hay : } v \cong v_1$$

Từ đó suy ra : $v \cong v_1 = v_2$.

(1)

b- Tính Q_1 và Q_2 :

+ Từ phương trình bảo toàn lưu lượng :

$$Q_1 + Q_2 = Q = \omega.v .$$

(2)

+ Viết phương trình động lượng cho các mặt cắt của đoạn dòng tia đang xét, ta được :

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{F}_{at} = \rho Q_1 \vec{v}_1 + \rho Q_2 \vec{v}_2 - \rho Q \vec{v},$$

(3)

trong đó : $\vec{P}$ - trọng lượng của nước (bỏ qua);

$\vec{F}$ - phản lực của tấm T_I lên dòng nước ;

$\vec{F}_{at}$ - áp lực khí quyển (cho bằng 0).

Do lực $\vec{F}$ vuông góc với tấm T_I (không có lực ma sát và chất lỏng lý tưởng) nên chiếu phương trình (3) lên trục toạ độ Ox ta được :

$$\rho Q_1 v_1 - \rho Q_2 v_2 - \rho Q v \cos \theta = 0.$$

Với điều kiện (1) ta có :

$$Q_1 - Q_2 = Q \cos \theta .$$

(4)

Giải chung (2) và (4) :

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{1}{2} \omega \cdot v \cdot (1 + \cos \theta); \\ Q_2 &= \frac{1}{2} \omega \cdot v \cdot (1 - \cos \theta). \end{aligned} \quad (5)$$

Tỷ số lưu lượng bằng 3, nếu :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta} = 3,$$

nghĩa là $\cos \theta = \frac{1}{2}$ hay $\theta = 60^\circ$.

+ Theo (5) lưu lượng của các tia là :

$$Q_1 = \frac{3}{4} \omega \cdot v = 45 \frac{l}{s}; \quad Q_2 = \frac{1}{4} \omega \cdot v = 15 \frac{l}{s}.$$

hoặc bằng $3/4$ và $1/4$ lưu lượng Q ($Q = 60 \text{ l/s}$). Suy ra $\omega_1 = 3 \omega_2$.

3- Chiếu phương trình (3) lên trục Oz :

$$F = \rho Q v \sin \theta = \rho \omega v^2 \sin \theta.$$

Vậy lực của dòng nước tác dụng lên tấm :

$$F_1 = -\rho \omega v^2 \sin \theta.$$

Thay số ta được :

$$|F_1| = 1559 \text{ N}.$$

Bài 3-B-41. Một tia chất lỏng lý tưởng phun thẳng đứng đứng từ vòi phun có đường kính d_0 và vận tốc v_0 vào một tấm cong gồm hai cung tròn nối với nhau tại điểm O_1 và đứng yên ở vị trí cân bằng dưới tác dụng của dòng tia (hình 3-B-31).

Góc giữa phương của v_0 và vận tốc của ra v_2 là α . Khối lượng của tấm là m . Tìm chiều cao h để tia của dòng phun nâng tấm chắn lên vị trí cân bằng. Cho $\alpha = 150^\circ$, $v_0 = 9,81 \text{ m/s}$, $d_0 = 0,05 \text{ m}$, $m = 25 \text{ kg}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

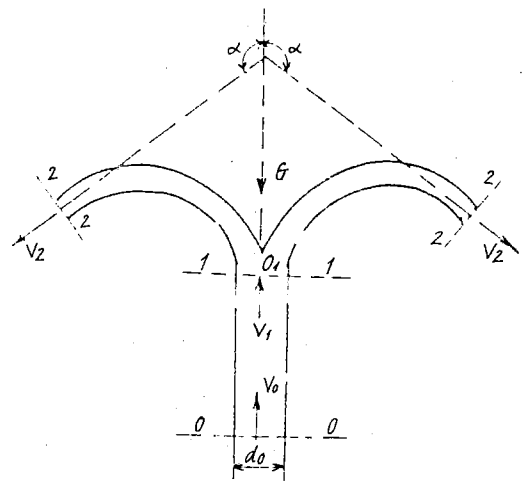
Giả thiết rằng vận tốc của dòng chảy, v_2 bằng vận tốc của dòng tia tại O_1 là v_1 .

Bài giải

Viết phương trình động lượng cho các mặt cắt 1-1 và 2-2 và chiếu lên phương thẳng đứng :

$$\begin{aligned} -\rho Q v_1 + 2\rho \frac{Q}{2} v_2 \cos \alpha &= -P; \\ P &= \rho Q v_1 (1 - \cos \alpha). \end{aligned} \quad (1)$$

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 0-0 và 1-1, lấy 0-0 làm chuẩn :



Hình 3-B-31

hay
$$\frac{v_0^2}{2g} = h + \frac{v_1^2}{2g} \quad (2)$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

Gọi trọng lượng của tấm là G . Ta có $G = mg$. Khi tấm đứng cân bằng thì $P = G$ hay:

$$G = \rho Q v_1 (1 - \cos \alpha)$$

Vậy :
$$v_1 = \frac{4mg}{\rho \pi d_0^2 (1 - \cos \alpha) \cdot v_0} \quad (3)$$

Với :
$$Q = \frac{\pi d_0^2}{4} v_0.$$

Thay (3) vào (4), ta được :
$$h = \frac{v_0^2}{2g} - 8 \left[\frac{m}{\rho \pi d_0^2 (1 - \cos \alpha)} \right]^2 \frac{g}{v_0^2} \quad (4)$$

Với số liệu đã cho, tính ra :

$$h = 2,53 \text{ m.}$$

Bài 3-B-42. Một dòng tia có lưu lượng Q_0 , diện tích S , đập vào một tấm chắn tròn nhẵn cố định (hình 3-B-32). Bỏ qua tổn thất cột nước và trọng lượng khối chất lỏng. Xác định lực đẩy của tia nước lên tấm chắn.

Bài giải

Xét khối chất lỏng nằm trong thể tích kiểm tra như hình vẽ. Khối chất lỏng chịu tác dụng của ngoại lực sau :

+ Trọng lượng G ;

+ Áp lực tại các mặt cắt 1-1, 2-2 và 3-3. Dòng chảy tại 3 mặt cắt trên là dòng tia nên áp suất tại tâm bằng áp suất khí trời, áp lực dư $P = p_0 S = 0$.

+ Phản lực $\vec{F}$ của tấm chắn tác dụng lên chất lỏng (vì tấm chắn trơn nhẵn nên nếu chọn hệ toạ độ như hình vẽ, lực F chỉ có thành phần F_x , còn $F_y = 0$). áp dụng phương trình động lượng :

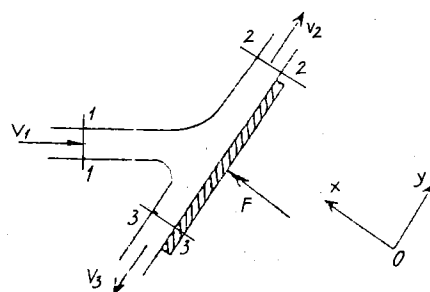
$$\sum \vec{F} = \vec{F} = \rho(Q_2 \alpha_{02} \vec{v}_2 + Q_3 \alpha_{03} \vec{v}_3 + Q_1 \alpha_{01} \vec{v}_1).$$

Xem vận tốc phân bố đều trên mặt cắt ướt nên : $\alpha_{01} = \alpha_{02} = \alpha_{03} = 1$.

Phương trình Becnuli viết cho một đường dòng đi từ 1-1 đến 2-2 và một đường dòng đi từ 1-1 đến 3-3 là :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g};$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g}.$$



Hình 3-B-32

Bỏ qua trọng lượng nên $z = 0$; do đó: $p_1 = p_2 = p_3 = p_a$ và $v_1 = v_2 = v_3 = v_0 = \frac{Q_0}{S}$.

Chiếu phương trình động lượng lên trục Ox :

$$F_x = \rho (0 + 0 + Q_0 v_0 \sin \alpha) = \rho Q_0 v_0 \sin \alpha.$$

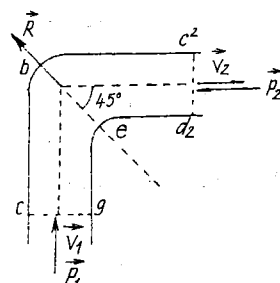
Vậy lực $\vec{F}$ cùng chiều với trục x . Gọi $\vec{R}$ là lực đẩy của tia nước lên tấm chắn:

$$\vec{R} = -\vec{F}$$

Bài 3-B-43. Một khuỷu ống 90° nằm ngang, đường kính ống $d = 200\text{mm}$, chứa đầy nước với áp suất dư trung bình $p = 6 \cdot 10^5 \text{Pa}$ (hình 3-B-33).

1- Tính hợp lực của các lực nằm ngang tác dụng lên khuỷu nếu vận tốc dòng chảy có thể bỏ qua.

2- Hợp lực này sẽ là bao nhiêu khi vận tốc không thể bỏ qua được? Cho biết lưu lượng $Q = 160 \text{l/s}$, $\rho = 10^3 \text{kg/m}^3$, $g = 10 \text{m/s}^2$, bỏ qua tổn thất ma sát.



Hình 3-B-33

Bài giải

1- Áp dụng phương trình cân bằng lực cho thể tích được bao bởi mặt kiểm tra kín $abcdeg$, ta có:

$$\vec{F} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{R} + \vec{G} = 0, \quad (1)$$

trong đó: $\vec{G}$ - trọng lượng thể tích chất lỏng được xét;

$\vec{P}_1, \vec{P}_2$ - áp lực (được xem là áp lực thủy tĩnh) tác dụng lên hai mặt cắt vào và ra;

$\vec{R}$ - phản lực từ thành bên của khuỷu tác dụng lên chất lỏng.

Ta có: $P_1 = P_2 = pS = 6 \cdot 10^5 \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 18840 \text{N}$.

Vì $\vec{R} = \vec{R}_{\text{ngang}}$ nên theo phương nằm ngang ta có:

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{R}_{\text{ngang}} = 0.$$

Từ đó: $-\vec{R}_{\text{ngang}} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$.

Vậy độ lớn của $\vec{R}_{\text{ngang}}$ là: $R_{\text{ngang}} = \sqrt{P_1^2 + P_2^2} = P_1 \sqrt{2} = 26640 \text{N}$.

Lực mà chất lỏng tác dụng lên khuỷu sẽ là:

$$\vec{P}_{\text{ngang}} = -\vec{R}_{\text{ngang}}$$

Lực này hướng ra ngoài theo đường phân giác của góc vuông.

2- Trong trường hợp không thể bỏ qua các vận tốc thì phương trình (1) phải được bổ sung vào về phải lượng biến đổi của động lượng:

$$F = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{R}' + \vec{G} = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_1). \quad (2)$$

Theo phương nằm ngang, từ (2) ta có:

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{R}'_{\text{ngang}} = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_1),$$

do đó:

$$-\vec{R}_{\text{ngang}} = \rho Q(\vec{v}_1 - \vec{v}_2) + \vec{P}_1 + \vec{P}_2$$

Các vectơ $\rho Q \vec{v}_1$; $-\rho Q \vec{v}_2$ lần lượt có cùng phương và chiều với $\vec{P}_1$; $\vec{P}_2$ và có độ lớn

bằng nhau (do $v_1 = v_2 = v$), vì vậy $\bar{R}'_{ngang}$ cũng có phương chiều như $\bar{R}_{ngang}$. Về độ lớn, ảnh hưởng của dòng chảy được thể hiện ở lượng tăng của $\bar{R}'_{ngang}$ so với $\bar{R}_{ngang}$.

$$\bar{R}'_{ngang} - \bar{R}_{ngang} = \rho Q v \sqrt{2};$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4,0,16}{3,14 \cdot 0,2^2} = 5,09 \frac{m}{s};$$

$$\rho Q v \sqrt{2} = 10^3 \cdot 0,165 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{2} = 1150 N.$$

Lượng thêm này khá nhỏ so với R_{ngang} . Cộng lại ta được :

$$\bar{R}'_{ngang} = 26640 + 1150 = 27790 N.$$

Bài 3-B-44. Một ống dẫn dầu nằm ngang, cong một góc 45° , đường kính thay đổi từ $D_1=500mm$ sang $D_2=250mm$. Lưu lượng chảy trong ống là $Q = 0,45 m^3/s$ áp suất dư tại A là $p_A=40 kN/m^2$ (hình 3-B-34).

Xác định lực nằm ngang tác dụng lên thành ống. Bỏ qua tổn thất cột nước.

Bài giải

Viết phương trình Bernoulli cho khối chất lỏng giới hạn bởi hai mặt cắt 1-1 và 2-2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g},$$

với $z_1 = z_2$; $p_1 = p_A = 40 \frac{kN}{m^2}$, ta có :

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = 2,292 \frac{m}{s};$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = 9,167 \frac{m}{s}.$$

Vậy :

$$\frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g};$$

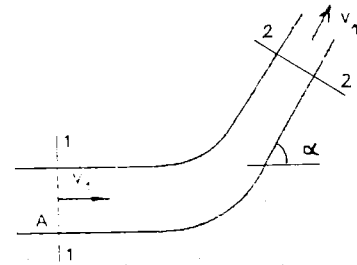
$$p_2 = p_1 + \frac{(v_1^2 - v_2^2) \rho}{2};$$

$$p_2 = 40 + \frac{(2,29 - 9,167)^2 \cdot 0,85 \cdot 1000}{2} = 6,52 \frac{kN}{m^2}.$$

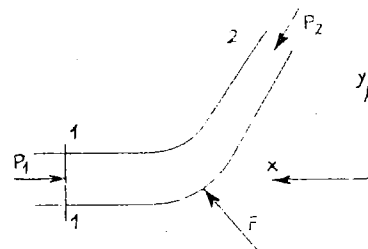
Các lực tác dụng :

- + Trọng lực $\vec{G}$ thẳng đứng ;
- + Áp lực tại mặt cắt 1-1 là $\vec{P}_1$:

$$P_1 = p_1 \omega_1 = 40 \cdot \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} = 7,885 kN.$$



Hình 3-B-34



Hình 3-B-35

+ Áp lực tại mặt cắt 2 - 2 là $\bar{P}_2$:

$$P_2 = p_2 \omega_2 = 6,52 \frac{\pi 0,25^2}{4} = 0,326 kN$$

+ Phản lực của thành ống $\vec{F}$.

Viết phương trình động lượng cho đoạn dòng chảy giữa hai mặt cắt 1-1 và 2 - 2 với giả thiết $\alpha_{01} = \alpha_{02} = 1$.

$$\vec{G} + \vec{F} + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

Chiếu lên phương x, y nằm ngang :

$$F_x - P_1 + P_2 \cos \alpha = \rho Q(-v_2 \cos \alpha + v_1);$$

$$F_y - P_2 \sin \alpha = \rho Q v_2 \sin \alpha;$$

$$F_x = P_1 - P_2 \cos \alpha - \rho Q(v_2 \cos \alpha - v_1);$$

$$F_y = P_2 \sin \alpha + \rho Q v_2 \sin \alpha.$$

$$F_x = 6,02 kN;$$

Thay số, ta được :

$$F_y = 2,7 kN.$$

Vậy lực tổng hợp F có phương chiếu như hình (3-B-35) .

$$\vec{R} = -\vec{F};$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 6,6 kN;$$

Lực đẩy :

$$\tan \theta = \frac{F_x}{F_y} = \frac{2,67}{6,02} = 0,45;$$

$$\theta = 24^\circ.$$

Bài 3-B-45. Đầu vòi phun chữa cháy, có đường kính đầu vào $D = 80 mm$, được vít chặt vào ống hình trụ có đường kính cũng bằng $80 mm$. Khi đầu ra của vòi mở, lưu lượng nước thoát ra là $Q = 40 l/s$. Xác định :

1- Cột nước làm việc của vòi .

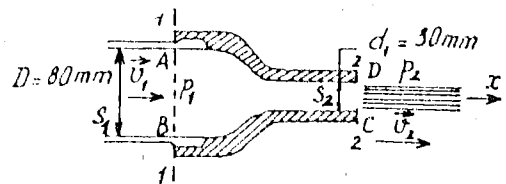
2- Hợp lực của các lực tác dụng lên vít (lực này có khuynh hướng làm cho đầu vòi bật ra khỏi ống).

Tính với hai trường hợp :

a- Khi đầu ra của vòi mở ;

b- Khi đầu ra của vòi đóng .

Bỏ qua trọng lượng nước và tổn thất cột nước trong đoạn đầu vòi. Lấy $g = 10 m/s^2$.



Hình 3-B-36

Bài giải

1- Viết phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1-1 và 2 - 2 , ta có :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}.$$

+ $z_1 \cong z_2$ vì đoạn đầu vòi ngắn ;

+ $p_2 = 0$ vì luồng nước được phun vào không khí .

Cột nước làm việc của vòi (H), do đó, được tính như sau :

$$H = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g};$$

$$v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{4.0,04}{3.14.0,03^2} = 56,6 \frac{m}{s};$$

$$H = \frac{56,6^2}{2.10} = 160 mc.n.$$

2- Viết phương trình động lượng cho thể tích nước $ABCD$ trong đầu vòi :

$$\vec{F} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{R} = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_1).$$

Tất cả các lực này đều song song với trục của đầu vòi, trong đó $\vec{R}$ là phản lực của đầu vòi tác dụng lên chất lỏng, còn $\vec{P}_2 = 0$ (do $P_2 = p_2 \omega_2 = 0$).

Chiếu phương trình lên trục của đầu vòi (x), ta được :

$$F_x = P_1 + R = \rho Q(v_2 - v_1).$$

Do đó : $-R = P_1 - \rho Q(v_2 - v_1) = p_1 \omega_1 - \rho Q(v_2 - v_1),$ (1)

v_1 và v_2 được chứa trong phương trình :

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g}. \quad (2)$$

Tiếp tục biến đổi :

+ Từ (1) : $-R = p_1 \omega_1 - \rho Q^2 \left(\frac{1}{\omega_2} - \frac{1}{\omega_1} \right).$ (3)

+ Từ (2) : $\frac{Q^2}{2} \left(\frac{1}{\omega_2^2} - \frac{1}{\omega_1^2} \right) = \frac{gp_1}{\gamma} = \frac{p_1}{\rho}.$

Do đó : $Q^2 = \frac{2p_1}{\rho} \frac{\omega_1^2 \omega_2^2}{\omega_1^2 - \omega_2^2}.$ (4)

Thay Q^2 từ (4) vào (3) ta có kết quả cuối cùng :

$$-R = p_1 \omega_1 \left(1 - \frac{2\omega_2}{\omega_1 + \omega_2} \right) = p_1 \omega_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1 + \omega_2}. \quad (5)$$

Do $\omega_1 > \omega_2$ nên từ (5) ta thấy $-R > 0$ nên lực cần tìm (lực nước tác dụng lên đầu vòi) có chiều từ trái qua phải. Ta tính độ lớn của lực này :

a- Khi đầu ra của vòi mở :

$$\omega_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14.0,08^2}{4} = 5,02.10^{-3} m^2;$$

$$v_1 = v_2 \frac{\omega_2}{\omega_1} = v_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2 = 56,6 \left(\frac{3}{8} \right)^2 = 7,96 \frac{m}{s};$$

$$\omega_2 = \omega_1 \left(\frac{d}{D} \right)^2 = 0,707.10^{-3} m^2$$

Từ phương trình xác định cột nước làm H việc của vòi , ta có :

$$\frac{p_1}{\gamma} = H - \frac{v_1^2}{2g} = 160 - \frac{7,96^2}{2 \cdot 10} = 156,86 \text{ m.c.n.}$$

Do đó, từ (5) ta tính được :

$$-R = 156,86 \cdot 10^4 \cdot 5,02 \cdot 10^{-3} \frac{5,02 - 0,707}{5,02 + 0,707} = 5930 \text{ N.}$$

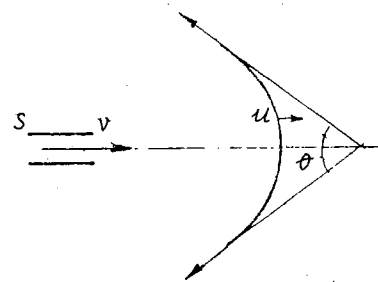
b- Khi đầu ra của vòi đóng - tương tự cho $\omega_2 = 0$ trong phương trình (5), khi đó ta có :

$$-R = p_1 \omega_1;$$

$$\frac{p_1}{\gamma} = H \text{ do } v_1 = 0.$$

Ta tính được : $-R = \gamma H \omega_1 = 10^4 \cdot 160 \cdot 5,02 \cdot 10^{-3} = 8032 \text{ N.}$

Bài 3-B-46. Một dòng chất lỏng khối lượng riêng ρ , tiết diện s , phun thẳng góc vào một cánh cong nhẵn có dạng hình học đối xứng với dòng phun (hình 3-B-37). Cánh cong có chuyển động với vận tốc u trên thiết bị hướng dòng, vận tốc dòng là v .



Hình 3-B-37

Xác định :

1- Lực dòng tác dụng lên cánh F ; công suất A và hiệu suất η của dòng phun.

2- Quan hệ v/u ứng với η_{max} . Dạng hình học đơn giản của cánh để có η_{max} .

3- Nếu cánh thô, nhám thì có sự thay đổi gì trong các kết quả trên.

Giải bài toán cho hai trường hợp :

a- Cánh đơn;

b- Dây cánh (dòng luôn đập vào 1 cánh).

Bài giải

a- Cánh đơn :

+ Lực tác dụng : $F = \rho \omega (v - u)^2 [1 + \cos \theta];$

+ Công suất : $N = F \cdot u;$

+ Hiệu suất : $\eta = \frac{N}{\frac{1}{2} \rho \omega v^3}.$

+ Quan hệ v/u khi η_{max} : η_{max} khi $u = \frac{v}{3};$

+ Hình dạng cánh : η_{max} khi $\cos \theta = 1$ nên cánh có dạng nửa vỏ cầu.

+ Nếu cánh thô nhám thì : thay cho vận tốc $(v - u)$ ta có $k(v - u)$ với $k < 1$.

b- Dây cánh :

+ Lực tác dụng : $F = \rho \omega \cdot v(v - u) [1 + \cos \theta];$

+ Công suất : $N = F.u;$

+ Hiệu suất : $\eta = \frac{N}{\frac{1}{2} \rho . \omega . v^3}$

+ Quan hệ v/u khi η_{max} : η_{max} khi $u = \frac{v}{2}$;

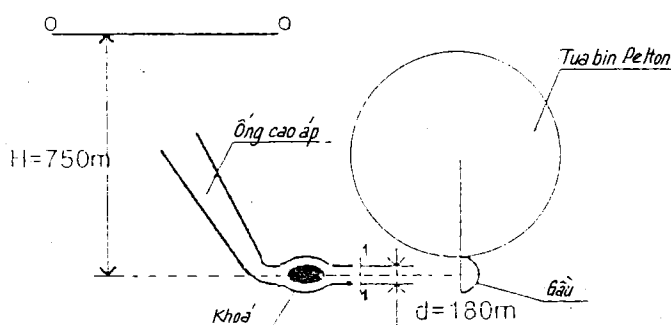
+ Hình dạng cánh : η_{max} khi $\cos \theta = 1$ nên cánh có dạng nửa vỏ cầu.

+ Nếu cánh thô nhám thì : như với cánh đơn .

Bài 3-B-47. Một tuabin Pelton làm việc dưới cột nước $H = 750m$. Ở cuối ống dẫn cao áp có một vòi phun với đường kính $d = 180mm$ (hình 3-B-38). Bỏ qua tổn thất cột nước, tính :

1- Lực đẩy của dòng tia lên gầu Pelton. Cho biết tốc độ của gầu là u .

2- Công suất hấp thụ bởi gầu Pelton. So sánh với công suất được tạo ra bởi cột nước .



Hình 3-B-38

Bài giải

1- Tính lực đẩy :

+ Vận tốc của dòng tia nước ra khỏi vòi được xác định bằng phương trình Becnuli viết cho hai mặt cắt $0-0$ và $1-1$ (hình 3-B-38) :

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g};$$

$$H + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_1^2}{2g};$$

$$v = v_1 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,81^2 \cdot 750} = 121,3 \frac{m}{s}.$$

+ Lưu lượng nước ra khỏi vòi :

$$Q = v . \omega = v . \frac{\pi d^2}{4} = 121,3 . \frac{3,14 \cdot 1,18^2}{4} = 3,09 \frac{m^3}{s}.$$

+ Công suất tạo bởi cột nước :

$$N_u = \gamma QH = 9810 \cdot 3,09 \cdot 750 = 22,7kw.$$

Xét chuyển động của dòng tia đối với hệ tọa độ tương đối gắn liền với gầu : gầu đứng yên, tia nước đến gầu với vận tốc $v_1 = v - u$.

Viết phương trình động lượng cho chuyển động tương đối, ổn định của khối nước được giới hạn bởi các mặt cắt kiểm tra $1-1$, $2-2$ và $3-3$ (hình 3-B-39):

Các lực tác dụng lên khối nước gồm :

- + Trọng lực $\vec{G}$ theo phương z ;
- + Áp lực bằng không vì các mặt bên đều tiếp xúc với khí trời (áp lực tại cả ba mặt cắt đều bằng không);
- + Phản lực $\vec{F}$ của gầu lên tia nước .

Phương trình động lượng :

$$\vec{G} + \vec{F} = \rho (Q_2 \vec{v}_2 + Q_3 \vec{v}_3 - Q_1 \vec{v}_1).$$

Chiếu xuống hai trục x và y nằm ngang :

$$F_y = 0;$$

$$F_x = \rho (-Q_2 v_2 - Q_3 v_3 - Q_1 v_1).$$

Do bỏ qua tổn thất cột nước nên ta có :

$$v_1 = v_2 = v_3 = v - u$$

$$Q_2 = Q_3 = \frac{Q_1}{2} = \frac{(v - u)\omega}{2}.$$

Vậy

$$F_x = -2\rho Q_1 (v - u) = -2\rho \omega (v - u)^2.$$

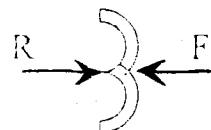
F_y mang dấu trừ nên ngược chiều với trục x . Vậy gầu bị đẩy bởi lực R có phương chiều như hình (3-B-40) :

$$R = 2\rho \omega (v - u)^2$$

Với

$$v = \frac{u}{2}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2} \rho \omega v^2 = \frac{1}{2} 1000 \frac{\pi 0,18^2}{4} 121,3^2 \\ &= 187 \text{ kN}. \end{aligned}$$



Hình 3-B-40

2- Công suất hấp thụ bởi gầu Pelton.

Gầu chịu lực đẩy R , chuyển động với vận tốc u .

Công suất của gầu là : $N_g = R \cdot u = 187 \cdot \frac{121,3}{2} = 11,3 \text{ kw}$

Công suất tạo nên bởi cột nước :

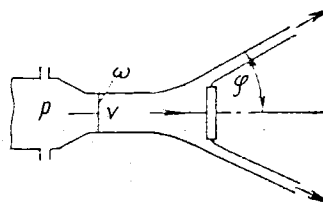
$$N_n = 22,7 \text{ kw}$$

Vậy công suất tạo nên bởi cột nước lớn gấp hai lần công suất hấp thụ bởi gầu .

Bài 3-B-48. Một dòng tia, chảy từ một vòi hình nón cong có đường kính $d = 0,15 \text{ m}$, gặp một vật cản có lực cản $R = 2 \cdot 10^4 \text{ N}$ (hình 3-B-41). Xác định lưu lượng Q và áp suất trước vòi p , nếu vật cản chia dòng tia thành hai phần, tạo thành góc nghiêng với đường nằm ngang một góc $\varphi = 60^\circ$

Bài giải

Lực được tạo nên bởi một dòng tia khi gặp vật cản cứng (gọi là lực va đập của dòng tia), từ công thức (3-83) được xác định bằng :



Hình 3-B-41

$$R = \rho Q w (1 - \cos \varphi) = \rho \omega w^2 (1 - \cos \varphi), \quad (1)$$

trong đó : $w = v - u$ - vận tốc tương đối của vật cản .

$$\text{Khi } \varphi = 90^\circ : \quad R = \rho Q w = \rho Q (v - u). \quad (2)$$

$$\text{Khi } \varphi = 180^\circ : \quad R = 2\rho Q (v - u). \quad (3)$$

Từ (1), ta có :

$$v = \sqrt{\frac{R}{\rho \omega (1 - \cos \varphi)}}.$$

Vì hệ số co hẹp của vòi hình nón cong $\varepsilon = 1$, nên diện tích mặt cắt co hẹp của dòng tia ω bằng diện tích mặt cắt ra của vòi ω_0 :

$$\omega = \omega_0 = \frac{\pi d^2}{4} = 0,875 \cdot 0,15^2 = 1,77 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2.$$

Lấy $\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$, ta tìm vận tốc cần thiết cho dòng tia :

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 1,77 \cdot 10^{-2} (1 - 0,5)}} = 48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Lưu lượng, ứng với vận tốc đó là :

$$Q = v \cdot \omega = 48 \cdot 1,77 \cdot 10^{-2} = 0,85 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Độ chênh áp suất được xác định từ : $Q = \mu \omega \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}.$

Vậy với vòi hình nón $\mu_0 = 0,98$, ta có :

$$p = \frac{1}{2} \frac{\rho Q^2}{\mu_0^2 \omega_0^2} = \frac{1}{2} \frac{998,2 \cdot 0,85^2}{0,98^2 (1,77 \cdot 10^{-2})^2} = 11,8 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1180 \text{ kPa}.$$

Bài 3-B-49. Xác định lực R được hình thành do tác động của một dòng tia lên một van hình cầu, nếu mặt chịu lực của van có dạng lõm (hình 3-B-42-a) và lồi (hình 3-B-42-b). Diện tích mặt cắt ngang của dòng tia tại mặt cắt đầu $\omega_0 = 0,79 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$; lưu lượng $Q_0 = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$; $\varphi = 45^\circ$; nhiệt độ của nước 20° C .

Bài giải

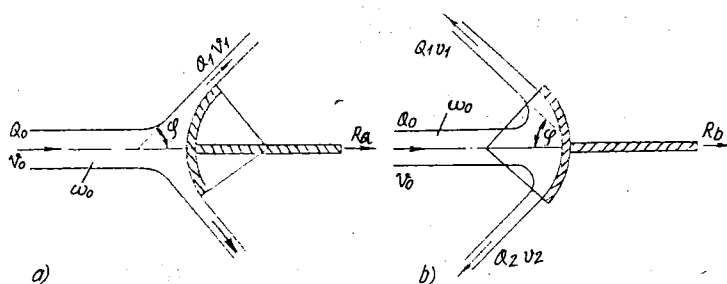
Viết phương trình động lượng cho chuyển động theo phương dòng chảy ban đầu. Do van có hình dạng đối xứng, nên lực R cũng sẽ có phương tác dụng như phương của dòng chảy .

$$-\rho Q_1 v_1 \cos \varphi - \rho Q_2 v_2 \cos \varphi + \rho Q_0 v_0 = R;$$

Đối với mặt lõm :

$$Q_1 = Q_2 = \frac{1}{2} Q_0;$$

$$R_{\text{lõm}} = -\frac{1}{2} \rho Q_0 v_0 (\cos \varphi - 1) = -\rho \frac{Q_0^2}{\omega_0^2} (\cos \varphi - 1).$$



Hình 3-B-42

Với mật độ $\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$ ta được :

$$R_{lom} = -998,2 \frac{0,02^2}{0,79 \cdot 10^{-2}} (0,71 - 1) = 15 \text{ N}.$$

Đối với mặt lồi :

$$\rho Q_1 v_1 \cos \varphi + \rho Q_2 v_2 \cos \varphi + \rho Q_0 v_0 = R;$$

$$Q_1 = Q_2 = \frac{1}{2} Q_0;$$

$$R_{loi} = \rho Q_0 v_0 (\cos \varphi + 1) = \rho \frac{Q_0^2}{\omega_0} (\cos \varphi + 1)$$

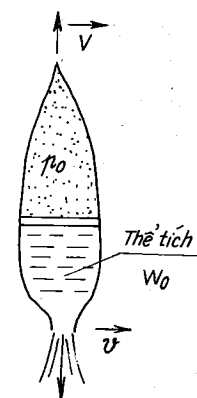
$$= \frac{998,2 \cdot 0,02^2}{0,79 \cdot 10^{-2}} (0,71 + 1) = 88,5 \text{ N}.$$

Do đó, góc lệch của dòng tia càng tăng thì lực tác dụng lên van càng lớn .

Bài 3-B-50. Một tên lửa được cấu thành từ một xilanh được lắp ở phía dưới một ống phụt với hệ số co hẹp của luồng phụt ra $\varepsilon = 1$. Trong lòng xilanh là một pistông di động được, ngăn cách khí dưới áp suất không đổi p_0 ở phía trên và chất lỏng có mật độ ρ và thể tích ban đầu W_0 ở phía dưới.

1- Chứng minh lực đẩy của tên lửa không phụ thuộc vào loại chất lỏng được phóng ra.

2- Tính vận tốc cuối mà tên lửa đạt được trong chân không nếu cho rằng vận tốc ban đầu của nó bằng không.



Hình 3-B-43

3- Mật độ ρ can thiệp vào bài toán này như thế nào ? Chất lỏng tối ưu sẽ là chất lỏng gì nếu khối lượng của tên lửa rỗng là $m_0 = 1 \text{ kg}$ và $W_0 = 3930 \text{ cm}^3$. Khi đó, vận tốc cuối của tên lửa sẽ là bao nhiêu, nếu $p_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ (hình 3-B-43).

Bài giải

1- Áp dụng phương trình Bernoulli cho hai điểm trong chất lỏng :

+ Một điểm thuộc thể tích W_0 , nơi mà vận tốc có thể bỏ qua ;

+ Một điểm tại mặt cắt ra của ống phụt. Ta có :

$$p_0 = \rho \frac{V^2}{2}.$$

Một khác, nếu áp dụng phương trình động lượng cho mặt kín chứa toàn bộ tên lửa và mặt cắt ra của luồng phụt thì lực đẩy sẽ là :

$$R = \rho \omega V^2 = 2\omega p_0. \quad (1)$$

Rõ ràng là trong biểu thức tính R không chứa ρ . Vậy lực đẩy tên lửa không phụ thuộc vào mật độ của chất lỏng phụt ra .

2- Ở mỗi thời điểm, lực đẩy này được sử dụng để làm tăng động lượng của tên lửa, nghĩa là làm tăng vận tốc v một lượng dv của khối lượng $(M+m_0)$, trong đó M là khối lượng biến đổi của chất lỏng, còn m_0 là khối lượng tên lửa rỗng ($m_0 = \text{const}$).

Trong cùng một thời đoạn dt ta có phương trình :

$$V \cdot dM = -(M + m_0) dv.$$

Từ đó :

$$\frac{dv}{V} = -\frac{dM}{M + m_0}.$$

Tích phân phương trình này từ thời điểm 0 đến thời điểm mà chất lỏng phụt ra hết, ta có

$$v = V \ln \frac{M_0 + m_0}{m_0}, \quad (2)$$

trong đó : $M_0 = \rho \cdot W_0$.

Biểu thức (2) chính là vận tốc cuối cùng của tên lửa. Do :

$$V = \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}}$$

nên :

$$v = \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}} \ln \left(1 + \rho \frac{W_0}{m_0} \right).$$

3- Về chất lỏng tối ưu :

Ta thấy vận tốc cuối cùng của tên lửa phụ thuộc vào $\rho \frac{W_0}{m_0}$ làm cho vận tốc này đạt trị số lớn nhất .

Lấy đạo hàm v đối với ρ :

$$\frac{dv}{d\rho} = \frac{1}{2\rho} \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}} \left[\frac{2}{1 + \frac{m_0}{\rho W_0}} - \ln \left(1 + \rho \frac{W_0}{m_0} \right) \right];$$

$$\frac{dv}{d\rho} = 0 \text{ khi } \frac{\rho W_0}{m_0} = 3,93;$$

$$\ln \left(1 + \rho \frac{W_0}{m_0} \right) = 1,595.$$

Do đó, vận tốc lớn nhất của tên lửa sẽ là :

$$v = 1,595 V.$$

Trong ví dụ này, trị số tối ưu của ρ là 1 kg/cm^3 , do đó chất lỏng phụt ra có thể là nước. Vận tốc phụt ra đạt đến :

$$V = \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}} = 200 \frac{m}{s},$$

do đó vận tốc cuối cùng của tên lửa sẽ là :

$$v = 319 \text{ m/s}.$$

Bài 3-B-51. Bỏ qua tổn thất cột nước do ma sát không khí, tính áp suất, lưu lượng và công suất cần thiết phải cấp để cho luồng nước có đường kính ban đầu $d = 107 \text{ mm}$ phóng thẳng đứng lên tới độ cao $H = 156 \text{ m}$. Cho $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (hình 3-B-44).

Bài giải

1- Bỏ qua động năng trong ống cấp nước (nằm ngang), áp dụng phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt; mặt cắt 1-1 thuộc ống cấp nước và mặt cắt 2-2 ở đỉnh luồng mà tại đó

$$v = 0, \text{ ta được: } z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + 0 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma}.$$

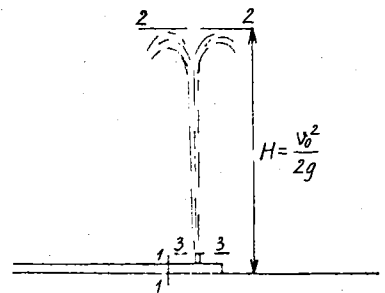
Nếu p_1 là áp suất dư thì $p_{2\text{atm}} = 0$, do đó :

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_1}{\rho g} = z_2 - z_1 = H = 156 \text{ m}.$$

$$p_1 = \rho g H = 156 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 15,29 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

2- Lưu lượng nước được tính đối với mặt cắt gốc của luồng (áp suất tuyệt đối tại mặt cắt này bằng áp suất môi trường khí bao quanh, tức là bằng áp suất khí quyển, do đó áp suất dư bằng không) và mặt cắt 2-2, ta được :

$$\frac{v_0^2}{2g} = H; \quad v_0 = \sqrt{2gH} = 55,3 \frac{m}{s}.$$



Hình 3-B-44

Lưu lượng :
$$Q = 55,3 \frac{3,14 \cdot 0,107^2}{4} \approx 0,500 \frac{m^3}{s} \approx 500 \frac{l}{s}$$

Kết quả này cũng có thể tính được bằng cách viết phương trình Bernouli cho hai mặt cắt ; mặt cắt I- I và mặt cắt gốc của luồng. Quả vậy, nếu coi $z_1 \cong z_3$, ta được :

$$\frac{p_1}{\rho g} = H = \frac{v_3^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

và đi đến kết quả trên .

3- Công suất thủy lực cần thiết được tính theo công thức :

$$N = \gamma QH = p_1 Q = 15,29 \cdot 10^5 \cdot 0,5 = 765 kW$$

Thực tế do có ma sát với không khí nên chiều cao nói trên của luồng chỉ đạt tới $H' \cong 130m$, do đó hiệu suất cột nước của luồng là :

$$\frac{H'}{H} = \frac{130}{156} = 83,3\%$$

Mặt khác, công suất tiêu thụ thực tế là $N' = 1020 kW$, do đó hiệu suất năng lượng là :

$$\frac{N}{N'} = \frac{765}{1020} = 75\%.$$

C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 3-C-1. Trên cùng một trục gốc, bằng cách cộng nguồn phẳng lưu lượng q và một dòng xoáy (xoáy tự do) có lưu số Γ , ta nhận được một dòng phẳng thường gặp trong các máy tuabin (hình 3-C-1).

- 1- Xác định thế phức, thế vận tốc và hàm số dòng của dòng chảy này.
- 2- Tính các thành phần vận tốc theo phương bán kính và phương tiếp tuyến.
- 3- Chỉ rõ rằng vận tốc $\vec{u}$ thoả mãn hệ thức $ur = \text{const}$, trong đó r là khoảng cách tính đến gốc toạ độ.
- 4- Chỉ rõ rằng đường dòng là các đường xoắn ốc lôgarít.
- 5- Trong trường hợp $q = 0,4 \text{ m}^2/\text{s}$ và $\Gamma = 0,2 \text{ m}^2/\text{s}$, hãy tính vận tốc tại điểm M có toạ độ $x = 3 \text{ m}$ và $y = 4 \text{ m}$ cũng như góc giữa $\vec{u}$ với bán kính vectơ $\vec{OM}$.

Đáp số: 1-

$$\{f(z) = \frac{1}{2}(q + i\Gamma)(\ln r + i\theta) = \varphi + i\psi;$$

$$\varphi = \frac{1}{2\pi}(q \ln r - \Gamma \theta);$$

$$\psi = \frac{1}{2\pi}(q\theta + \Gamma \ln r).$$

$$2- u_r = \frac{q}{2\pi r}; \quad u_\theta = -\frac{\Gamma}{2\pi r}.$$

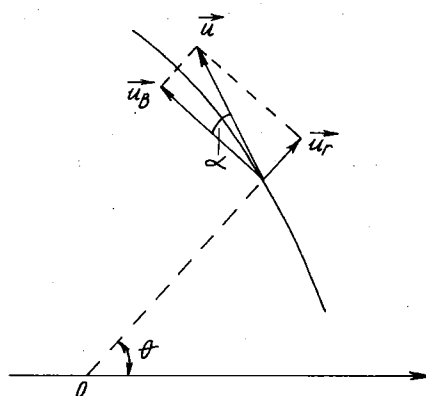
$$3- ur = \frac{\sqrt{q^2 + \Gamma^2}}{2\pi} = \text{const}.$$

4- Vectơ $\vec{u}$ hợp với bán kính vectơ

$$\vec{OM} \text{ một góc không đổi: } \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$$

nên đường dòng là các đường xoắn ốc lôgarít.

$$5- u = 1,42 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad \alpha = -63^\circ 26'.$$



Hình 3-C-1

Bài 3-C-2. Các thành phần vận tốc của dòng chảy 2 chiều là :

$$u_x = x;$$

$$u_y = -y.$$

- 1- Xác định hàm dòng và vẽ các đường dòng $\Psi = 1, 2, 3$.
- 2- Nếu có 1 dòng chảy đều $\Psi = y$ xếp chồng lên, vẽ các đường $\Psi = 1, 2, 3$ của chuyển động xếp chồng đó.
- 3- Xác định hàm thế vận tốc của chuyển động xếp chồng đó.

Đáp số: 1- $\psi = xy$;

$$2- \varphi = \frac{x^2}{2} + x - \frac{y^2}{2}.$$

Bài 3-C-3. Một nguồn có cường độ $30m^2/s$ được đặt ở gốc toạ độ và một nguồn khác có cường độ $20m^2/s$ đặt tại điểm $(1,0)$.

- 1- Xác định vận tốc tại các điểm $A(-1,0)$ và $B(1,1)$.
- 2- Xác định áp suất tại hai điểm trên nếu biết ở xa vô cực là $p_\infty = 0$ và cho phép $\rho = 2kg/m^3$. Không tính đến ảnh hưởng của trọng lực.

Đáp số: $p_A = -40,5 N/m^2$;
 $p_B = -39,6 N/m^2$.

Bài 3-C-4. Cho thế hàm phức :

$$W(z) = (a - ib) \ln z,$$

trong đó a, b - số thực, dương.

- 1- Hãy nghiên cứu hình ảnh dòng chảy có thế hàm phức trên. Viết biểu thức của φ và ψ
- 2- Tìm lưu lượng đơn vị chảy giữa hai đường dòng đi qua hai điểm $A\left(\frac{\pi}{6}, 3\right)$ và $B\left(\frac{\pi}{3}, 12\right)$, khi cho $a = 5$ và $b = 6$.

Đáp số: 1- $\varphi = a \ln r + b\theta$ - đường đẳng thế là họ các xoắn ốc lôgarit;
 2- $\psi = a\theta - b \ln r$ - đường dòng là các xoắn ốc lôgarit nghịch;
 3- $q_{AB} = 5,7$ đơn vị (với θ tính bằng radian).

Bài 3-C-5. Cho một dòng phẳng không ổn định có thành phần vận tốc được cho dưới dạng Ole :

$$\left. \begin{aligned} u_x &= -y - 2t; \\ u_y &= x + 5t. \end{aligned} \right\}$$

- 1- Tìm phương trình của đường dòng mà tại thời điểm $t = 1$ thì chứa điểm $A(1,1)$.
- 2- Biểu thị chuyển động trên dưới dạng Lagrăng của hạt chất lỏng khi $t = 1$ thì có toạ độ là $(1,1)$.

Đáp số: 1- $(x+5)^2 - (y-2)^2 = 35$ - đây là một hypecbôn có đỉnh ở $(0,9|6;2)$ và cắt trục hoành tại $x=1,245$.

2-
$$\left. \begin{aligned} x(t) &= 4e^{t-1} - 5t + 2; \\ y(t) &= 4e^{t-1} + 2t - 5. \end{aligned} \right\}$$

Bài 3-C-6. Một dòng chất lỏng không nén, không nhớt, ổn định có áp suất tại điểm (x,y,z) được cho bằng biểu thức :

$$p = 4x^3 - 2y^2 - yz + 5z\left(\frac{N}{m^2}\right).$$

- 1- Xác định gia tốc của một hạt lỏng tại điểm :

$$\vec{r} = \vec{i} + \vec{j} - 5\vec{k}(m).$$

Cho biết $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$.

2- Xác định vận tốc của một hạt lỏng cũng ở vị trí trên. Cho biết hằng số tích phân Bernoulli bằng $-18(\text{m/s})^2$.

Đáp số: 1- $\left| \frac{d\bar{u}}{dt} \right| = 18,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;

2- $u = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Bài 3-C-7. Thế vận tốc của dòng phẳng chất lỏng lý tưởng có dạng :

$$\varphi = x^2 - y^2$$

1- Xác định độ chênh áp suất tại 2 điểm A (2,1) và B(4,5). Bỏ qua lực khối, biết khối lượng thể tích của chất lỏng là ρ .

2- Tính lưu lượng đơn vị chảy giữa 2 đường dòng lần lượt đi qua A và B.

Đáp số: $\Delta p = 72\rho$;

$q_{A-B} = 36 \text{ m}^2/\text{s.m}$.

Bài 3-C-8. Phương trình : $\varphi = 0.04x^3 + axy^2 + by^3$ biểu diễn hàm thế của chuyển động 2 chiều trong hệ tọa độ vuông góc nằm ngang với x, y tính bằng m và φ tính bằng m^2/s .

1- Xác định các hằng số a và b.

2- Tính độ chênh áp suất giữa 2 điểm (0,0) và (3,4), m, nếu chất lỏng có khối lượng thể tích là 1300 kg/m^3 .

Đáp số: $a = -0,12$; $b = 0$;

$\Delta p = 58,5 \text{ kN/m}^2$.

Bài 3-C-9. Một xy lanh có bán kính 4 cm có tâm đặt tại (0,0) trong trường chảy đều có vận tốc 30 m/s song song với trục và theo hướng x dương. Xác định vận tốc của chất lỏng tại A (-4,1), cm.

Đáp số: $u_x = 5,08 \text{ m/s}$;

$u_y = 13,28 \text{ m/s}$.

Bài 3-C-10. Một hình trụ đường kính 40 mm có tâm đặt tại (0,0) trong trường chảy đều có vận tốc $u_0 = 1 \text{ m/s}$. Xác định :

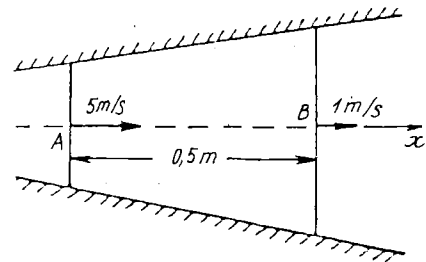
1- Vận tốc tại điểm có $r = 50 \text{ mm}$, $\theta = 135^\circ$.

2- Sự phân bố áp suất dọc theo trục y dương. Biết áp suất tại điểm ở xa vô cực là $p_\infty^* = 0$.

Đáp số: $u_r = -0,592 \text{ m/s}$; $u_\theta = -0,783 \text{ m/s}$.

$p^* = \rho \frac{u_0^2}{2} \left(\frac{2R^2}{y^2} + \frac{R^4}{y^4} \right)$ với $R = 20 \text{ mm}$.

Bài 3-C-11. Một ống dẫn chất lỏng nằm ngang mở rộng dần được thiết kế sao cho dọc theo ống, vận tốc trung bình thay đổi tuyến tính từ 5 m/s (tại A) xuống 1 m/s (tại B) trên đoạn dài 0,5 m. Cho biết chất lỏng có mật độ $\rho = 785 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, bỏ qua tổn thất (hình 3-C-2). Yêu cầu:



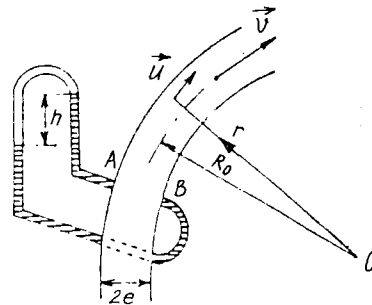
Hình 3-C-2

- 1- Xác định lượng biến đổi của áp suất $\Delta p = p_B - p_A$ ứng với độ giảm đã cho của vận tốc.
- 2- Tính giá trị của gradien áp suất tại A, B.

Đáp số: 1- $\Delta p = 9420 \text{ Pa}$ hay 960 mm c.n.

$$2- \left(\frac{dp}{dx} \right)_A = 5 \left(\frac{dp}{dx} \right)_B$$

Bài 3-C-12. Một ống có tiết diện chữ nhật chiều rộng $2e$ có khuỷu cong với bán kính trung bình R_0 (hình 3-C-3).



Hình 3-C-3

Hãy thiết lập quan hệ $\Delta z = f(v)$, trong đó v là vận tốc trung bình của dòng chảy. Δz là độ chênh của cột nước đo áp giữa hai điểm A và B trên mặt cắt ngang của ống A ở bên lõm và B ở bên lồi của khuỷu.

Tính Δz với $v = 3 \text{ m/s}$, $e = 10 \text{ cm}$, $R_0 = 40 \text{ cm}$. Bỏ qua tổn thất năng lượng.

Đáp số: 1- $\Delta z = \frac{v^2}{2g} \frac{16\alpha^3}{(1-\alpha^2)^2 \left(\ln \frac{1+\alpha}{1-\alpha} \right)^2}$, (1)

trong đó: $\alpha = \frac{e}{R_0}$ là độ cong tương đối.

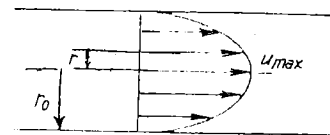
Khi $\alpha \ll 1$ thì: $\Delta z = 4\alpha \left(1 + \frac{4}{3}\alpha^2 \right) \frac{v^2}{2g}$ (2)

2- Theo (1): $\Delta z = 0,508 \text{ m}$;

Theo (2): $\Delta z = 0,491 \text{ m}$.

Bài 3-C-13. Chất lỏng chuyển động có vận tốc phân bố như sau:

$$u = u_m \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right]$$



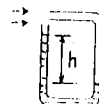
Hình 3-C-4

Xác định vận tốc trung bình, hệ số động năng và động lượng (hình 3-C-4).

Đáp số: $v = \frac{u_{\max}}{2}$; $\alpha = 2$; $\alpha_0 = \frac{4}{3}$.

Bài 3-C-15. Một ống Pitô dùng để đo vận tốc không khí. Độ chênh cột nước trong ống đo áp là $h = 4 \text{ mm}$ (hình 3-C-5).

Xác định vận tốc không khí. Biết khối lượng riêng của không khí là $1,2 \text{ kg/m}^3$. Coi không khí là chất lỏng không nén.



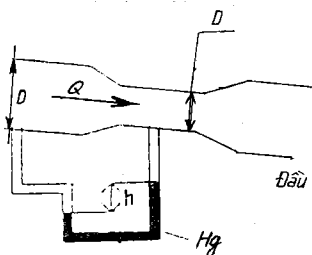
Đáp số: $v = 8,06 \text{ m/s}$.

Bài 3-C-16. Một đoạn ống Venturi có đoạn thu hẹp, đường kính 100 mm được nối vào một ống dẫn dầu có đường kính 250 mm , lưu lượng dầu chảy trong ống là $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Độ chênh mực thủy ngân trong ống đo áp là $0,63 \text{ m}$ (hình 3-C-6).

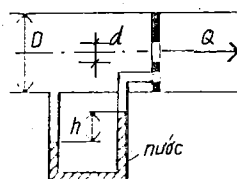
Hình 3-C-5

Xác định hệ số điều chỉnh μ của ống Venturi.

Đáp số: $\mu = 0,95$



Hình 3-C-6



Hình 3-C-7

Bài 3-C-17. Một lưu lượng kế vòng chắn dùng để đo lưu lượng không khí chuyển động trong ống dẫn có đường kính $D = 2 \text{ m}$. Vận tốc trung bình của không khí trong ống là 15 m/s . Độ chênh mực nước h trong ống đo áp là 150 mm (hình 3-C-7).

Xác định đường kính d của lỗ tháo. Cho biết hệ số $\mu = 0,64$; $\rho_{\text{không khí}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ và xem không khí là không nén được.

Đáp số: $d = 1,35 \text{ m}$

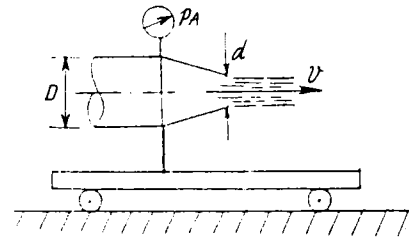
Bài 3-C-18. Cho vòi phun như trên hình (3-C-8).

a- Tính vận tốc v của nước ra khỏi vòi và áp suất p_A theo p_B , D , d , ρ .

b- Tính cột nước H của vòi, xung lực R của vòi.

c- Tính lực giữ vòi phun F .

d- Nếu gắn vòi phun (có nguồn bơm) vào một sàn xe chung (bỏ qua ma sát) để sàn xe có khả năng chạy trên mặt phẳng nằm ngang thì xe đứng yên hay chuyển động ? Nếu chuyển động thì hãy tính gia tốc. Cho tổng trọng lượng xe và các thiết bị trên xe là $G = Mg$. Cho biết : $p_B = 5m$ nước ; $D = 2d = 4cm$; $\gamma = 1000$ kG/m^3 ; $g = 10m/s^2$; $G = Mg = 100$ kG .



Hình 3-C-8

Đáp số : a - $v = \sqrt{2g \frac{p_B}{\gamma}} = 10 \frac{m}{s}$; $\frac{p_A}{\gamma} = 4,7m.c.n.$

b - $H = \frac{v^2}{2g} = 5m.c.n$; $R = \rho Qv = 3,14kG$;

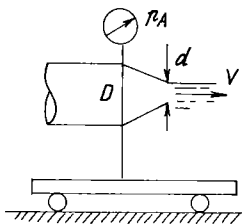
c - $F = p_A \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\gamma}{g} Q(v - v_A) = 3,548kG$.

d- Khi lực $F \neq 0$, xe chuyển động :

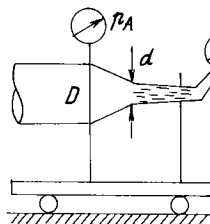
$F_3 = F = Ma_3 \Rightarrow a_3 = 0,355 \frac{m}{s^2}$ (hình1);

$F_4 = F - R = Ma_4 \Rightarrow a_4 = 0,041 \frac{m}{s^2}$ (hình2);

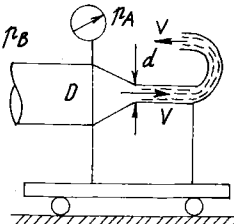
$F_5 = F - 2\rho Qv = Ma_5 \Rightarrow a_5 = 0,253 \frac{m}{s^2}$ (hình3).



Hình 3-C-9-1



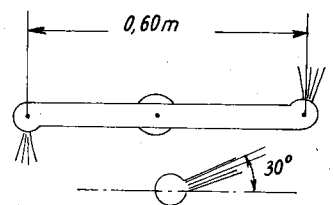
Hình 3-C-9-2



Hình 3-C-9-3

Bài 3-C-19. Một máy tưới phun tự động (kiểu quay) quay xung quanh trục thẳng đứng. Máy có hai vòi phun đường kính 5 mm đặt cách nhau 60 cm và hướng chếch lên 30° so với đường nằm ngang (hình 3-C-10).

Bỏ qua ma sát và sức cản của không khí và biết rằng lưu lượng của máy tưới là $2\text{ m}^3/\text{s}$. Tính vận tốc quay của máy.



Hình 3-C-10

Đáp số: $n = 391$ vòng/phút.

SỨC CẢN THỦY LỰC

4-1. PHÂN LOẠI SỨC CẢN THỦY LỰC

Sức cản thủy lực là sức cản xuất hiện khi chất lỏng nhớt chuyển động. Tùy thuộc điều kiện xuất hiện mà "sức cản thủy lực được phân thành hai loại : sức cản theo chiều dài - lực ma sát xuất hiện trên những đoạn dòng chảy đều hoặc gần đều; sức cản cục bộ - xuất hiện do có sự biến đổi đột ngột về hình dạng biên của dòng chảy. Các tổn thất cột nước hay tổn thất tỷ năng (h_w) để khắc phục sức cản vì vậy cũng chia ra :

- + Tổn thất cột nước theo chiều dài (hay dọc đường), được ký hiệu là h_d ;
- + Tổn thất cột nước cục bộ, được ký hiệu là h_c .
- + Tổn thất cột nước tổng cộng của một đoạn dòng chảy bằng :

$$h_w = \sum h_d + \sum h_c . \quad (4-1)$$

4-2. HAI TRẠNG THÁI CHẢY CỦA CHẤT LỎNG

a- Dòng chảy tầng là dòng chảy mà trong đó các phần tử chất lỏng chuyển động theo những tầng, lớp không có sự xáo trộn vào nhau.

b- Dòng chảy rối là dòng chảy mà trong đó các phần tử chất lỏng chuyển động vô trật tự, xáo trộn hỗn loạn.

c- Tiêu chuẩn để xác định đặc tính chuyển động của dòng chảy là số không thứ nguyên - số Rây nôn, ký hiệu là Re và trị số phân giới của nó Re_{pg} .

Ta có bất đẳng thức : $Re > < Re_{pg}$.

- + Khi $Re < Re_{pg}$ - trạng thái chảy là tầng ;
- + $Re > Re_{pg}$ - trạng thái chảy là rối ;
- + $Re = Re_{pg}$ - trạng thái chảy là phân giới.

Đối với ống có mặt cắt tròn, số Re là :

$$Re_d = \frac{v \cdot d}{\nu} . \quad (4-2)$$

Đối với tất cả các mặt cắt ngang khác (cả đối với lòng dẫn hở) :

$$Re_R = \frac{v \cdot R}{\nu} . \quad (4-3)$$

hoặc là

$$Re = \frac{v \cdot d_{ul}}{\nu} , \quad (4-4)$$

trong đó : v - vận tốc trung bình;
 d và R - đường kính và bán kính thủy lực;

ν - hệ số nhớt động học;

d_{td} - đường kính tương đương (về thủy lực) $d_{td} = 4R$.

Trị số phân giới của Re : $Re_{pg} = 2000 \div 2400$ cho các công thức (4-2) và (4-4);

$Re_{pg} = 500 \div 600$ cho công thức (4-3).

d- Trong trạng thái chảy tầng và chảy rối của chất lỏng, tổn thất cột nước (theo chiều dài và cục bộ), sự phân bố ứng suất ma sát và cả phân bố vận tốc trên mặt cắt ướt của dòng chảy đều có các qui luật riêng cho từng trạng thái.

4.3. SỨC CẢN THEO CHIỀU DÀI

a- Tổn thất cột nước và áp suất theo chiều dài và phân bố vận tốc trên mặt cắt ướt

- Tổn thất cột nước theo chiều dài trong chảy tầng và chảy rối trong ống tròn được xác định theo công thức Vâyxbác - Đacxi:

$$h_d = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (4-5)$$

còn trong kênh hở (và cả trong các ống có hình dạng bất kỳ) thì:

$$h_d = \frac{v^2}{C^2} \frac{1}{R}, \quad (4-6)$$

trong đó: λ - hệ số ma sát thủy lực;

g - gia tốc rơi tự do;

ℓ, d, v, R - chiều dài đoạn ống hoặc đoạn kênh, đường kính ống, vận tốc trung bình bán kính thủy lực;

C - hệ số Sêdi.

Quan hệ giữa hệ số λ và hệ số Sêdi C có dạng:

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}; \quad C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \left(\frac{m^{0.5}}{s} \right). \quad (4-7)$$

- Tổn thất áp suất theo chiều dài được xác định từ công thức (4-5):

$$\Delta p_d = h_d \gamma = h_d \rho g = \lambda \frac{\ell}{d} \rho \frac{v^2}{2}. \quad (4-8)$$

- Phân bố vận tốc trên mặt cắt ướt (hình 4-A-1)

+ Đối với chảy tầng: qui luật phân bố là parabol. Đối với ống tròn, vận tốc điểm u được xác định theo:

$$u = \frac{J}{4\mu} (r_0^2 - r^2) = \frac{\gamma h_d}{4\mu \ell} (r_0^2 - r^2), \quad (4-9)$$

trong đó: u - vận tốc điểm, cách trục một khoảng là r ;

r_0 - bán kính ống;

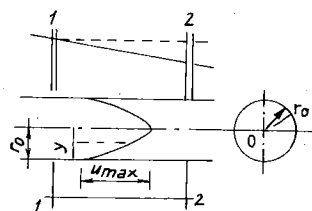
γ - trọng lượng thể tích của chất lỏng;

$J = \frac{h_d}{\ell}$ - độ dốc thủy lực;

μ - hệ số nhớt động lực.

Hệ số Coriôlit của dòng chảy tầng:

$$\alpha = 2$$



Hình 4-A-1

và quan hệ giữa vận tốc trung bình và vận tốc tại tâm :

$$v = \frac{u_{\max}}{2} \quad (4-10)$$

+ Đối với chảy rối : qui luật phân bố là lôgarit hoặc số mũ :

$$\frac{u}{u_{\max}} = 1 - 2 \lg \frac{y}{\frac{r_0}{0,975} + 1,35 \sqrt{\lambda}} \quad (4-11)$$

hoặc

$$\frac{u}{u_{\max}} = \left(\frac{y}{r_0} \right)^{0,9 \sqrt{\lambda}} = \left(1 - \frac{r}{r_0} \right)^{0,9 \sqrt{\lambda}} \quad (4-12)$$

trong đó : u - vận tốc tại điểm cách thành ống một khoảng là y ;

$u_{\max}$ - vận tốc trên trục ống ;

r_0 - bán kính ống ;

λ - hệ số ma sát thủy lực ;

r - khoảng cách kể từ trục ống .

Theo Prandtl :

$$\frac{u_{\max}}{v} = 1 + D \frac{u_*}{v} \quad (4-13)$$

hoặc :

$$\frac{u_{\max}}{v} = 1 + D \frac{\sqrt{\lambda}}{2,3} \quad (4-14)$$

trong đó : D - độ hụt vận tốc :

$$u_* = \sqrt{g R i} - \text{vận tốc động lực} .$$

Theo Altshul :

$$\frac{u_{\max}}{v} = 1 + 1,35 \sqrt{\lambda} \quad (4-15)$$

Còn hệ số Coriôlit trong chảy rối trong ống :

$$\alpha = 1 + 2,65 \lambda \quad (4-16)$$

b- Hệ số ma sát thủy lực

- Đối với chảy tầng :

Theo Poiseuille :

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (4-17)$$

- Đối với chảy rối : có thể xác định trực tiếp λ hoặc qua hệ số Sêdi (công thức 4-7).

- Các công thức xác định hệ số λ của ống có áp

Hệ số ma sát thủy lực λ trong công thức Vâyxbac - Đacxi phụ thuộc vào hai yếu tố : số Râyôn và độ nhám tương đối, là tỷ số giữa chiều cao mố nhám Δ hoặc độ nhám tuyệt đối hạt đều tương đương k_{td} và đường kính ống d (đối với ống tròn), tức là :

$$\lambda = f \left(\text{Re}, \frac{k_{td}}{d} \right) \quad (4-18)$$

Độ nhám tuyệt đối hạt đều tương đương k_{td} là chiều cao của mố nhám nào đó do các hạt có kích thước giống nhau tạo nên, mà các mố nhám đó sẽ cho hệ số λ như của loại mố nhám đã được xác định (**xem Phụ lục 1**) .

Hệ số λ trong dòng chảy rối trong ống có thể xác định theo các công thức :

- Công thức Conbruc-Oaitơ:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,5}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k_{td}}{3,7d} \right) \quad (4-19)$$

- Công thức Altsul:
$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{td}}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (4-20)$$

Công thức (4-19) và (4-20) được xây dựng trên cơ sở lý thuyết rối bán thực nghiệm và có thể dùng cho mọi chất lỏng Newton đồng nhất. Trị số của λ theo (4-20) có thể lấy theo bảng (4-2).

Sai số giữa (4-19) và (4-20) không vượt quá $2 \div 3\%$.

+ Khi đại lượng:
$$\text{Re} \frac{k_{td}}{d} = \frac{v \cdot k_{td}}{\nu} > 500, \quad (4-21)$$

công thức (4-19) trở thành công thức của Prandtl-Nicuaratde:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{d}{k_{td}} + 1,74, \quad (4-22)$$

còn công thức (4-20) thành công thức của Sifrinson:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{td}}{d} \right)^{0,25} \quad (4-23)$$

+ Khi đại lượng:
$$\text{Re} \frac{k_{td}}{d} = \frac{v \cdot k_{td}}{\nu} < 10, \quad (4-24)$$

công thức (4-19) trở thành công thức của Prandtl-Nicuaratde:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \text{Re} \sqrt{\lambda} + 0,8, \quad (4-25)$$

còn công thức (4-20) thành công thức của Bladiutx:

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (4-26)$$

Ranh giới của các khu áp dụng các công thức xác định λ được trình bày trên hình 4-2.

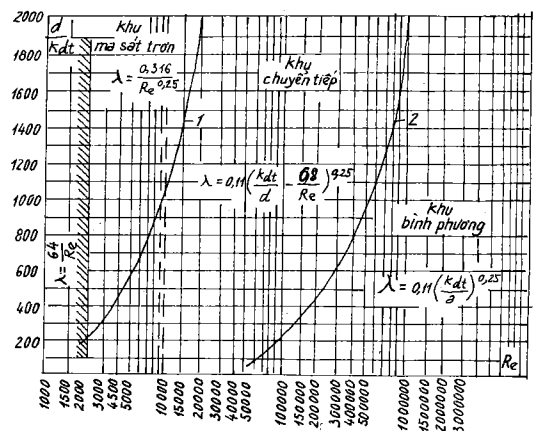
- Công thức Pavlôpxki đối với các ống có đường kính $d < 4m$:

$$\lambda = 8gn^2 \left(\frac{4}{d} \right)^{3\sqrt{n}}, \quad (4-27)$$

với các ống có đường kính $d > 4m$:

$$\lambda = 8gn^2 \left(\frac{4}{d} \right)^{2,6\sqrt{n}}, \quad (4-28)$$

trong đó n - hệ số nhám, thay đổi theo đặc trưng của thành ống (xem Phụ lục 4).



Hình 4-A-2

Hệ số λ tính theo công thức (4-27) được ghi trong **Phụ lục 2**. Công thức Pavlôpxki được áp dụng để tính các dòng chảy khí có độ nhám và vận tốc khá lớn, tức là dòng chảy ở

khu vực bình phương sức cản, khi hệ số λ không phụ thuộc cả vào độ nhớt của chất lỏng lẫn vào vận tốc của dòng chảy.

- Công thức Sévelep :

+ Khi : $Re \geq 920000$ d (4-30)

và d tính bằng mét thì hệ số λ có thể xác định theo công thức :

$$\lambda = \left[\frac{0,0000015 + \frac{\nu}{v}}{d} \right]^{0,3}, \quad (4-31)$$

trong đó ν - hệ số nhớt động học của chất lỏng (m^2/s).

Các công thức (4-30) và (4-31) được dùng cho các ống dẫn nước bằng gang và thép có đường kính lớn

($d=600 \div 1200mm$) có xét đến sự tăng sức cản trong quá trình sử dụng. Giá trị của λ theo (4-30) được ghi trong **Phụ lục 3**.

- Biểu đồ của Murin . Đối với các ống thép mới, các giá trị của hệ số λ có thể được xác định bằng biểu đồ của Murin (hình 4-3).

- Các công thức xác định hệ số Sêdi C của lòng dẫn hở . Vận tốc trung bình trong chuyển động đều trong lòng dẫn hở được xác định theo công thức Sêdi C :

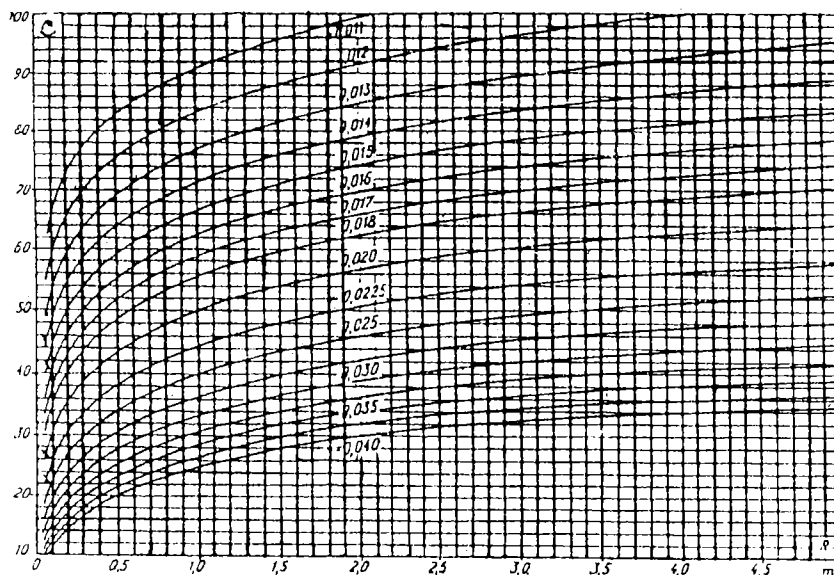
$$v = C \sqrt{RJ}, \quad (4-32)$$

trong đó: v - vận tốc trung bình (m/s);

R - bán kính thủy lực (m) ;

J - độ dốc thủy lực ;

C - hệ số Sêdi .



Hình 4-A-4

Có rất nhiều công thức thực nghiệm tính hệ số Sêdi. Phần lớn các công thức đó thuộc khu vực cân bằng phương.

- **Công thức Pavlôpxki** (hình 4-A-4) :

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (4-33)$$

trong đó : R - bán kính thủy lực (m);

n - hệ số nhám (m), lấy theo **Phụ lục 4** ;

$y = 1,5\sqrt{n}$ khi $R < 1,0 \text{ m}$;

$y = 1,3\sqrt{n}$ khi $R > 1,0 \text{ m}$.

- **Công thức Mạninh:**
$$C = \frac{1}{n} R^6. \quad (4-34)$$

Công thức (4-34) đúng với các điều kiện : $n < 0,02$; $R < 0,5 \text{ m}$.

- **Công thức Phoocgâyme :**

$$C = \frac{1}{n} R^5. \quad (4-35)$$

Công thức này thích hợp với các kênh đất ở trạng thái tốt với $n > 0,02$ (không có sạt lở , không có đá lớn) .

- **Công thức Agrotxkin :**

$$C = 17,72(k + \lg R), \quad (4-36)$$

trong đó k - hệ số phụ thuộc vào độ nhám của thành kênh .

Hệ số k có quan hệ với hệ số nhám n như sau :

$$k = \frac{0,056}{n}. \quad (4-37)$$

Trong **Phụ lục 5** ghi các trị số trung bình của hệ số nhám của lòng sông thiên nhiên, trị số C theo công thức Pavlôpxki và biểu đồ xác định hệ số đó .

4-4. SỨC CẢN THỦY LỰC CỤC BỘ

a- Sức cản cục bộ trong đường ống có áp

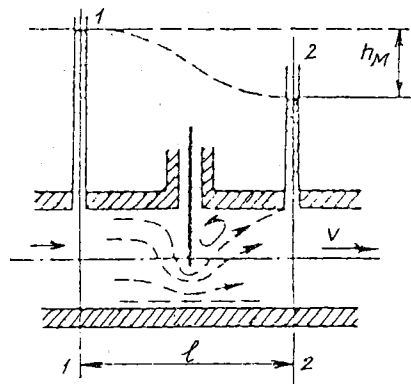
Sức cản cục bộ còn được gọi là sức cản bề mặt. Tổn thất cột nước đặc biệt lớn ở những nơi mà dòng chảy thay đổi đột ngột về phương, về hình dạng mặt cắt ướt, ở những nơi có những vật chướng ngại cho dòng chảy. Vì thế tổn thất cột nước ở những nơi này còn gọi là tổn thất do sức cản hình dạng .

Tổn thất cột nước h_c được xác định theo công thức Vâyxbắc :

$$h_c = \zeta \frac{v^2}{2g}, \quad (4-38)$$

trong đó: v - vận tốc trung bình của mặt cắt ở vị trí sau sức cản (mặt cắt 2-2, hình 4-A-5);

ζ - hệ số sức cản cục bộ .



Hình 4-A-5

Trị số hệ số sức cản cục bộ ζ phụ thuộc vào hình dạng hình học của sức cản và vào số Raynôn của dòng chảy. Dưới đây là các trị số hệ số ζ đối với các trường hợp quan trọng nhất trong kỹ thuật xây dựng.

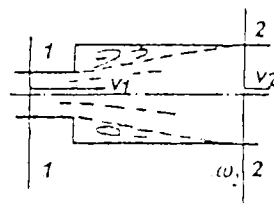
- Đường ống mở rộng đột ngột (hình 4-A-6).

Tổn thất cột nước do đường ống mở rộng đột ngột được xác định theo công thức Boocđa :

$$h_{dm} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = \zeta_{dm} \frac{v_2^2}{2g}, \quad (4-39)$$

trong đó :

$$\zeta_{dm} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2.$$



Hình 4-A-6

Trị số ζ_{dm} tính theo công thức (4-39) được ghi trên bảng (4-1).

Bảng 4-1

Các trị số của hệ số ζ khi đường ống mở rộng đột ngột

ω_2/ω_1	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ζ_{dm}	81	64	49	36	25	16	9	4	1	0

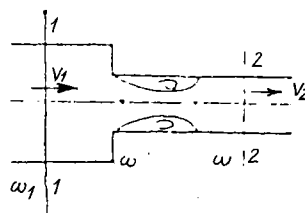
- Đường ống co hẹp đột ngột (hình 4-A-7).

Hệ số sức cản khi đường ống thu hẹp đột ngột được xác định theo công thức :

$$\zeta_{dhm} = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2, \quad (4-40)$$

trong đó ε - hệ số co hẹp dòng chảy bằng tỷ số giữa diện tích của mặt cắt của dòng bị co hẹp ω_2 và diện tích của ống bé ω_1 , tức là :

$$\varepsilon = \frac{\omega_c}{\omega_2}. \quad (4-41)$$



Hình 4-A-7

Trị số của ε phụ thuộc vào mức độ co hẹp của dòng chảy n (tỷ số giữa mặt cắt của ống bé và ống lớn) :

$$n = \frac{\omega_c}{\omega_1}. \quad (4-42)$$

Hệ số co hẹp ε có thể xác định theo công thức lý thuyết của Giucôpxki :

$$\varepsilon = \frac{\pi}{\pi + 2 \frac{2\theta}{\lg 2\theta}}, \quad (4-43)$$

trong đó θ được xác định theo công thức :

$$\lg \theta \left(1 + \frac{2}{\pi} \frac{2\theta}{\lg 2\theta} \right) = n$$

hoặc theo công thức của Altsul :

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n}. \quad (4-44)$$

Giá trị của ε tính theo (4-44) được ghi trong bảng (4-2), còn giá trị của ζ_{dthu} trong bảng (4-3).

Bảng 4-2

Các giá trị của hệ số co hẹp luồng chảy theo công thức (4-44)

ε	0,611	0,612	0,616	0,622	0,633	0,644	0,662	0,687	0,722	0,781	1,00
n	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Bảng 4-3

Các giá trị của hệ số ζ_{dthu} khi thu hẹp đột ngột đường ống theo công thức (4-40)

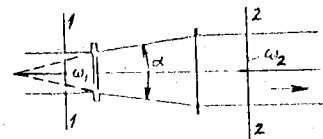
ζ_{dthu}	0,41	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,27	0,20	0,16	0
$n = \omega_2/\omega_1$	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0

Để xác định hệ số ζ_{dthu} cũng có thể sử dụng công thức của I.E. Identsic :

$$\zeta_{dthu} = 0,5 (1-n) = 0,5 (1-n) . \quad (4-45)$$

- Đường ống mở rộng dần (hình 4-A-8) .

Hệ số sức cản đối với đoạn chuyển tiếp hình nón mở rộng dần (ống khuếch tán) phụ thuộc vào góc α của hình nón và tỷ số các đường kính. Đối với các nón ngắn, hệ số sức cản đối với mặt cắt rộng (hình 4-A-8) có thể tìm theo công thức :



Hình 4-A-8

$$\zeta_{mrd} = k_{mrd} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 , \quad (4-46)$$

trong đó: k_{mrd} - hệ số chuyển tiếp mở rộng dần. Các hệ số đó được ghi trong bảng 4-4.

Bảng 4-4

Các giá trị trung bình của hệ số mở rộng dần k_{mrd} của các ống khuếch tán

$\alpha (^{\circ})$	8	10	12	13	20	25
k_{mrd}	0,14	0,16	0,22	0,33	0,42	0,62

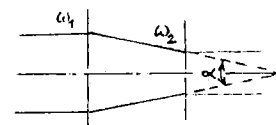
Trong trường hợp nón dài, khi cần phải xét đến tổn thất dọc đường, hệ số cản có thể xác định theo :

$$\zeta_{mrd} = k_{mrd} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 + \frac{\lambda_{th}}{8tg \frac{\alpha}{2}} \left[\left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 - 1 \right] , \quad (4-47)$$

trong đó : $\lambda_{th} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$, λ_1 và λ_2 - lần lượt hệ số sức cản dọc đường tương ứng đối với ống hẹp và mở rộng .

- Đường ống thu hẹp dần (hình 4-A-9).

Hệ số sức cản của các ống chuyển tiếp hình nón thu hẹp (ống hội tụ) phụ thuộc vào góc α của nón và vào tỷ số giữa các đường kính. Đối với các nón ngắn, hệ số sức cản được tính theo :



Hình 4-A-9

$$\zeta_{thd} = k_{thd} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2, \quad (4-48)$$

trong đó : ε - được xác định như ở các công thức (4-43), (4-44);

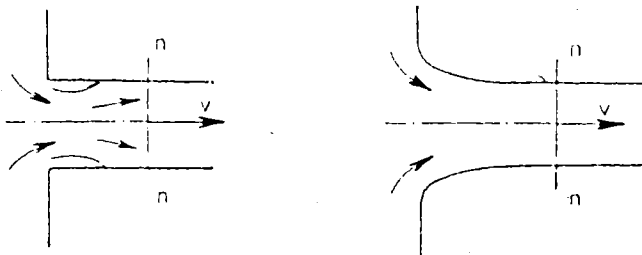
k_{thd} - hệ số chuyển tiếp khi thu hẹp dần có giá trị như trong bảng (4-5), phụ thuộc vào góc của nón .

Khi các nón dài, cần xét đến tổn thất dọc đường, tức là :

$$\zeta_{thd} = k_{thd} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 + \frac{\lambda}{8tg \frac{\alpha}{2}} \left[1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 \right]. \quad (4-49)$$

- Từ hồ chứa đi vào ống :

+ Lối vào ống theo hình (4-A-10). Khi mép vào sắc cạnh thì $\zeta = 0,5$; khi mép vào tròn cạnh và lối vào thuận $\zeta = 0,2$; lối vào rất thuận $\zeta = 0,03 \div 0,06$.



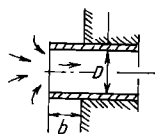
Hình 4-A-10

+ Lối vào ống theo hình (4-A-11). Hệ số ζ phụ thuộc vào các tỷ số δ/D và b/D . Các giá trị này được ghi trong bảng 4-6

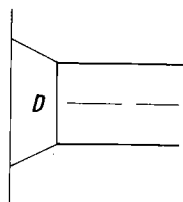
Bảng 4-6

Các giá trị của hệ số ζ khi lối vào như hình (4-A-11)

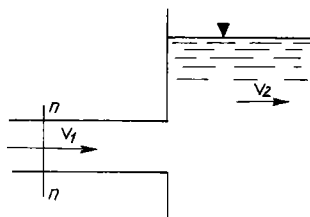
$\frac{\delta}{D}$	b/D				
	0	0,002	0,010	0,05	0,5
0	0,5	0,57	0,63	0,80	1,00
0,008	0,5	0,53	0,58	0,74	0,88
0,016	0,5	0,51	0,53	0,58	0,77
0,024	0,5	0,50	0,51	0,53	0,68
0,030	0,5	0,50	0,51	0,52	0,61
0,050	0,5	0,50	0,50	0,50	0,53



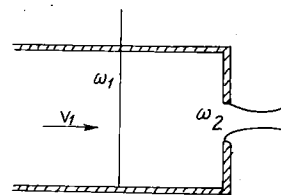
Hình 4-A-11



Hình 4-A-12



Hình 4-A-13



Hình 4-A-14

+ Lối vào ống theo hình (4-A-12) : $\zeta = 0,15$.

+ Lối ra từ ống để vào bể chứa có kích thước lớn, vào sông, hồ v.v... theo hình 4-A-13) Hệ số ζ tính với mặt cắt của ống . Cho rằng $v_2 = 0$, từ công thức Boocđa ta có :

$$h_{ra} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} \quad (4-50)$$

tức là $\zeta = 1$.

+ Lối ra từ ống qua màng chắn ở cuối đường ống theo hình (4-A-14).

Hệ số sức cản phụ thuộc vào tỷ số giữa diện tích của lối ra ω_2 với diện tích của ống ω_1 (bảng 4-7).

Bảng 4-7
Các giá trị của hệ số ζ khi chảy ra từ ống qua màng chắn

ω_1/ω_2	0,11	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ζ	268	66,5	28,9	15,5	9,81	5,80	3,7	2,38	1,5

- Ống ngoặt :

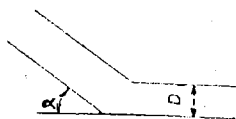
+ Ống tiết diện tròn, ngoặt đột ngột với góc α (hình 4-A-15). Hệ số sức cản tùy thuộc vào góc ngoặt :

$$\zeta_\alpha = \zeta_{90}^0 (1 - \cos \alpha), \quad (4-51)$$

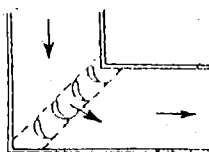
trong đó : ζ_{90}^0 - hệ số sức cản của ống ngoặt đột ngột với góc 90° (bảng 4-8).

Bảng 4-8
Các giá trị của hệ số ζ_{90}^0 khi ống ngoặt với góc 90°

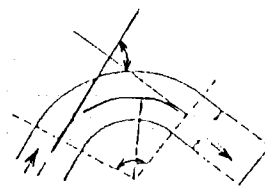
D (mm)	20	25	34	39	49
ζ_{90}^0	1,7	1,3	1,1	1,0	0,83



Hình 4-A-15



Hình 4-A-16



Hình 4-A-17

+ Ống ngoặt 90° có cánh hướng dòng theo hình (4-A-16) có thể lấy trung bình $\zeta = 2,25 \div 0,4$ tùy theo hình dạng cánh và khoảng cách giữa chúng.

+ Ống tiết diện tròn ngoặt dần (khuỷu tròn) theo hình (4-A-17).

Hệ số sức cản ζ được đề nghị theo công thức :

$$\zeta_\alpha = \zeta_{90}^0 \cdot a, \quad (4-52)$$

trong đó : ζ_{90}^0 - hệ số sức cản khi ngoặt 90° ;

a - hệ số phụ thuộc vào góc ngoặt (hình 4-17).

Hệ số ζ_{90}^0 phụ thuộc vào R/d (tỷ số giữa bán kính góc ngoặt và đường kính ống) và vào hệ số sức cản dọc đường của đường ống.

$$\zeta_{90}^0 = \left[0,2 + 0,001(100\lambda)^8 \sqrt{\frac{d}{R}} \right] \quad (4-53)$$

hoặc theo bảng (4-9).

Hệ số a khi $\alpha < 90^\circ$ bằng :

$$a = \sin \alpha. \quad (4-54)$$

Bảng 4-9

Các giá trị của hệ số ζ khi ngoặt dần dần với góc 90° (theo số liệu thí nghiệm)

Dạng ống	R/d				
	1	2	4	6	10
Tròn	0,22	0,14	0,11	0,08	0,11
Nhám	0,52	0,28	0,23	0,18	0,20
Theo số liệu của Crighe	0,80	0,48	0,30	0,32	0,42

Khi $\alpha > 90^\circ$:

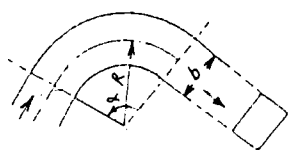
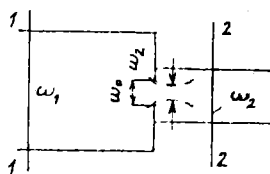
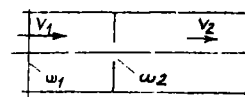
$$a = 0,7 + 0,35 \frac{\alpha}{90^\circ} \quad (4-55)$$

Theo kết quả thí nghiệm, trị số a phụ thuộc vào góc α và được lấy theo bảng (4-10).

Bảng 4-10

Các giá trị của a phụ thuộc vào góc tâm α của ống ngoặt

α°	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
a	0,4	0,55	0,65	0,75	0,83	0,88	0,95	1,00	1,05	1,23	1,20	1,27	1,33

**Hình 4-A-18****Hình 4-A-19****Hình 4-A-20**

Tổn thất cột nước dọc đường của chỗ ngoặt cần được xác định theo công thức như đối với ống thẳng với chiều dài tính toán bằng chiều dài đường trục của ống ngoặt.

+ Ống ngoặt có mặt cắt chữ nhật theo hình (4-18).

Để xác định hệ số ζ_α có thể sử dụng công thức (4-52), trong đó :

$$\zeta_{90^\circ} = 0,124 + 3,1 \left(\frac{b}{2R} \right)^{3,5} \quad (4-56)$$

Trị số ζ_{90° lấy theo bảng (4-11) :

Bảng 4-11

Các giá trị của hệ số ζ_{90° theo công thức (4-56)

$b/2R$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
ζ_{90°	0,12	0,14	0,18	0,50	0,4	0,64	1,02	1,55	2,27	3,23

- Màng chắn trong ống hình trụ :

+ Khi màng chắn đặt ở chỗ chuyển tiếp giữa hai đường kính ống (hình 4-A-19) :

$$\zeta_{ong} = \left(\frac{1}{n\varepsilon} - \frac{1}{m} \right)^2 \quad (4-57)$$

trong đó : ζ_{ong} - hệ số sức cản tính cho mặt cắt ω_2 .

$$m = \frac{\omega_2}{\omega_1}; \quad (4-58)$$

$$n = \frac{\omega_0}{\omega_1} \quad (4-59)$$

Khi đặt màng chắn trong ống có đường kính không đổi (hình 4-20), tức là $m = 1$, ta có:

$$\zeta_{\text{ống}} = \left(\frac{1}{n\varepsilon} - 1 \right)^2 = \left(\frac{\omega}{\omega_0\varepsilon} - 1 \right)^2, \quad (4-60)$$

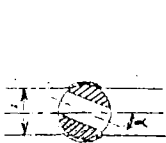
ε xác định theo (4-44).

Với trị số n khác nhau $\zeta_{\text{ống}}$ lấy theo bảng (4-12).

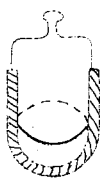
Bảng 4-12

Các giá trị của hệ số $\zeta_{\text{ống}}$ khi có màng chắn trong đường ống tính theo công thức (4-60)

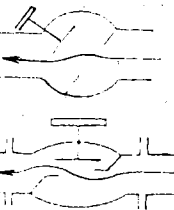
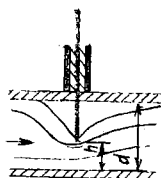
$n = \omega_0/\omega_1$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ζ	234	49,5	18,8	8,8	4,4	2,34	1,14	0,55	0,185	0



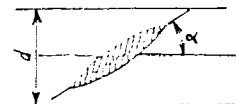
Hình 4-A-21



Hình 4-A-22



Hình 4-A-23



Hình 4-A-24

Khi màng chắn ở cuối đường ống, tức là khi $m = \infty$ (hình 4-A-20):

$$\zeta_{\text{ống}} = \left(\frac{1}{n\varepsilon} \right)^2. \quad (4-61)$$

- Vòi nước (hình 4-A-21).

Hệ số ζ phụ thuộc vào góc quay α và có thể lấy theo bảng (4-13).

Bảng 4-13

Các giá trị của hệ số ζ đối với vòi nước

α°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
ζ	0,05	0,29	0,75	1,56	3,10	5,47	9,68	17,3	31,2	31,2	10,0

- Khoá nước (hình 4-A-22).

Hệ số sức cản phụ thuộc vào tỷ số $\frac{d-h}{d} = \frac{s}{d}$, tức là vào độ mở của khoá và các trị số có thể lấy theo bảng (4-14)

Bảng 4-14

Các giá trị của hệ số ζ cho khoá nước có độ mở khác nhau

ω - diện tích mặt cắt ống (theo số liệu thí nghiệm)

$d-h$	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8
ω	1,000	0,948	0,856	0,740	0,609	0,566	0,315	0,159
ζ	0,00	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8

Đối với các khoá kiểu Luđô khi mở hết : $\zeta = 0,11 \div 0,12$.

- Các loại van . Khi mở hoàn toàn, tùy theo kết cấu, nên lấy :

+ Đối với sơ đồ trên hình (4-23) khi tay vận nghiêng :

$$\zeta = 1,4 \div 1,85$$

+ Cũng vậy khi tay vận thẳng :

$$\zeta = 3 \div 5,5$$

+ Van đĩa quay hình (4-A-24) :

Hệ số sức cản ζ khi mở van một phần sẽ phụ thuộc vào góc α và có thể lấy theo bảng (4-15).

Bảng 4-15

Các giá trị của hệ số ζ đối với van đĩa

α°	5	10	15	20	25	30	35
ζ	0,24	0,52	0,90	1,54	2,51	3,91	6,22

α°	40	45	50	55	60	65	70	90
ζ	10,8	18,7	32,5	58,8	118	256	751	

Khi mở hoàn toàn ζ sẽ phụ thuộc vào tỷ số giữa độ dày lớn nhất a của van và đường kính d (hình 4-A-24) . Trị số của ζ lấy theo bảng (4-16) .

Bảng 4-16

Các giá trị của hệ số ζ đối với van đĩa khi mở hoàn toàn

a/d	0,10	0,15	0,20	0,25
ζ	0,05 ÷ 0,10	0,10 ÷ 0,16	0,17 ÷ 0,24	0,25 ÷ 0,35

Khi mở hoàn toàn và không có chỉ dẫn về đặc điểm cấu tạo, coi như $\zeta = 0,10$.

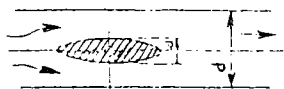
+ Van bản lề quay hình (4-A-26).

Trị số ζ có thể lấy theo bảng (4-17) tùy thuộc góc α .

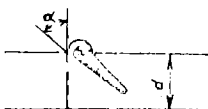
Bảng 4-17

Các giá trị của hệ số ζ đối với van quay

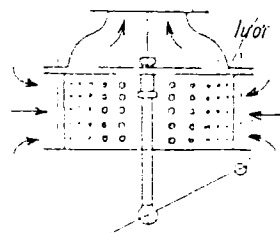
α°	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
ζ	1,7	2,3	3,2	4,6	6,6	9,5	14	20	20	42	62	90



Hình 4-A-25



Hình 4-A-26



Hình 4-A-27

+ Các van ở ống hút, có lưới, van ngược (cripin) .

Đối với các van ống hút theo sơ đồ hình (4-A-27), tùy thuộc đường kính d , trị số ζ lấy theo bảng (4-18). Khi không rõ kết cấu, lấy $\zeta = 5 \div 10$.

Bảng 4-18**Các giá trị của hệ số ζ đối với các van hút**

Loại van	$d, \text{ mm}$											
	40	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	750
Van và lưới	12	10	8,5	7,0	6,0	5,2	4,4	3,7	3,4	3,1	2,5	1,6
Van ngược	-	18,0	11,0	8,0	6,5	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	1,8	-

+ Van hình kim kiểu Giôn-xơn . Hệ số ζ tìm theo công thức :

$$\zeta = \frac{0,123}{\sqrt{d}} \quad (4-62)$$

trong đó d - đường kính tại đầu nhỏ của van. Vận tốc trong công thức Boocđa (4-39) là vận tốc tính với đường kính d .

Hệ số ζ của các van hình kim có truyền động thuỷ lực lấy theo bảng (4-19)

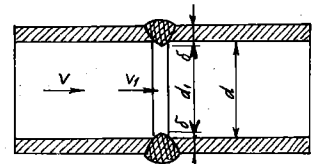
Bảng 4-19**Các giá trị của hệ số ζ đối với các van hình kim (theo X.I.Nalimốp)**

	Độ mở tương đối							
	1	7/8	3/4	5/8	1/2	3/8	1/4	1/8
Mở theo dòng chảy	0,11	0,13	0,32	0,68	1,60	4,95	13,8	24,1
Mở ngược dòng chảy	0,18	0,26	0,56	1,23	3,00	4,95		

- Mối nối trong đường ống

Độ tăng sức cản do các mối nối gây ra (hình 4-A-28) có thể xác định theo công thức :

$$k = 1 + \frac{\zeta_{mn}}{\lambda} \frac{d}{\ell} \quad (4-63)$$

**Hình 4-A-28**

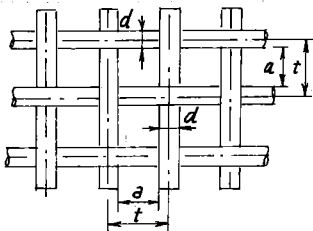
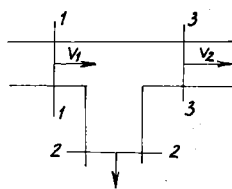
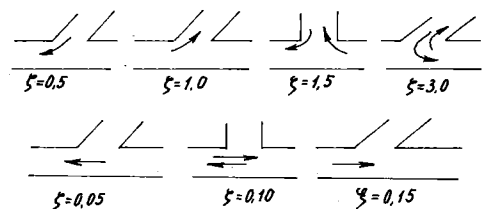
trong đó $k = \frac{\lambda_1}{\lambda}$ - độ tăng tương đối sức cản của đường ống

(có và không có mối nối);

ℓ - khoảng cách giữa các mối nối (chiều dài ống) ;

d - đường kính ống ;

λ - hệ số sức cản dọc đường không có mối nối .

**Hình 4-A-29****Hình 4-A-30****Hình 4-A-31**

Hệ số ζ_{mn} trong (4-63) có thể xác định theo công thức :

$$\zeta_{mn} = 13,8 \left(\frac{\delta}{d} \right)^3 \quad (4-64)$$

trong đó : δ - chiều cao tương đương của mối hàn .

Trị số ζ_{mhl} lấy theo bảng (4-20).

Bảng 4-20
Các giá trị của hệ số ζ_{mhl} đối với các dạng khác nhau của môi nổi hàn

Dạng môi hàn	Đường kính ống (mm)							
	200	300	400	500	600	700	800	900
Có vòng đệm (δ, mm)	0,06	0,03	0,018	0,013	0,009	0,007	0,006	0,005
Hàn điện và tiếp xúc ($\delta=3mm$)	0,026	0,015	0,009	0,006	0,004	0,0028	0,0023	0,002

- Các loại lưới

+ Lưới không có van ngược. Khi không có sự chỉ dẫn về dạng của mắt lưới:

$$\zeta = (0,675 \div 1,575) \frac{F}{F_{\text{ống}}}, \quad (4-65)$$

trong đó: F - diện tích tổng cộng của lỗ lưới;

$F_{\text{ống}}$ - diện tích mặt cắt ống.

Trị số trung bình lấy $\zeta_{lh} = 5 \div 6$.

+ Đối với lưới có mắt vuông (hình 4-A-29), hệ số ζ được tính theo công thức:

$$\zeta = \frac{92 - 78m}{Re_a} + 0,7(1,05 - m), \quad (4-66)$$

trong đó: $m = \frac{a^2}{r^2}$ - hệ số thoát của lưới;

a - kích thước các cạnh của mắt lưới;

r - bước của lưới;

$Re_a = \frac{va}{\nu}$ - số Râyôn;

v - vận tốc trung bình trong các mắt lưới ($v = \frac{v_1}{m}$);

v_1 - vận tốc trung bình của mặt cắt lưới.

- Tổn thất cột nước khi rẽ nhánh (hình 4-A-30)

Tổn thất cột nước khi dòng chảy ngoặt từ mặt cắt 1-1 sang mặt cắt 2-2 (rẽ nhánh) có thể coi gần đúng bằng hai lần cột nước vận tốc ở mặt cắt thứ hai, tức là:

$$h_{1-2} = 2 \frac{v_2^2}{2g} \quad (4-67)$$

Vì vậy hệ số sức cản:

$$\zeta_{1-2} = 2.$$

Trong tính toán xem áp suất p_1 tại mặt cắt thứ 1 và p_3 tại mặt cắt thứ 3 là bằng nhau nên tổn thất cột nước trên đoạn từ 1-1 sang mặt cắt 3-3 (tức là chảy thẳng) bằng:

$$h_{1-3} = \frac{v_1^2 - v_3^2}{2g} \quad (4-68)$$

Các giá trị ζ đối với các điều kiện dẫn đi khác nhau được cho trên hình (4-A-31).

Sức cản cục bộ trong các đường ống có áp với số Râyôn nhỏ

Khi chất lỏng chuyển động với số Râyôn nhỏ, các hệ số sức cản cục bộ không những phụ thuộc vào các đặc trưng hình học của từng loại sức cản cục bộ mà còn phụ thuộc cả vào số Râyôn nữa.

Khi số Râyôn nhỏ, hệ số ζ tăng lên và có thể xác định theo :

$$\zeta = \frac{A}{Re} + \zeta_{hpsc}, \quad (4-69)$$

trong đó ζ_{hpsc} - hệ số sức cản cục bộ trong khu bình phương sức cản ;
 A - hệ số lấy theo bảng (4-21)

Bảng 4-21

Các giá trị A và ζ_{hpsc} trong công thức (4-69) đối với một số trường hợp sức cản cục bộ

<i>Thiết bị</i>	<i>A</i>	<i>ζ_{hpsc}</i>
Vòi nước	150	0,40
Khoá nước thường	3000	6,0
Khoá (Kóxva)	900	2,5
Ván góc	400	0,8
Ván cầu	5000	45
Ván góc 90°	400	1,4
Ván góc 135°	600	0,4
Khuỷu 90°	130	0,2
Chạc ba	150	0,3
Khoá (mở hoàn toàn)	75	0,15
Khoá (mở $n = 0,75$)	350	0,2
Khoá (mở $n = 0,50$)	1300	2,0
Khoá (mở $n = 0,25$)	3000	20
Màng chắn ($n = 0,64$)	70	1
Màng chắn ($n = 0,40$)	120	7
Màng chắn ($n = 0,16$)	500	70
Màng chắn ($n = 0,05$)	3200	800
Từ ống vào bể chứa	30	1
Từ bể chứa vào ống	30	0,5

- Ảnh hưởng tương hỗ giữa các sức cản cục bộ

Chiều dài cần thiết để các sức cản cục bộ không ảnh hưởng lẫn nhau là :

$$\ell_{ch} = 0,5 \frac{d \zeta_{hpsc}}{\lambda}, \quad (4-70)$$

trong đó : ℓ_{ch} - chiều dài ảnh hưởng của sức cản cục bộ ;

λ - hệ số ma sát thủy lực của ống với đường kính d mà trên đó có các sức cản cục bộ ;

ζ_{hpsc} - hệ số sức cản cục bộ đang xét .

Khi số Râyôn lớn, chiều dài ảnh hưởng ℓ_{ch} có thể lấy :

$$\ell_{ch} \geq (30 \div 40)d. \quad (4-71)$$

Khi sức cản đặt quá gần nhau, việc cộng đơn giản các hệ số sức cản có thể cho kết quả không chính xác. Khi cần độ chính xác cao cần tiến hành thí nghiệm kiểm tra .

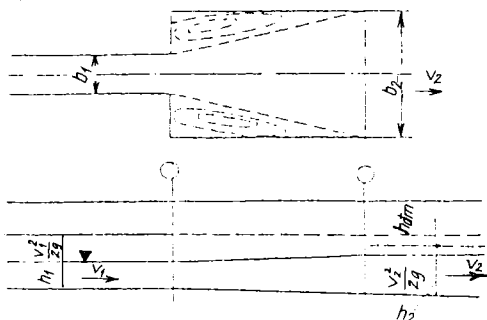
Khi số Râyôn nhỏ, ảnh hưởng tương hỗ của các sức cản cục bộ nhỏ hơn so với khi số Râyôn lớn .

b- Tổn thất cục bộ trong kênh hở

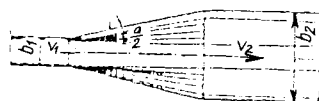
- Kênh dẫn mở rộng đột ngột (hình 4-A-32) .

Đối với kênh có mặt cắt hình chữ nhật, tổn thất cột nước cục bộ bằng ;

$$h_{dm} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} - \frac{(h_2 - h_1)^2}{2h_2} , \quad (4-72)$$



Hình 4-A-32



Hình 4-A-33

Như vậy tổn thất cột nước khi kênh hở mở rộng đột ngột nhỏ hơn tổn thất tính theo công thức Boocđa vì $h_2 > h_1$. Khi độ chênh giữa h_2 và h_1 nhỏ, công thức (4-72) sẽ trở thành công thức Boocđa .

Độ dâng cao của mực nước ở đoạn hạ lưu so với mực nước đoạn thượng lưu sẽ bằng :

$$h_2 - h_1 = \frac{v_2}{g} (v_1 - v_2) + \frac{(h_2 - h_1)^2}{2h_2} .$$

- Kênh mở rộng dần (hình 4-A-33) .

Khi có đoạn quá độ, có thể xác định tổn thất theo công thức :

$$h = \psi \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} , \quad (4-73)$$

trong đó ψ - hệ số chuyển tiếp, phụ thuộc vào góc α lấy theo bảng (4-22) .

Bảng 4-22

Các giá trị của hệ số chuyển tiếp ψ trong công thức (4-73) - theo số liệu thực nghiệm

Góc mở rộng α°	20	40	60 và hơn nữa
Hệ số chuyển tiếp ψ	0,45	0,90	1,0

- Kênh thu hẹp đột ngột (hình 4-34)

Khi thu hẹp đột ngột (không có đoạn quá độ) có thể xác định tổn thất cột nước theo Hinds

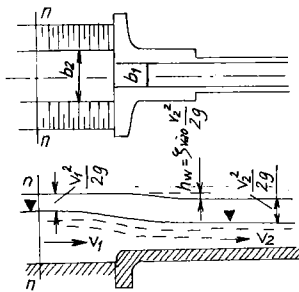
$$h_{dt} = k \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g} , \quad (4-74)$$

trong đó : $k = 0,5 \div 0,6$ với mọi giá trị của tỷ số b_2/b_1 từ 0,1 đến 0,5 .

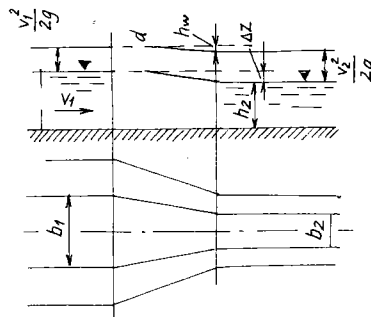
- Kênh thu hẹp dần (hình 4-A-35)

Có thể xác định tổn thất cột nước theo công thức Hinds với $k = 0,15$ khi nối tiếp thuận và $k = 0,05$ khi nối tiếp rất thuận. Độ hạ thấp của mực nước của mặt thoáng khi đó bằng :

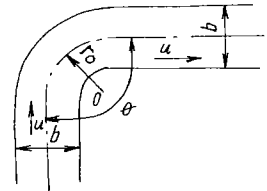
$$\Delta z = h_1 - h_2 = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g}(1 + k), \quad (4-75)$$



Hình 4-A-34



Hình 4-A-35



Hình 4-A-36

- Chỗ ngoặt của kênh hở (hình 4-A-36) .

Hệ số sức cản cục bộ khi kênh hở đổi hướng ζ_{ng} phụ thuộc vào một số đại lượng không thứ nguyên .

$$\zeta_{ng} = f\left(\frac{r_0}{b}, \frac{h}{b}, \frac{vR}{\nu}, \frac{\theta}{180^\circ}\right), \quad (4-76)$$

trong đó : b - chiều rộng kênh ;

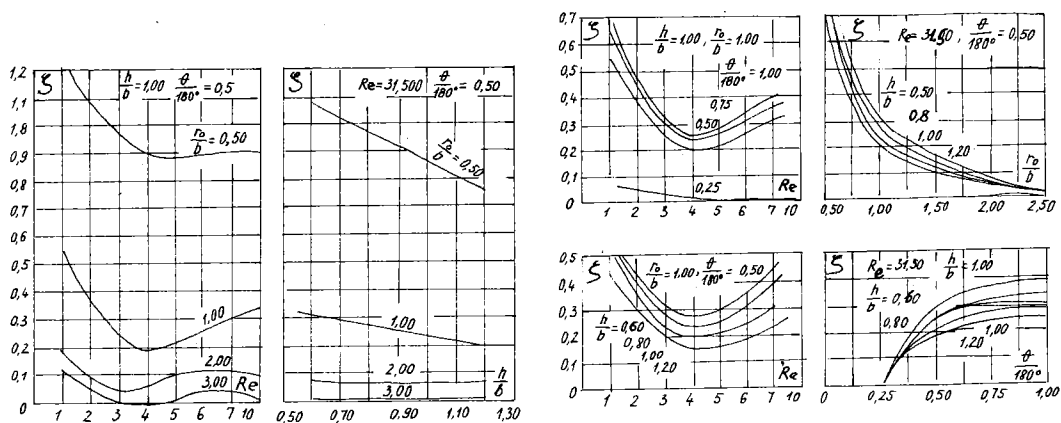
r_0 - bán kính cong của đường trục kênh ;

h - chiều sâu mực nước trong kênh ;

ν - vận tốc trung bình của dòng chảy ;

θ - góc ngoặt của kênh ;

R - bán kính thủy lực .



Hình 4-A-37

Quan hệ giữa ζ_{ng} với các không thứ nguyên riêng rẽ được trình bày trên hình (4-37) theo kết quả thí nghiệm của Shukry.

Khi xác định ζ_{ng} trong lần gần đúng thứ nhất có thể chọn giá trị chỉ phụ thuộc vào hai đại lượng không thứ nguyên sau đó đưa các hệ số hiệu chỉnh vào để xét đến ảnh hưởng của các đại lượng còn lại.

Khi góc ngoặt nhỏ hơn 90° , có thể tìm gần đúng hệ số cản theo công thức:

$$\zeta = \zeta_{90^\circ} \frac{\theta}{90^\circ}. \quad (4-77)$$

+ Các loại chắn song (hình 4-A-38).

Tổn thất cột nước trong các loại chắn song được xác định theo công thức Vâyxbắc:

$$h_c = \zeta_{cs} \frac{v^2}{2g},$$

trong đó: v - vận tốc trung bình ở trước chắn song;

ζ_{cs} - hệ số sức cản cục bộ của chắn song.

Theo VODGEO hệ số ζ_{cs} được tính theo:

$$\zeta_{cs} = k \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{\omega} \right)^{1,6} \left(2,3 \frac{\ell}{b} + 8 + 2,4 \frac{b}{\ell} \right) \sin \alpha. \quad (4-78)$$

trong đó: $k = 0,504$ với các thanh chữ nhật; $k = 0,318$ đối với thanh chữ nhật có mép tròn; $k = 0,182$ đối với các thanh hình nêm với mép tròn;

ℓ - chiều rộng các thanh (hình 4-A-39);

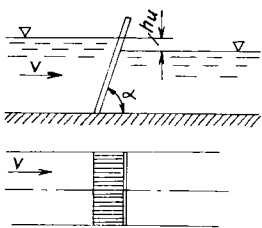
b - khoảng không giữa các thanh;

α - góc nghiêng của chắn song với phương nằm ngang (hình 4-A-38);

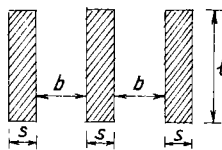
ω_1 - diện tích của tất cả các phần tử của chắn song;

ω_2 - diện tích khoảng trống bị làm bẩn giữa các phần tử của chắn song;

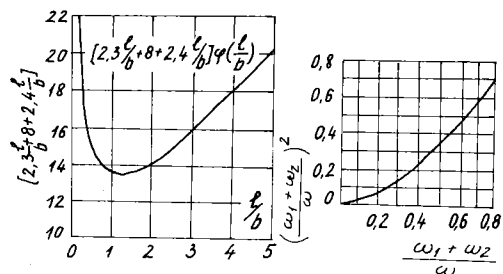
ω - diện tích của lỗ thoát không kể chắn song.



Hình 4-A-38



Hình 4-A-39



Hình 4-A-40

Có thể dùng đồ thị ở hình (4-A-40) để xác định nhanh hệ số sức cản.

Khi các thanh của chắn song có các hình dạng mặt cắt khác nhau (hình 4-A-41) và các chắn song đặt xiên (hình 4-A-42) thì hệ số ζ_{cs} được xác định theo Kirsmer như sau:

- Khi lưới đặt thẳng với dòng chảy tới (hình 4-38)

$$\zeta_1 = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^3 \sin \alpha, \quad (4-79)$$

trong đó : s - chiều dày của thanh ;

b - khoảng trống giữa các thanh (hình 4-A-43) ;

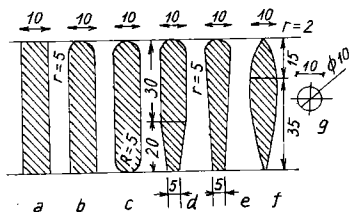
β - hệ số phụ thuộc vào hình dạng của thanh, lấy theo bảng (4-23) và hình (4-A-41) ;

α - góc nghiêng của chắn song so với đường nằm ngang .

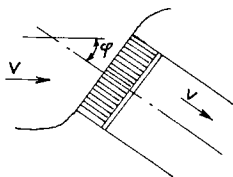
Bảng 4-23

Các giá trị hệ số β trong công thức Kirsmer (4-79)

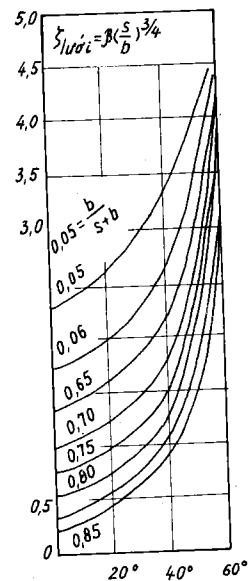
Dạng thanh	a	b	c	d	e	f	g
β	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,97



Hình 4-A-41



Hình 4-A-42



Hình 4-A-43

- Khi chắn song đặt xiên (hình 4-A-42). Đối với các thanh chữ nhật có mặt cắt 10x70 mm, hệ số ζ_{cs} tìm theo đồ thị hình (4-A-43) , tùy thuộc vào góc φ của hướng chảy tới.

Khi thiết kế lưới chắn rác cần phải quy định vận tốc đủ nhỏ để không cản trở việc làm sạch chắn song trong điều kiện khai thác.

Có thể lấy các giá trị vận tốc cho phép sau đây cho lưới chắn rác :

- Ở lối vào buồng tuabin trực tiếp từ thượng lưu, lấy $v_{th} = 0,9 \div 1,2 \text{ m/s}$.
- Ở lối vào công trình nhận nước có áp, lấy $v_{th} = 0,25 \div 1,0 \text{ m/s}$ tùy thuộc độ vươn lên và độ sâu đặt chắn song .

Còn có thể tìm được trị số ζ_{cs} theo công thức :

$$\zeta_{cs} = \frac{1}{M^2} \left[\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right)^2 + (1-M^2) \right] \sin \alpha, \quad (4-80)$$

trong đó: $M = \frac{b}{b+s}$;

s - chiều dày của các thanh chữ nhật ;

b - khoảng cách giữa các thanh ;

α - góc nghiêng của chấn song với đường nằm ngang ;

ε - hệ số co hẹp của dòng chảy đi qua lưới chấn rác.

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1-M} \quad (4-81)$$

- Các hệ số sức cản cục bộ thuộc khu bình phương sức cản dùng để tính gần đúng

Nơi vào có mép sắc

$$\zeta = 0,50$$

Vào ống thuận

$$\zeta = 0,50 \div 0,20$$

Mở rộng đột ngột ($\omega_2 > \omega_1$) với $h_c = \zeta_2 \frac{v_2^2}{2g}$

$$\zeta_2 = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$$

Thu hẹp đột ngột ($\omega_2 < \omega_1$) với $h_c = \zeta_2 \frac{v_2^2}{2g}$

$$\zeta_2 = 0,5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2$$

Nón quá độ (với $d_2 = 2d_1$)

$$\zeta = 0,50$$

Nón quá độ (với $d_2 = 0,5d_1$)

$$\zeta = 0,20$$

Ngoặt gãy khúc đột ngột 90°

$$\zeta = 1,2$$

Ngoặt dần 90°

$$\zeta = 0,15$$

Chảy ra từ ống ở dưới mực nước với $h_c = \zeta \frac{v^2}{2g}$

$$\zeta = 1,0$$

(v - vận tốc trong ống)

Van hình đĩa mở hoàn toàn

$$\zeta = 0,1$$

Khoá mở hoàn toàn

$$\zeta = 0,11 \div 0,12$$

Các vòi nước khác nhau, mở hoàn toàn

$$\zeta = 5$$

Van hút có lưới ở các máy bơm

$$\zeta = 10$$

Lối vào thuận

$$\zeta = 0,1$$

Lối vào kênh có các mép sắc cạnh (có co hẹp bên)

$$\zeta = 0,40$$

Kênh dẫn mở rộng thuận ($\omega_2 > \omega_1$)

$$\zeta_2 = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$$

Kênh dẫn thu hẹp thuận ($\omega_2 < \omega_1$)

$$\zeta = 0,1$$

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

4-1. HAI TRẠNG THÁI CHẢY CỦA CHẤT LỎNG

Bài 4-B-1. Xác định số Râyôn và trạng thái chảy của nước trong ống dẫn nước có đường kính $d=300mm$, nếu lưu lượng nước chảy trong ống $Q=0,136m^3/s$. Nhiệt độ của nước $t=10^0C$.

Bài giải

Mặt cắt ướt của dòng chảy :

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 3,14 \frac{0,3^2}{4} = 0,071m^2 .$$

Vận tốc trung bình của nước trong ống :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,136}{0,071} = 1,92m/s .$$

Số Râyôn được xác định theo công thức (4-2) :

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,92 \cdot 0,3}{1,306 \cdot 10^{-6}} = 441000$$

Ở đây $\nu = 1,306 \cdot 10^{-4}$ (bảng 1-4) khi $t = 10^0C$. $Re > Re_{pg} = 2000$, do đó chuyển động của nước trong ống sẽ là chảy rối .

Bài 4-B-2 . Đường ống trong cấp và thoát nước có đường kính bé nhất $d_{min} = 12mm$ và lớn nhất $d_{max} = 3500mm$. Vận tốc tính toán của nước trong đường ống là $v = 0,5 \div 4 m/s$. Xác định trị số Râyôn lớn nhất và bé nhất và trạng thái chảy của nước trong các ống này.

Bài giải

Nhiệt độ của nước trong các hệ thống cấp và thoát nước có thể thay đổi từ 0^0 đến 30^0 , còn độ nhớt động học $\nu_{0^0} = 1,78 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ và $\nu_{30^0} = 0,81 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ (bảng 1-4).

Số Râyôn bé nhất xác định theo công thức (4-2), khi $d_{min} = 0,012m$; $v_{min}=0,5m/s$ và $\nu_{0^0} = 1,78 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ ta có :

$$Re_{min} = \frac{0,5 \cdot 0,012}{1,78 \cdot 10^{-6}} = 3370 .$$

Tương tự :

$$Re_{max} = \frac{4,3,5}{0,81 \cdot 10^{-6}} = 17260000 .$$

Ngay cả số Râyôn Re_{min} cũng lớn hơn số Râyôn phân giới $Re_{pg} = 2000$, vì vậy trong các đường ống cấp thoát nước, trạng thái chảy luôn luôn là chảy rối .

Bài 4-B-3. Khi lưu lượng giữ không đổi $Q = const$ thì số Râyôn thay đổi ra sao khi đường kính biến đổi từ bé đến lớn ?

Bài giải

Số Râyôn xác định theo công thức (4-2). Theo công thức (3-2) ta có :



$$Q = \omega v = \frac{\pi d^2}{4} v$$

Vậy :

$$Re = \frac{4Q}{\pi dv} \quad (1)$$

Từ (1) thấy rằng số Rây-nôn giảm đi một số lần bằng số lần tăng của đường kính ống khi lưu lượng chảy qua ống không đổi .

Bài 4-B-4. Một thiết bị ngưng tụ của tuabin hơi trong nhà máy nhiệt điện được lắp từ các ống làm lạnh có đường kính $d = 0,025m$. Trong các điều kiện bình thường người ta cho qua thiết bị ngưng tụ một lượng nước tuần hoàn ở nhiệt độ $12,5 \div 13^{\circ}C$ là $13600m^3/s$. Vậy nước ở trong các ống có chuyển động ở trạng thái chảy rối không ?

Bài giải

Lưu lượng qua thiết bị ngưng tụ :

$$Q = \frac{13600}{3600} = 3,78 \frac{m^3}{s}$$

Còn qua từng ống ;

$$q = \frac{3,78}{8186} = 0,000462 \frac{m^3}{s}$$

Diện tích mặt cắt ướt của từng ống :

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 0,00049m^2$$

Vận tốc chuyển động của nước :

$$v = \frac{q}{\omega} = \frac{0,000462}{0,00049} = 0,945 \frac{m}{s}$$

Độ nhớt động học của nước $\nu = 1,23 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ (bảng 1-4).

Số Rây-nôn đặc trưng cho dòng chảy trong ống xác định theo công thức (4-2) :

$$Re = \frac{0,945 \cdot 0,025}{1,23 \cdot 10^{-6}} = 19200.$$

Do đó , trạng thái chảy của nước trong các ống sẽ là chảy rối .

Bài 4-B-5. Nước và không khí ở nhiệt độ $25^{\circ}C$ và glixerin ở nhiệt độ $20^{\circ}C$ ($\nu = 4,1 \cdot 10^{-4} \frac{m^2}{s}$) chuyển động trong ống có đường kính $d = 0,03m$. Xác định vận tốc phân giới ứng với trạng thái quá độ từ tầng sang rối .

Bài giải

Từ công thức (4-2), rút ra : $v_{pg} = Re_{pg} \cdot \frac{\nu}{d} = 2000 \frac{\nu}{d}$.

Với nước ($\nu = 0,9 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$) khi $t = 20^{\circ}C$ - bảng 1-4) :

$$v_{pg} = 2000 \cdot \frac{0,9 \cdot 10^{-6}}{0,03} = 0,06 \frac{m}{s}$$

Với không khí ($\nu = 16,15 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ - bảng 1-4)

$$\nu_{pg} = 2000 \cdot \frac{16,15 \cdot 10^{-6}}{0,03} = 1,06 \frac{m}{s}.$$

Với glixerin :

$$\nu_{pg} = 2000 \cdot \frac{4,1 \cdot 10^{-4}}{0,03} = 27,06 \frac{m}{s}.$$

4-B-2. SỨC CẢN THEO CHIỀU DÀI

Bài 4-B-6. Ở nhiệt độ 10^0C nước chảy trong ống nằm ngang có mặt cắt hình vành khăn (gồm 2 ống thép tráng kẽm đồng tâm) có $k_{td} = 0,15mm$, với lưu lượng $Q = 0,0075 m^3/s$. Ống trong có đường kính ngoài $d = 0,075m$, còn ống ngoài có đường kính trong $D = 0,1m$. Tìm tổn thất cột nước do ma sát trên chiều dài $\ell = 300m$.

Bài giải

Diện tích mặt cắt ướt : $\omega = \frac{\pi}{4} (0,1^2 - 0,075^2) = 0,0034 m^2.$

Chu vi ướt : $\chi = \pi (0,075 + 0,1) = 3,14 \cdot 0,075 = 0,55m.$

Đường kính tương đương xác định theo công thức :

$$d_{td} = 4R = \frac{4\omega}{\chi} = \frac{4 \cdot 0,0034}{0,55} = 2,48 \cdot 10^{-2} m.$$

Độ nhám tương đối : $\frac{k_{td}}{d_{td}} = \frac{1,5 \cdot 10^{-1}}{2,48 \cdot 10^{-2}} = 0,0059.$

Vận tốc trung bình của dòng chảy :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,0075}{0,0034} = 2,2 \frac{m}{s}.$$

Số Râyôn xác định theo công thức (4-2), khi $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ (bảng 1-4) ta có:

$$Re = \frac{v \cdot d_{td}}{\nu} = \frac{2,2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 42000.$$

Hệ số ma sát thủy lực xác định theo công thức (4-20) :

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{td}}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left(0,0059 + \frac{68}{42000} \right)^{0,25} = 0,0284.$$

Tổn thất cột nước do ma sát theo chiều dài được tìm theo công thức (4-5):

$$h_d = \lambda \frac{\ell v^2}{d \cdot 2g} = 0,0284 \frac{300 \cdot 2,2^2}{2,48 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 9,8} = 84m.$$

Bài 4-B-7. Xác định tổn thất áp suất do ma sát Δp_d trong ống thép mặt cắt tròn, chữ nhật và tam giác (đều cạnh) với chiều dài, diện tích mặt cắt ướt của ống và vận tốc chuyển động giống nhau. Chiều dài của ống $\ell = 100m$, diện tích mặt cắt ướt $\omega = 0,03m^2$, vận tốc trung bình $v = 10m/s$, nhiệt độ của nước 20^0C .

Bài giải

Xác định đường kính tương đương của tất cả các ống :

+ Đối với mặt cắt tròn :

$$d_{idr} = 4 \frac{\pi d^2}{4\pi d} = 4 \frac{d}{4} = d.$$

+ Đối với mặt cắt chữ nhật :

$$d_{idcn} = 4 \frac{a^2}{4a} = a,$$

trong đó: a - cạnh của hình chữ nhật .

+ Đối với mặt cắt tam giác :

$$d_{idtg} = 4 \frac{b^2 \sqrt{3}}{4.3b} = \frac{b}{\sqrt{3}},$$

trong đó : b - cạnh của tam giác đều .

Ta tìm các đại lượng d, a, b :

$$d = \sqrt{\frac{4\omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.0,03}{3,14}} = 0,196m$$

$$a = \sqrt{\omega} = \sqrt{0,03} = 0,174m.$$

$$b = \sqrt{\frac{4\omega}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{4.0,03}{\sqrt{3}}} = 0,264m.$$

Do đó :

+ Đối với ống tròn :

$$d_{idr} = d = 0,196m.$$

+ Đối với ống mặt cắt chữ nhật :

$$d_{idcn} = a = 0,174m.$$

+ Đối với ống mặt cắt tam giác :

$$d_{idtg} = \frac{b}{\sqrt{3}} = \frac{0,264}{\sqrt{3}} = 0,152m.$$

Để xác định hệ số ma sát thủy lực ta tìm số Râyôn theo công thức (4-2) và độ nhám tương đối khi $k_{td} = 0,05mm = 5.10^{-5}m$ (**xem Phụ lục 1**) và $\nu = 1,01.10^{-6}m^2/s$ (bảng 1-4) .

+ Đối với ống tròn :

$$\lambda_{tr} = 0,11(25.4.10^{-5})^{0,25} = 0,014;$$

+ Đối với ống mặt cắt chữ nhật :

$$\lambda_{cn} = 0,11(28.7.10^{-5})^{0,25} = 0,0145;$$

+ Đối với ống mặt cắt tam giác :

$$\lambda_{tg} = 0,11(33.10^{-5})^{0,25} = 0,015.$$

Tổn thất áp suất do ma sát trong ống ở mật độ của nước $\rho = 998,2kg/m^3$ (bảng 1-0) được xác định từ công thức (4-8) :

$$\Delta p_d = \lambda \frac{\ell}{d} \rho \frac{v^2}{2}.$$

+ Trong ống tròn :

$$\Delta p_{dtr} = 0,014 \frac{100}{0,196} 998,2 \frac{10^2}{2} = 3,58 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 358 \text{ kPa};$$

+ Trong ống mặt cắt chữ nhật :

$$\Delta p_{dcn} = 0,0145 \frac{100}{0,174} 998,2 \frac{10^2}{2} = 4,16 \cdot 10^5 \text{ kPa} = 416 \text{ kPa};$$

+ Trong ống mặt cắt tam giác :

$$\Delta p_{dng} = 0,015 \frac{100}{0,152} 998,2 \frac{10^2}{2} = 4,93 \cdot 10^5 \text{ kPa} = 493 \text{ kPa}.$$

Như vậy là trong ống mặt cắt chữ nhật, tổn thất áp suất 1,16 lần lớn hơn, còn trong ống mặt cắt tam giác 1,38 lần lớn hơn tổn thất áp suất trong ống tròn dưới cùng các điều kiện giống nhau.

Bài 4-B-8. Xác định lưu lượng nước trong ống mặt cắt ngang chữ nhật có tỷ số các cạnh $\frac{a}{b} = 0,25$ và trong ống tròn cũng cùng diện tích mặt cắt ngang đó $\omega = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, nếu tổn thất áp suất trong các ống này giống nhau và $\Delta p_d = 100 \text{ Pa}$, còn chiều dài của mỗi ống $\ell = 10 \text{ m}$. Nhiệt độ của nước là 20° C .

Bài giải

+ Đối với ống mặt cắt tròn $d_{td} = d$;

+ Đối với ống mặt cắt chữ nhật, khi $a/b = 0,25$:

$$d_{td} = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b} = 1,6a.$$

Ta tìm các đường kính tương của các ống này :

$$d_{dtr} = \sqrt{\frac{4\omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

$$d_{dcn} = 1,6 \sqrt{\frac{\omega}{4}} = 1,6 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{4}} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}.$$

Tổn thất áp suất được xác định từ công thức (4-8). Ta giả thiết ban đầu, trạng thái chảy trong ống là tầng. Lúc đó tính theo công thức (4-17) :

$$\lambda = \frac{A}{\text{Re}},$$

trong đó : + $A = 64$ - đối với ống tròn ;

+ $A = 73$ - đối với ống chữ nhật theo **Phụ lục 8**.

Từ các công thức (4-8) và (4-17) ta có công thức tổn thất áp suất :

$$\Delta p_d = \rho \frac{A \ell v}{2 d_{td}^2} v.$$

Từ đó, đối với ống tròn khi mật độ của nước $\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$ (bảng 1-0) và độ nhớt

$$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (bảng 1-4)} : \quad v = \frac{2 \cdot 100 (1,6 \cdot 10^{-2})^2}{998,2 \cdot 64 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 0,08 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Đối với ống chữ nhật :
$$v = \frac{2.100(1.1.10^{-2})^2}{998.2.73.10.10^{-6}} = 0,03 \frac{m}{s}$$

Xác định số Râyôn theo công thức (4-2) :

+ Đối với ống tròn :

$$Re = 0.08.1.6. \frac{10^{-2}}{10^{-6}} = 1280 ;$$

+ Đối với ống chữ nhật :

$$Re = 0.032.1.1. \frac{10^{-2}}{10^{-6}} = 350 .$$

Vì số Râyôn nhỏ hơn số phân giới ($Re_{pg} = 2000$) nên dòng chảy trong ống sẽ là chảy tầng
Lưu lượng của nước :

+ Trong ống tròn :

$$Q_{tr} = v. \omega = 0.08.2.10^{-4} = 1,6.10^{-5} m^3 / s ;$$

+ Trong ống chữ nhật :

$$Q_{cn} = v. \omega = 0.03.2.10^{-4} = 0,64.10^{-5} m^3 / s .$$

Do đó, trong các điều kiện của chuyển động tầng dưới cùng một diện tích mặt cắt ướt và cùng một tổn thất áp suất, lưu lượng qua ống trong 2,5 lần lớn hơn qua ống mặt cắt chữ nhật .

Bài 4-B-9. Lưu lượng Q của dầu madút thay đổi ra sao khi cho dầu chảy trong ống thép tròn, mới, với đường kính $d = 0,1m$, chiều dài $\ell = 100m$ nếu tổn thất áp suất $\Delta p_d = 2.10^5 Pa$, còn nhiệt độ madút tăng từ 20^0C ($\nu = 1.10^{-4} m^2/s$) đến 37^0C ($\nu = 0,3.10^{-4} m^2/s$).

Bài giải

Khi nhiệt độ thay đổi từ 20 đến 37^0C , mật độ thay đổi không đáng kể, vì vậy ta xem nó là không đổi và lấy $\rho = 900 kg/m^3$.

Ta giả thiết là đường ống dẫn madút làm việc trong khu vực thành trơn thủy lực. Ta có :

$$\lambda = 0,11 \frac{68^{0,25}}{Re^{0,25}} = 0,11 \left(\frac{68\nu}{dv} \right)^{0,25} .$$

Vậy :

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p_d d}{\rho \ell} \cdot \frac{\nu^{0,25}}{0,11 \left(68 \frac{\nu}{d} \right)^{0,25}}}$$

hoặc :

$$v^{0,875} = \sqrt{\frac{2\Delta p_d d}{\rho \ell} \cdot \frac{1}{0,11} \left(\frac{d}{68\nu} \right)^{0,125}}$$

Vận tốc chảy của madút :

+ Khi nhiệt độ $t_f = 20^0C$:

$$v^{0,875} = \sqrt{\frac{2.2.10^5}{900.100} \cdot \frac{1}{0,11} \cdot \left(\frac{0,1}{68.10^{-4}} \right)^{0,125}}$$

Vậy :

$$v = 3,3 \frac{m}{s} .$$

+ Khi nhiệt độ $t_2 = 37^0C$:

$$v^{0,875} = \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^5}{900 \cdot 100} \cdot \frac{1}{0,11} \cdot \left(\frac{0,1}{68,0 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}\right)^{0,125}}$$

Vậy : $v = 3,86 \frac{m}{s}$

Để xác định khu vực ma sát ta tính độ nhám tương đối của ống và số Râyôn theo công thức (4-2) :

+ Khi $k_{td} = 0,05mm = 5 \cdot 10^{-5}m$ (xem Phụ lục 1) :

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-1}} = 5 \cdot 10^{-4} ;$$

+ Khi nhiệt độ $t_1 = 20^0C$:

$$Re = \frac{3,3 \cdot 0,1}{10^{-4}} = 3300 ;$$

+ Khi nhiệt độ $t_2 = 37^0C$:

$$Re = \frac{3,86 \cdot 0,1}{0,3 \cdot 10^{-4}} = 12890 .$$

Theo hình (4-2) ta xác định được khu vực làm việc của ống, cũng như đã giả thiết trước đây, là khu vực thành trơn thủy lực .

Lưu lượng mất mát :

+ Khi nhiệt độ $t_1 = 20^0C$:

$$Q = v \cdot \omega = 3,3 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,1^2}{4} = 0,0254 \frac{m^3}{s} ;$$

+ Khi nhiệt độ $t_2 = 37^0C$:

$$Q = v \cdot \omega = 3,86 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,1^2}{4} = 0,0303 \frac{m^3}{s} .$$

Do đó khi thay đổi nhiệt độ của mất mát từ 20 đến 38^0C thì lưu lượng tăng lên $1,2$ lần .

Bài 4-B-10. Xác định đường kính d của ống thép mới có chiều dài $\ell = 1000m$, để tháo qua một lưu lượng nước $Q = 0,02 m^3/s$ với tổn thất áp suất $\Delta p_d = 2 \cdot 10^5 Pa$. Nhiệt độ của nước là 20^0C .

Bài giải

Giả thiết đường ống làm việc ở khu vực bình phương sức cản nên hệ số sức cản xác định theo công thức (4-23). Ở đây ta lấy $k_{td} = 5 \cdot 10^{-5}m$ (xem Phụ lục 1) .

Từ (3-3), (4-5) và (4-23), ta có :

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p_d d^{1,15}}{0,11 \cdot k_{td}^{0,25} \rho \ell}} = 0,785 \sqrt{\frac{2 \Delta p_d}{0,11 \cdot k_{td}^{0,25} \rho \ell}} \cdot d^{2,6} .$$

Vì thế, đối với điều kiện của bài toán khi $\rho = 998,2 kg/m^3$ (bảng 1-0) thì :

$$0,02 = 0,785 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^5}{0,11 (5 \cdot 10^{-5})^{0,25} 998,2 \cdot 1000}} \cdot d^{2,6} ;$$

$$d = 0,15 m .$$

Diện tích mặt cắt ngang của ống :

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \cdot 0,15^2 = 0,0176 m^2 .$$

Vận tốc trong đường ống :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,02}{0,0176} = 1,13 \frac{m}{s} .$$

Số Râyôn xác định theo công thức (4-2), khi $v = 10^{-6} m^2/s$ (bảng 1-4), ta có :

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,13 \cdot 0,15}{10^{-6}} = 1,17 \cdot 10^5 .$$

Với độ nhám tương đối :

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,15} = 3,3 \cdot 10^{-4} .$$

Vậy theo đồ thị hình (4-A-2) ta có đường ống làm việc ở khu vực quá độ từ thành trơn sang thành nhám thủy lực.

Hệ số ma sát λ được xác định theo công thức (4-20):

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,15} + \frac{68}{1,17 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 0,019 .$$

Vận tốc trung bình xác định theo công thức (4-5) :

$$v = \sqrt{\frac{2,0 \cdot 15,2 \cdot 10^5}{0,019 \cdot 1000 \cdot 998,2}} = 1,75 \frac{m}{s} .$$

Vậy từ :

$$\omega = \frac{Q}{v} = \frac{0,02}{1,75} = 0,0114 m^2 ,$$

ta được

$$d = 0,12 m .$$

Sau khi thử lại, ta có kết quả là với $d = 0,12 m$ và vận tốc $v = 1,75 m/s$, đường ống làm việc trong khu vực quá độ từ thành trơn sang thành nhám thủy lực .

Ta xác định lại trị số λ :

$$Re = \frac{1,75 \cdot 0,12}{10^{-6}} = 2,1 \cdot 10^5 ;$$

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,12} = 4,16 \cdot 10^{-5} ;$$

$$\lambda = 0,11 \left(4,16 \cdot 10^{-5} + \frac{68}{2,1 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 0,018 .$$

$$v = \sqrt{\frac{2,0 \cdot 15,2 \cdot 10^5}{0,018 \cdot 1000 \cdot 998,2}} = 1,8 \frac{m}{s} ;$$

Khi $\lambda = 0,018$:

$$\omega = \frac{0,02}{1,8} = 0,0111 m^2 \Rightarrow d = 0,118 m .$$

Bài 4-B-11. Xác định lưu lượng nước trong hệ thống đường ống đã sử dụng có đường kính $d = 0,3m$, nếu vận tốc trên trục ống được đo bằng ống Pitô-Prandtl, $u_{max} = 4,5m/s$, còn nhiệt độ nước là 10^0C .

Bài giải

Theo **Phụ lục 1**, đối với ống thép cũ trị số nhám tuyệt đối tương đương hạt đều là $k_{td}=0,5mm$. Giả thiết là nước chảy trong khu vực bình phương sức cản, ta xác định hệ số ma sát thủy lực theo công thức đơn giản (4-23):

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,5}{300} \right)^{0,25} = 0,022.$$

Vận tốc trung bình được xác định theo phương trình (4-15):

$$\frac{u_{max}}{v} = 1 + 1,35\sqrt{\lambda} = 1 + 1,35\sqrt{0,022} = 1,2;$$

$$v = 0,83u_{max} = 3,74 \frac{m}{s}.$$

Hệ số nhớt động học của nước $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} m^2/s = 0,0131 cm^2/s$ (bảng 1-4).

Ta xác định số tiêu chuẩn của khu chảy rối theo công thức (4-21):

$$\frac{v \cdot k_{td}}{\nu} = \frac{374,0,05}{0,0131} = 1430 > 500.$$

Do đó, chuyển động thực sự đã xảy ra ở khu vực bình phương sức cản.

Lưu lượng nước trong ống được xác định bằng biểu thức:

$$Q = \omega \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} 3,74 = 0,26 \frac{m^3}{s}.$$

Bài 4-B-12. Tại hai điểm của mặt cắt ướt của đường ống vận chuyển nước đo được vận tốc $u = 2,3 m/s$ ở khoảng cách thành ống $y = 0,11m$ và $u_{max} = 2,6 m/s$ tại trục ống. Xác định tổn thất cột nước do ma sát cho 1 mét dài đường ống.

Bài giải

Xác định hệ số ma sát thủy lực theo công thức (4-12). Lấy lôgarít ta có:

$$\lg \frac{u}{u_{max}} = 0,9\sqrt{\lambda} \lg \frac{u}{r_0}.$$

Do đó:

$$\lambda = \left(\frac{\lg \frac{u}{u_{max}}}{0,9 \lg \frac{y}{r_0}} \right)^2 = \left(\frac{\lg \frac{2,3}{2,6}}{0,9 \lg \frac{0,11}{0,25}} \right)^2 = 0,0286.$$

Vận tốc trung bình được xác định bằng biểu thức (4-15):

$$\frac{u_{max}}{v} = 1 + 1,35\sqrt{\lambda} = 1 + 1,35\sqrt{0,0286} = 1,228;$$

$$v = \frac{2,6}{1,228} = 2,11 \frac{m}{s}.$$

Tổn thất cột nước do ma sát được xác định theo công thức (4-5):

$$h_d = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{0.0286 \cdot 1.2 \cdot 11^2}{0.5 \cdot 19.6} = 0.013m \text{ trên 1 mét dài ống.}$$

Bài 4-B-13. Xác định tổn thất áp suất Δp_d trong đường ống chính của hệ truyền động thuỷ lực (hình 4-B-1) nếu lưu lượng của chất lỏng :

$$+ Q_1 = 0.0001 m^3/s ;$$

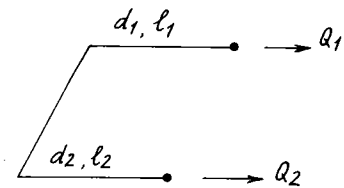
$$+ Q_2 = 0.0002 m^3/s .$$

Các đường kính của ống : $d_1 = 0.005m$; $d_2 = 0.01m$.

Chiều dài : $\ell_1 = 1m$; $\ell_2 = 2m$. Mật độ của chất lỏng

: $\rho = 900 kg/m^3$. Hệ số nhớt động học :

$$\nu = 6.5 \cdot 10^{-6} m^2/s .$$



Hình 4-B-1

Bài giải

Tính số Rây-nôn cho mỗi nhánh của hệ thống truyền động thuỷ lực cũng theo công thức (4-2) với vận tốc trung bình được xác định theo :

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$Re_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1 \nu} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{3.14 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 6.5 \cdot 10^{-6}} = 390 ;$$

$$Re_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2 \nu} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{3.14 \cdot 10^{-2} \cdot 6.5 \cdot 10^{-6}} = 390 .$$

Trong cả hai đường ống dẫn chính, trạng thái chảy đều là chảy tầng .

Hệ số ma sát thuỷ lực được xác định theo công thức (4-17):

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{390} = 0.164 .$$

Tổn thất áp suất ở mỗi nhánh được xác định từ công thức (4-8) :

$$\begin{aligned} \Delta p_{d1} &= \lambda \cdot \frac{\ell_1}{d_1} \rho \frac{v_1^2}{2} = 0.164 \cdot \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 900 \cdot \frac{16(10^{-4})^2}{3.14^2 (5 \cdot 10^{-3})^4 \cdot 2} = \\ &= 3.74 \cdot 10^5 Pa = 374 kPa . \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p_{d2} &= \lambda \cdot \frac{\ell_2}{d_2} \rho \frac{v_2^2}{2} = 0.164 \cdot \frac{1}{1 \cdot 10^{-2}} \cdot 900 \cdot \frac{16(10^{-4})^2}{3.14^2 (10^{-2})^4 \cdot 2} = \\ &= 0.94 \cdot 10^5 Pa = 94 kPa . \end{aligned}$$

4-3. SỨC CẢN THUỶ LỰC CỤC BỘ

Bài 4-B-14. Ống nằm ngang có đường kính $d_1 = 0.1m$ mở rộng đột ngột sang ống có đường kính $d_2 = 0.15m$. Lưu lượng nước $Q = 0.03 m^3/s$. Yêu cầu xác định :

- Tổn thất cột nước khi mở rộng đột ngột ;
- Hiệu số áp suất trong hai ống ;
- Tổn thất cột nước và hiệu số áp suất cho trường hợp khi nước chảy ngược lại (từ ống lớn sang ống bé) ;
- Hiệu số áp suất khi ống mở rộng dần (xem tổn thất cột nước nhỏ, không đáng kể) .

Bài giải

a- Tìm tổn thất cột nước khi ống mở rộng đột ngột theo công thức (4-39), trong đó :

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{0,034}{3,14 \cdot 10^{-2}} = 3,84 \frac{m}{s};$$

$$v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \cdot v_1 = \left(\frac{0,1}{0,15} \right)^2 \cdot 3,82 = 1,75 \frac{m}{s}.$$

Vậy :

$$h_{dm} = \frac{(3,84 - 1,75)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,22m.$$

b- Tính hiệu số áp suất tại ống hẹp và rộng từ phương trình Becnuli :

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{dm};$$

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} - h_{dm}$$

hoặc :

$$p_2 - p_1 = \frac{\rho (v_1^2 - v_2^2)}{2} - h_{dm} \rho g = \frac{998,2(3,84^2 - 1,75^2)}{2} - 0,22 \cdot 998,2 \cdot 9,8 = 3245 Pa$$

c- Khi thay đổi chiều chuyển động ngược lại, tức là từ ống rộng vào ống hẹp, vận tốc tại mặt cắt co hẹp :

$$v_{ch} = \frac{\omega_1}{\omega_{ch}} v_1 = \frac{v_1}{\varepsilon}.$$

Độ co hẹp của dòng chảy :

$$n = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{0,1^2}{0,15^2} = 0,446.$$

Hệ số co hẹp dòng chảy tính theo công thức (4-44) :

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - 0,446} = 0,64 ;$$

$$h_{dm} = \frac{(v_{ch} - v_1)^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\omega_1}{\omega_{ch}} - 1 \right)^2 = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 = \frac{3,82^2}{2 \cdot 9,8} \left(\frac{1}{0,61} - 1 \right)^2 = 0,23m.$$

Hiệu số áp suất :

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + h_{dm} = 0,595 + 0,23 = 0,82m.$$

$$p_2 - p_1 = 8000 Pa.$$

d- Nếu thực hiện sự chuyển tiếp từ ống hẹp sang ống rộng thì hiệu số áp suất bằng :

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} = \frac{10,86}{2 \cdot 9,81} = 0,55m.$$

$$p_2 - p_1 = 5440 Pa.$$

Bài 4-B-15. Nước chảy trong ống nằm ngang co hẹp đột ngột từ $d_1 = 0,2m$ đến $d_2 = 0,1m$. Lưu lượng nước $Q = 0,02 m^3/s$. Xác định độ chênh mức thuỷ ngân h_m trong áp kế được mắc vào chỗ có co hẹp đột ngột. Nhiệt độ của nước là 20^0C .

Bài giải

Vận tốc tại mặt cắt rộng của ống :

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4.0.02}{3.14.0.2^2} = 0,69 \frac{m}{s}$$

Vận tốc tại mặt cắt co hẹp của ống :

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4.0.02}{3.14.0.1^2} = 2,82 \frac{m}{s}$$

Độ thu hẹp của đường ống :

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = 0,5^2 = 0,25$$

Hệ số thu hẹp dòng chảy tính theo công thức (4-44) :

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - 0,25} = 0,62$$

Hệ số sức cản cục bộ khi thu hẹp đột ngột tính theo công thức (4-40) :

$$\zeta_{dht} = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 = \left(\frac{1}{0,62} - 1 \right)^2 = 0,37$$

Phương trình Becnuli đối với mặt cắt 1-1 và 2-2 và mặt chuẩn đi qua trục dòng chảy :

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + \zeta_{dht} \frac{v_2^2}{2g} = \frac{2,82^2}{19,6} - \frac{0,69^2}{19,6} + 0,37 \frac{2,82^2}{19,6} = 0,529m$$

Trị số cột nước đo áp của áp kế vi phân thuỷ ngân :

$$h_m = \frac{H\rho}{\rho_m - \rho} = \frac{0,529 - 998,2}{13550 - 998,2} = 42,5mm \text{ cột thuỷ ngân}$$

Bài 4-B-16. Hai ống nằm ngang , một ống có đường kính $d_1 = 0,075m$ và một ống khác có đường kính $d_2 = 0,1m$ được nối với nhau qua khớp nối . Ở giữa khớp có đặt một tấm mỏng khoét lỗ có đường kính $d = 0,05m$, tâm của lỗ trùng với trục ống. Áp kế thuỷ ngân hình chữ U được nối bằng các ống đồ đầy nước tại chỗ phía trên và phía dưới lỗ, mà ở đó có thể xem là cân bằng . Số đọc theo áp kế $H = 0,349m$ cột thuỷ ngân khi lưu lượng nước $Q = 0,014m^3/s$. Giả thiết là tổn thất cột nước chỉ xảy ra khi dòng chảy mở rộng ở phía dưới ống. Hãy xác định hệ số co hẹp dòng chảy trong lỗ .

Bài giải

Tổn thất cột nước tính theo (4-39) :

$$h = \frac{(v_{ch} - v_2)^2}{2g} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 \frac{v_2^2}{2g} = \zeta_{dm} \frac{v_2^2}{2g} = \zeta_{dm} \frac{Q^2}{2g\omega^2} \quad (1)$$

Vì lưu lượng đã biết, có thể viết :

$$Q = \omega_1 v_1 = \varepsilon \omega v_{ch} = \omega_2 v_2 = 0,014 \frac{m^3}{s}$$

Từ phương trình Becnuli :

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2} + h_{1-2}.$$

Ta có :

$$h_{1-2} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + \frac{p_1 - p_2}{\rho g},$$

hoặc :

$$h_{1-2} = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_2^2} \right) + (\delta_m - 1) h_m, \quad (2)$$

trong đó : $\delta_m = \frac{\rho_m}{\rho_n}$ - mật độ tương đối của thủy ngân .

Từ các phương trình (1) và (2) ta có :

$$\zeta_{dm} = \left[\left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 - 1 \right] + (\delta_m - 1) h_m 2g \left(\frac{\omega_2}{Q} \right)^2.$$

Vậy :

$$\zeta_{dm} = \left[\left(\frac{0,1}{0,075} \right)^2 - 1 \right] + 12,6104 \cdot 2,9,8 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4,0,014} \right)^2 = 25,2.$$

Vi :

$$\zeta_{dm} = \left(\frac{\omega_2}{\varepsilon \cdot \omega_1} - 1 \right)^2 = \left(\frac{0,1^2}{0,05\varepsilon} - 1 \right)^2 = 25,2.$$

Do đó :

$$\varepsilon = 0,66.$$

Bài 4-B-17. Xác định tổn thất áp suất khi dầu chuyển động trong máy tản nhiệt (hình 4-B-2) nếu lưu lượng dầu $Q = 2 \cdot 10^{-4} m^3/s$. Đường kính ống thu $d_o = 0,03m$; đường kính ống dẫn $d = 0,01m$; chiều dài $\ell = 1m$. Mật độ của dầu $\rho = 900 kg/m^3$; độ nhớt động học $\nu = 6,5 \cdot 10^{-5} m^2/s$.

Bài giải

Vận tốc dầu chảy trong ống góp :

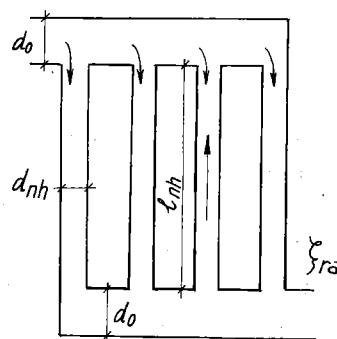
$$v = \frac{4Q}{\pi d_o^2} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,03^2} = 0,28 \frac{m}{s}.$$

Ta tính tổn thất áp suất trong ống cả chiều dài lẫn cục bộ. Tất cả bốn ống đều ở trong các điều kiện giống nhau, do đó lưu lượng của từng ống :

$$q = \frac{1}{4} Q = 5 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}.$$

Vận tốc chuyển động của dầu trong ống :

$$v = \frac{4q}{\pi d_o^2} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,01^2} = 0,63 \frac{m}{s}.$$



Hình 4-B-2

Số Râyôn xác định theo công thức (4-2) :

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0,63 \cdot 0,01}{6,5 \cdot 10^{-5}} = 97.$$

Do đó dòng chảy trong ống là chảy tầng. Tổn thất áp suất theo chiều dài tính theo công thức :

$$\Delta p_d = \frac{32 \rho \cdot \nu \cdot l \cdot v}{d^2} = \frac{32 \cdot 900 \cdot 6,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 \cdot 63}{0,01^2} = 1,15 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 11,5 \text{ kPa}.$$

Tổn thất áp suất cục bộ tính theo công thức :

$$\Delta p_c = \Delta p_v + \Delta p_r = \zeta_v \rho \frac{v^2}{2} + \zeta_r \rho \frac{v^2}{2}. \quad (1)$$

Hệ số sức cản cục bộ tính theo công thức (4-69) :

$$\zeta = \frac{A}{Re} + \zeta_{bpxc}.$$

Theo bảng (4-21) đối với miệng vào ống $\zeta_{bpxc} = 0,5$ và $A = 30$, đối với miệng ra của ống $\zeta_{bpxc} = 1$ và $A = 30$, ta có :

$$\zeta_r = \frac{30}{97} + 1 = 1,3;$$

$$\zeta_v = \frac{30}{97} + 0,5 = 0,8.$$

Thay số vào phương trình (1) ta được :

$$\Delta p_c = 1,3 \cdot 900 \cdot \frac{0,28^2}{2} + 0,8 \cdot 900 \cdot \frac{0,28^2}{2} = 0,07 \text{ kPa}.$$

Tổn thất áp suất tổng cộng khi dầu chuyển động trong máy tản nhiệt :

$$\Delta p = \Delta p_d + \Delta p_c = 11,5 + 0,07 = 11,57 \text{ kPa}.$$

Bài 4-B-18. Một khớp nối hình trụ đặt nằm ngang gồm :

- + Đoạn đầu là một đoạn ngắn ống lớn đường kính $D = 0,40 \text{ m}$;
- + Đoạn chính có chiều dài $L = 20 \text{ m}$ và đường kính $d = 0,20 \text{ m}$;
- + Đoạn cuối là một nón cụt ngắn, đường kính của miệng ra $d' = 0,15 \text{ m}$.

Dòng nước chảy ra không khí, tại mặt cắt co hẹp có hệ số co hẹp $\varepsilon = 0,80$. Tìm tổng lực ngang T của toàn khớp nối ống tác dụng lên bệ đỡ.



Hình 4-B-3

Bài giải

Tính các đại lượng sau :

+ Diện tích mặt cắt ướt :

* ống lớn :
$$\Omega = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,1257 \text{ m}^2.$$

* ống nhỏ :
$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ m}^2.$$

* chỗ thu hẹp : $\omega' = \frac{\pi d'^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,0177m^2; \omega_{ch} = 0,0142m^2$.

+ Vận tốc và cột nước vận tốc tương ứng :

* ống lớn : $v_1 = \frac{Q}{\Omega} = \frac{0,10}{0,1257} = 0,80 \frac{m}{s}; \frac{v_1^2}{2g} = \frac{0,80^2}{2 \cdot 9,81} = 0,03m$;

* ống nhỏ : $v_2 = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,10}{0,0314} = 3,18 \frac{m}{s}; \frac{v_2^2}{2g} = \frac{3,18^2}{2 \cdot 9,81} = 0,52m$;

* chỗ thu hẹp : $v_c = \frac{Q}{\omega_c} = \frac{0,10}{0,0142} = 7,06 \frac{m}{s}; \frac{v_c^2}{2g} = \frac{7,06^2}{2 \cdot 9,81} = 2,54m$.

+ Các tổn thất cột nước :

* đột thu : $h_{dt} = \zeta_{dt} \frac{v_2^2}{2g} = 0,5 \left(1 - \frac{\omega}{\Omega} \right) \frac{v_2^2}{2g} = 0,5 \left(1 - \frac{0,0314}{0,1257} \right) \cdot 0,52 = 0,39m$.

* theo chiều dài : $h_d = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v_2^2}{2g} = 0,02 \cdot \frac{20}{0,20} \cdot 0,52 = 4,16m$.

* đoạn nón cụt : $h_{nc} = \zeta \frac{v_c^2}{2g} = 0,3 \cdot 2,54 = 0,762m$.

Viết phương trình Benuli cho mặt cắt đầu ống lớn (tại khớp) và mặt cắt co hẹp :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_c}{\rho \cdot g} + \frac{v_c^2}{2g} + (h_{dt} + h_d + h_{nc}),$$

trong đó : $z_1 = z_2 = 0; p_c = 0; \rho = 102 \frac{kG \cdot s^2}{m^4}$ nên :

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} = - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_c^2}{2g} + (h_{dt} + h_d + h_{nc}) = -0,03 + 2,54 + 0,39 + 4,16 + 0,762 = 7,822m$$
 .

Viết phương trình động lượng cho hai mặt cắt trên ta được :

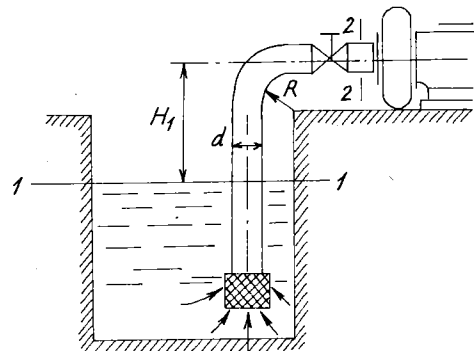
$$T = P_1 + \rho Q v_1 - (P_c + \rho Q v_c) ;$$

Vì $P_c = 0; P_1 = p_1 \cdot \Omega = 7,822 \cdot \rho \cdot g \cdot \Omega = 7,822 \cdot 102 \cdot 9,81 \cdot 0,1257 = 983,835 kG$.

Thay số vào ta được :

$$T = 983,835 + 102 \cdot 0,100 \cdot 0,03 - 102 \cdot 0,100 \cdot 7,06 = 1055,54 kG = 10,35 kN$$
 .

Bài 4-B-19. Một máy bơm lấy nước từ giếng với lưu lượng $Q = 50 l/s$. Nước có nhiệt độ 20^0C . Xác định chiều cao lớn nhất H_l tính từ mặt nước đến trục máy bơm (hình 4-B-4) nếu áp suất trước máy bơm $p_2 = 0,3 \cdot 10^5 Pa$. Trên đường ống hút bằng gang có đường kính $d = 0,25m$ và chiều dài $\ell = 50m$ có một lưới chắn rác, khuỷu ngoặt êm với bán kính $R = 0,5m$ và một khoá điều chỉnh được mở 45% .



Hình 4-B-4

Bài giải

Ta viết phương trình Becnuli cho hai mặt cắt 1-1 (trên mặt thoáng) hồ chứa và 2-2 (trước máy bơm):

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 + \rho g z_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 + \rho g z_2 + \Delta p,$$

trong đó: v_1 - vận tốc trung bình trên mặt thoáng;

p_1 - áp suất khí quyển;

v_2 - vận tốc trung bình trong ống hút;

Δp - tổn thất áp suất tổng cộng (chiều dài và cục bộ).

Vì $z_1 = 0$; $v_1 \approx 0$, ta xem mặt cắt 1-1 là mặt chuẩn, ta có:

$$p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 + \rho g H_1 + \Delta p.$$

Chiều cao đặt máy bơm tính từ mực nước trong giếng:

$$H_1 = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{\Delta p}{\rho g}. \quad (1)$$

Vận tốc trung bình trong ống hút:

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4.5.10^{-2}}{3.14.0.25^2} = 1.02 \frac{m}{s}.$$

Tổng tổn thất áp suất:

$$\Delta p = \lambda \frac{\ell}{d} \rho \frac{v_2^2}{2} + \sum \zeta \rho \frac{v_2^2}{2} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta \right) \rho \frac{v_2^2}{2},$$

trong đó:

$$\sum \zeta = \zeta_v + \zeta_{ng} + \zeta_k.$$

$\zeta_v = 5$ - hệ số sức cản cục bộ khi vào ống hút;

$\zeta_{ng} = 5$ - hệ số sức cản cục bộ tại chỗ ngoặt êm của đường ống;

$\zeta_k = 5$ - hệ số sức cản cục bộ của khoá.

Số Râyôn (khi $v = 1.01.10^{-2} m^2/s$ - bảng 1-4) xác định theo công thức (4-2):

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1.02.0.25}{1.01.10^{-6}} = 25.10^4.$$

Đối với ống gang $k_{td} = 1mm$:

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{1.10^{-3}}{0.25} = 4.10^{-3}.$$

Vậy ống làm việc ở khu bình phương sức cản. Hệ số ma sát thuỷ lực xác định theo công thức (4-23):

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{10^{-3}}{0.25} \right)^{0.25} = 0.0278.$$

Hệ số sức cản cục bộ tại chỗ ngoặt êm ζ_{ng} được tính theo công thức (4-53):

$$\zeta_{ng} = \left[0.2 + 0.001(100.0.278)^8 \right] \sqrt{\frac{0.25}{0.5}} = 2.64.$$

Từ công thức (4-5):

$$\Delta p = h_w \rho g = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \zeta_v + \zeta_{m\ell} + \zeta_k \right) \frac{v^2}{2} \rho =$$

$$= \left(0,278 \frac{50}{0,25} + 5 + 2,64 + 5 \right) \frac{1,02^2}{2} 998,2 = 0,91 \cdot 10^4 \text{ Pa}.$$

Do đó theo phương trình (1) ta có :

$$H_1 = \frac{10^5(1-0,3)}{998,2 \cdot 9,8} - \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,8} - \frac{0,91 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,8} = 6,2 \text{ m}.$$

Vậy chiều cao đặt bơm không được quá 6,2m .

Bài 4-B-20. Có một khoá kiểu Luđô đặt gần cửa đường ống dẫn có đường kính $d=0,15\text{m}$; chất lỏng nhớt có $\rho = 900\text{kg/m}^3$. Xác định áp suất đo áp trước khoá với lưu lượng $Q=0,04\text{m}^3/\text{s}$, nếu độ mở của khoá $n = 0,75$. Ở cuối ống áp suất bằng áp suất khí quyển

Bài giải

Tìm vận tốc dòng chất lỏng trong ống :

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 0,15^2} = 2,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Số Râyôn đặc trưng cho chuyển động trong ống xác định theo công thức (4-2) :

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{4Q}{\pi d^2 \nu} = \frac{2,27 \cdot 0,15}{10^{-4}} = 3400.$$

Xác định hệ số sức cản cục bộ theo công thức (4-69). Theo bảng (4-21) ta tìm được $A=350$, $\zeta_{bpc} = 0,2$, ta được :

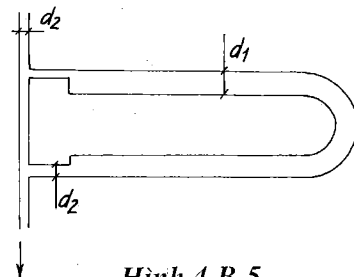
$$\zeta = \frac{350}{3400 + 0,2} = 0,31.$$

Tổn thất cột nước tính từ (4-8) :

$$\Delta p_c = \frac{\zeta \rho v^2}{2} = 0,31 \cdot 900 \cdot \frac{2,27^2}{2} = 710 \text{ Pa}.$$

Vì áp suất dư ở cuối ống bằng không nên áp suất đo áp trước khoá sẽ bằng 710 Pa.

Bài 4-B-21. Một ống thép có đường kính $d_1 = 0,1\text{m}$ được sử dụng làm thiết bị đốt nóng cho một hệ thống cấp nhiệt. Ống đứng dẫn nước nóng và ống nối có đường kính $d_2 = 0,025\text{m}$. Xác định tổn thất áp suất tại chỗ mở rộng đột ngột, nếu vận tốc chuyển động, nếu vận tốc chuyển động của nước nóng trong ống dẫn $v = 0,3 \text{ m/s}$, còn nhiệt độ của nước 80°C (hình 4-B-5).



Hình 4-B-5

Bài giải

Độ nhớt động học và mật độ của nước trong ống dẫn là $\nu = 0,37 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (bảng 1-4) và $\rho = 972 \text{ kg/m}^3$ (bảng 1-0) .

Số Râyôn trong ống dẫn xác định theo công thức (4-2) :

$$Re = \frac{vd_2}{\nu} = \frac{0,3 \cdot 0,025}{0,37 \cdot 10^{-6}} = 20000 .$$

Tổn thất áp suất được tính từ công thức (4-39) :

$$\Delta p_c = \frac{v^2}{2} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 \rho = \frac{v^2}{2} \left(\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1 \right) \rho = \frac{0,3^2}{2} \left(\frac{0,1^2}{0,025^2} - 1 \right) 972 = 41,8 Pa .$$

Bài 4-B-22. Để hạn chế lưu lượng nước, trong một đường ống dẫn nước người ta đặt một màng chắn. Áp suất dư trong ống trước và sau màng chắn không đổi và tương ứng bằng $p_1 = 6,37 \cdot 10^4 Pa$ và $p_2 = 2,05 \cdot 10^4 Pa$. Đường kính ống $D = 0,076 m$. Xác định đường kính cần thiết d của lỗ màng chắn để sao cho lưu lượng trong đường ống $Q = 0,0059 m^3/s$.

Bài giải

Tổn thất cột nước trong màng chắn :

$$h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{6,37 \cdot 10^4 - 2,05 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,8} = 4,4 m .$$

Vận tốc nước trong ống :

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0,0059}{3,14 \cdot 0,076^2} = 1,28 \frac{m}{s} .$$

Từ công thức Vayxbắc (4-38) ta có :

$$\zeta_{mch} = \frac{2gh}{v^2} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4,4}{1,28^2} = 52,3 .$$

Trị số này của hệ số sức cản ζ_{mch} ứng với tỷ số diện tích $n = d^2/D^2$ mà ta có thể xác định từ công thức (4-60) :

$$\zeta_{mch} = \left(\frac{1}{n\varepsilon} - 1 \right)^2 = 52,3 ,$$

ở đây hệ số co hẹp dòng ε được tính theo (4-44) :

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n} .$$

Vì thế :

$$\zeta_{mch} = \left[\frac{1}{n \left(0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n} \right)} - 1 \right]^2 = 52,3 ;$$

$$\frac{1}{n \left(0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n} \right)} = 7,4 + 1 = 8,4 ;$$

$$1 = 4,79n + \frac{0,361n}{1,1 - n} ;$$

$$n^2 - 1,32 + 0,23 = 0 ;$$

$$n = 0,66 - \sqrt{0,435 - 0,23} = 0,205 .$$

Ta tìm đường kính lỗ cần thiết của màng chắn :

$$d = D\sqrt{n} = 0,076\sqrt{0,205} = 0,0345m.$$

Cuối cùng hệ số co hẹp dòng bằng :

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - 0,205} = 0,618 .$$

Bài 4-B-23. Xác định tổn thất áp suất trong đường dẫn nước nóng gồm 6 ống thép ruột gà (hình 4-B-6). Đường kính ống $d = 0,075m$; chiều dài đoạn ống thẳng $\ell = 3m$. Ống ruột gà được nối bằng các khuỷu tròn có bán kính $R = 0,1m$. Lưu lượng nước $Q = 0,01m^3/s$. Nhiệt độ của nước nóng là $90^\circ C$.

Bài giải

Tổn thất áp suất trong đường dẫn nước nóng được tính như là tổng số tổn thất áp suất theo chiều dài Δp_d và tổn thất cục bộ tại những chỗ khuỷu tròn Δp_c .

Ta xác định số Rây-nôn ($\nu = 0,33 \cdot 10^{-6} m^2/s$ - bảng 1-4) theo công thức (4-2) :

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{2,27 \cdot 0,075}{0,33 \cdot 10^{-6}} = 5,15 \cdot 10^5$$

Vận tốc trung bình :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{3,14 \cdot 0,075^2} = 2,27 \frac{m}{s} .$$

Độ nhám tương đương của ống thép lấy bằng $k_{td} = 0,03mm$ theo **Phụ lục 1** ta tìm $\frac{k_{td}}{d} = 4 \cdot 10^{-4}$. Ống ruột gà làm việc ở khu quá độ từ thành trơn sang thành nhám thủy lực.

Hệ số ma sát thủy lực xác định theo công thức (4-20) :

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{3 \cdot 10^{-5}}{7,5 \cdot 10^{-2}} + \frac{68}{5,15 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 0,017 .$$

Tổn thất áp suất tổng cộng :

$$\Delta p = \Delta p_d + \Delta p_c ,$$

trong đó : Δp_d - tổn thất áp suất theo chiều dài ;

Δp_c - tổn thất áp suất cục bộ .

Tổn thất theo chiều dài tính theo từ công thức (4-8) :

$$\Delta p_d = \lambda \frac{\ell}{d} \rho \frac{v^2}{2} = 0,017 \frac{6,3}{7,5 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{965 \cdot 3,2 \cdot 2,27^2}{2} = 1,02 \cdot 10^4 Pa = 10,2 kPa .$$

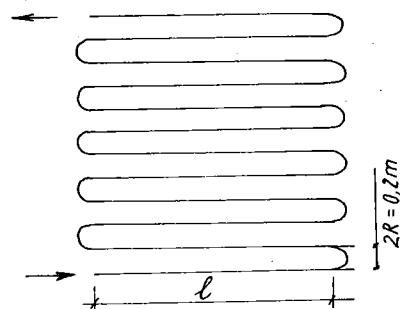
Tổn thất áp suất cục bộ tại các khuỷu xác định theo công thức :

$$\Delta p_c = N \zeta_{180^\circ} \rho \frac{v^2}{2} , \quad (1)$$

trong đó : N - số lượng các khuỷu;

$\zeta_{180^\circ}^0 = \zeta_{90^\circ}^0 \cdot \alpha$ - hệ số sức cản khi ngoặt 180° .

Lấy $\alpha = 1,33$ theo bảng (4-10). Hệ số sức cản cục bộ $\zeta_{90^\circ}^0$ khi ngoặt một góc 90° với



Hình 4-B-6

$$\frac{d}{R} = \frac{0.075}{0.1} = 0.75 \text{ được xác định theo công thức (4-53) :}$$

$$\zeta_{90^\circ} = \left[0.2 + 0.001(100\lambda)^8 \sqrt{\frac{d}{R}} \right] = \left[0.2 + 0.001(100 \cdot 0.017)^8 \sqrt{0.75} \right] = 0.234$$

Thay số vào phương trình (1) ta được :

$$\Delta p_c = 11.0.234.1.33.965.3. \frac{2.72^2}{2} = 80.10^4 \text{ Pa} = 800 \text{ kPa}.$$

Tổn thất tổng cộng áp suất trong đường dẫn nước nóng :

$$\Delta p = \Delta p_d + \Delta p_c = 10.2 + 800 = 810.2 \text{ kPa}.$$

Từ đó ta thấy tổn thất chủ yếu trong đường dẫn nước là tổn thất tại các khuỷu .

Bài 4-B-24. Lưu lượng nước nóng với nhiệt độ 95°C là $Q = 0.1 \text{ m}^3/\text{h}$ được dẫn qua lò sưởi nước nóng (hình 4-B-7). Xác định tổn thất áp suất giữa mặt cắt 1-1 và 2-2 nếu đường kính ống dẫn $d = 0.0125 \text{ m}$ còn chiều dài tổng cộng $\ell = 5 \text{ m}$.

Bài giải

Vận tốc trung bình trong đường ống :

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0.1}{3.14 \cdot 3600 (1.25 \cdot 10^{-2})^2} = 0.225 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Số Râyôn $\nu = 0.30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (bảng 1-4) xác định theo công thức (4-2) :

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{0.225 \cdot 1.25 \cdot 10^{-2}}{0.3 \cdot 10^{-6}} = 9400.$$

Độ nhám tuyệt đối tương đương hạt đều của ống thép $k_{td} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, nên độ nhám tương đối là :

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{1.25 \cdot 10^{-2}} = 4 \cdot 10^{-4}.$$

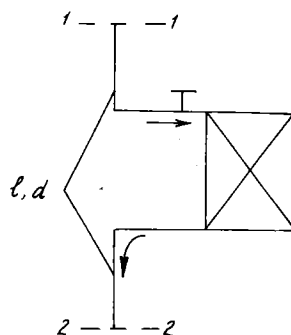
Theo đồ thị hình (4-A-2) đường ống làm việc ở khu quá độ từ thành trơn sang thành nhám thủy lực. Hệ số ma sát thủy lực được xác định theo công thức (4-20) :

$$\lambda = 0.11 \left(4 \cdot 10^{-4} + \frac{68}{9400} \right)^{0.25} = 0.036.$$

Tổn thất áp suất theo chiều dài (khi mật độ của nước $\rho = 961.9 \text{ kg/m}^3$ theo bảng 1-0), xác định theo công thức (4-8) :

$$\Delta p_d = 0.036 \frac{5}{1.25 \cdot 10^{-2}} 961.9 \cdot \frac{0.225^2}{2} = 370 \text{ Pa}$$

Tổn thất áp suất cục bộ gồm tổn thất tại chỗ ngoặt và trong lò sưởi. Ngoặt 90° : $\zeta_{90^\circ} = 0.2$; khoá nước : $\zeta_k = 0.4$; lò sưởi : $\zeta_{L_s} = 2$. Các hệ số sức cản cục bộ này đúng cho khu vực bình phương sức cản, tức là cho số Râyôn lớn. ảnh hưởng của số Râyôn đến sức cản cục bộ được tính theo (4-69) .



Hình 4-B-7

Theo bảng (4-21), với góc ngoặt 90° : $B = 400$; $\zeta_{bpsc} = 0,2$; khoá nước : $B = 150$; $\zeta_{bpsc} = 0,4$; với lò suối lấy gần đúng $B = 500$; $\zeta_{Ls} = 500.2 = 1000$.

Tổng số các hệ số sức cản cục bộ :

$$\sum \zeta = 2 \left(0,2 + \frac{130}{9400} \right) + \left(0,4 + \frac{150}{9400} \right) + \left(2 + \frac{1000}{9400} \right) = 2,95.$$

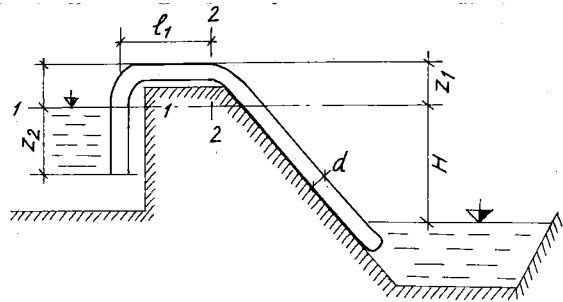
Tổn thất áp suất do sức cản cục bộ xác định từ công thức (4-38) :

$$\Delta p_c = h_c \rho g = \sum \zeta_c \rho \frac{v^2}{2} = 2,95.961,9. \frac{0,225^2}{2} = 71,83 \text{ Pa}.$$

Tổn thất áp suất tổng cộng xác định theo công thức :

$$\Delta p = \Delta p_d + \Delta p_c = 370 + 71,83 = 441,83 \text{ Pa}.$$

Bài 4-B-25. Một ống xi phong tháo nước bằng bê tông có đường kính $d = 1m$, chiều dài tổng cộng $\ell = 50m$ tháo nước từ hồ chứa và sông (hình 4-B-8). Xác định lưu lượng Q của ống tháo xi phong, nếu ống đó có hai chỗ ngoặt với góc $\alpha_1 = 90^\circ$ và $\alpha_2 = 45^\circ$, bán kính cong $R = 2m$. Chiều dài nằm ngang $\ell_1 = 2m$, chiều dày thành ống $\delta = 0,05m$. Nhiệt độ của nước trong hồ chứa là $0^\circ C$. Xác định độ chân không p_{ck} tại điểm cao nhất của xi phong, nếu $z_1 = 1m$ và $z_2 = 3m$.



Hình 4-B-8

Bài giải

Viết phương trình Becnuli cho hai mặt cắt trùng với mặt nước thượng và hạ lưu (hồ và sông) và lấy mặt nước hạ lưu làm mặt chuẩn, ta được độ chênh giữa hai mặt nước H chính là tổn thất cột nước h_w :

$$H = h_w = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta_c \right) \frac{v^2}{2g} = \frac{\Delta p}{\rho g}. \quad (1)$$

Từ (1) vận tốc trong ống xi phong được xác định bằng :

$$v = \sqrt{\frac{1}{\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta_c}} \sqrt{2gH}. \quad (2)$$

Giả thiết ban đầu là ống tháo nước làm việc ở khu bình phương sức cản. Do đó khi $k_{td} = 5.10^{-4}m$, theo công thức (4-23):

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{5.10^{-4}}{1} \right)^{0,025} = 0,0166.$$

Hệ số sức cản cục bộ tại miệng vào ống (khi $\frac{\delta}{d} = \frac{0,05}{1} = 0,05$) $\zeta_i = 0,5$. Hệ số sức cản tại chỗ ngoặt 90° tính theo công thức (4-53) :

$$\zeta_{90^\circ} = \left[0,2 + 0,001(100.0,0166)^8 \right] \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,18$$

Hệ số sức cản tại chỗ ngoặt 45° xác định theo công thức (4-52), theo (4-54) lấy $\alpha = \sin \alpha$:

$$\zeta_{45^\circ} = \zeta_{90^\circ} \cdot \alpha = 0,18 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,127$$

Hệ số sức cản tại chỗ ra khỏi ống : $\zeta_r = 1,0$.

Tổng số hệ số sức cản cục bộ :

$$\sum \zeta_c = 0,5 + 0,18 + 0,127 + 1 = 1,81.$$

Từ (1) ta được :

$$v = \sqrt{\frac{1}{0,0166 \cdot \frac{50}{1} + 1,81}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5} = 5,9 \frac{m}{s}$$

Số Râyôn (khi $v = 1,79 \cdot 10^{-6} m^2/s$ - bảng 1-4) xác định theo công thức (4-2) :

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{5,9 \cdot 1}{1,79 \cdot 10^{-6}} = 3,2 \cdot 10^6$$

Khi $\frac{k_{ml}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{1} = 5 \cdot 10^{-4}$, theo đồ thị hình (4-A-2), ống tháo nước làm việc ở khu bình phương sức cản.

Lưu lượng qua ống xi phong :

$$Q = v \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 5,9 \cdot \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 4,6 \frac{m^3}{s}$$

Viết phương trình Becnuli cho mặt cắt 1-1 và 2-2, lấy mặt nước thượng lưu làm mặt chuẩn, chuyển về ta được :

$$p_1 = \rho g z_1 + \rho \frac{v^2}{2} + \Delta p_{1-2} + p_2$$

Tổn thất áp suất trên đoạn 1-2 :

$$\Delta p_{1-2} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \zeta_r + \zeta_{90^\circ} \right) \rho \frac{v^2}{2} \quad (3)$$

trong đó : $\ell = z_2 + \ell_1 = 3 + 2 = 5$ và $\rho = 999,9 kg/m^3$ theo bảng 1-0.

Thay số vào (3) ta được :

$$\Delta p_{1-2} = \left(0,0166 \cdot \frac{5}{1} + 0,5 + 0,18 \right) 999,9 \cdot \frac{5,9^2}{2} = 1,4 \cdot 10^4 Pa$$

Đại lượng chân không tại điểm cao nhất của ống tháo nước :

$$\begin{aligned} p_{ck} &= p_1 - p_2 = \rho g z_1 + \rho \frac{v^2}{2} + \Delta p_{1-2} = 999,9 \cdot 9,81 + 999,9 \cdot \frac{5,9^2}{2} + 1,4 \cdot 10^4 = \\ &= 4,1 \cdot 10^4 Pa = 41 kPa. \end{aligned}$$

Bài 4-B-26. Năng lượng tiêu thụ bởi tuabin CR trên hình (4-B-9) là $60m$ và áp suất tại T là $51m$ cột nước. Tổn thất cột nước giữa V và R là $2 \frac{v_{60}^2}{2g}$ và giữa C và T là $2 \frac{v_{30}^2}{2g}$, đường kính ống giữa V và R là $60cm$, giữa T và C là $30cm$.

Xác định :

- 1- Lưu lượng ;
- 2- Áp suất tại R ;
- 3- Vẽ đường năng .

Bài giải

Xác định lưu lượng :

+ Cột nước tại T :

$$H_T = z_T + \frac{p_T}{\gamma} + \frac{v_{30}^2}{2g} =$$

$$= 75 + 51 + \frac{v_{30}^2}{2g}; \quad (1)$$

Hình 4-B-9

+ Tổn thất toàn hệ thống :

$$h_w = h_{1C} + h_{CR} + h_{RV} = 3 \frac{v_{60}^2}{2g} + 2 \frac{1}{16} \frac{v_{30}^2}{2g} + 60. \quad (2)$$

+ Cột nước H_T cũng bằng cột nước tại V cộng tổn thất toàn hệ thống . Thay H_T từ (1), h_w từ (2) và $H_V = 45m$ ta có :

$$H_T = H_V + h_w;$$

$$75 + 51 + \frac{v_{30}^2}{2g} = 45 + \left(3 + \frac{1}{8}\right) \frac{v_{30}^2}{2g} + 60$$

Chuyển vế ta được :

$$21 = 2,125 \frac{v_{30}^2}{2g};$$

$$\frac{v_{30}^2}{2g} = 9,88m.$$

Do đó :

$$v_{30} = 13,9 \frac{m}{s}.$$

Ta lại có : $v_{60}^2 = \frac{1}{16} v_{30}^2$

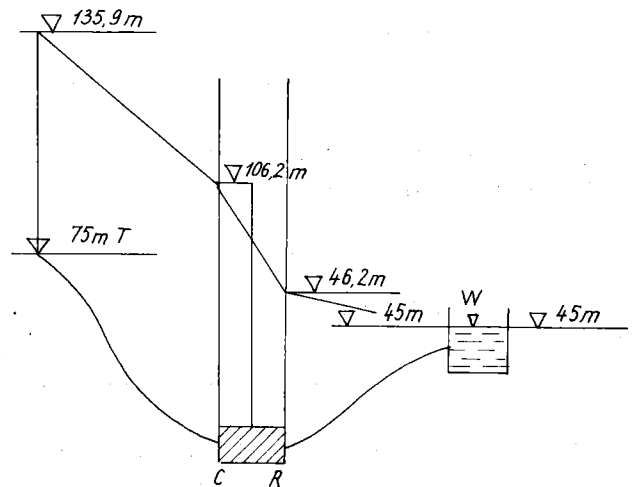
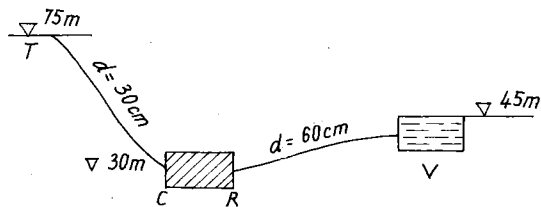
nên : $Q = \frac{1}{4} \pi (0,3)^2 \cdot 13,9 = 0,98 \frac{m^3}{s}$

2- Xác định áp suất tại R :

$$z_R + \frac{p_R}{\gamma} + \frac{v_{60}^2}{2g} = z_T + h_{wR};$$

$$30 + \frac{p_R}{\gamma} + \frac{1}{16} \cdot 9,88 = 45 + 2 \frac{1}{16} \cdot 9,88;$$

$$\frac{p_R}{\gamma} = 15,62m.$$



Hình 4-B-10

3- Vẽ đường năng (hình 4-B-10).

Tính các cao trình của các cột nước tại các điểm T, C, R và V :

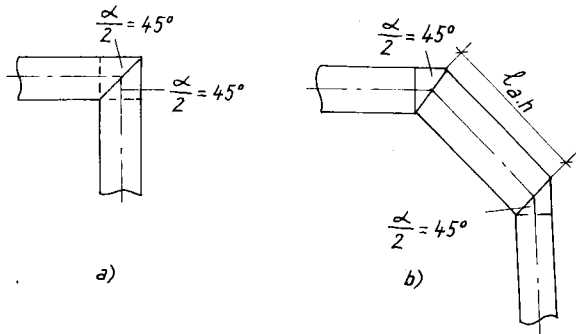
$$H_T = 51,0 + 9,9 + 75 = 135,9 \text{ m};$$

$$H_C = 135,9 - 3,9,9 = 106,2 \text{ m};$$

$$H_R = 106,2 - 60,0 = 46,2 ;$$

$$H_V = 46,2 - 2 \cdot \frac{1}{16} \cdot 9,9 = 45 \text{ m}.$$

Bài 4-B-27. Tìm tổn thất áp suất Δp_{ci} để thắng sức cản cục bộ khi nước chuyển động trong ống thép có đường kính $d = 0,025 \text{ m}$ với góc ngoặt $\alpha = 90^\circ$ ở cả hai trường hợp có và không có đoạn nối giữa (hình 4-B-11). Tìm chiều dài nhỏ nhất của đoạn nối giữa l_{nh} để không có sự ảnh hưởng tương hỗ giữa hai sức cản cục bộ. Vận tốc của nước $v = 5 \text{ m/s}$, nhiệt độ của nước 20°C .



Hình 4-B-11

Bài giải

Tổn thất áp suất khi ngoặt một góc 90° không có đoạn nối (hình 4-B-11-a) và có đoạn nối (hình 4-B-11-b) được xác định từ (4-38):

$$\Delta p_{ci} = h_{ci} \rho g = \zeta_{ci} \rho \frac{v^2}{2};$$

$$\Delta p_{ci} = \zeta_{90^\circ} \rho \frac{v^2}{2};$$

$$\Delta p_{ch} = 2\zeta_{135^\circ} \rho \frac{v^2}{2}.$$

Lấy $v = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (bảng 1-4) ta tìm số Râyôn trong ống theo công thức (4-2) :

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{5,2 \cdot 5,10^{-2}}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 12,5 \cdot 10^4.$$

Độ nhám tương đối khi $k_{rd} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

$$\frac{k_{rd}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{25 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-3}.$$

Hệ số ma sát thủy lực của đường ống xác định theo công thức (4-20) :

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{500} + \frac{68}{12,5 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0248.$$

Hệ số sức cản cục bộ khi ống ngoặt 90° với $d = 25 \text{ mm}$, theo bảng (4-8) $\zeta_{90^\circ} = 1,3$. Hệ số sức cản khi ống ngoặt gấp với góc 135° xác định theo công thức (4-51) :

$$\zeta_{135^\circ} = \zeta_{90^\circ} (1 - \cos \alpha) = 1,3 (1 - \cos 135^\circ) = 1,3 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 0,17.$$

Hai chỗ ngoặt với góc 135° sẽ không ảnh hưởng lẫn nhau, nếu khoảng cách giữa chúng lớn hơn l_{nh} là đại lượng được xác định theo công thức (4-70) :

$$\ell_{ch} = 0,5 \frac{d\zeta_{hpxc}}{\lambda} = 0,5 \frac{0,025 \cdot 0,17}{0,0248} = 0,085m.$$

Do đó, nếu khoảng cách giữa hai chỗ ngoặt $\alpha = 135^\circ$ lớn hơn là $\ell_{ch} = 0,085m$ thì các sức cản cục bộ sẽ không ảnh hưởng đến nhau. Trong trường hợp này:

$$\frac{\Delta p_{90^\circ}}{\Delta p_{135^\circ}} = \frac{\zeta_{90^\circ}}{2 \cdot \zeta_{135^\circ}} = \frac{1,3}{2 \cdot 0,17} = 3,8.$$

Đoạn nối có thể giảm tổn thất xuống 4 lần.

Bài 4-B-28. Xác định tổn thất áp suất khi nước chuyển động trong ống thép có đường kính $d = 0,1m$; chiều dài $L = 200m$. Đường ống gồm các đoạn có chiều dài mỗi đoạn $10m$, được nối với nhau bằng hàn điện có chiều dày mỗi hàn ở vách trong của ống $\delta = 3mm$. So sánh tổn thất áp suất của trường hợp này với trường hợp ống không có mối hàn nếu lưu lượng nước $Q = 0,06m^3/s$. Nhiệt độ của nước $20^\circ C$.

Bài giải

Tổn thất áp suất trong ống thép gồm tổn thất theo chiều dài và tổn thất do mối hàn:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + n\zeta_{mh} \right) \rho \frac{v^2}{2}, \quad (1)$$

trong đó n - số lượng mối hàn.

$$\text{Vận tốc trong ống: } v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,06}{3,14 \cdot 0,01} = 6,35 \frac{m}{s}.$$

Số Rây-nôn (khi $v = 1,01 \cdot 10^{-6} m^2/s$ - bảng 1-4) xác định theo công thức (4-2):

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{6,35 \cdot 0,1}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 6,35 \cdot 10^5.$$

Độ nhám tương đối khi $k_{td} = 5 \cdot 10^{-5} m$

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,1} = 5 \cdot 10^{-4}.$$

Hệ số ma sát xác định theo công thức (4-20):

$$\lambda = 0,11 \left(5 \cdot 10^{-4} + \frac{68}{63,5 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0175.$$

Hệ số sức cản cục bộ của một mối hàn tính theo công thức (4-64):

$$\zeta_{mh} = 14 \left(\frac{\delta}{d} \right)^3 = 14 \left(\frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,1} \right)^3 = 0,07.$$

$$\text{Số lượng mối hàn: } n = \frac{L}{\ell} = \frac{200}{10} = 20.$$

Khi mật độ của nước $\rho = 998,2 kg/m^3$ (theo bảng 1-0), từ công thức (4-8):

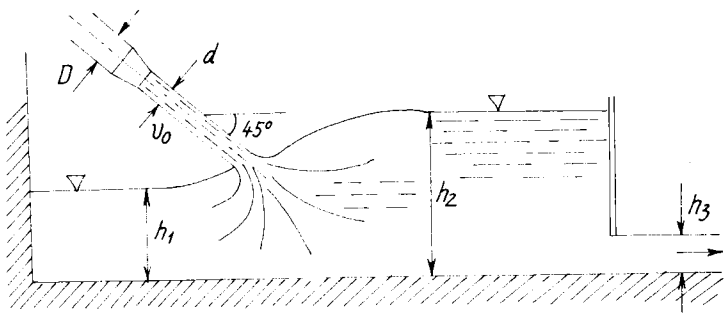
$$\Delta p = \left(0,0175 \frac{200}{0,1} + 20 \cdot 0,07 \right) \cdot 998,2 \frac{6,35^2}{2} = 7,2 \cdot 10^5 + 0,3 \cdot 10^5 = 7,5 \cdot 10^5 Pa = 750 kPa.$$

Tổn thất áp suất của ống nói trên khi không xét đến mối hàn:

$$\Delta p_1 = 7,2 \cdot 10^5 Pa = 720 kPa.$$

Vậy tổn thất áp suất trong trường hợp có mối hàn tăng lên 4%.

Bài 4-B-29. Một luồng nước phóng vào môi trường không khí dưới cột nước $H = 45m$ từ một ống đường kính $D = 20cm$ có đoạn nón cụt ngắn ở cuối đường ống với đường kính miệng ra $d = 10cm$ (hình 4-B-12).



Hình 4-B-12

Xác định :

1- Lưu lượng nước phóng ra và áp suất tại đầu đoạn nón cụt;

2- Ống nghiêng 45° và lưu lượng nói trên được cấp cho một máng có mặt cắt ngang hình chữ nhật rộng $b = 10cm$, đáy máng nằm ngang. Dòng chảy đều hình thành trong máng có độ sâu h_2 trên toàn bộ chiều rộng của nó được kết thúc bằng một tấm chắn phẳng và dòng thoát qua một lỗ hình chữ nhật ở dưới tấm này có độ sâu $h_3 = 30cm$. Tính các độ sâu h_1 và h_2 ở bên trái và bên phải vùng xoáy động.

3- Tổn thất cột nước trong vùng xoáy động. Cho $\rho = 1000kg/m^3$; $g = 10m/s^2$.

Bài giải

1- Tính lưu lượng và áp suất :

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{2gH} = 30 \frac{m}{s};$$

$$Q = v_0 \frac{\pi d^2}{4} = 0,236 \frac{m^3}{s} = 236 \frac{l}{s}.$$

Viết phương trình Becnuli cho hai mặt cắt 1-1 và 2-2 với các điều kiện :

+ Bỏ qua tổn thất cột nước (đoạn thu hẹp);

+ Bỏ qua độ chênh $z_1 - z_2 \approx 0$.

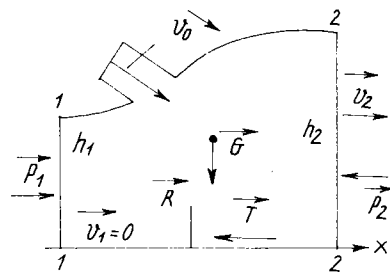
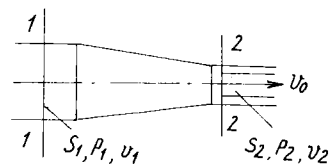
Ta được : $\frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g}$ (do $p_2 = 0$; $v_2 = v_0$).

Với $v = v_0 \left(\frac{d}{D} \right)^2 = 0,25v_0$.

$$\frac{p_1}{\gamma} = 42,2 \text{ m.c.n.};$$

Tính ra ta được :

$$p_1 = 4,22 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$



Hình 4-B-13

2- Tính độ sâu h_1 và h_2 :

+ Áp dụng phương trình động lượng cho khối nước xoáy động như hình vẽ, ta có :

$$\vec{R} + \vec{T} + \vec{G} + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_0).$$

Chiếu phương trình này lên trục x nằm ngang, bỏ qua lực ma sát T và coi áp suất phân bố trên các mặt cắt 1-1 và 2-2 theo quy luật phân bố áp suất thủy tĩnh, ta được :

$$P_1 - P_2 = \frac{\gamma b}{2} (h_1^2 - h_2^2) = \rho Q(v_2 - v_0 \cos 45^\circ), \quad (1)$$

trong đó :

$$v_2 = \frac{Q}{bh_2}.$$

+ Phương trình (1) chứa hai ẩn, cần thêm một phương trình nữa, đó là phương trình Bernoulli viết cho các mặt cắt trước và sau tấm chắn (bỏ qua tổn thất cột nước) :

$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = h_3 + \frac{v_3^2}{2g}. \quad (2)$$

Với :
$$v_3 = \frac{Q}{bh_3} = 7,87 \frac{m}{s}.$$

Từ (2) ta có :
$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 3,4m. \quad (3)$$

+ Giải (3) bằng phương pháp gần đúng liên tiếp ta được :

$$h_2 = 3,38m \Rightarrow v_2 = 0,70 \frac{m}{s}.$$

Thay $h_2 = 3,38m$ vào (1) ta được : $h_1 = 1,32m$.

3- Tính tổn thất cột nước :

Viết phương trình Bernoulli cho hai điểm : điểm 1 thuộc luồng nước có cùng cao trình với điểm 2 ở mặt tự do thuộc mặt cắt 2-2, ta có :

$$\frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + h_{w1-2}.$$

Từ đó :

$$h_{w1-2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} = H - \frac{v_2^2}{2g} = 45 - \frac{0,7^2}{2 \cdot 10} \approx 45m;$$

$$h_{w1-2} = 45m.c.n.$$

C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 4-C-1. Dầu được vận chuyển bằng đường ống có đường kính $d = 100\text{mm}$. Xác định vận tốc phân giới ứng với trạng thái quá độ từ tầng sang rối và trạng thái chuyển động có thể của dầu mỡ ?

Đáp số: $v_{pg} = 0,16\text{m/s}$
Trạng thái chảy rối.

Bài 4-C-2. Bể lắng nằm ngang để làm trong nước thải là một bể hình chữ nhật. Chiều sâu của bể là $h = 2,5\text{m}$, chiều rộng $b = 6\text{m}$. Nhiệt độ của nước là 20°C . Xác định vận tốc trung bình và trạng thái chảy của nước thải nếu lưu lượng tính toán $Q = 0,08\text{m}^3/\text{s}$. Với vận tốc chuyển động nào của nước thải trong bể lắng sẽ có chuyển động ở trạng thái chảy tầng ?

Đáp số: $v = 5,3\text{mm/s}$;
Trạng thái chảy rối ;
 $v_{pg} = 0,44\text{mm/s}$

Bài 4-C-3. Tìm tổn thất cột nước do ma sát khi nước ở nhiệt độ $t = 20^\circ\text{C}$ chuyển động trong ống thép hàn liền khối đã sử dụng có đường kính bên trong là $d = 0,5\text{m}$. Lưu lượng nước $Q = 0,60\text{m}^3/\text{s}$. Chiều dài ống $l = 500\text{m}$.

Đáp số: $h_d = 7,15\text{ m.c.n.}$

Bài 4-C-4. Cho dòng chảy đều, tầng trên sườn dốc với độ dốc i và chiều sâu h . Yêu cầu:

- + Tìm qui luật phân bố ứng suất theo chiều sâu ;
- + Tìm qui luật phân bố vận tốc u , thành lập công thức tính lưu lượng q trên một đơn vị chiều ngang sườn dốc và công thức tính vận tốc trung bình qua độ dốc, chiều sâu và độ nhớt ;
- + Áp dụng các công thức đã được thành lập để xác định giá trị lưu lượng lớn nhất và chiều sâu giới hạn tương ứng .

Đáp số: $\tau = \gamma y i$;

$$u = \frac{\gamma}{2\mu} i (h^2 - y^2) ;$$

$$q = \frac{\gamma}{3\mu} i h^3 ;$$

$$v = \frac{\gamma}{3\mu} i h^2 ;$$

$$h_{pg} = 5,62 \sqrt{\frac{v^2}{i}}$$

Bài 4-C-5. Tính tổn thất cột nước trên đoạn ống dẫn bằng gang mới ($k_{dl} = 0,24\text{mm}$) dài 1000m , đường kính 300mm trong hai trường hợp :

- + Nước ở nhiệt độ 15°C chảy với vận tốc $v = 1,5\text{ m/s}$;
- + Dầu ở nhiệt độ 15°C chảy với vận tốc trên .

Đáp số : $h_{dn} = 7,45 \text{ m.c.n.}$
 $h_{dl} = 8,22 \text{ m.c.d.}$

Bài 4-C-6 . Xác định :

- + Ứng suất ma sát nhớt ở thành ống có đường kính 15 cm , chiều dài ống 100 m nếu chất lỏng trong đó là nước và tổn thất cột nước theo chiều dài là $5,0 \text{ m}$;
- + Ứng suất ma sát nhớt tại điểm cách trục ống 5 cm ;
- + Vận tốc động lực ;
- + Vận tốc trung bình ứng với $\lambda = 0,05$.

Đáp số : $\tau_0 = 37 \text{ Pa}$;

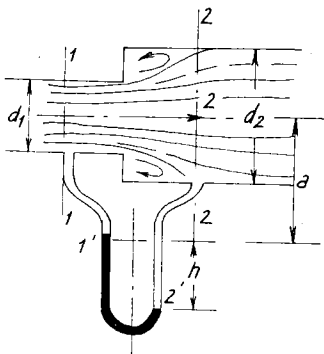
$\tau_{5 \text{ cm}} = 24,7 \text{ Pa}$;

$u_s = 0,192 \text{ m/s}$;

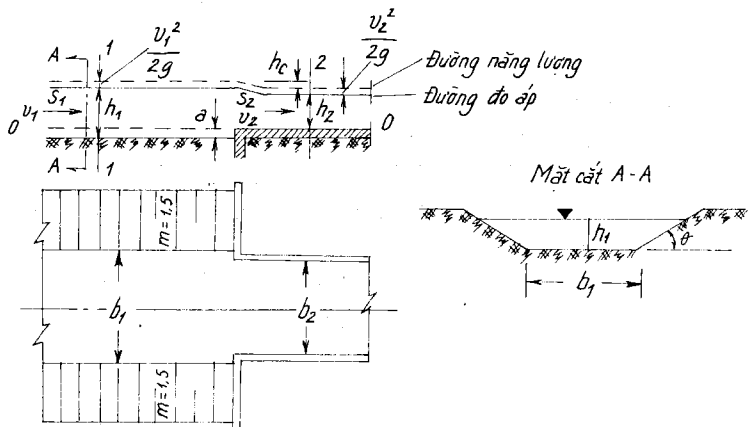
$v = 1,71 \text{ m/s}$;

Bài 4-C-7 . Nước chảy từ ống đường kính $d_1 = 80 \text{ mm}$ chuyển qua ống đường kính $d_2 = 250 \text{ mm}$ một cách đột ngột với lưu lượng $Q = 19,45 \text{ l/s}$. Xác định tổn thất cột nước tại chỗ chuyển tiếp hai ống và độ chênh h của thủy ngân trong ống đo áp chữ U (hình 4-C-1).

Đáp số : $h = 10,7 \text{ mm}$ thủy ngân



Hình 4-C-1



Hình 4-C-2

Bài 4-C-8 . Xác định chiều sâu mực nước h_2 và chiều rộng b_2 ở phần vò của một công trình tháo nước có mặt cắt ngang hình chữ nhật, sao cho sau lúc thu hẹp lại tỷ số hai mặt cắt ướt $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 0,4$. Lưu lượng tính toán $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$. Mặt cắt kênh trước phần vò là hình

thang có chiều rộng đáy $b_1 = 6 \text{ m}$, chiều sâu nước $h_1 = 1,5 \text{ m}$, hệ số dốc của mái kênh $m = \text{ctg} \theta = 1,5$, chiều cao bậc $a = 0,3 \text{ m}$ (hình 4-C-2). Vẽ đường năng và đường đo áp .

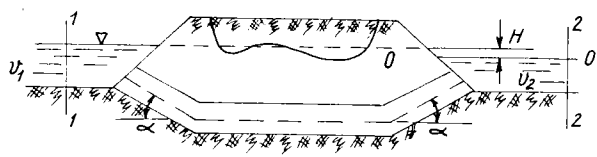
Đáp số : $h_2 = 0,96 \text{ m}$;

$b_2 = 5,15 \text{ m}$.

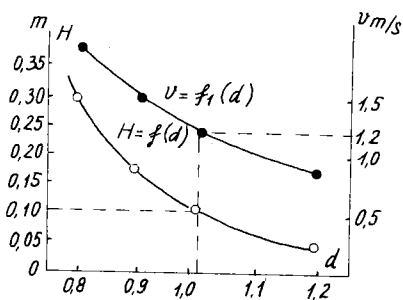
Bài 4-C-9. Xác định đại lượng tổn thất cột nước tại chỗ ngoặt của kênh hở mặt cắt chữ nhật, nếu chiều rộng $b = 1m$, bán kính cong của đường trục kênh $r_c = 1,5m$, chiều sâu mực nước $h = 0,7m$, góc ngoặt của trục kênh $\theta = 120^\circ$, vận tốc trung bình của dòng nước $v = 0,8m/s$.

Đáp số: $h_c = 0,009m \approx 1cm$.

Bài 4-C-10. Xác định đường kính của ống ngầm có áp dẫn nước qua đường với lưu lượng $Q = 0,95m^3/s$ và độ chênh mực nước không lớn hơn $H = 0,1m$. ống bằng bê tông cốt thép ($k_{td} = 1mm$), dài $l = 15m$, góc uốn $\alpha = 30^\circ$. Lưu lượng dòng nước trong kênh thượng lưu $v_1 = 0,70m/s$, hạ lưu $v_2 = 0,8m/s$. Nhiệt độ của nước $t = 15^\circ C$ ($\nu = 0,0114cm^2/s$). Các hệ số tổn thất cục bộ $\zeta_v = 0,5$, $\zeta_{uốn} = 0,2$.



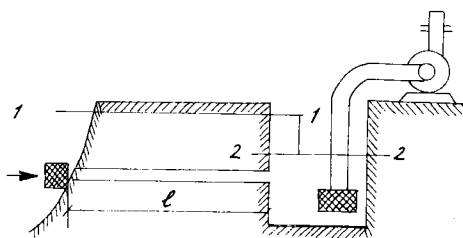
Hình 4-C-3



Đáp số: $d = 100mm$.

Bài 4-C-11. Bơm có công suất $Q = 0,01m^3/s$ lấy nước từ giếng. Giếng này được nối với hồ chứa bằng một ống gang có đường kính $d = 150mm$ và chiều dài $l = 100m$ (hình 4-C-4). Tại miệng vào của ống có đặt lưới. Nhiệt độ của nước trong hồ là $20^\circ C$. Tìm độ chênh mực nước Δh trong giếng và trong hồ.

Đáp số: $\Delta h = 0,46m$.



Hình 4-C-4

Bài 4-C-12. Người ta dẫn nước từ cao độ $z_1 = 240m$ xuống cao độ $232m$ qua một xi phông có đỉnh C ở độ cao $z_c = 244m > z_1$. Đường kính xi phông là $500mm$. Cửa vào ống (A) của xi phông đặt ở cao độ $232,25m$ có dạng rất thuận dòng ($\zeta_A = 0,05$); miệng ra (B) ở cao độ $230m$ với hệ số tổn thất cục bộ $\zeta_B = 1,0$ (hình 4-C-5).

Một cơ cấu mở nước được lắp ở khuỷu C, hệ số tổn thất cục bộ tại đây là $\zeta_c = 0,25$. Chiều dài các đoạn ống: $l_1 = 30m$ (đoạn AC), $l_2 = 20m$ (đoạn CB). Tổn thất theo chiều dài tính bằng công thức Lêvi:

$$h_d = \frac{2g\ell}{405r_0(1+3\sqrt{r_0})} \cdot \frac{v^2}{2g}; \quad \left(\lambda = \frac{4g}{405(1+3\sqrt{r_0})} \right),$$

trong đó : g tính bằng m/s^2 ; r_0 là bán kính ống tính bằng mét .

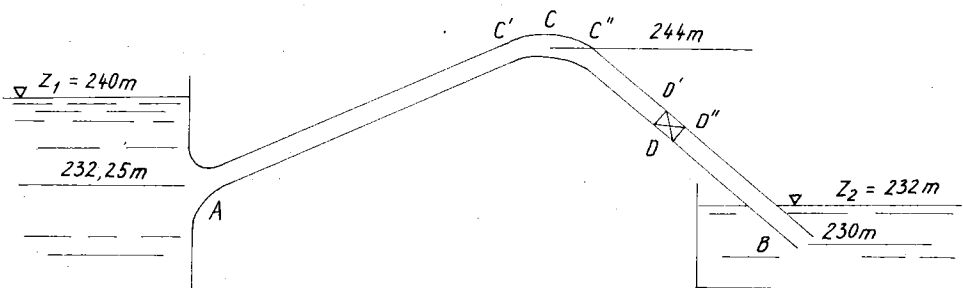
Yêu cầu :

1- Tính lưu lượng nước qua ống xi phông trong điều kiện làm việc bình thường .

2- Với lưu lượng vừa tính được, hãy tính áp suất tại các điểm A, B và C', C'' ở trước và sau điểm C ; vẽ đường đo áp; chỉ rõ rằng chân không lớn nhất xảy ra ở C'' ngay sau C và tính trị số của chân không này, từ đó kết luận về sự làm việc của xi phông.

3- Để làm giảm chân không của xi phông, người ta làm cho lưu lượng giảm bằng cách đặt trên đoạn CB một van điều tiết D với tổn thất cột nước tương ứng là $h_D = \zeta_D \frac{v^2}{2g}$. Xác định hệ số ζ_D và lưu lượng Q' tương ứng với trị số chân không $6m$ nước ở C'' .

4- Van được đặt ở cao độ $z_D = 237,5m$ cách C một khoảng là $10m$ về phía hạ lưu. Hãy vẽ đường đo áp ứng với Q' . Tính áp suất tại A, B, C', C'' và D', D'' ở trước và sau D , suy ra chân không lớn nhất sau van.



Hình 4-C-5

Đáp số: 1- $Q = 1,076 m^3/s$

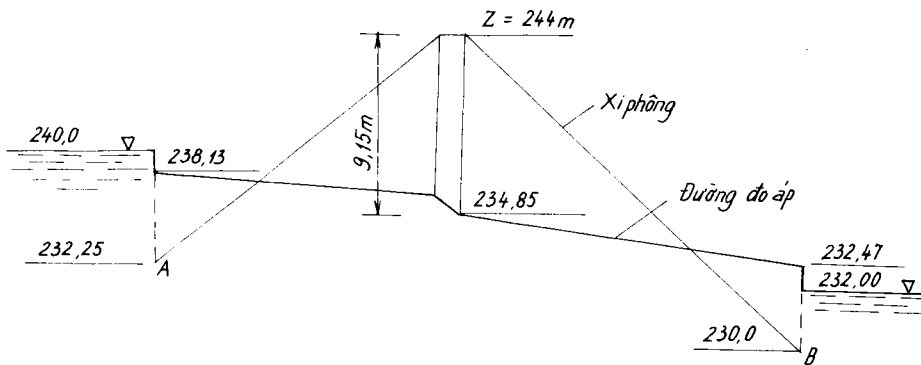
$$2- \frac{p_A}{\gamma} = +6,13m; \frac{p_{C'}}{\gamma} = -9,15mm.; \frac{p_{C''}}{\gamma} = -9,53mm.; \frac{p_B}{\gamma} = +2,47m.$$

Tại C'' khí thực đã xảy ra vì chân không $\approx 10m.c.n.$ (Trên hình 4-C-6) ;

$$3- \zeta_D = 9,4 ; Q' = 0,64 m^3/s ;$$

$$4- \frac{p_A}{\gamma} = +7,42m; \frac{p_{C'}}{\gamma} = -5,86m.; \frac{p_{C''}}{\gamma} = -6m.; \frac{p_{D'}}{\gamma} = +0,07m;$$

$$\frac{p_{D''}}{\gamma} = -5,33m; \frac{p_B}{\gamma} = +2,47m.$$



Hình 4-C-6

Bài 4-C-13. Một đường hầm được đào trong đá (độ nhám tương đương $k_{nt} = 600\text{mm}$), tiết diện tròn có đường kính tương đương $D = 6\text{m}$, dài $\ell = 4\text{km}$ dẫn nước có áp với lưu lượng $Q = 50\text{ m}^3/\text{s}$ từ hồ chứa nước vào nhà máy thủy điện.

1- Xác định trạng thái chuyển động của nước trong hầm, nếu cho $\nu = 0,01\text{ cm}^2/\text{s}$;

2- Tính tổn thất cột nước ;

3- Để giảm độ nhám của thành đá, người ta làm một lớp áo bê tông phủ lên mặt trong đường hầm. Lớp áo làm giảm đường kính của đường hầm xuống chỉ còn $D_1 = 4,8\text{m}$, nhưng lại giảm độ nhám xuống còn $k_{nt} = 5\text{mm}$. Vậy với lưu lượng vẫn như cũ thì tổn thất thất cột nước sẽ thay đổi ra sao ?

Đáp số : 1- Chảy rối, thành nhám thủy lực ;

2- $h_{qt} = 6,46\text{m}$;

3- $h_{qt} = 6,25\text{ m}$.

Bài 4-C-14. Áp suất dư p_0 trong bể chứa kín A phải là bao nhiêu để cấp được lưu lượng nước $Q = 3\text{ m}^3/\text{h}$ cho tầng thứ năm của nhà ở ($H_2 = 20\text{m}$). Ống gồm hai đoạn :

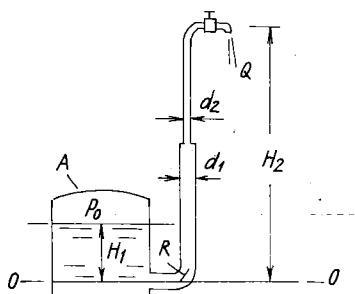
+ Đoạn 1 : $\ell_1 = 15\text{m}$; $d_1 = 40\text{mm}$;

+ Đoạn 2 : $\ell_2 = 15\text{m}$; $d_2 = 40\text{mm}$;

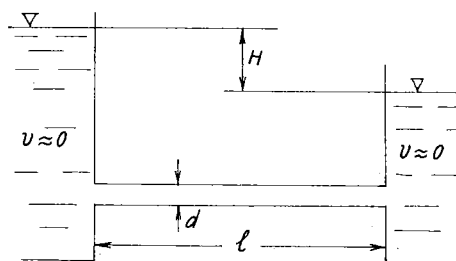
Có hai khuỷu ($\zeta = 0,3$), một khoá lắp cuối ống ($\zeta = 3,5$). Độ nhám của ống : $\Delta = 0,2\text{mm}$.

Chảy trong khu bình phương sức cản. $H_1 = 1,5\text{m}$.

Đáp số : $p_0 = 2,73\text{ at}$.



Hình 4-C-7



Hình 4-C-8

Bài 4-C-15. Chất lỏng có hệ số nhớt động là ν , chuyển động trong một ống đường kính d , chiều dài ℓ dưới tác dụng của cột nước H . Lập biểu thức tính cột nước phân giới (H_c) ứng với sự chuyển từ trạng thái chảy tầng sang trạng thái chảy rối :

Tính H_c với $\nu = 2.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; $\ell = 1000\text{m}$; $d = 100\text{mm}$. Lấy số Râyôn phân giới $Re_c \approx 2000$. Bỏ qua tổn thất cục bộ .

Đáp số : $H_c = 260 \text{ m}$.

Bài 4-C-16 . Nước chuyển động với vận tốc $v = 0,5\text{m/s}$ trong một ống thép của hệ thống cung cấp nước nóng có $d = 0,0125\text{m}$, chiều dài $\ell = 100\text{m}$. Nhiệt độ của nước là 50°C .

Trên ống có hai chỗ ngoặt với góc $\alpha = 90^\circ$ và một khoá vòi nước (hình 4-C-9). Xác định tổn thất áp suất và so sánh với kết quả tính toán được tiến hành theo giả thiết khu vực sức cản là bình phương .

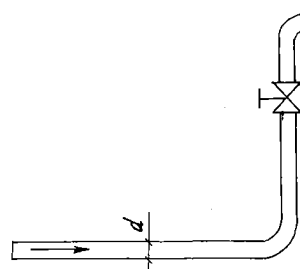
Đáp số : a- $\Delta p_c = 420 \text{ Pa}$;

$\Delta p_d = 3,56.10^4 \text{ Pa}$.

b- Nếu ống làm việc ở khu bình phương sức cản :

$\Delta p_c = 410 \text{ Pa}$;

$\Delta p_d = 2,89.10^4 \text{ Pa}$



Hình 4-C-9

CHUYỂN ĐỘNG TRONG ỐNG CÓ ẮP

5-1. CÁC CÔNG THỨC CƠ BẢN

Về mặt thủy lực đường ống được gọi là đường ống dài nếu ảnh hưởng của tổn thất cột nước cục bộ không lớn (thường chiếm $5 \div 10\%$ tổn thất dọc đường). Khi đó có thể bỏ qua tổn thất cục bộ và ta có quan hệ gần đúng sau đây :

$$h_w = \sum h_d + \sum h_c \approx h_d \quad (5-1)$$

hoặc
$$h_w = (1,05 \div 1,1) h_d . \quad (5-2)$$

Tổn thất cột nước trong đường ống dài được xác định theo các công thức Vâyxbắc-Đác xi:

$$h_d = \lambda \frac{\ell v^2}{d 2g} . \quad (5-3)$$

Công thức này có thể biến đổi thành một trong các biểu thức sau :

$$h_d = \frac{Q^2}{K^2} \ell = J \ell ; \quad (5-4)$$

$$h_d = A \ell Q^2 ; \quad (5-5)$$

$$h_d = S Q^2 , \quad (5-6)$$

trong đó : K - đặc trưng lưu lượng :

$$K = \omega C \sqrt{R} = \sqrt{\frac{g \pi d^5}{8 \lambda}} ; \quad (5-7)$$

λ - hệ số ma sát thủy lực :

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} ; \quad (5-8)$$

A - sức cản đơn vị của đường ống :

$$A = \frac{8 \lambda}{g \pi^2 d^5} = \frac{1}{K^2} ; \quad (5-9)$$

S - sức cản toàn phần của đường ống :

$$S = A \ell = \frac{8 \lambda}{g \pi^2 d^5} = \frac{1}{K^2} \ell ; \quad (5-10)$$

C - hệ số Sêdi :

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} , \quad (5-11)$$

ngoài ra trong các công thức trên, các ký hiệu Q , v , R , d , ℓ , J đều được dùng như trong các chương trước, lần lượt là lưu lượng, vận tốc trung bình, bán kính thủy lực, đường kính của đường ống, chiều dài đường ống, độ dốc thủy lực.

Giá trị của hệ số ma sát thủy lực λ để tính K, A và S có thể tìm được theo một trong số các công thức đã dẫn ở chương IV. Các công thức về hệ số Sêdi C của Pavlôpxki và Manin chỉ được áp dụng cho khu bình phương sức cản, khi $\lambda \neq f(Re)$. Điều kiện để thỏa mãn cho khu vực này là :

$$Re \cdot \frac{k_{td}}{d} = \frac{v \cdot k_{td}}{\nu} > 500 . \quad (5-12)$$

Điều kiện này, trong một số trường hợp chỉ ứng với chế độ làm việc của các đường ống mà vận tốc tính toán theo quan điểm kinh tế vào khoảng $v \geq 2m/s$ (như các đường ống của nhà máy thủy điện kiểu đường dẫn).

Như vậy là hệ số λ hoặc (C) được xác định theo công thức Pavlôpxki hoặc Manin khi chưa xác định được khu vực sức cản, chỉ có ý nghĩa là tính toán sơ bộ. Các giá trị chính xác của λ hoặc (C) được tính lại khi đã biết cụ thể khu vực sức cản.

Nếu $Re > Re_{pg}$ cần sử dụng trong tính toán các công thức của Conbruc và Altsul .

5-2. TÍNH TOÁN THUY LỰC ĐƯỜNG ỐNG DẪN

1- Chọn hệ số nhám cho đường ống có áp

Trị số hệ số nhám tuyệt đối tương đương hạt đều k_{td} (hoặc hệ số nhám n) được chọn phải phù hợp với vật liệu làm ống, với qui trình gia công của bề mặt bên trong và các điều kiện xây lắp và vận hành .

Nếu công tác xây lắp có chất lượng tốt thì trong tính toán sơ bộ đối với các ống có đường kính lớn, trị số hệ số nhám được lấy như sau :

- + Đối với ống bê tông cốt thép $n = 0,0125$;
- + Đối với các ống kim loại nối bằng đinh tán $n = 0,013$;
- + Đối với các ống kim loại hàn $n = 0,012$;
- + Đối với các ống gỗ đường kính lớn $n = 0,011$.

Khi cần tính toán chính xác có thể sử dụng số liệu trong **Phụ lục 1** .

2- Tính toán đường ống dài trong khu bình phương sức cản

Nếu đường ống làm việc trong khu bình phương sức cản, tức là $\lambda \neq f(Re)$, các thông số thủy lực tổng quát K, A và S trong các công thức (5-7), (5-9), (5-10) chỉ phụ thuộc vào đường kính ống và độ nhám thành ống và được ký hiệu là K_{bpsc} , A_{bpsc} và S_{bpsc} .

Trị số của K_{bpsc} tùy thuộc đường kính và độ nhám thành ống (qua hệ số nhám n và độ nhám tương đương hạt đều k_{td} - xem **Phụ lục 1, 4, 5**) . Trị số của ống thép mới xem bảng (5-4) .

3- Tính đường ống dài khi quy luật sức cản không phải là bình phương

Nếu các ống làm việc ở khu sức cản không phải là bình phương thì tổn thất cột nước được

xác định theo :

$$h_d = \theta \frac{Q}{K_{bpsc}^2} \ell ; \quad (5-13)$$

trong đó : $\theta = \frac{\lambda}{\lambda_{hpsc}}$ - hệ số hiệu chỉnh khi sức cản không phải là bình phương ;

λ - hệ số ma sát thủy lực của đường ống đang xét ;

λ_{hpsc} - hệ số ma sát thủy lực cũng của đường ống đang xét ở khu vực bình phương sức cản, tức là khi thoả mãn điều kiện (5-12) .

Bảng 5-1
Giá trị của đặc trưng lưu lượng K_{hpsc} của ống
mặt cắt tròn được tính theo Pavlopki

Đường kính d (m)	Diện tích mặt cắt ngang ω (m ²)	K_{hpsc} (m ³ /s)			
		với các	trị số hệ số	nhóm khác	nhau
		0,011	0,020	0,030	0,040
1,00	10,7854	29,806	14,07	8,934	6,185
1,50	1,7672	86,664	44,307	27,638	19,716
2,00	3,1416	184,573	96,618	61,747	44,644
2,50	4,9087	328,123	174,196	112,663	82,338
3,00	7,069	535,70	288,90	188,636	140,02
3,50	9,621	801,70	436,92	288,762	215,18
4,00	12,566	1140,00	628,32	418,67	314,16
5,00	19,653	2049,87	1142,71	707,21	582,86
6,00	28,274	3311,98	1865,37	1270,11	969,02
7,00	38,484	4961,79	2813,88	1926,76	1479,33
8,00	50,266	7052,81	4025,73	2766,80	2133,78
9,00	63,617	9609,39	5501,31	3795,18	2935,30
10,00	78,540	12702,26	7302,86	5051,05	3918,91
12,00	113,097	20427,94	11798,90	8198,57	6359,27
14,00	153,938	30628,30	17703,39	12320,40	9585,74
16,00	201,062	43469,17	25132,50	17532,43	13632,00

Bảng 5-2
Các giá trị của đặc trưng lưu lượng của ống dẫn nước được tính theo công thức Manin

d (mm)	ω (m ²)	K_{hpsc} (l/s)		
		Ống sạch ($n = 0,011$)	Các điều kiện tính toán bình thường ($n = 0,0125$)	Ống bẩn ($n = 0,0143$)
50	0,00196	9,624	8,460	7,403
75	0,00442	28,37	24,94	21,83
100	0,00785	61,11	53,72	47,01
125	0,01227	110,80	97,40	85,23
150	0,01767	180,20	158,40	138,60
175	0,02405	271,80	238,90	209,00
200	0,03142	388,00	341,00	298,50
225	0,03976	531,20	467,00	408,60
250	0,04909	703,50	618,50	541,20
300	0,07068	1,114.10 ³	1,006.10 ³	880,00
350	0,09621	1,726.10 ³	1,517.10 ³	1,327.10 ³
400	0,12566	2,464.10 ³	2,166.10 ³	1,895.10 ³
450	0,15904	3,373.10 ³	2,965.10 ³	2,594.10 ³
500	0,19635	4,467.10 ³	2,927.10 ³	3,436.10 ³
600	0,28274	7,274.10 ³	6,386.10 ³	5,587.10 ³

Bảng 5-2 (tiếp theo)

$d \text{ (mm)}$	$\omega \text{ (m}^2\text{)}$	$K_{bpsc} \text{ (l/s)}$		
		Ống sạch ($n = 0,011$)	Các điều kiện tính toán bình thường ($n = 0,0125$)	Ống bẩn ($n = 0,0143$)
700	0,38485	$10,96 \cdot 10^3$	$9,632 \cdot 10^3$	$8,428 \cdot 10^3$
750	0,44179	$13,17 \cdot 10^3$	$11,58 \cdot 10^3$	$10,13 \cdot 10^3$
800	0,50266	$15,64 \cdot 10^3$	$13,75 \cdot 10^3$	$12,03 \cdot 10^3$
900	0,63617	$21,42 \cdot 10^3$	$13,83 \cdot 10^3$	$16,47 \cdot 10^3$
1000	0,78540	$28,36 \cdot 10^3$	$24,93 \cdot 10^3$	$21,82 \cdot 10^3$
1200	1,1309	$46,12 \cdot 10^3$	$40,55 \cdot 10^3$	$35,48 \cdot 10^3$
1400	1,5394	$69,57 \cdot 10^3$	$61,16 \cdot 10^3$	$58,52 \cdot 10^3$
1600	2,0106	$99,33 \cdot 10^3$	$87,32 \cdot 10^3$	$76,41 \cdot 10^3$
1800	2,5447	$136,00 \cdot 10^3$	$119,50 \cdot 10^3$	$104,60 \cdot 10^3$
2000	3,1416	$180,10 \cdot 10^3$	$158,30 \cdot 10^3$	$138,50 \cdot 10^3$

Bảng 5-3

Các giá trị của đặc trưng lưu lượng K_{bpsc} đối với các ống thép mới, tính theo công thức Sifrinxon (với $k_{id} = 0,2\text{mm}$)

$d \text{ (mm)}$	40	50	75	100	125	150	175	200	225	250
$K_{bpsc} \text{ (l/s)}$	6,61	11,1	32	68,5	128	204	303	421	581	780
$d \text{ (mm)}$	300	350	400	450	500	600	700	800	900	
$K_{bpsc} \text{ (l/s)}$	1235	1890	2630	3980	4270	7550	11350	16200	22300	

Bảng 5-4

Các giá trị của sức cản đơn vị A_{bpsc} đối với các ống thép mới, tính theo công thức Sifrinxon (với $k_{id} = 0,1\text{mm}$)

$d \text{ (m)}$	$\omega \text{ (m}^2\text{)}$	$\omega^2 \text{ (m}^4\text{)}$	λ	A_{bpsc}
0,1	0,00785	0,0000615	0,0192	158,6
0,15	0,0177	0,000314	0,0177	19,5
0,20	0,0314	0,00099	0,0164	4,21
0,25	0,6491	0,60241	0,0155	1,32
0,30	0,0707	0,005	0,0148	0,504
0,40	0,1257	0,0158	0,0138	1,111
0,50	0,196	0,0384	0,013	0,346
0,60	0,283	0,08	0,0124	0,00591
0,70	0,385	0,148	0,012	0,00303
0,80	0,503	0,244	0,0116	0,00303
0,90	0,636	0,405	0,0113	0,00158
1,00	0,615	0,615	0,011	0,00091

Nếu lấy θ theo công thức tổng quát của Altsul ta có biểu thức của hệ số hiệu chỉnh như sau :

$$\theta \cong \left(1 + \frac{68\nu}{vk_{id}}\right)^{0,25} \quad (5-14)$$

Các giá trị của hệ số θ đối với chuyển động của nước ($v = 0,01 \text{ cm}^2/\text{s}$) trong ống với độ nhám tương đương $k_{td} = 0,1 \text{ mm}$ và $k_{td} = 1 \text{ mm}$ được cho trong bảng (5-5) theo công thức (5-14).

Bảng 5-5
Các giá trị θ theo công thức (5-14) với $k_{td} = 0,1 \text{ mm}$ và $k_{td} = 1 \text{ mm}$

$v \text{ cm/s}$	1	10	20	30	40	100
$k_{td} = 0,1 \text{ mm}$	2,88	1,67	1,45	1,35	1,28	1,14
$k_{td} = 1 \text{ mm}$	1,67	1,14	1,08	1,05	1,04	1,015
$v \text{ cm/s}$	150	200	300	400	500	
$k_{td} = 0,1 \text{ mm}$	1,10	1,08	1,05	1,04	1,03	
$k_{td} = 1 \text{ mm}$	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	

Trong bảng (5-6) ghi các giá trị của hệ số θ của các ống dẫn nước theo số liệu của Sêvelep

Bảng 5-6
Các giá trị θ theo Sêvelep

Vận tốc v (m/s)	Ống		
	Bình thường	Gang mới	Thép mới
0,4	1,19	1,51	1,22
0,5	1,14	1,42	1,18
0,6	1,11	1,36	1,16
0,7	1,08	1,32	1,14
0,8	1,06	1,28	1,12
1,0	1,03	1,22	1,10
1,2	1,01	1,18	1,08
1,4	1,0	1,15	1,07
1,6	1	1,12	1,06
1,8	1	1,10	1,05
2,0	1	1,08	1,04
2,5	1	1,05	1,03
3,0	1	1,03	1,02

4- Vận tốc không xói giới hạn cho phép theo các điều kiện về cường độ vật liệu của ống dẫn nước

Trong bảng (5-5) ghi các giá trị vận tốc trung bình cho phép trong ống dẫn nước có áp theo cường độ vật liệu dùng cho trường hợp trong nước chỉ chứa một ít muối và bùn cát tuy chúng tuy chúng có thể sinh ra những tác dụng không tốt nhưng vẫn không đòi hỏi phải xét đến ảnh hưởng của chúng trong thời gian sử dụng.

Trong các ống dẫn có áp các đại lượng vận tốc trung bình được xác định bằng các tính toán về kinh tế và các điều kiện cấu tạo. Các giá trị này thường nhỏ hơn nhiều so với các giá trị vận tốc giới hạn cho phép ghi trong bảng (5-6).

5- Sự thay đổi khả năng thoát nước của đường ống trong quá trình vận hành

Khi thiết kế các đường ống có áp cần phải xét đến hiện tượng giảm khả năng thoát nước. Khi thiết kế các đường ống có áp cần phải xét đến hiện tượng giảm khả năng thoát nước của chúng trong thời gian khai thác chúng. Ví dụ, đối với ống cấp nước, trong một số trường hợp khả năng thoát giảm đến 50 % và thấp hơn so với khả năng thoát tính toán. Do sự han rỉ và kết tủa (sự hình thành các chất lắng đọng trong đường ống)

Bảng 5-7**Các giá trị vận tốc giới hạn cho phép đối với đường dẫn nước có áp**

Loại công trình	Đường	kinh	ống	dẫn	nước	(m)
	1	2	3	4	5	6 và lớn hơn
Các tuynen đặt trong đá tinh thể không có lớp trát thêm, với cường độ phá hoại chứng 400-1600 kG/m ² trên mặt đá nhẵn.	26	30	32	34	36	37
Cũng vậy, trên mặt đá làm thô.	17	20	20	23	24	25
Đường hầm có áp, đặt trong đá tinh thể không có lớp trát thêm, với cường độ phá hoại chứng 1600-2200 kG/cm ² hoặc lớn hơn, mặt đá nhẵn.	35	40	40	46	48	50
Cũng vậy, mặt đá làm thô.	23	26	26	30	31	32
Ống dẫn nước bằng bê tông-cột-thép và đường hầm có lớp trát thêm bằng bê tông, bằng xi măng hay phun vữa xi măng làm thật kỹ (tùy theo mức bê tông).	32-17	37-20	40-22	42-23	44-24	26-25
Ống dẫn nước bằng gỗ	26	30	32	34	36	37

Ống dẫn nước bằng kim loại (thép)	Theo cường độ, vận tốc nào cũng có thể cho phép. Vì vậy việc chọn vận tốc cho phép phụ thuộc vào số hiệu kim loại và được xác định theo kết cấu của ống dẫn nước, theo các điều kiện về kinh tế (sự hao mòn do hiện tượng xâm thực và han rỉ)
-----------------------------------	---

Ghi chú : Với trường hợp trong dòng chảy có các muối hoạt tính và bùn cát, các trị số vận tốc cho phép giới hạn ghi ở bảng cần phải giảm xuống tùy theo thời gian kéo dài giữa các lần sửa chữa, số lượng và thành phần của muối hoạt tính và bùn cát.

độ nhám của ống tăng lên nên để tính gần đúng ta đánh giá độ nhám bằng công thức :

$$k_t = k_0 + \alpha t, \quad (5-15)$$

trong đó : k_0 - độ nhám tuyệt đối (mm) của ống mới bắt đầu sử dụng ;

k_t - độ nhám tuyệt đối (mm) sau t năm vận hành ;

α - hệ số đặc trưng cho nhịp độ tăng của độ nhám (mm/năm).

Hệ số α phụ thuộc vào vật liệu làm ống và vào tính chất của chất lỏng. Đối với nước lạnh trong các ống thép, các giá trị α được ghi trong bảng (5-6), tùy thuộc vào tính chất hoá lý của nước trong ống.

5-3. MỘT SỐ BÀI TOÁN VÀ CÁC TRƯỜNG HỢP RIÊNG VỀ ỐNG DẪN NƯỚC CÓ ÁP

1- Ống hút nước của máy bơm

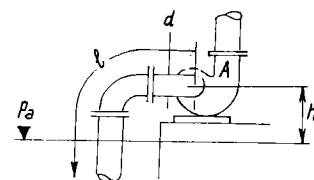
Trị số chân không ở điểm A (trên trục máy bơm) :

$$h_{ck} = h + \frac{v^2}{2g} + \sum h_w = h + \frac{v^2}{2g} \left(1 + \sum \zeta + \frac{\lambda \ell}{d} \right) = h + 16 \frac{Q^2}{2g\pi^2 d^5} \left(1 + \sum \zeta + \frac{\lambda \ell}{d} \right), \quad (5-16)$$

Các giá trị của tham số trong công thức (5-15) đối với các ống dẫn nước bằng thép

Nhóm nước tự nhiên	α (mm/năm)
Nước có ít chất khoáng không ăn mòn .	0,005 ÷ 0,055
Nước có hàm lượng không đáng kể các chất hữu cơ và chất sắt bị hoà tan.	Giá trị trung bình : 0,025
Nước có ít muối khoáng có tính ăn mòn .	0,05 ÷ 0,18
Nước có chứa chất hữu cơ và chất sắt hoà tan ít hơn 3 mg/l .	Giá trị trung bình : 0,07
Nước ăn mòn mạnh nhưng có hàm lượng clorít và sunphát không lớn.	0,18 ÷ 0,40
Nước có hàm lượng sắt không quá 32 mg/l .	Giá trị trung bình : 0,20
Nước ăn mòn có hàm lượng clorít và sunphát lớn (lớn hơn 500-700 mg/l).	0,40 ÷ 0,60
Nước chưa được xử lý có hàm lượng chất hữu cơ cao.	Giá trị trung bình : 0,51
Nước ăn mòn mạnh và có chất khoáng, có độ cứng nhỏ không đổi và nhiều cacbonát, có cặn nền chặt nhiều hơn 2g/l.	Từ 0,6 đến 1 và lớn hơn nữa

trong đó : h - độ cao của trục máy bơm (điểm A) so với mặt nước (chiều cao hút) ;
 v và Q - vận tốc trung bình và lưu lượng trong ống hút ;
 ℓ và d - chiều dài và đường kính ống hút ;
 λ và ζ - hệ số ma sát thuỷ lực và hệ số cản cục bộ .



Hình 5-A-1

Khi cho trước chiều cao hút và các kích thước của ống hút) d , ℓ v.v...) lưu lượng lớn nhất Q_{max} bằng :

$$Q_{max} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2g([h_{ck}]_{max} - h)}{1 + \sum \zeta + \frac{\lambda \ell}{d}}} \quad (5-17)$$

trong đó $[h_{ck}]_{max}$ - trị số chân không cho phép lớn nhất ứng với kết cấu bơm, trong thực tế đối với tính toán sơ bộ có thể lấy trung bình $[h_{ck}]_{max} = 7 \div 7,5m$.

Trong các điều kiện trung bình, đối với các tính toán sơ bộ nếu lấy $[h_{ck}]_{max} = 7,5m$, với $\sum \zeta = 0,3$; $\lambda = 0,02$ và $\frac{\ell}{d} = 100$ thì :

$$Q_{max} = 1,92d^2 \sqrt{7,5 - h} \cdot \left(\frac{m^3}{s} \right),$$

trong đó d - tính bằng m .

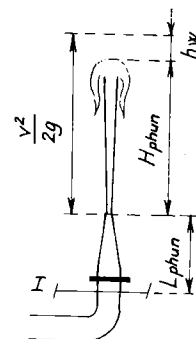
2- Vòi phun nước (hình 5-A-2)

Chiều cao phun lên của dòng tia thẳng đứng bằng :

$$h_{phun} = \frac{v^2}{2g} - h_w = \frac{v^2}{2g} (1 - \zeta_{dt})$$

hoặc :

$$h_{phun} = \frac{160}{2g} \frac{Q^2}{d^2} (1 - \zeta_{dt}),$$



Hình 5-A-2

trong đó : $H = \frac{v^2}{2g}$ - cột nước toàn phần ở miệng lỗ ra ;

$$k = \frac{0,00025}{d + 1000d^3} - \text{hệ số ;}$$

d - đường kính lỗ ra (m) .

Áp suất đo được tại mặt cắt $I-I$ (hình 5-A-2), tức là chiều cao đo áp p/γ tính bằng mét cột nước tĩnh, được xác định bằng công thức sau (bỏ qua cột nước vận tốc $\frac{v^2}{2g}$ ở mặt cắt $I-I$ cũng như tổn thất theo chiều dài của vòi):

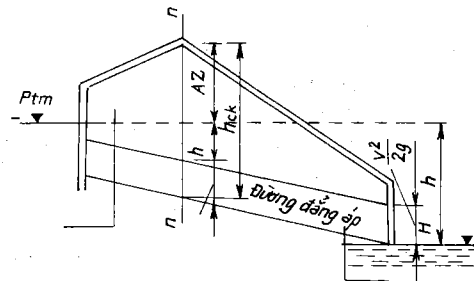
$$\frac{p}{\gamma} = \frac{v^2}{2g} (1 + \zeta_{dt}) = h_{ph} \frac{1 + \zeta_{dt}}{1 - \zeta_{dt}} .$$

3- Ống xi phông (hình 5-A-3)

Hiệu số mực nước thượng và hạ lưu H sẽ bằng tổng của tất cả các sức cản thủy lực của ống xi phông :

$$H = \sum h_w = \sum \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2g} + \sum \zeta \frac{v^2}{2g} , \quad (5-18)$$

trong đó : $\sum \zeta$ - tổng các hệ số của các sức cản thủy lực cục bộ bao gồm cả sức cản ở chỗ ra của ống xi phông vào bể ở dưới thấp.



Hình 5-A-3

Nếu đường kính là như nhau thì vận tốc v cũng giống nhau trên toàn bộ chiều dài của ống và vì vậy :

$$H = \frac{v}{2g} \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta \right) = \frac{Q^2}{2g^2} \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta \right) . \quad (5-19)$$

Hiệu của các mực nước thượng và hạ lưu H có thể lớn hơn 10m .

Giá trị chân không ở mặt cắt $n-n$ (hình 5-A-3) được xác định theo công thức :

$$h_{ck} = \Delta z + \frac{v_n^2}{2g} + \sum h_w . \quad (5-20)$$

Khi đường kính không đổi :

$$h_{ck} = \Delta z + \frac{16Q^2}{2g\pi^2 d^5} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta \right) . \quad (5-21)$$

4- Đường ống dài có áp

a- Ống đơn giản là ống có đường kính không đổi trên cả chiều dài, không có nhánh. Các biểu thức cơ bản để tính ống đơn giản là :

$$Q = K\sqrt{J} = H\sqrt{\frac{H}{\ell}} = \sqrt{\frac{H}{S}} = \sqrt{\frac{J}{A}} . \quad (5-22)$$

Các trị số K , A , S có trong các bảng tra .

Tổn thất cột nước toàn phần trong hệ thống đơn giản nối liền tiếp được xác định bằng công thức (hình 5-4):

$$H = Q^2 \sum \frac{\ell_i}{K_i^2} = Q^2 \sum S = Q^2 \sum A \ell, \quad (5-23)$$

trong đó ℓ, K, A, S - chiều dài, môđun lưu lượng, sức cản đơn vị và sức cản toàn phần của các đoạn.

Tổn thất cột nước của từng đoạn xác định theo công thức :

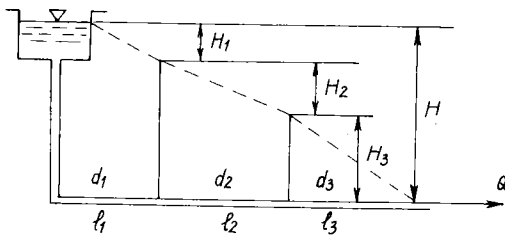
$$H = \frac{Q^2}{K^2} \ell = S_i Q^2 = A \ell_i Q^2. \quad (5-24)$$

b- Ống nối song song (hình 5-A-5) gồm các ống đơn giản. Tổn thất cột nước trong các nhánh riêng lẻ ở trường hợp này bằng nhau, tức là :

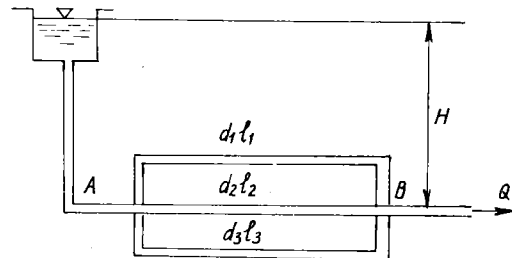
$$H_1 = H_2 = H_3 = H_{AB}. \quad (5-25)$$

Lưu lượng phân phối theo các nhánh riêng lẻ được tính bằng công thức :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K_1}{K_2} \sqrt{\frac{\ell_2}{\ell_1}} = \sqrt{\frac{S_2}{S_1}} = \sqrt{\frac{A_2 \ell_2}{A_1 \ell_1}}. \quad (5-26)$$



Hình 5-A-4



Hình 5-A-5

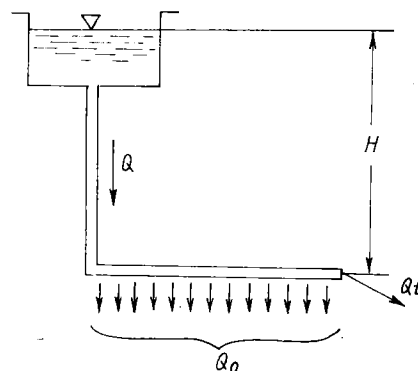
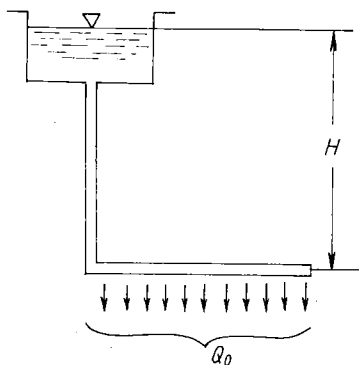
c- Ống phân phối liên tục (hình 5-A-6). Khi chất lỏng phân phối liên tục trên dọc đường hay trong các trường hợp được phân phối ở nhiều điểm dọc theo đường ống, tổn thất cột nước được xác định như sau :

$$H = \frac{Q_0^2}{3K^2} \ell = \frac{SQ_0^2}{3} + A \ell \frac{Q_0^2}{3}, \quad (5-27)$$

trong đó : Q_0 - lưu lượng ban đầu, phân phối đều và liên tục trên chiều dài ống.

Nếu ngoài lưu lượng phân phối liên tục trên chiều dài ống Q_0 còn một phần lưu lượng được tải qua ống Q_1 thì tổn thất cột nước :

$$H = \frac{\ell}{K^2} \left(Q^2 - Q_1 Q_0 + \frac{Q_0^2}{3} \right) = S \left(Q^2 - Q_1 Q_0 + \frac{Q_0^2}{3} \right), \quad (5-28)$$



Hình 5-A-6

trong đó : Q - lưu lượng tổng cộng trong ống :

$$Q = Q_i + Q_o \quad (5-29)$$

Biểu thức (5-18) còn có thể viết dưới dạng :

$$H = Q_n^2 \cdot \frac{1}{K^2}, \quad (5-30)$$

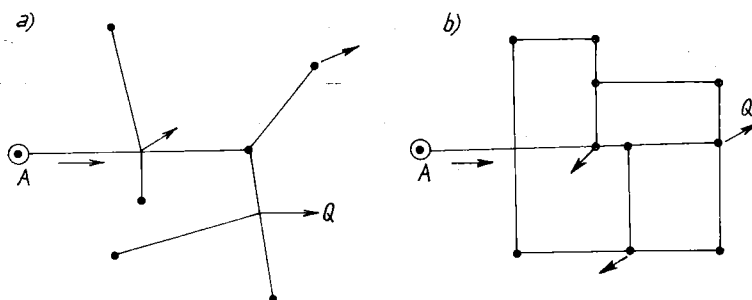
trong đó :

$$Q_n = Q_i + 0,55 Q_o. \quad (5-31)$$

d- Mạng lưới đường ống

Có thể phân thành hai loại : mạng lưới hở và mạng lưới vòng kín (hình 5-A-7).

Điểm A là điểm bắt đầu của mạng lưới. Điểm này có thể là bể hoặc tháp nước hoặc trạm bơm nên có cột nước cao. Các điểm khác của lưới có thể là các điểm được cấp nước hoặc lại là điểm bắt đầu của một mạng lưới khác.



Hình 5-A-7

Thường bài toán được cho dưới dạng sau :

+ Các số liệu cho trước : lưu lượng (Q); áp suất dư tại các nút (p/γ); chiều dài (ℓ); độ nhám thành ống (Δ, k_{sd}, n); cao độ đặt đường ống (thường là cao trình mặt đất z).

+ Các đại lượng cần xác định : đường kính các đoạn ống (d); cột nước đo áp tại A (Z_A).

1- Tính toán thủy lực mạng lưới hở

* Xác định đường ống chính, là đường ống từ điểm bắt đầu A đến điểm có cột nước đo áp lớn nhất (độ dốc thủy lực J nhỏ nhất), tức là đường ống chính không nhất thiết phải là đường ống có chiều dài lớn nhất.

* Tính đường ống chính :

+ Với lưu lượng Q đã cho, ta chọn đường kính d và tính h_d .

+ Tính cột nước đo áp tại A theo :

$$Z_A = Z_{cuối} + \sum h_d, \quad (5-32)$$

trong đó : $Z_{cuối} = z_{cuối} + \frac{p_{cuối}}{\gamma}$ (theo số liệu cho trước).

* Đối với các nhánh :

+ Tính h_d theo : $h_d = Z_{đầu} - Z_{cuối}$ (trong đó $Z_{cuối}$ đã cho; $Z_{đầu}$ từ kết quả tính của đường ống chính);

+ Từ Q, h_d , chọn d ;

+ Cũng có thể chọn d trước theo Q , để tính ra h_d (theo khái niệm vận tốc kinh tế), sau đó tính $Z'_{đầu}$ và so sánh với $Z_{đầu}$ đã tính cho đường ống chính.

2- Tính toán thủy lực mạng lưới khép kín

Một mạng lưới khép kín thường gồm nhiều vòng kín. Tính toán được tiến hành cho từng vòng một. Các thông số ban đầu là : lưu lượng tiêu thụ Q tại từng điểm, độ dài l và đường kính d của từng đoạn ống.

Vì sự phân phối lưu lượng trên tất cả các đoạn ống của vòng kín là chưa biết nên cũng chưa biết cột nước cần thiết để khắc phục ma sát trong mạng lưới.

Dòng chảy trong mạng lưới kín phải thoả mãn hai điều kiện sau :

+ Tại bất kỳ một điểm nào trên vòng kín, tổng số lưu lượng đi tới điểm đó phải bằng tổng số lưu lượng rời khỏi điểm đó . Tại một nút :

$$\sum Q_{đến} = \sum Q_{đi} \quad (5-33)$$

hoặc :

$$\sum Q_{nút} = 0 \text{ (cộng đại số) .}$$

+ Tổng số tổn thất cột nước trên cả vòng kín phải bằng không, quy ước rằng tổn thất cột nước là dương nếu chiều đi vòng để tính tổn thất trùng với chiều chảy và là âm nếu ngược với chiều chảy :

$$\sum h_{d(\text{vòng kín})} = 0 \text{ (cộng đại số) .} \quad (5-34)$$

Có hai phương pháp giải :

+ Tự ý phân phối lưu lượng trên vòng kín, sao cho điều kiện thứ nhất được thoả mãn ngay, nhưng khi đó điều kiện thứ hai thường sẽ không thoả mãn. Không vi phạm điều kiện thứ nhất, ta phân phối lại lưu lượng trên mạng lưới một vài lần sao cho điều kiện thứ hai ngày càng đi đến chỗ được thoả mãn đầy đủ. Phương pháp này được gọi là phương pháp cân bằng cột nước .

Lượng điều chỉnh lưu lượng ΔQ được tính theo công thức :

$$\Delta Q = - \frac{\sum h_d}{2 \sum \left(\frac{h_d}{Q} \right)} = - \frac{\sum SQ^2}{2 \sum (SQ)} \quad (5-35)$$

Lưu ý : trong (5-35) , tử số là tổng số đại số ; mẫu số - tổng số số học .

+ Tự ý phân phối lưu lượng trên vòng kín, sao cho điều kiện thứ hai được thoả mãn ngay, nhưng khi đó điều kiện thứ nhất thường sẽ không được thoả mãn. Phân phối lại lưu lượng một vài lần để thoả mãn điều kiện thứ nhất mà vẫn giữ nguyên điều kiện thứ hai. Phương pháp này được gọi là phương pháp cân bằng lưu lượng .

Phương pháp thứ nhất được sử dụng rộng rãi hơn trong thực tiễn. Để rút ngắn thời gian tính, trong các thập kỷ gần đây việc tự động hoá đã được thực hiện rộng rãi trong thiết kế các mạng lưới kín cũng như hở.

5- Tính toán đường ống ngắn

Trong trường hợp, nếu tổn thất cột nước cục bộ lớn hơn 5% tổn thất cột nước theo chiều dài, trong tính toán đường ống (gọi là đường ống ngắn) nhất thiết phải xét đến tổn thất cột nước cục bộ. Vậy lúc này tổn thất cột nước tổng cộng được xác định theo công thức:

$$h_w = \sum h_d + \sum h_c = \left(\sum \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g} \quad (5-36)$$

Công thức (5-36) cũng có thể viết dưới dạng:

$$h_w = A Q^2 (\ell + \ell_{td}), \quad (5-37)$$

trong đó: ℓ_{td} - chiều dài tương đương:

$$\ell_{td} = \frac{8}{\pi^2 g} \frac{\sum \zeta}{Ad^4} = 0,082 \frac{\sum \zeta}{Ad^4} \quad (5-38)$$

Trong khu vực bình phương sức cản thì công thức (5-38) lấy $A = A_{bpsc}$. Trong khu vực không phải là bình phương sức cản:

$$A = \left(\theta + \frac{\ell_{td}}{\ell} \right) A_{bpsc}, \quad (5-39)$$

trong đó θ tính theo công thức (5-14) hoặc theo bảng (5-5) và tổn thất cột nước xác định theo công thức:

$$h_w = A_{bpsc} Q^2 \ell \left(\theta + \frac{\ell_{td}}{\ell} \right). \quad (5-40)$$

6- Nước va trong ống

Nước va là sự tăng đột ngột áp suất trong ống dẫn khi chất lỏng chuyển động trong ống bị dừng đột ngột.

Nước va xuất hiện khi đóng nhanh các thiết bị ngăn dòng được lắp trên đường ống (khoá, van), khi các máy bơm dừng đột ngột v.v...).

Đại lượng tăng áp suất trong nước va được xác định theo công thức của Jucôpxki:

$$\Delta p = \rho a v, \quad (5-41)$$

trong đó: ρ - mật độ chất lỏng;

a - vận tốc truyền sóng nước va;

v - vận tốc chuyển động của chất lỏng trong đường ống trước khi đóng khoá.

Vận tốc truyền sóng nước va được xác định theo công thức của Jucôpxki:

$$a = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{E \cdot d}{E_r \delta}}}, \quad (5-42)$$

trong đó : E - môđun đàn hồi của chất lỏng ;

d - đường kính ống ;

E_v - môđun đàn hồi của vật liệu thành ống ;

δ - chiều dày thành ống .

Nếu xem vật liệu thành ống là tuyệt đối cứng ($E_v = \infty$) thì vận tốc truyền sóng nước va bằng vận tốc truyền âm trong chất lỏng. Với các trị số thông thường của tỷ số δ/d , trị số của a có thể lấy bằng $1200m/s$ đối với ống thép và $1000m/s$ đối với ống gang .

Biểu thức (5-41) đúng cho trường hợp, nếu thời gian đóng khoá τ nhỏ hơn thời gian mà sóng nước va đi đến bình chứa và sóng phản xạ, kèm theo sự giảm áp suất trở về khoá, tức là trong điều kiện $\tau < 2\frac{l}{a}$. Nếu $\tau > 2\frac{l}{a}$ thì áp suất không đạt đến trị số lớn nhất vì một phần bị tiêu hao do sóng phản xạ. Trong trường hợp này sự tăng áp suất có thể tính theo công thức của Miso :

$$\Delta p = 2 \frac{\rho l v}{\tau} . \quad (5-43)$$

Nếu $\tau = 2\frac{l}{a}$, công thức (5-41) và (5-43) cho kết quả giống nhau .

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

Bài 5-B-1. Tìm đặc trưng lưu lượng đối với đường ống có đường kính $d = 3m$ với hệ số nhám $n = 0,017$.

Bài giải

Theo bảng (5-1) khi $n' = 0,020$ đối với $d = 3m$ ta tìm được $K'_{bpsc} = 289m^3/s$. Khi đó giá trị cần tìm của đặc trưng lưu lượng với $n = 0,017$ sẽ bằng :

$$K_{bpsc} \approx K'_{bpsc} \frac{n'}{n} = 289 \frac{0,020}{0,017} = 340 \frac{m^3}{s}.$$

Bài 5-B-2. Xác định lưu lượng Q , cho biết : $d = 1,5m$, $\ell = 500m$, $h_d = 0,75m$, $n = 0,015$.

Bài giải

Với $n = 0,011$ theo bảng (5-1) khi $d = 1,5m$ ta được $K' = 86,664 m^3/s$.

Đặc trưng lưu lượng, thực tế với $n = 0,015$ bằng :

$$K = K' \frac{n'}{n} = 86,664 \frac{0,015}{0,020} = 64,998 \frac{m^3}{s}.$$

Lưu lượng cần tìm :

$$Q = K \sqrt{\frac{h_d}{\ell}} = 64,998 \sqrt{\frac{0,75}{500}} = 2,522 \frac{m^3}{s}.$$

Bài 5-B-3. Xác định cột nước cần thiết để chuyển lưu lượng nước $Q = 0,07m^3/s$ qua ống có đường kính $d = 0,3m$ và chiều dài $\ell = 1200m$. Ống thép mới. Nhiệt độ của nước là $20^\circ C$.

Bài giải

Theo **Phụ lục 1**, đối với ống thép mới ta lấy độ nhám tương đương $k_{td} = 0,010mm$. Với độ nhám đã tìm và đường kính đã cho, ta xác định giá trị sức cản đơn vị của đường ống (trong khu bình phương sức cản). Theo bảng (5-4) ta được $A_{bpsc} = 0,504 s^2/m^6$.

Cột nước cần tìm (lần gần đúng thứ nhất) trong điều kiện bình phương sức cản :

$$h_{bpsc} = A_{bpsc} \ell Q^2 = 0,51200 \cdot 0,07^2 = 3m.$$

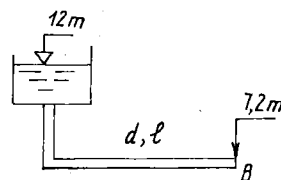
Vận tốc chuyển động của nước trong ống :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,07}{3,14 \cdot 0,3^2} \approx 1m/s.$$

Theo bảng (5-5), $\theta = 1,14$ nên ta có cột nước cần thiết :

$$h = \theta \cdot h_{bpsc} = 1,14 \cdot 3 = 3,42m.$$

Bài 5-B-4. Xác định lưu lượng Q và vận tốc chảy trong ống dẫn nước có đường kính $d = 250mm$, chiều dài $\ell = 180m$, nếu cao trình tại bể chứa nước A : $V_A = 12m$ và cao trình tại điểm lấy nước B : $V_B = 7,2m$ (hình 5-B-1).



Hình 5-B-1

Tính toán cho hai trường hợp :

1- Ống thép sạch ($n = 0,011$) ;

2- Ống thép bẩn ($n = 0,015$) .

Bài giải

Lưu lượng Q tính theo công thức (5-22). Theo bảng (5-2) đối với ống sạch $n = 0,011$ có đường kính $d = 250\text{mm}$ được $K = 703,5 \text{ } \ell/s$. Từ đó có :

$$Q = 703,50 \sqrt{\frac{12,0 - 7,2}{180}} = 114,9 \frac{\ell}{s} .$$

Vì
$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14,2,5^2}{4} = 4,91\text{dm}^2 .$$

Do đó :
$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{114,9}{4,91} = 23,4 \frac{\text{dm}}{s} = 2,34 \frac{m}{s} .$$

Vận tốc $v = 2,34 \text{ m/s}$ lớn hơn $v = 1\text{m/s}$ nên điều giả thiết dòng chảy ở khu bình phương sức cản để tra đại lượng K ở trên là đúng, vì thế không cần xét đến hệ số θ nữa.

Đối với ống bẩn, với hệ số nhám $n = 0,015$, trong bảng tra đó không có trị số C nên phải tính trực tiếp. Ta có :

$$\omega = 0,0491\text{m}^2 ;$$

$$R = \frac{d}{4} = \frac{0,25}{4} = 0,0625\text{m} ;$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0,015} . 0,0625^{\frac{1}{6}} = 42 \frac{m^{0,5}}{s} ;$$

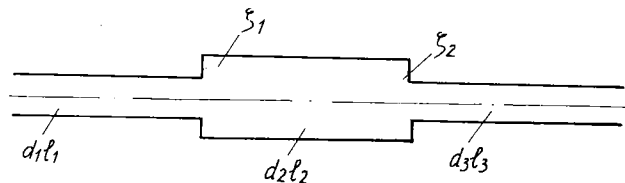
$$\frac{H}{\ell} = \frac{12,0 - 7,2}{180} = 0,0266 .$$

$$Q = \omega C \sqrt{R \frac{H}{\ell}} = 0,0491 . 42 \sqrt{0,0625 . 0,0266} = 84 \frac{\ell}{s} ;$$

Vậy :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{84}{4,91} = 17,1 \frac{\text{dm}}{s} = 1,71 \frac{m}{s} .$$

Bài 5-B-5. Xác định tổn thất cột nước của chuyển động nước trong hệ thống ống thép nối liên tiếp. Lưu lượng $Q = 10^{-2}\text{m}^3/\text{s}$. Nhiệt độ của nước 20°C . Đường kính ống dẫn $d_1 = 0,1\text{m}$; $d_2 = 0,2\text{m}$; $d_3 = 0,15\text{m}$. Chiều dài đường ống $\ell_1 = 100\text{m}$; $\ell_2 = 50\text{m}$; $\ell_3 = 200\text{m}$.



Hình 5-B-2

Bài giải

Tổn thất áp suất trên các đoạn của hệ thống (hình 5-B-2) được xác định từ công thức (5-36). Sức cản đơn vị trên đoạn có xét đến sức cản cục bộ theo công thức (5-39). Chiều dài tương đương của sức cản cục bộ tính theo công thức (5-38).

Giả thiết là đường ống làm việc trong khu bình phương sức cản đơn vị A_{hpsc} tìm theo bảng (5-4) tùy thuộc vào đường kính của ống khi $k_{id} = 0,01mm$.

Đối với đoạn ống thứ nhất : $A_{hpsc1} = 158,6$; trên đoạn ống thứ nhất không có sức cản cục bộ .

Vận tốc trên đoạn ống thứ nhất :

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{0,01}{0,785.0,1^2} = 1,27 \frac{m}{s}.$$

Với vận tốc này hệ số hiệu chỉnh θ_1 cho khu trước bình phương sức cản bằng 1,12 (xem bảng (5-5)).

Tổn thất cột nước trên đoạn ống thứ nhất tính theo công thức (5-40):

$$h_{w1} = A_{hpsc} Q^2 \ell_1 \theta_1 = 168,6. (10^{-2})^2 . 100.1,12 = 1,89m .$$

Vận tốc trên đoạn ống thứ hai :

$$v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{0,1}{0,785.0,2^2} = 0,32 \frac{m}{s}.$$

Theo bảng (5-5), $\theta_2 = 1,3$. Sức cản đơn vị theo bảng (5-5) $A_{hpsc2} = 4,21$. Trên đoạn này, tại miệng vào, dòng chảy được mở rộng đột ngột .

Khi $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{0,2}{0,1}\right)^2 = 4$. Theo bảng (4-1) $\zeta_l = 9$.

Chiều dài tương đương của sức cản cục bộ này theo công thức (5-38) là :

$$\ell_{id} = 0,082 \frac{\zeta_l}{A_{hpsc} d_2^4} = 0,082 \frac{9}{4,21.0,2^4} = 109m .$$

Tổn thất cột nước trên đoạn ống thứ hai :

$$h_{w2} = A_{hpsc} Q^2 (\ell_2 \theta_2 + \ell_{id1}) = 4,21. (10^{-2})^2 (50.1,3 + 109) = 0,073m .$$

Vận tốc trên đoạn ống thứ ba :

$$v_3 = \frac{Q}{\omega_3} = \frac{0,01}{0,785.0,15^2} = 0,56 \frac{m}{s}.$$

Hệ số hiệu chỉnh cho khu trước bình phương sức cản $\theta_3 = 1,23$. Sức cản đơn vị $A_{hpsc3} = 19,15$.

Trên đoạn này có sự thu hẹp đột ngột tại miệng vào. Khi $\left(\frac{d_3}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{0,15}{0,20}\right)^2 = 0,56$ theo bảng (4-3) ta được $\zeta_2 = 0,31$. Vì thế sức cản cục bộ ứng với chiều dài tương đương :

$$\ell_{id} = 0,082 \frac{1,31}{19,15.0,15^4} = 2,62m .$$

Tổn thất cột nước trên đoạn ống thứ ba :

$$h_{w3} = 19,15. (10^{-2})^2 (200.1,23 + 2,62) = 0,476m .$$

Tổn thất cột nước tổng cộng của chuyển động nước trong hệ thống nối liên tiếp :

$$h_w = h_{w1} + h_{w2} + h_{w3} = 2,439m .$$

Phần tổn thất cột nước chủ yếu do đoạn ống có đường kính nhỏ nhất .

Bài 5-B-6. Xác định đường kính d của một ống sạch để dẫn lưu lượng $Q = 200 \frac{\ell}{s}$ với cột nước tác dụng $H = 10m$. Chiều dài ống $l = 500m$.

Bài giải

Độ dốc thủy lực : $J = \frac{H}{\ell} = \frac{10}{500} = 0,02$.

Mô đun lưu lượng : $K = \frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{200}{\sqrt{0,02}} = 1428 \frac{\ell}{s}$.

Theo bảng (5-2) ta có :

- Với $d = 300mm$ - $K = 1144,10 \frac{\ell}{s}$;

- Với $d = 350mm$ - $K = 1726,10 \frac{\ell}{s}$.

Do đó ta chọn $d = 350mm$.

Với đường kính này, dưới cột nước $H = 10m$, lưu lượng thực tế đạt được sẽ là :

$$Q = K\sqrt{J} = 1726,1\sqrt{0,02} = 241 \frac{\ell}{s} ,$$

tức là tăng lên 20% so với lưu lượng yêu cầu .

Nếu chỉ cần giữ lưu lượng $Q = 200 \frac{\ell}{s}$ thì cột nước H sẽ giảm đi chỉ còn :

$$H = \frac{Q^2}{K^2} \ell = \frac{200^2}{1726,1^2} 500 = 6,9m ,$$

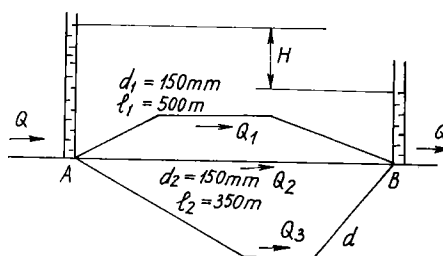
tức là giảm 31% so với cột nước đã cho .

Trên đây với cả hai đường kính $d = 300mm$ và $d = 350mm$, dòng chảy đều ở trong khu bình phương súc cản (với $d = 350mm$; $\omega = 9,62 dm^2$; $v = 2,0 m/s$) do đó $\theta_1 = \theta_2 = 1$.

Bài 5-B-7. Đường ống gồm 3 ống nối

song song dẫn lưu lượng $Q = 80 \frac{\ell}{s}$.

Chiều dài và đường kính như ở hình (5-B-3). Tìm lưu lượng nước chảy trong từng ống (Q_1, Q_2, Q_3) và tổn thất cột nước giữa hai điểm nút A, B. ống bình thường .



Hình 5-B-3

Bài giải

Với ống bình thường, theo bảng (5-

2), ta có : $d_1 = 150mm$ - $K_1 = 158 \frac{\ell}{s}$;

$d_2 = 150mm$ - $K_2 = 158 \frac{\ell}{s}$;

$$d_3 = 200\text{mm} - K_3 = 341 \frac{\ell}{s}.$$

Giả thiết dòng chảy ở trong khu bình phương sức cản và tính lưu lượng trong các ống song song (hình 5-B-3) qua Q_1 (theo phương trình 5-26), ta được :

$$Q_2 = Q_1 \frac{K_2}{K_1} \sqrt{\frac{\ell_1}{\ell_2}} = Q_1 \frac{158}{158} \sqrt{\frac{500}{350}} = 1,195 Q_1;$$

$$Q_3 = Q_1 \frac{K_3}{K_1} \sqrt{\frac{\ell_1}{\ell_3}} = Q_1 \frac{341}{158} \sqrt{\frac{500}{1000}} = 1,525 Q_1.$$

Lưu lượng tổng cộng :

$$Q = 80 \frac{\ell}{s} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 3,72 Q_1.$$

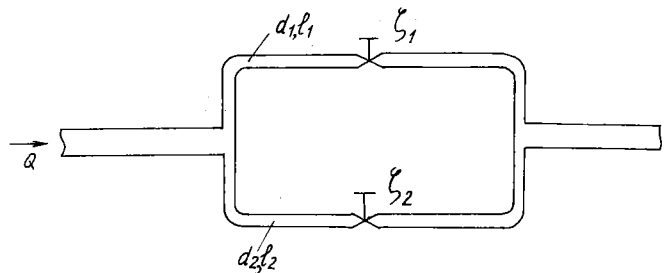
Từ đó : $Q_1 = 21,5 \frac{\ell}{s}; Q_2 = 25,7 \frac{\ell}{s}; Q_3 = 32,8 \frac{\ell}{s}.$

Tổn thất cột nước H có thể xác định theo một trong ba nhánh bằng phương trình (5-24). Chẳng hạn, theo nhánh 1, ta có :

$$H = \frac{21,5^2}{158^2} \cdot 500 = 9,2\text{m}.$$

Trong bài toán này, giả thiết dòng chảy ở khu bình phương sức cản là đúng nếu tính các giá trị vận tốc trung bình của các ống và so sánh với các số liệu trong bảng (5-5).

Bài 5-B-8. Xác định đường kính của các đoạn ống thép nối song song có chiều dài $\ell = 1000\text{m}$, nếu lưu lượng nước $Q_1 = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ và $Q_2 = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Tổn thất áp suất tổng cộng $\Delta p_w = 5 \cdot 10^4 \text{Pa}$. Sức cản cục bộ trong đường ống $\zeta_1 = 40$ và $\zeta_2 = 15$. Nhiệt độ của nước 20°C (hình 5-B-4).



Bài giải

Hình 5-B-4

Xác định tổng số sức cản đơn vị của các đoạn ống từ công thức (5-24) với mật độ của nước $\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$ (bảng 1-0).

$$A_1 = \frac{5 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,8 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1000} = 12,5 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^6};$$

$$A_2 = \frac{5 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,8 \cdot (8 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1000} = 0,78 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^6}$$

Trong lần gần đúng thứ nhất ta xem tổn thất áp suất chỉ được xác định bằng tổn thất theo chiều dài trong khu bình phương sức cản. Theo bảng (5-4) với $k_{td} = 0,1 \text{ mm}$ ta có $d_1^{(1)} = 0,16 \text{ m}; d_2^{(1)} = 0,28 \text{ m}.$

Tính chiều dài tương đương của sức cản cục bộ cho từng ống theo công thức (5-38) :

$$\ell_{td} = 0,082 \frac{\sum \zeta}{Ad^4};$$

$$\ell_{ad1} = 0,082 \frac{40}{12,5 \cdot 0,16^4} = 400m;$$

$$\ell_{ad2} = 0,082 \frac{15}{0,78 \cdot 0,28^4} = 255m.$$

Tính vận tốc chảy trên các đoạn ống :

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,16^2} = 1 \frac{m}{s};$$

$$v_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,08}{3,14 \cdot 0,28^2} = 1,28 \frac{m}{s}.$$

Theo bảng (5-5) ta được hệ số hiệu chỉnh cho khu trước bình phương sức cản $\theta_1 = 1,14$ và $\theta_2 = 1,12$. Sức cản ma sát đơn vị có xét đến hệ số hiệu chỉnh cho khu trước bình phương sức cản được tính theo công thức (5-39):

$$A_{hpsc1} = \frac{12,5}{1,14 + \frac{400}{1000}} = 8,35 \frac{s^2}{m^6};$$

$$A_{hpsc2} = \frac{0,78}{1,12 + \frac{255}{1000}} = 0,5 \frac{s^2}{m^6}.$$

Theo bảng (5-4) ta có đường kính các ống là : $d_1 = 0,18m$; $d_2 = 0,3m$.

Đường kính sẽ lớn hơn nếu bỏ qua sức cản cục bộ và hệ số hiệu chỉnh cho khu trước bình phương sức cản.

Bài 5-B-9. Tổn thất áp suất trong ống thép có đường kính $d = 0,45m$ và chiều dài $l = 3000m$, đã sử dụng 12 năm là $\Delta p_{12} = 10^5 Pa$ với lưu lượng nước $Q_{12} = 0,2m^3/s$. Nhiệt độ của nước là $20^\circ C$. Yêu cầu xác định tổn thất áp suất Δp_{20} trong ống này sau 20 năm sử dụng với lưu lượng $Q_{20} = 0,3m^3/s$.

Bài giải

Ta tìm vận tốc trung bình dòng chảy trong ống qua 12 năm sử dụng :

$$v_{12} = \frac{Q_{12}}{\omega} = \frac{4Q_{12}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 0,45^2} = 1,28 \frac{m}{s}.$$

Hệ số ma sát thủy lực λ_{12} qua 12 năm sử dụng theo công thức :

$$\lambda = \frac{2\Delta p_{12}d}{\ell v^2 \rho} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,45}{3000 \cdot 1,26^2 \cdot 998,2} = 0,018.$$

Để xác định độ nhám tương đương k_{td} , trước hết ta tìm số Râyôn Re khi $\nu = 1 \cdot 10^{-6} m^2/s$

$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,26 \cdot 0,45}{10^{-6}} = 5,8 \cdot 10^5$, sau đó sử dụng công thức tổng quát (4-20), ta được :

$$k_{td12} = \left[\left(\frac{\lambda_{12}}{0,11} \right)^4 - \frac{68}{Re} \right] d = \left[\left(\frac{0,018}{0,11} \right)^4 - \frac{68}{5,8 \cdot 10^5} \right] 0,45 = 0,288mm.$$

Độ nhám tương đương k_{td} của ống thép mới theo **Phụ lục 1** là $k_{td} = 0,05mm$.

Xác định hệ số α theo công thức (5-15) :

$$\alpha = \frac{k_{td12} - k_{td0}}{t} = \frac{0,288 - 0,05}{12} = 0,021 \frac{mm}{năm}$$

Vận tốc và số Râyôn sau 20 năm sử dụng :

$$v_{20} = \frac{Q_{20}}{\omega} = \frac{4Q_{20}}{\pi d^2} = \frac{4,0,3}{3,14,0,45^2} = 1,91 \frac{m}{s};$$

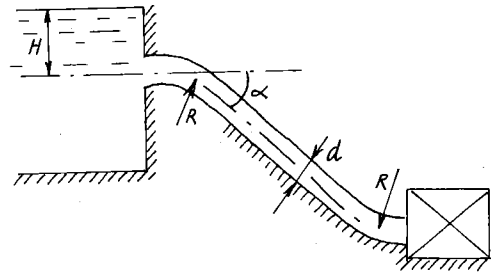
$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,91,0,45}{10^{-6}} = 860000.$$

Hệ số ma sát thủy lực λ_{20} theo công thức (4-20) và tổn thất áp suất Δp_{20} qua 20 năm sử dụng :

$$\lambda_{20} = 0,11 \left(\frac{0,48}{450} + \frac{68}{860000} \right) 0,25 = 0,02;$$

$$\Delta p_{20} = \lambda_{20} \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho = \frac{0,02,3000,1,9^2,998,2}{0,45,2} = 2,4 \cdot 10^5 Pa.$$

Bài 5-B-10. Đường ống có áp bằng thép của trạm thủy điện có chiều dài $l = 150m$ và đường kính $d = 1m$ dẫn nước từ hồ chứa đến tuabin (hình 5-B-5) dưới cột nước H . Với cột nước này, khả năng thoát của đường ống giảm đi 25% sau 20 năm. Xác định sự thay đổi độ nhám tương đương hạt đều của ống dẫn k_{td} trong quá trình sử dụng, nếu lưu lượng ban đầu $Q_{bd} = 2m^3/s$. Trên đường ống có hai chỗ ngoặt với bán kính $R = 3m$ và góc $\alpha = 45^\circ$ cho mỗi chỗ ngoặt. Miệng vào ống được làm tròn. Nhiệt độ của nước là $20^\circ C$.



Hình 5-B-5

Bài giải

Tổn thất áp suất ở đầu thời kỳ sử dụng đường ống xác định từ công thức (5-36) với vận tốc nước ở đầu thời kỳ sử dụng đường ống :

$$v_{bd} = \frac{4Q_{bd}}{\pi d^2} = \frac{4,2}{3,14,1} = 2,54 \frac{m}{s}.$$

Số Râyôn (khi $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} m^2/s$) :

$$Re = \frac{v_{bd} d}{\nu} = \frac{2,54,1}{3,14 \cdot 10^{-6}} = 2,54 \cdot 10^6.$$

Độ nhám tương đối khi $k_{td} = 5 \cdot 10^{-5} m$:

$$\frac{k_{td}}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{1} = 5 \cdot 10^{-5}.$$

Xác định hệ số ma sát thủy lực ở đầu thời kỳ sử dụng theo công thức (4-20) :

$$\lambda_{bd} = 0,11 \left(5 \cdot 10^{-5} + \frac{68}{2,54 \cdot 10^6} \right)^{0,25} = 0,01.$$

Hệ số sức cản cục bộ hệ thống :

$$\sum \zeta = \zeta_v + 2\zeta_{45^\circ}$$

Với miệng vào được làm tròn. Hệ số cản cục bộ khi ống ngoặt 45° tính theo công thức (4-52). Từ công thức (4-53):

$$\zeta_{90^\circ} = \left[0,2 + 0,001(100 \cdot 0,01)^8 \right] \sqrt{\frac{1}{3}} = 0,12$$

Theo bảng (4-10) $\alpha = 0,7$ nên :

$$\zeta_{45^\circ} = 0,7 \cdot 0,12 \approx 0,08$$

Vậy hệ số cản cục bộ hệ thống :

$$\sum \zeta_c = 0,2 + 2 \cdot 0,08 = 0,36$$

Tổn thất áp suất (theo công thức 5-36) của chuyển động nước trong ống đầu thời kỳ sử dụng theo điều kiện bài toán bằng tổn thất áp suất ở cuối thời kỳ sử dụng và diện tích mặt cắt ngang trong quá trình sử dụng không thay đổi, ta được:

$$\frac{\lambda_{hd} \frac{\ell}{d} + \sum \zeta_c}{\lambda_c \frac{\ell}{d} + \sum \zeta_c} = \left(\frac{Q_c}{Q_{hd}} \right)^2 = \left(\frac{1,5}{2} \right)^2 = 0,56$$

Giả thiết lần gần đúng thứ nhất rằng hệ số sức cản cục bộ không thay đổi, xác định hệ số ma sát thủy lực của đường ống sau 20 năm sử dụng :

$$\lambda_c = \left[\frac{Q_c^2}{Q_{hd}^2} \left(\lambda_{hd} \frac{\ell}{d} + \sum \zeta_c \right) - \sum \zeta_c \right] \frac{d}{\ell} = \left[\frac{1}{0,56} \left(0,01 \frac{150}{1} + 0,36 \right) - 0,36 \right] \cdot \frac{1}{150} = 0,019$$

Tìm hệ số cản cục bộ cho ống ngoặt ở cuối thời kỳ sử dụng :

$$\zeta_{90^\circ} = \left[0,2 + 0,001(100 \cdot 0,019)^8 \right] \sqrt{\frac{1}{3}} = 0,21$$

Hệ số cản cục bộ hệ thống :

$$\sum \zeta_c = 0,2 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,21 = 0,5$$

Tính lại hệ số ma sát thủy lực của đường ống ở cuối thời kỳ sử dụng :

$$\lambda_c = \left[\frac{Q_c^2}{Q_{hd}^2} \left(\lambda_{hd} \frac{\ell}{d} + \sum \zeta_c \right) - \sum \zeta_c \right] \frac{d}{\ell} = \left[\frac{1}{0,56} \left(0,01 \frac{150}{1} + 0,50 \right) - 0,50 \right] \cdot \frac{1}{150} = 0,0186$$

Độ nhám tương đối ở cuối thời kỳ sử dụng :

$$\frac{k_{td}}{d} = \left(\frac{\lambda}{0,11} \right)^4 = \left(\frac{1,86 \cdot 10^{-2}}{0,11} \right)^4 = 9 \cdot 10^{-4}$$

Độ nhám tương đương của đường ống sau 20 năm sử dụng tăng lên đến $k_{td} = 9 \cdot 10^{-4} m$, tức là tăng 18 lần so với trị số k_{td} ban đầu của đường ống làm việc trong khu bình phương sức cản.

Bài 5-B-11. Xác định đại lượng tăng áp suất trong ống thép, nếu vận tốc nước trong ống trước nước và $v = 1 m/s$, đường kính ống $d = 0,5 m$ và chiều dày thành ống $\delta = 0,005 m$.

Bài giải

Vận tốc truyền sóng nước và được xác định theo công thức (5-42). Đối với nước mô đun đàn hồi $E = 19,6 \cdot 10^8 Pa$; đối với thép $E_v = 21,2 \cdot 10^{10} Pa$. Lấy mật độ của nước $\rho = 998,2 kg/m^3$, ta có :

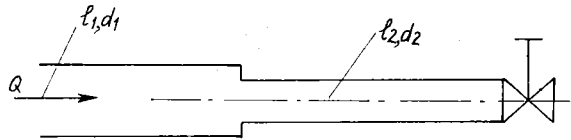
$$a = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 10^8}{998,2}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{19,6 \cdot 10^8 \cdot 0,5}{21,2 \cdot 10^{10} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}}} = 1190 \frac{m}{s}$$

Đại lượng tăng áp suất được tính theo công thức (5-41) :

$$\Delta p = \rho a v = 998,2 \cdot 1008,1 \approx 1000 \cdot 10^3 Pa = 1000 kPa$$

Cũng trong ống đó với $v = 1 m/s$ áp suất tăng lên khoảng $2000 kPa$.

Bài 5-B-12. Ở cuối hệ thống gồm nhiều ống thép nối liên tiếp có đặt một khoá nước (hình 5-B-6). Xác định độ tăng áp suất trước khoá khi nó bị đóng, nếu thời gian đóng khoá là $\tau = 0,2 s$. Lưu lượng nước $Q = 0,02 m^3/s$, các đường kính ống $d_1 = 0,2 m$ và $d_2 = 0,1 m$. Chiều dài $l_1 = 100 m$ và $l_2 = 200 m$. Xác định thời gian đóng khoá ngắn nhất để loại trừ nước ra. Chiều dày thành ống $\delta = 5 \cdot 10^{-3} m$. Nhiệt độ của nước là $20^\circ C$.



Hình 5-B-6

Bài giải

Thời gian đóng khoá ngắn nhất cần để loại trừ nước ra trực tiếp được tính theo công thức :

$$\tau_{\min} = \frac{2\ell}{a}$$

Khi nối liên tiếp các đường ống có đường kính khác nhau :

$$\tau_{\min} = \frac{2\ell_1}{a_1} + \frac{2\ell_2}{a_2}$$

Vận tốc sóng nước và tính theo công thức (5-42) với $E = 19,6 \cdot 10^8 Pa$; $E_v = 21,2 \cdot 10^{10} Pa$; $\rho = 998,2 kg/m^3$.

+ Đối với ống thứ nhất :

$$a_1 = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 10^8}{998,2}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{19,6 \cdot 10^8 \cdot 0,2}{21,2 \cdot 10^{10} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}}} = 1190 \frac{m}{s}$$

+ Đối với ống thứ hai :

$$a_2 = \sqrt{\frac{19,6 \cdot 10^8}{998,2}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{19,6 \cdot 10^8 \cdot 0,1}{21,2 \cdot 10^{10} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}}} = 1280 \frac{m}{s}$$

Lúc đó :

$$\tau_{\min} = \frac{2 \cdot 100}{1190} + \frac{2 \cdot 200}{1280} = 0,168 + 0,312 = 0,48 s$$

Thời gian đóng khoá cho trước τ nhỏ hơn là thời gian đóng khoá tối thiểu $\tau_{\min}$, cần thiết để loại trừ nước ra trực tiếp. Do đó trên đường ống sẽ xuất hiện nước ra trực tiếp, sự tăng áp suất lúc đó được tính theo công thức (5-41).

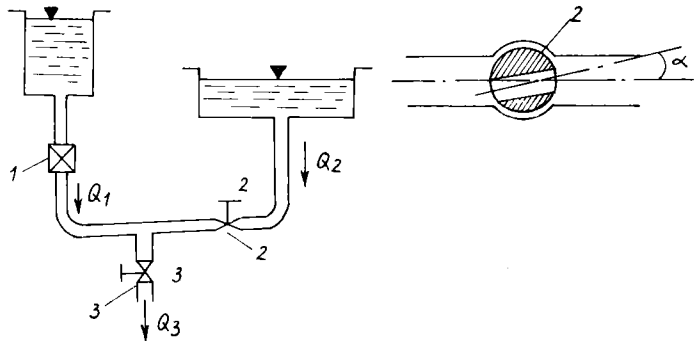
Vận tốc chuyển động của nước trong ống trước khi đóng :

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4.0.02}{3.14.0.1^2} = 2.54 \frac{m}{s}.$$

Do đó : $\Delta p = 998.2.2.54.1280 = 3.26.10^8 Pa = 3.26 MPa.$

Bài 5-B-13. Một thiết bị trộn hai chất lỏng (hình 5-B-7) phải bảo đảm một tỷ số không đổi về lưu lượng $\frac{Q_2}{Q_1} = 0.2$ khi lưu lượng tổng cộng Q_3

thay đổi. Lưu lượng Q_3 điều tiết bằng sự thay đổi góc mở khoá 3 trên đường ống chính. Tỷ số lưu lượng cho trước được duy trì bằng sự thay đổi góc mở khoá 2. Khi mở hoàn toàn khoá 3, góc mở khoá 2 bằng 40° . Xác định sự thay đổi góc mở α



Hình 5-B-7

của khoá 2, nếu góc mở khoá 3 giảm đến 35° . Ống bằng thép, chiều dài $l_1 = 50m$ và $l_2 = 20m$; đường kính $d_1 = 0.1m$ và $d_2 = 0.05m$. Trên đường ống có sức cản cục bộ $\zeta_1 = 5$. Tổn thất áp suất trong đường ống chính số 1 : $\Delta p_w = 8.10^4 Pa$. Tính chất vật lý của chất lỏng được xem là đồng nhất và ứng với các thông số ở nhiệt độ $20^\circ C$.

Bài giải

Lưu lượng chất lỏng trong lần tính gần đúng thứ nhất được xác định từ quan hệ (5-40). Tính sức cản đơn vị A_1 theo công thức (5-39) :

$$A_1 = A_{hpsc1} \left(\theta_1 + \frac{\ell_{ud1}}{\ell_1} \right).$$

Theo bảng (5-4) ta tìm được $A_{hpsc1} = 158.6 s^2/m^6$, còn chiều dài tương đương ℓ_{ud1} của sức cản cục bộ ζ_1 được xác định theo công thức (5-38).

Lấy $A_1 = A_{hpsc1}$ với giả thiết là ống làm việc ở khu bình phương sức cản :

$$\ell_{ud1} = 0.082 \frac{5}{158.6(10^{-1})^4} = 25.8m.$$

Trong trường hợp này (khi $\theta = 1$) :

$$A_1 = 158.6 \left(1 + \frac{25.8}{50} \right) = 239 \frac{s^2}{m^6}.$$

Lúc đó với mật độ chất lỏng $\rho = 998.2 kg/m^3$, từ công thức (5-40) ta có :

$$Q_1 = \sqrt{\frac{8.10^4}{998.2.9.8.239.50}} = 2.58.10^{-2} \frac{m^3}{s}.$$

Vận tốc trung bình của chất lỏng :

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1^2} = \frac{4.2.58.10^{-2}}{3.14.0.1^2} = 3.28 \frac{m}{s}.$$

Theo bảng (5-5), ta tìm được $\theta_2 = 1$, tức là giả thiết ống làm việc ở khu bình phương sức cản là đúng.

Lưu lượng chất lỏng ở trong ống thứ hai :

$$Q_2 = 0,2 \quad Q_1 = 5,16 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Tổn thất áp suất trong ống thứ hai được xác định từ công thức (5-40). Vận tốc chảy trung bình của chất lỏng :

$$v_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 5,16 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2} = 2,62 \frac{m}{s}$$

Theo bảng (5-5) ta tìm $\theta_2 = 1$ và theo bảng (5-4), $A_{h_{psc2}} = 6,25 \cdot 10^3 s^2/m^6$.

Với góc mở của khoá 2 là $\alpha = 40^\circ$, hệ số cản cục bộ $\zeta_2 = 17,3$ (xem bảng 4-13). Tính chiều dài tương đương của sức cản cục bộ theo công thức (5-38):

$$\ell_{td2} = 0,082 \frac{17,3}{6,25 \cdot 10^3 (5 \cdot 10^{-2})^4} = 36,5m$$

Tổn thất áp suất trong ống thứ hai :

$$\Delta p_{w2} = 998,2 \cdot 9,8 \cdot 6,25 \cdot 10^3 \left(1 + \frac{36,5}{20}\right) \cdot (5,16 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 20 = 9 \cdot 10^4 Pa$$

Nếu khoá 3 mở với góc $\alpha = 35^\circ$, hệ số cản cục bộ tăng đến $\zeta_3 = 9,68$. Vì thế chiều dài tương đương tổng cộng của sức cản cục bộ của ống thứ nhất và thứ ba :

$$\ell_{td1} = 0,082 \frac{1,2^2 \cdot 9,68 + 5}{158,6 (10^{-1})^4} = 98,5m$$

Giả thiết ống làm việc ở khu bình phương sức cản, ta tính A_1 theo công thức (5-39) :

$$A_1 = 158,6 \left(1 + \frac{98,5}{50}\right) = 471$$

Từ công thức (5-5) ta xác định :

$$Q_1 = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,8 \cdot 471 \cdot 50}} = 1,84 \cdot 10^{-2} \frac{m^3}{s}$$

Vận tốc trung bình trong ống thứ nhất :

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 1,84 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,1^2} = 2,32 \frac{m}{s}$$

Lưu lượng chất lỏng trong ống thứ hai :

$$Q_2 = 0,2 \quad Q_1 = 3,68 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Theo bảng (5-5) ta tìm $\theta = 1$. Tổng số sức cản đơn vị A_2 trong ống thứ hai trong trường hợp này được tính từ công thức (5-5) :

$$A_2 = \frac{\Delta p_2 - A_{h_{psc1}} \ell_{td3} \rho g (1,2 Q_1)^2}{\rho g (Q_2)^2 \ell_2} = \frac{9 \cdot 10^4 - 0,082 \cdot 9,68 \cdot 998,2 \cdot 9,8 \cdot (1,2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,8 \cdot (3,68 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 20} = 1,95 \cdot 10^4$$

Tỷ số giữa chiều dài tương đương ℓ'_{td2} và chiều dài đoạn ống thứ hai ℓ_2 được xác định từ công thức tính sức cản đơn vị $A'_{h_{psc2}}$ trong khu bình phương sức cản (5-39) :

$$\frac{\ell'_{ud2}}{\ell_2} = \frac{A_2'}{A_{hpsc2}} - 1 = \frac{1,95 \cdot 10^{-4}}{6,25 \cdot 10^{-3}} - 1 = 2,12.$$

Chiều dài tương đương :

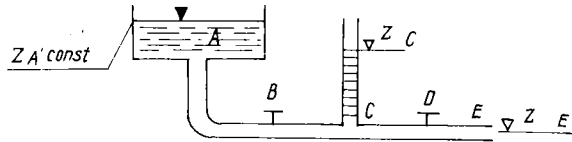
$$\ell'_{ud2} = 2,12 \ell_2 = 42,1m.$$

Theo công thức (5-38) ta được :

$$\zeta_2 = \frac{\ell'_{ud2} A_{hpsc2} d_2^4}{0,082} = \frac{42,4 \cdot 6,25 \cdot 10^{-3} (5 \cdot 10^{-2})^4}{0,082} = 20,2.$$

Trị số $\zeta_2 = 20,2$ ứng với góc mở của khoá $\alpha = 41^\circ$.

Bài 5-B-14. Từ một bể chứa có mực nước không đổi, nước được dẫn theo một đường ống có đường kính không đổi chảy ra không khí. Trên đường ống có hai khoá B và D để điều chỉnh lưu lượng. Tại C trên đoạn BD có một ống đo áp. Cho rằng dòng chảy trong ống luôn ở chế độ rối thuộc khu bình phương sức cản. Lúc đầu hai khoá B và D mở hết, lưu lượng tương ứng là Q_0 và cao trình đường đo áp ở C là Z_C (hình 5-B-8) :



Hình 5-B-8

a- Để giảm lưu lượng tới $Q < Q_0$ ta có thể đóng bớt khoá B hoặc D (không cần xét trường hợp đóng bớt cả B và D). Hãy lý giải sự giảm lưu lượng đó qua các công thức thuỷ lực cần thiết.

b- Khi đóng bớt khoá B hoặc D thì cao trình đường đo áp ở C thay đổi như thế nào ? Hãy lý giải sự thay đổi đó qua công thức thuỷ lực.

Bài giải

Ký hiệu $\zeta_B, \zeta_D, \zeta_{B0}, \zeta_{D0}$ là hệ số tổn thất cột nước cục bộ tại các khoá ở B và D lúc đóng một phần và mở hoàn toàn. ta có :

$$\zeta_B > \zeta_{B0}; \zeta_D > \zeta_{D0}. \quad (1)$$

Ký hiệu ζ_1, ζ_2 - hệ số tổn thất cột nước chung của đoạn từ bể tới C và từ C tới cuối ống. ζ_1, ζ_2 là không đổi. Lúc đầu ta có :

$$Q_0 = \frac{\pi d^2}{4} v_0; \quad (2)$$

$$v_0 = \left[\frac{2g(Z_A - Z_E)}{\zeta_1 + \zeta_{B0} + 1} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{2g(Z_C - Z_E)}{\zeta_2 + \zeta_{D0}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{2g(Z_A - Z_E)}{\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_{B0} + \zeta_{D0} + 1} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

a- Khi đóng bớt khoá B , vận tốc tương ứng là v , ta có :

$$v = \left[\frac{2g(Z_A - Z_E)}{\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_B + \zeta_{D0} + 1} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

So sánh (3) và (4) ta thấy vì $\zeta_B > \zeta_{B0}$ nên $v < v_0$. Vậy $Q < Q_0$. Khi đóng bớt khoá D , ta cũng có lập luận tương tự như trên.

b- Gọi cao trình đường đo áp tại C khi đóng bớt khoá B là Z_1 , ta có vận tốc là $v < v_0$.

$$v = \left[\frac{2g(Z_1 - Z_E)}{\zeta_2 + \zeta_{D0}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

So sánh (30) và (5) ta đến kết luận là :

$$Z_1 - Z_C < Z_C - Z_E$$

nên :

$$Z_1 < Z_C$$

Vậy cao trình đường đo áp Z_1 ở C lúc này hạ thấp hơn so với Z_C .

Gọi cao trình đường đo áp tại C khi đóng bớt khoá D là Z_2 , còn vận tốc là $v < v_0$, ta có :

$$v = \left[\frac{2g(Z_A - Z_2)}{\zeta_1 + \zeta_{B0} + 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

So sánh (2) và (6) ta đi đến kết quả là :

$$Z_A - Z_2 < Z_A - Z_C$$

nên :

$$Z_2 > Z_C$$

Vậy cao trình đường đo áp tại C nâng cao hơn so với Z_C .

Bài 5-B-15. Xác định cột nước H cần thiết ở tháp chứa theo sơ đồ và các số liệu trên hình (5-B-9). Coi dòng chảy trong ống ở khu bình phương sức cản.

Bài giải

Theo bảng (5-2), đối với ống sạch:

$$d_1 = 200 \text{ mm} ; K_1 = 388 \text{ l/s}$$

$$d_2 = 150 \text{ mm} ; K_2 = 180,2 \text{ l/s}$$

$$d_3 = 100 \text{ mm} ; K_3 = 61,11 \text{ l/s}$$

Cột nước H cần tìm bằng tổng số tổn thất cột nước của ba đoạn ống :

$$H = h_{d1} + h_{d2} + h_{d3}$$

Tính từ cuối ống tính lên :

1- Đoạn 3 - từ B đến D :

$$Q_3 = Q_B = 10 \frac{\ell}{s}$$

$$h_{d3} = \frac{Q_3^2}{K_3^2} \ell_3 = \frac{10^2}{61,11^2} \cdot 100 = 2,65 \text{ m}$$

2- Đoạn 2 - từ D đến C :

Theo công thức (5-31) :

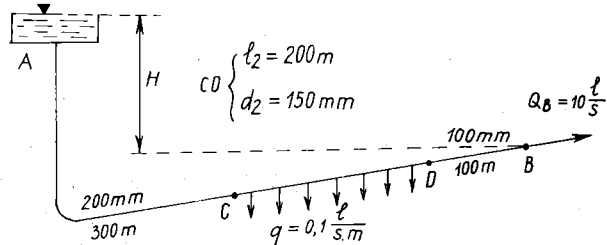
$$Q_u \cong Q_B + 0,55q\ell_2 = 10 + 0,55 \cdot 0,1 \cdot 200 = 21,0 \frac{\ell}{s}$$

Do đó :

$$h_{d2} = \frac{Q_u^2}{K_2^2} \ell_2 = \left(\frac{21}{180,2} \right)^2 \cdot 200 = 2,75 \text{ m}$$

3- Đoạn 1 - từ C đến A :

$$Q_1 = Q_3 + q\ell_2 = 10 + 0,1 \cdot 200 = 30 \frac{\ell}{s}$$



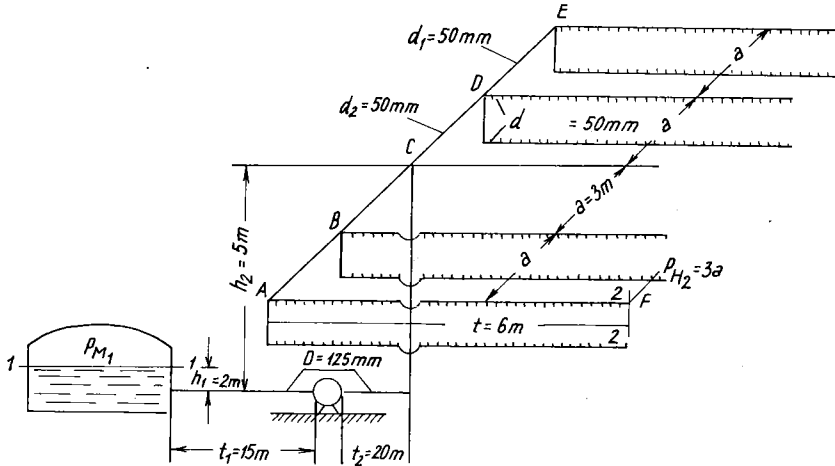
Hình 5-B-9

$$h_{d1} = \left(\frac{Q_1}{K_1} \right)^2 \ell_1 = \left(\frac{30}{388} \right)^2 \cdot 300 = 1,83m$$

Do đó :

$$H = 2,65 + 2,75 + 1,83 = 7,23m$$

Bài 5-B-16. Xác định cột nước và công suất máy bơm của một thiết bị rửa phun, nếu cho biết : lưu lượng của thiết bị $Q = 24 \text{ l/s}$, trong tháp nguồn, nước chịu áp suất là $p_{M1} = 0,6 \text{ at}$, tại miệng lỗ ra của từng nhánh của thiết bị rửa phải bảo đảm áp suất $p_{M2} = 3 \text{ at}$; hệ số hiệu ích của máy bơm $\eta = 0,8$. Các kích thước của thiết bị được ghi trên hình (5-B-10).



Hình 5-B-10

Bài giải

1- Xác định lưu lượng trên từng đoạn ống, vận tốc, khu vực sức cản và đặc trưng lưu lượng :

+ Trong ống hút và ống đẩy (từ tháp nguồn đến điểm C) :

$$Q = 24 \frac{\ell}{s};$$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = 1,97 \frac{m}{s}.$$

Theo bảng (5-2) với $D=125mm$; $v = 1,97m/s$ ta có $K_{bpsc} = 97,4 \text{ l/s}$.

+ Trong các nhánh của thiết bị rửa (AF và các nhánh khác) :

$$\text{Lưu lượng của một ống nhánh : } Q_{nh} = \frac{Q}{n} = 3 \frac{\ell}{s},$$

trong đó $n = 8$ - số lượng ống nhánh.

Giả thiết là khu vực sức cản trong tất cả các ống nhánh đều là bình phương. Vì vậy theo bảng (5-2) với $d = 50mm$, $K_{nh.bpsc} = 8,46 \text{ l/s}$.

+ Các đoạn ống AB và DB :

$$Q_1 = \frac{Q}{4} = 6 \frac{\ell}{s};$$

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1^2} = 3,06 \frac{m}{s}.$$

Theo bảng (5-2) với $d_2 = 50mm$, $v_2 = 6,12m/s$ ta có $K_{2bpsc} = 8,46l/s$.

$$Q_2 = \frac{Q}{2} = 24 \frac{\ell}{s};$$

+ Các đoạn BC và CD :

$$v_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2^2} = 6,12 \frac{m}{s}.$$

Cũng vậy, theo bảng (5-2) với $d = 50mm$, $v = 6,12 m/s$ ta cũng có $K_{2bpsc} = 8,46l/s$.

2- Về các thông số của máy bơm :

+ Xác định cột nước máy bơm từ điều kiện cung cấp nước đến điểm F và đến các nhánh bên trái tương ứng.

Cột nước của máy bơm bằng độ chênh năng lượng giữa hai mặt cắt 1-1 và 2-2 và tổng số tổn thất cột nước trên tuyến đó :

$$H = z + \sum h_w,$$

$$z = h_2 + \frac{P_{M2}}{\gamma} - h_1 - \frac{P_{M1}}{\gamma} = 5 + 30 - 2 - 6 = 27m;$$

trong đó :

$$\sum h_w = h_{d1} + h_{d2} + h_{dh2} + h_{dCB} + h_{dBA} + h_{dAF}.$$

Tổn thất cột nước sẽ được xác định theo công thức (5-4) :

$$h_{d1} + h_{d2} + h_{dh2} = \left(\frac{Q}{K_{bpsc}} \right)^2 (\ell_1 + \ell_2 + h_2) = 2,42m;$$

$$h_{dCB} = \left(\frac{Q_2}{K_{2bpsc}} \right)^2 a = 6m;$$

$$h_{dAB} = \left(\frac{Q_1}{K_{1bpsc}} \right)^2 a = 1,5m.$$

Tổn thất cột nước theo chiều dài của nhánh rửa phun AF theo (5-4):

$$h_{dAF} = \frac{Q_{nh}^2}{3K_{nhbpsc}^2} \ell = 0,252m;$$

$$\sum h_w = 2,42 + 6 + 1,5 + 0,252 \approx 10,2m.$$

Do đó, cột nước của máy bơm sẽ là :

$$H = 27 + 10,2 = 37,2m.$$

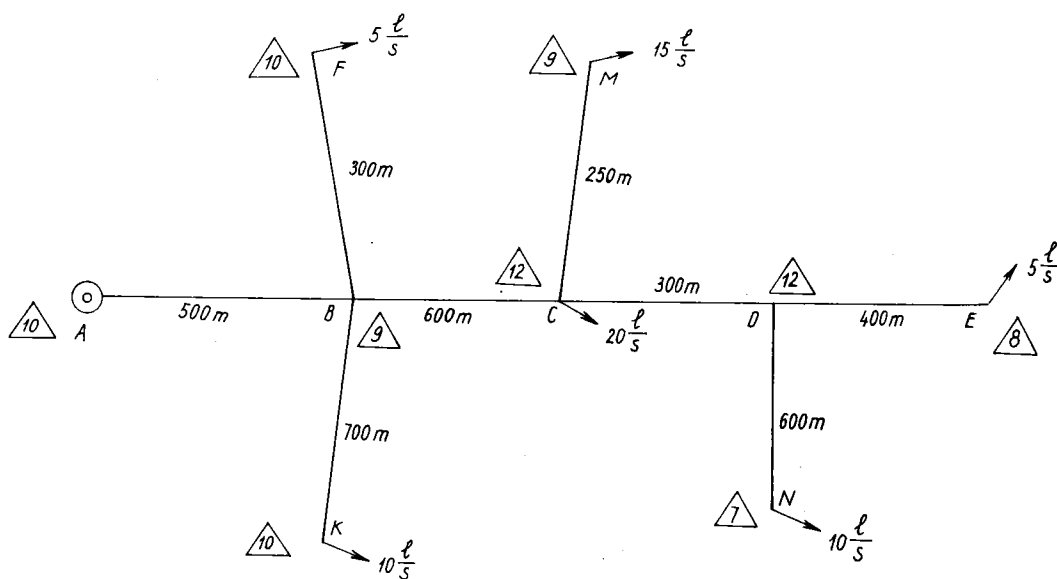
Để bảo đảm cho các nhánh đều có lưu lượng như nhau là $Q_{nh} = 3 l/s$ thì cột nước tác dụng của mỗi nhánh đều phải bảo đảm là $H = 37,2m$. Điều đó có thể thực hiện bằng cách dùng van để điều chỉnh.

Công suất máy bơm được xác định theo công thức :

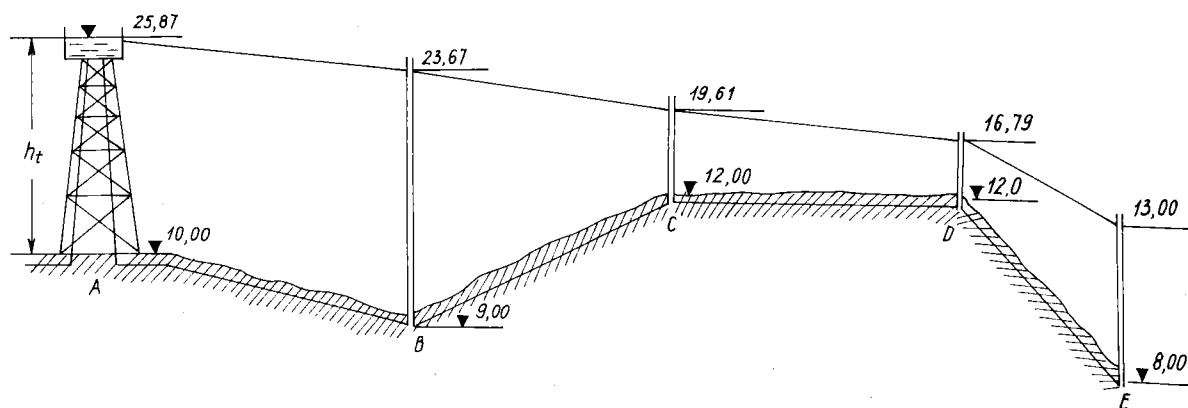
$$N = \frac{\gamma QH}{102\eta} = \frac{1000 \cdot 0,024 \cdot 37,2}{102 \cdot 0,8} \approx 11kw.$$

Bài 5-B-17. Một mạng lưới phân phối nước có sơ đồ và các số liệu ghi trên hình (5-B-11).
Cột nước tự do ở cuối các đường ống $h \geq 5m$. Ống gang bình thường. Các số ở
trong hình tam giác chỉ cao trình mặt đất tại các địa điểm .

- Yêu cầu : 1- Chọn đường kính cho tất cả các đoạn ống ;
2- Tính chiều cao tháp chứa nước ;
3- Vẽ đường đo áp cho tuyến ống $ABCDE$.



Hình 5-B-11



Hình 5-B-12

Bài giải

a- Chọn và tính đường ống chính : theo định nghĩa về đường ống chính, ta chọn tuyến ống *ABCDE* vì điểm *E* có cao trình không bé quá so với các điểm khác, ngoài ra chiều dài của tuyến này lại dài nhất. Các đường ống còn lại được xem là các ống nhánh.

Kết quả tính toán cho ống chính được ghi trong bảng sau :

Điểm	Đoạn ống	Chiều dài <i>l</i> (m)	Lưu lượng <i>Q</i> (m ³ /s)	Đường kính <i>d</i> (mm)	Vận tốc (m/s)	Hệ số hiệu chỉnh θ	$\frac{1000}{K^2}$ (s ² / l ⁵)	<i>h_d</i> (m)	Cao trình các điểm của đường đo áp (m)
A	A-B	0,5	65	300	0,92	1,04	0,00100	2,20	+25,78
B	B-C	0,6	50	250	1,02	1,03	0,00263	4,06	+23,67
C	C-D	0,3	15	150	0,85	1,05	0,03985	2,82	+19,61
D	D-E	0,4	5	100	0,64	1,09	0,35795	3,79	+13,00
E									

Chú thích :

1- Đường kính các đoạn ống chọn theo lưu lượng tương ứng theo **Phụ lục 6**.

2- Cao trình các điểm của đường đo áp (cột cuối cùng) được tính như sau :

$$+ \text{Điểm E : } \nabla'_E = \nabla_E + h = 8 + 5 = 13,00m;$$

$$+ \text{Điểm D : } \nabla'_D = \nabla_D + h_{dDE} = 13,00 + 3,79 = 16,79m;$$

$$+ \text{Điểm C : } \nabla'_C = \nabla_C + h_{dCD} = 16,79 + 2,82 = 19,61m \text{ v.v...}$$

Đường đo áp dọc theo đường ống chính được thể hiện trên hình (5-B-12).

Kết quả tính toán dưới đây, sau khi tính cho đường ống chính *ABCDE*, ta được cột nước đo áp tại đầu các đoạn ống nhánh còn lại (các điểm *B, C, D*) đều lớn hơn cột nước đo áp tại cuối các đoạn đó (các điểm *F, K, M, N*). Do đó có thể xem việc chọn *ABCDE* làm đường ống chính là hợp lý.

Chiều cao tháp nước (tính từ mặt đất đến mặt nước trong tháp) :

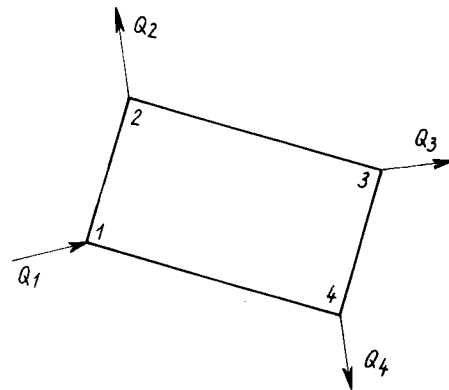
$$h = 25,87 - 10 = 15,87 \text{ m.}$$

b- Tính các nhánh. Kết quả tính được ghi trong bảng sau :

Nhánh	<i>l</i> (m)	<i>Q</i> (m ³ /s)	Cao trình các điểm của đường đo áp		<i>h_d</i> (m)	Độ dốc thủy lực $J = h_d/l$	$K^2 \cdot 10^{-3}$ (l ⁵ /s ²)	<i>d</i> (m)
			Ở đầu ống	Ở cuối ống				
BF	300	5	23,67	15	8,67	0,0289	0,865	100
BK	700	10	23,67	15	8,67	0,0124	8,065	125
CM	250	15	19,61	14	5,61	0,0224	10,044	150
DN	600	10	16,97	12	4,79	0,0080	14,285	150

Đường kính d của các nhánh (cột cuối cùng) được chọn theo trị số $\frac{K^2}{1000}$ (**Phụ lục 6**) lớn hơn nhưng gần trị số $\frac{K^2}{1000}$ (ghi trong cột 8) nhất. Do đó, tổn thất cột nước thực tế trong các nhánh sẽ bé hơn trị số ghi trong cột 6 và cũng vì vậy mà cột nước tự do ở cuối các nhánh sẽ lớn hơn 5m. Trong quá trình tính toán ta đã lấy $\theta_i = 1$ vì ngay việc chọn đường kính lớn hơn gần nhất đã cho một độ dự trữ cần thiết.

Bài 5-B-18. Xác định đường kính của các đoạn ống bằng thép của một mạng lưới vòng kín (hình 5-B-13). Lưu lượng trong các điểm nút $Q_2 = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_3 = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ và $Q_4 = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$. Chiều dài các đoạn ống $l_{1-2} = 500 \text{ m}$; $l_{2-3} = 1000 \text{ m}$; $l_{1-4} = 1000 \text{ m}$; $l_{4-3} = 500 \text{ m}$. Áp suất tại điểm 1 : $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Áp suất nhỏ nhất tại các điểm nút $p_{\min} = 5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.



Bài giải

Hình 5-B-13

Tính toán được thực hiện bằng phương pháp thử dần. Ta tự phân phối lưu lượng cho từng đoạn ống và chọn đường kính. Giả thiết rằng một nửa lưu lượng Q_3 đi qua đoạn 1-2-3 còn một nửa - theo đoạn 1-4-3. Kết quả tính toán được đưa vào bảng sau :

Lần gần đúng thứ nhất

Đoạn	Lưu lượng Q	Đường kính d	Vận tốc v	Hệ số $A_{h_{psc}}$	Hệ số θ	Tổn thất cột nước
1-2	$0,035 \text{ m}^3/\text{s}$	0,2m	1,32m/s	$4,21 \text{ s}^2/\text{m}^6$	1,1	2,55m
2-3	0,025	0,175	1,2	2,8	1,1	1,96
1-2-3						4,51
1-4	0,04	0,2	1,34	4,21	1,1	7,36
4-3	0,025	0,175	1,2	2,8	1,1	0,90
1-4-3						8,26

Tổn thất cột nước trên đoạn 1-4-3 lớn hơn tổn thất cột nước trên đoạn 1-2-3 một lượng là :

$$\Delta h_d = 8,26 - 4,51 = 3,75 \text{ m}.$$

Vì vậy việc chọn các đường kính của các đoạn phải tiến hành với sự phân bố lại lưu lượng là :

$$\Delta Q = \frac{\Delta h_d}{2 \sum \theta_i A_i Q_i l_i}.$$

Thay các giá trị từ bảng trên ta có :

$$\Delta Q = \frac{3,75}{2,382} = 0,0046 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Vì tổn thất cột nước trên đoạn 1-2-3 nhỏ hơn trên đoạn 1-4-3, cho nên lưu lượng nhánh 1-2-3 được tăng lên một lượng $\Delta Q = 0,0046 \text{ m}^3/\text{s}$, còn lưu lượng nhánh 1-4-3 giảm đi một lượng $\Delta Q = 0,0046 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lần gần đúng thứ hai

Đoạn	Lưu lượng Q	Đường kính d	Vận tốc v	Hệ số A_{hps}	Hệ số O	Tổn thất cột nước
1-2	0,04m ³ /s	0,2m	1,27m/s	4,21s ² /m ⁶	1,1	3,41m
2-3	0,03	0,175	1,24	2,8	1,1	3,02
1-2-3						6,44
1-4	0,035	0,2	1,03	4,21	1,1	5,94
4-3	0,020	0,175	0,83	2,8	1,1	0,53
1-4-3						6,46

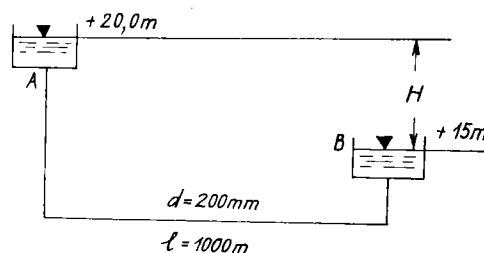
Tổn thất cột nước trên hai đoạn khác nhau không lớn, do đó đường kính và lưu lượng trên cả đoạn ống được tính ra là chính xác và vì thế không cần tính đến lần thứ ba.

C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 5-C-1. Xác định lưu lượng Q nước chảy từ bể chứa A qua bể chứa B. ống gang trong điều kiện bình thường.

Đáp số: $Q = 23,4 \text{ l/s}$

Bài 5-C-2. Xác định cột nước H cần thiết để dẫn từ bể A qua bể B lưu lượng $Q = 50 \text{ l/s}$. Kích thước đường ống xem bài (5-C-1)

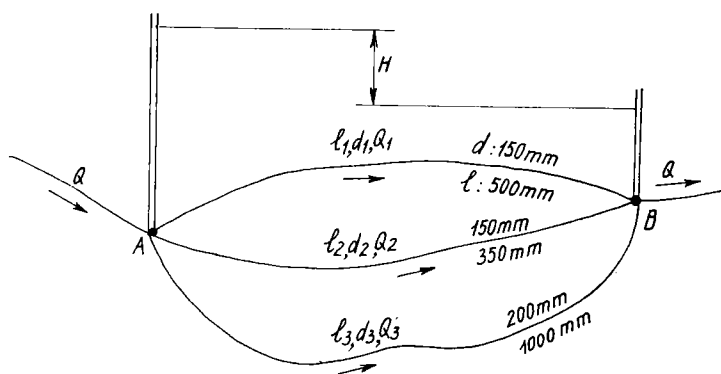


Hình 5-C-1

Đáp số: $H = 21,5 \text{ m}$.

Bài 5-C-3. Một hệ thống đường ống gồm ba ống nối song song dẫn lưu lượng $Q = 80 \text{ l/s}$. Chiều dài và đường kính các ống ghi trên hình vẽ (5-C-2). Xác định lưu lượng nước chảy trong từng ống (Q_1, Q_2, Q_3) và tổn thất cột nước giữa hai điểm nút A, B. Ống bình thường.

Đáp số: $Q_1 = 21,5 \text{ l/s};$
 $Q_2 = 25,7 \text{ l/s};$
 $Q_3 = 32,8 \text{ l/s}.$



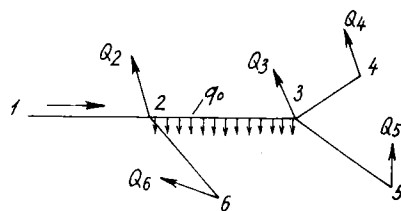
Hình 5-C-2

Bài 5-C-4. Xác định đường kính cần thiết của một đường ống có chiều dài $l = 200 \text{ m}$, lưu lượng đơn vị phân phối đều dọc đường $q_0 = 0,06 \text{ l/s.m}$, lưu lượng cần tải từ đầu này đến đầu kia là $Q_T = 15 \text{ l/s}$ với độ chênh cột nước tại điểm đầu và điểm cuối của đường ống $\Delta H = H_d - H_v = 6 \text{ m}$. Cho biết độ nhám của đường ống $n = 0,014$.

Đáp số: $d = 150 \text{ mm}$.

Bài 5-C-5. Lưới hở với các số liệu cho trước như sau:

- + Chiều dài các đoạn:
 $l_{1,2} = 300 \text{ m}; l_{2,3} = 200 \text{ m}; l_{3,4} = 150 \text{ m};$
 $l_{3,5} = 250 \text{ m}; l_{2,6} = 100 \text{ m}.$
- + Độ cao hình học (cao trình) các điểm:
 $Z_1 = 41 \text{ m}; Z_2 = 40,5 \text{ m}; Z_3 = 40,5 \text{ m};$
 $Z_4 = 38 \text{ m}; Z_5 = 37 \text{ m}; Z_6 = 38 \text{ m}.$
- + Lưu lượng tại các nút:
 $Q_2 = 6 \text{ l/s}; Q_3 = 15 \text{ l/s}; Q_4 = 11 \text{ l/s};$
 $Q_5 = 14 \text{ l/s}; Q_6 = 28 \text{ l/s}.$
- + Lưu lượng đơn vị phân phối đều trên đoạn 2-3 là $q_0 = 0,02 \text{ l/s}.$
- + Đường ống thép thường, có hệ số nhám $n = 0,014$.

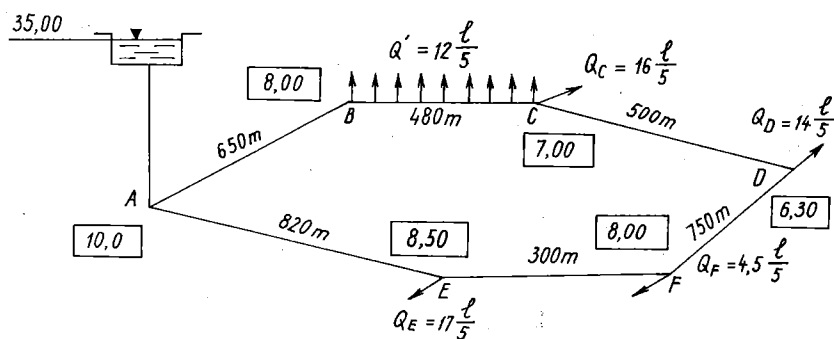


Hình 5-C-3

Xác định đường kính của các đoạn và cột nước đo áp tại các nút 1,2,3,4,5,6 sao cho cột nước đo áp tại các nút này : $H \geq 12m$.

Đáp số : $d_{1,2} = 300mm$; $d_{2,3} = 250mm$;
 $d_{3,5} = 125mm$; $d_{3,4} = 125mm$;
 $d_{2,6} = 200mm$.

Bài 5-C-6 . Xác định đường kính các đoạn ống của một mạng lưới ống dẫn nước kín có sơ đồ như trên hình (5-C-4). Cột nước ở điểm đầu A : $\nabla_A = 35m$. Các điểm lấy nước phải bảo đảm có cột nước tự do $h \geq 6,0m$. Ống bình thường. Các chữ số ghi trong hình chữ nhật chỉ cao trình chỗ đặt ống (m).



Hình 5-C-4

Đáp số : $d_{AB} = 200mm$; $d_{BC} = 200mm$; $d_{CD} = 75mm$;
 $d_{AE} = 200mm$; $d_{EF} = 125mm$; $d_{FD} = 125mm$.

CHUYỂN ĐỘNG CỦA CHẤT LỎNG QUA LỖ VÀ VÒI

6-1. CHẢY QUA LỖ

1- Chảy tự do vào không khí

a- Chảy qua lỗ nhỏ thành mỏng :

Khi chiều cao a của lỗ không vượt quá $0,1H$ thì có thể xem lỗ là lỗ nhỏ. Trong điều kiện đó, vận tốc tại bất kỳ điểm nào trên mặt cắt co hẹp $n-n$ (hình (6-A-1) cũng có thể xem là như nhau.

Áp dụng phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1-1 và $n-n$ với mặt phẳng so sánh $O-O$ đi qua tâm của lỗ ta được vận tốc trong mặt cắt co hẹp $n-n$ bằng :

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (6-1)$$

trong đó φ - hệ số vận tốc ;

H - cột nước tính từ trung tâm lỗ .

Diện tích mặt cắt co hẹp của luồng chảy :

$$\omega_c = \varepsilon \cdot \omega, \quad (6-2)$$

trong đó ε - hệ số co hẹp của luồng chảy .

Lưu lượng được tính theo công thức :

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (6-3)$$

trong đó μ - hệ số lưu lượng ;

ω - diện tích của lỗ .

Các hệ số μ , φ , ε trong các công thức (6-1) ÷ (6-3) và hệ số sức cản ζ có quan hệ theo các công thức sau :

$$\mu = \varepsilon \cdot \varphi ; \quad (6-4)$$

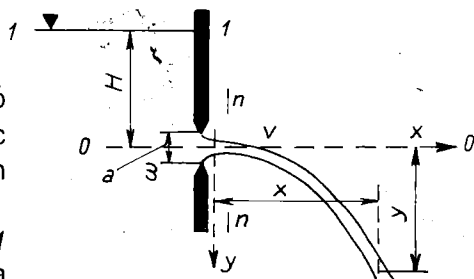
$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}} \quad (6-5)$$

$$\text{hoặc : } \zeta = \frac{1}{\varphi^2} - 1. \quad (6-6)$$

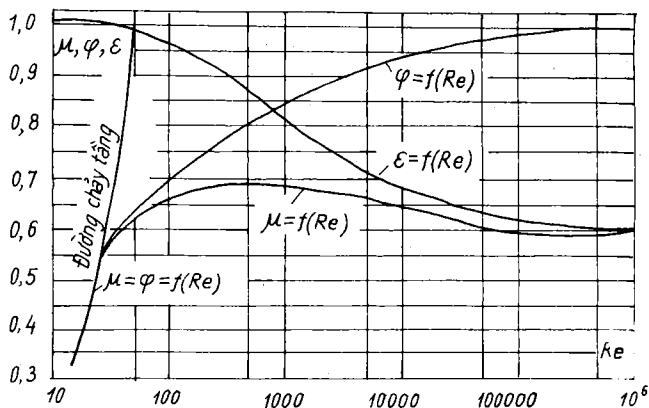
Đối với lỗ tròn μ , φ , ε thay đổi theo số Rây-nô tùy theo đường kính d của lỗ, trong đó số Re được tính theo công thức :

$$Re_d = \frac{\sqrt{2gHd}}{\nu} \quad (6-7)$$

và được xác định bằng đồ thị trên hình (6-A-2).



Hình 6-A-1



Hình 6-A-2

Khi $Re_d > 10000$, hệ số lưu lượng có thể xác định theo công thức của A.D.Altul :

$$\mu = 0,592 + \frac{5,5}{Re_d} \quad (6-8)$$

Để tính gần đúng với lỗ tròn và các hình dạng khác, khi $d > 1cm$ có thể lấy :

$$\varepsilon = 0,61 \div 0,63 ; \varphi = 0,97 \div 0,98 ;$$

$$\mu = 0,60 \div 0,62 ; \zeta = 0,04 \div 0,06 .$$

Phương trình đường trục của dòng (hình (6-A-1)) là :

$$y = \frac{x^2}{4\varphi^2 H} \quad (6-9)$$

Khoảng cách x gọi là tầm bay xa của dòng tia và được xác định từ công thức (6-9) :

$$x = 2\varphi\sqrt{H} y \quad (6-10)$$

Đại lượng tổn thất cột nước được xác định theo công thức :

$$h_w = \frac{\zeta}{1 + \zeta} H \quad (6-11)$$

Trong trường hợp chảy tự do (vào không khí) $\zeta = 0,06$, tức là tổn thất cột nước bằng 5% cột nước H .

b- Chảy qua lỗ to :

Đối với lỗ có hình dạng bất kỳ, có thể xác định lưu lượng theo công thức :

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0} \quad (6-12)$$

$$\text{ở đây : } H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} \quad (6-13)$$

trong đó : $v_0 = \frac{Q}{\Omega}$ - vận tốc đến ;

H - cột nước tính từ trung tâm lỗ ;

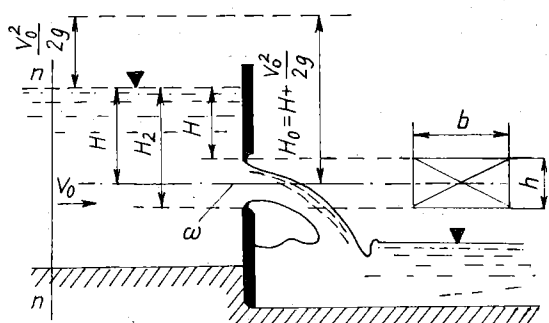
ω - diện tích lỗ ;

Ω - diện tích tại mặt cắt n-n .

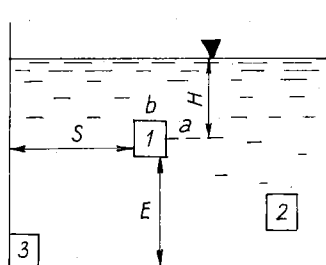
Đối với lỗ hình chữ nhật nằm trong thành thẳng đứng, có thể xác định lưu lượng theo công

$$\text{thức : } Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(H_2^{\frac{3}{2}} - H_1^{\frac{3}{2}} \right) \quad (6-14)$$

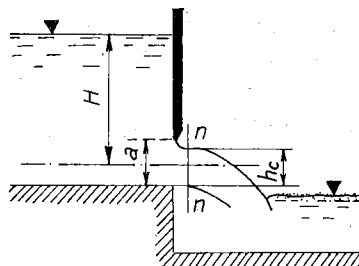
trong đó μ có giá trị như đối với lỗ nhỏ .



Hình 6-A-3



Hình 6-A-4



Hình 6-A-5

2- Ảnh hưởng của độ co hẹp của luồng chảy

Ta phân biệt co hẹp hoàn thiện (nghĩa là khả năng co hẹp tối đa), co hẹp không hoàn thiện, co hẹp hoàn toàn (tức là co hẹp theo mọi chiều) và co hẹp không hoàn toàn (hình 6-A-4).

Co hẹp hoàn thiện xảy ra trong trường hợp khi các thành hướng dòng ở cách xa các cạnh của lỗ đến mức là thực tế không ảnh hưởng gì đến sự chảy qua lỗ, tức là thoả mãn các điều kiện $s \leq 3b$ và $m \geq 3a$ (hình 6-A-4). Trong trường hợp ngược lại (ví dụ lỗ 2) là co hẹp không hoàn thiện. Khi co hẹp không hoàn thiện, hệ số co hẹp được tính theo :

$$\varepsilon_{kh} = \frac{0,043}{1,1 - n} + 0,57 \quad , \quad (6-15)$$

trong đó : $n = \frac{\omega}{\Omega}$ - tỷ số giữa diện tích của lỗ và diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy ở trước lỗ .

Trị số của ε_{kh} được ghi trong bảng (6-1)

Bảng 6-1

n	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ε_{kh}	0,609	0,613	0,618	0,623	0,631	0,642	0,656	0,678	0,713	0,785	1,0

Hệ số lưu lượng μ_{kh} được xác định theo công thức :

$$\mu_{kh} = \mu \left[1 + 0,641 \left(\frac{\omega}{\Omega} \right)^2 \right] \quad . \quad (6-16)$$

Bảng 6-2

Các giá trị của hệ số lưu lượng μ của dòng chảy qua lỗ

Loại lỗ	Hệ số lưu lượng μ
Lỗ nhỏ và co hẹp hoàn toàn	0,6
Lỗ kích thước trung bình, luồng chảy bị co hẹp từ mọi phía khi không có thành hướng dòng	0,65
Lỗ kích thước lớn, co hẹp không hoàn thiện, nhưng co hẹp cả mọi phía, không xác định được chính xác hơn các điều kiện nước chảy đến lỗ. Giá trị trung bình	0,70
Lỗ đáy (tức là không bị co hẹp ở đáy), chịu ảnh hưởng đáng kể của co hẹp bên	0,65-0,70
Lỗ đáy, chịu ảnh hưởng của co hẹp bên vừa phải	0,70-0,75
Lỗ đáy, dòng chảy đến từ cạnh bên, thuận	0,80-0,85
Các trường hợp đặc biệt của dòng chảy đến lỗ từ mọi phía rất thuận (trong điều kiện có sự kiểm tra bắt buộc ở phòng thí nghiệm)	0,90

Sự co hẹp hoàn toàn xảy ra trong trường hợp khi thành hướng dòng không trùng với một cạnh nào của lỗ (lỗ 1, hình 6-A-4).

Theo N.N.Pavlopki hệ số lưu lượng khi co hẹp không hoàn toàn bằng :

$$\frac{\mu_{kln}}{\mu_m} \approx 1 + 0,4n' \quad , \quad (6-17)$$

trong đó : $n' = \frac{\chi}{\chi}$;

χ - phần chu vi mà trên đó, sự co hẹp không xảy ra do có thành hướng dòng

χ - toàn bộ chu vi của lỗ.

Các trị số của hệ số μ trong trường hợp chảy tự do vào không khí đối với các lỗ trên hình (6-A-3) và (6-A-5) được ghi trong bảng (6-2).

3- Chảy ngập

a- Lỗ ngập (hình (6-A-6))

Lưu lượng qua lỗ ngập được xác định theo công thức :

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz_0} \quad (6-18)$$

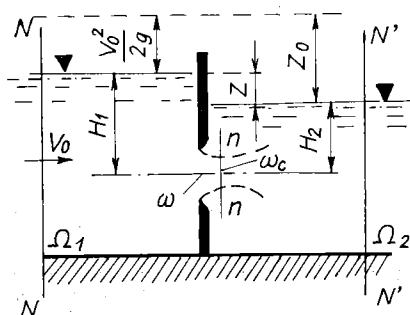
trong đó : μ - hệ số lưu lượng ;

ω - diện tích lỗ ;

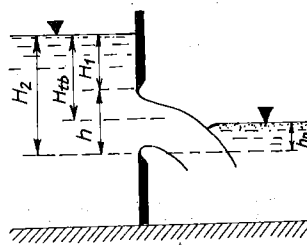
z_0 - độ hạ thấp mực nước có xét đến cột nước vận tốc đến :

$$z_0 = z + \frac{v_0^2}{2g} \quad (6-19)$$

Các đại lượng z_0 , μ , φ , ε và ζ trong tính toán được lấy gần đúng như trong trường hợp chảy tự do.



Hình 6-A-6



Hình 6-A-7

Có thể tìm chính xác hơn lưu lượng qua lỗ ngập từ hệ thức :

$$Q = \mu_{ng} \omega \sqrt{2g(H_1 - H_2)} = \mu_{ng} \omega \sqrt{2gz} \quad (6-20)$$

trong đó : μ_{ng} - hệ số lưu lượng được xác định theo công thức :

$$\mu_{ng} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon^2 m^2 - \varepsilon^2 n^2 + \zeta_0 + 1 - 2\varepsilon m}} \quad (6-21)$$

trong đó : $n = \frac{\omega}{\Omega_1}$ - tỷ số giữa diện tích của lỗ với diện tích dòng chảy ở trước lỗ;

$m = \frac{\omega}{\Omega_2}$ - tỷ số giữa diện tích dòng chảy ở dưới lỗ.

Hệ số co hẹp ε khi chảy ngập, thực tế không khác với hệ số co hẹp của dòng chảy qua lỗ không ngập.

Trong trường hợp lỗ có kích thước nhỏ so với kích thước bể chứa ($n \rightarrow 0$; $m \rightarrow 0$)

$$\mu_{ng} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \zeta}} \quad (6-22)$$

tức là trùng với giá trị của hệ số lưu lượng khi chảy không ngập (chảy tự do).

b- Lỗ nửa ngập (hình 6-A-7)

Lưu lượng qua lỗ nửa ngập có mặt cắt chữ nhật được xác định theo :

$$Q = \sigma \mu b h \sqrt{2gH_{th}} \quad (6-23)$$

trong đó $H_{th} = \frac{1}{2}(H_2 - H_1)$ - cột nước kể từ trọng tâm của lỗ;

σ - hệ số hiệu chỉnh do tính ngập .

Hệ số lưu lượng μ được lấy như trường hợp chảy vào không khí. Trị số của σ lấy theo bảng (6-4) của N.N.Pavlôpxki tùy thuộc vào $\eta = \frac{h_0}{H_2}$ và $\varphi = \frac{H_1}{H_2}$ (hình 6-A-7)

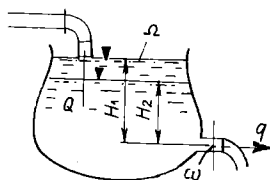
Bảng 6-4

$\eta=h/H_2$	$\varphi = H_1/H_2$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,1	0,991	0,989	0,987	0,985	0,983	0,981	0,979	0,977	0,975	0,973	-
0,2	0,981	0,977	0,973	0,968	0,963	0,958	0,953	0,948	0,943	-	-
0,3	0,970	0,963	0,956	0,945	0,934	0,922	0,914	0,907	-	-	-
0,4	0,956	0,947	0,932	0,917	0,898	0,879	0,866	-	-	-	-
0,5	0,937	0,923	0,901	0,847	0,840	0,816	-	-	-	-	-
0,6	0,907	0,885	0,845	0,803	0,756	-	-	-	-	-	-
0,7	0,856	0,817	0,762	0,679	-	-	-	-	-	-	-
0,8	0,776	0,712	0,577	-	-	-	-	-	-	-	-
0,9	0,612	0,426	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

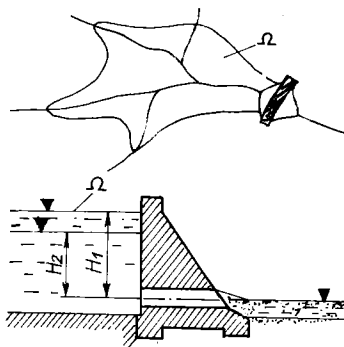
Khi $h_{ng} \leq \frac{1}{2}(H_2 - H_1)$, nếu bỏ qua tính chất ngập, tức là lấy $\sigma = 1$ thì trong tính toán vẫn không bị sai số lớn .

4- Chảy khi mực nước thay đổi

Cần xác định thời gian hạ thấp (hoặc nâng cao) của mặt thoáng từ cao độ H_1 đến H_2 khi chảy vào không khí (hình 6-A-8)



Hình 6-A-8



Hình 6-A-9

a- Khi diện tích mặt thoát $\Omega = f(H)$ thay đổi ta có :

$$t = \int_{H_1}^{H_2} \frac{\Omega dH}{Q - \mu \omega \sqrt{2gH}} = \int_{H_1}^{H_2} \frac{f(H) dH}{Q - \mu \omega \sqrt{2gH}} \quad (6-24)$$

trong đó : $Q = f(t)$ - lưu lượng chảy vào bình chứa (thay đổi theo thời gian) ;

ω - diện tích mặt cắt ngang của lỗ ;

μ - hệ số lưu lượng của lỗ .

Trong mọi trường hợp khi $Q = f(t)$ bài toán được giải bằng phương pháp tổng quát .

b- Khi $Q = const$ và khi lưu lượng chảy vào không đổi ($Q = const$), thời gian tháo cạn hoặc làm đầy bể được xác định theo công thức :

$$t = \frac{2\Omega}{\mu \omega \sqrt{2gH}} \left[\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} - \sqrt{H_{cv}} \ln \frac{\sqrt{H_{cv}} - \sqrt{H_1}}{\sqrt{H_{cv}} - \sqrt{H_2}} \right], \quad (6-25)$$

trong đó : H_{cv} - cột nước ứng với lưu lượng chảy vào, tức là :

$$H_{cv} = \frac{Q}{2g\mu^2\omega} \quad (6-26)$$

Nếu cột nước ban đầu $H_1 > H_{cv}$ bể chứa sẽ bị tháo cạn và nếu cột nước ban đầu $H_1 < H_{cv}$ thì nước được chứa đầy bể. Trong cả hai trường hợp, muốn cho mặt thoát đạt đến mức tương ứng với cột nước $H_{cv} = H_2$, cần có thời gian $t = \infty$.

Nếu không có nguồn nước chảy vào ($Q = 0$) thì thời gian tháo cạn tính theo công thức :

$$t = \frac{2Q}{\mu \omega \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (6-27)$$

Để tháo cạn hoàn toàn ($H_2 = 0$), thời gian cần thiết sẽ bằng :

$$t = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu \omega \sqrt{2g}} = \frac{2QH_1}{\mu \omega \sqrt{2gH_1}} = \frac{2W}{q_{hd}}, \quad (6-28)$$

tức là :

$$t = \frac{\text{hai lần thể tích ban đầu}}{\text{lưu lượng qua lỗ ban đầu}}$$

c- Chảy đầy và tháo cạn hồ chứa (hình 6-A-9) khi $Q = f(H)$

Trong trường hợp tổng quát, nếu lưu lượng chảy vào Q được cho bằng một biểu đồ đường quá trình lưu lượng (hình 6-A-10) và diện tích mặt hồ cho bằng đường cong $\Omega = f(H)$ (hình 6-A-11) thì thời gian tháo cạn hoặc chứa đầy hồ được xác định bằng phương pháp tích phân gần đúng từ công thức :

$$\Delta t = \sum \frac{0,5(\Omega_i + \Omega_{i-1})\Delta H}{0,5(Q_i + Q_{i-1}) - \mu \omega \sqrt{2gH_{th}}}, \quad (6-29)$$

trong đó :

$$H_{th} = \frac{H_i + H_{i-1}}{2}$$

Nếu không có lưu lượng chảy vào ($Q = 0$) thì thời gian tháo cạn :

$$t = \frac{1}{\mu \omega \sqrt{2g}} \int_{H_2}^{H_1} \frac{\Omega dH}{\sqrt{H}} = \frac{1}{\mu \omega \sqrt{2g}} \int_{H_2}^{H_1} \frac{f(H) dH}{\sqrt{H}} \quad (6-30)$$

Nếu biết đường cong của diện tích mặt nước hồ, thì trong phạm vi từ A đến B

(hình 6-11) có thể lấy gần đúng $\Omega = f(H) = cH^n$. Khi đó thời gian hạ thấp mực nước từ H_1 đến H_2 sẽ bằng :

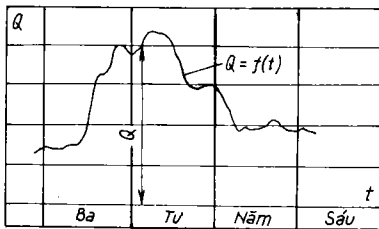
$$t = \frac{2c}{\mu \omega \sqrt{2g(2n+1)}} \left[\sqrt{H_1^{2n+1}} - \sqrt{H_2^{2n+1}} \right]. \quad (6-31)$$

Chỉ số n và hệ số c trong phương trình $\Omega = f(H) = cH^n$ được xác định bằng các công

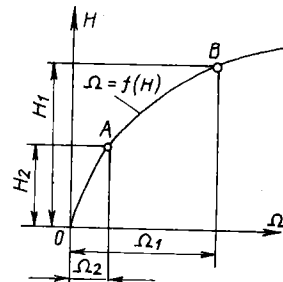
thức :

$$n = \frac{\lg \frac{\Omega_1}{\Omega_2}}{\lg \frac{H_1}{H_2}} \quad \text{và} \quad c = \frac{\Omega}{H^n},$$

trong đó Ω_1 và Ω_2 được tìm trực tiếp theo đồ thị hình (6-A-11), ứng với cột nước H_1 và H_2



Hình 6-A-10



Hình 6-A-11

Hệ số lưu lượng μ được tính sơ bộ cho công trình tháo nước với đường kính D có xét đến tất cả sức cản cục bộ cũng như dọc đường, tức là theo công thức :

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta + \lambda \frac{\ell}{D}}}. \quad (6-32)$$

Thời gian tháo nước tổng cộng t xác định theo phương pháp hình thang sẽ bằng :

$$t = t_1 + t_2 + \dots + t_n,$$

trong đó : $t_1, t_2, t_3 \dots$ là thời gian cần thiết để mực nước hạ từ H_1 đến H_2 , từ H_2 đến H_3 , từ H_3 đến H_4 và v.v...

Ngoài ra, mỗi thời đoạn riêng :

$$t_i = \frac{2\Omega_{th}}{\mu \omega \sqrt{2g}} \left(\sqrt{H_i} - \sqrt{H_{i-1}} \right), \quad (6-33)$$

trong đó :

$$\Omega_{th} = \frac{1}{2} (\Omega_i + \Omega_{i-1}).$$

Các chỉ số i và $(i-1)$ tương ứng với số thứ tự của cột nước H và diện tích mặt hồ Ω ban đầu và cuối trong mỗi thời đoạn t_i .

6-2. CHẢY QUA VÒI VÀ ỐNG NGẮN

1- Công thức tính lưu lượng tổng quát cho tất cả các vòi và ống ngắn là :

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH} \quad (6-34)$$

trong đó : ω - diện tích lỗ ra ;

H - cột nước kể từ trọng tâm lỗ ra, hoặc độ chênh mực nước ở thượng lưu và hạ lưu khi vòi bị ngập ;

μ - hệ số lưu lượng tính cho mặt cắt ra .

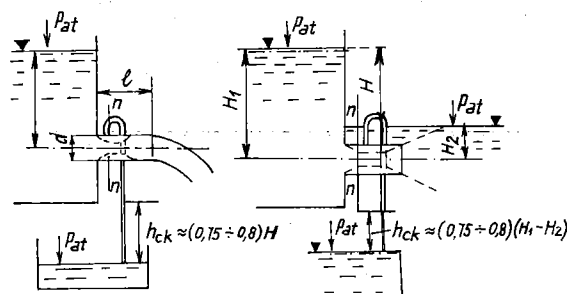
Vòi hình trụ gắn ngoài . Khi lỗ vào sắc cạnh, độ dài của vòi phải là $\ell \geq 3d$. Trong điều kiện đó, các hệ số lưu lượng, vận tốc co hẹp và sức cản có trị số sau đây (trong khu bình phương sức cản) :

$$\varphi = \mu = 0,82 ; \varepsilon = 10 ; \zeta = 0,5$$

Đại lượng tổn thất năng lượng trong vòi trụ tròn gắn ngoài (tính bằng phần trăm cột nước) bằng :

$$P = \frac{\zeta}{1 + \zeta} 100 = \frac{0,5}{1 + 0,5} 100 = 33\%$$

Như vậy tổn thất năng lượng trong vòi lớn hơn nhiều lần so với tổn thất khi chảy qua lỗ thành mỏng .



Hình 6-A-12

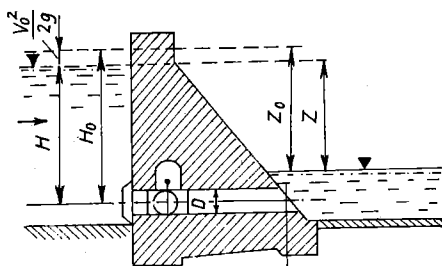
Trong vòi xuất hiện chân không ở chỗ mặt cắt co hẹp (mặt cắt $n-n$, hình 6-A-12). Chân không đạt giá trị lớn nhất bằng :

$$h_{ck \max} = (0,75 \div 0,8) H \quad (6-35)$$

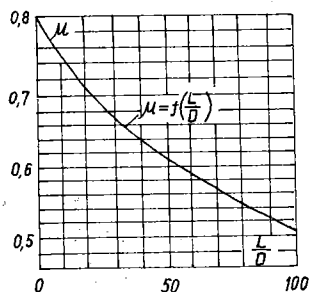
Để cho dòng chảy qua vòi không mất tính chất liên tục, cột nước giới hạn H_{gh} tại mặt co hẹp phải bằng :

$$H_{gh} = \frac{p_{at}}{\gamma} \quad (6-36)$$

Thí dụ trong điều kiện áp suất không khí bình thường (760mm cột thủy ngân) thì H_{gh} từ 13,0m đến 14,0m cột nước. Trong thực tế đề nghị không lấy $h_{tk} > 9,0m$ cột nước .



Hình 6-A-13



Hình 6-A-14

Các trị số của các hệ số μ , φ , ε và ζ đối với các hình dạng vòi khác nhau ghi trong **Phụ lục 7**.

2- Tính toán ống xả nước trong đập

a- Ống xả nước có đường kính không đổi theo chiều dài (hình 6-A-13) :

+ Công thức tính lưu lượng :

@ Khi chảy vào không khí :

$$Q = \frac{\mu \pi D^2}{4} \sqrt{2gH_0} \quad (6-37)$$

@ Khi nước chảy ngập nặng và chiều rộng ở hạ lưu $B \gg D$ thì không cần xét đến độ chênh phức hồi :

$$Q = \frac{\mu \pi D^2}{4} \sqrt{2gz_0} \quad (6-38)$$

Hệ số lưu lượng μ được tính theo công thức :

$$\mu = \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta + \lambda \frac{\ell}{D}}} \quad (6-39)$$

trong đó $\sum \zeta$ - tổng các hệ số của tất cả sức cản cục bộ .

Đối với ống xả bị ngập, trong công thức (6-39) $\sum \zeta$ gồm tất cả các sức cản cục bộ, trừ sức cản khi chảy ra, vì nó đã được đánh giá bằng con số 1 đặt ở trước; như thế, đối với trường hợp này tổng của các hệ số tổn thất cục bộ bằng $(1 + \sum \zeta)$.

Trong tính toán sơ bộ có thể dùng các trị số sức cản sau đây :

+ Hệ số sức cản cục bộ ζ :

@ Lưới ở chỗ vào :

$$\zeta_l = \zeta_{\ell} \left(\frac{\omega}{\Omega} \right)^2 \approx 1,5 \left(\frac{\omega}{\Omega} \right)^2 \approx 1,5 \left(\frac{D}{D_1} \right)^4 \quad (6-40)$$

trong đó : $\omega = \frac{\pi D^2}{4}$ - diện tích mặt cắt ống xả ;

Ω - diện tích tại luồng nước vào (hình 6-A-13).

@ Lỗ vào thuận $\zeta = 0,05$.

@ Cửa van của ống xả, tùy theo cấu tạo mà đối với :

- Cửa hình đĩa khi mở hoàn toàn $\zeta = 0,10$.

- Khi không rõ cấu tạo $\zeta = 0,20$.

- Đối với ống đường kính lớn $\lambda \approx 0,025$, không phụ thuộc vào vật liệu của thành ống. Trong các tính toán với độ chính xác cao hơn và khi chiều dài ống L lớn, λ được xác định theo công thức đã có .

Trong tính toán sơ bộ, khi sơ đồ cấu tạo đường xả nước không rõ ràng, nhưng dòng chảy vào đều, có thể lấy giá trị của hệ số μ theo đồ thị trên hình (6-A-14).

+ Các bài toán cơ bản trong tính toán thủy lực về đường xả nước :

@ Xác định lưu lượng Q khi cho đường kính ống D , chiều dài L và cột nước H .

@ Xác định cột nước H khi cho biết đường kính ống D , chiều dài L và lưu lượng Q

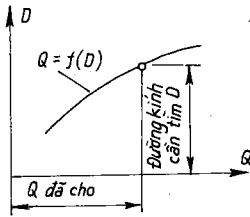
Cả hai bài toán trên đều có thể giải trực tiếp đại lượng cần tìm theo công thức cơ bản (6-34).

@ Xác định đường kính ống xả D khi cho trước lưu lượng Q , cột nước H và chiều dài ống xả L .

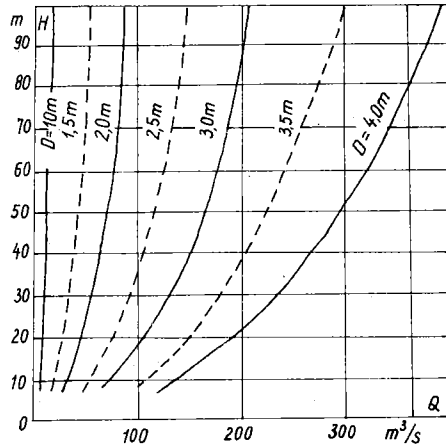
Bài toán này nên giải bằng phương pháp đồ giải.

Muốn vậy, vẽ trước đường cong $Q = f(D)$ - hình (6-A-15) để xác định các lưu lượng $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ đối với một loạt các giá trị đường kính $D_1, D_2, D_3 \dots$ được chọn tùy ý.

Để xác định nhanh đường kính (dùng cho tính toán sơ bộ), ta có thể dùng đồ thị trên hình (6-A-16).



Hình 6-A-15



Hình 6-A-16

b- Ống xả có đường kính thay đổi theo chiều dài:

+ Khi chảy vào không khí:

$$Q = \mu \omega_{ra} \sqrt{2gH_0} \quad (6-41)$$

+ Khi chảy ngập với độ phục hồi không lớn:

$$Q = \mu \omega_{ra} \sqrt{2gz_0} \quad (6-42)$$

trong đó μ - hệ số lưu lượng bằng:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta}} \quad (6-43)$$

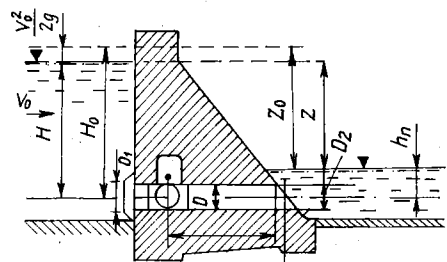
ω_{ra} - diện tích mặt cắt ra của ống, bằng:

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} \quad (6-44)$$

Nếu ở lối vào có lưới chắn rác, còn phần ra của ống được cấu tạo theo kiểu vòi mở rộng thì:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 + (\zeta_{vào} + \zeta_{vòi}) \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 + \zeta_{mở}}} \quad (6-45)$$

trong đó D, D_1 và D_2 được chỉ rõ trên hình (6-A-17).



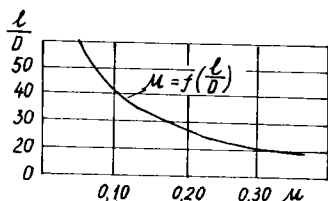
Hình 6-A-17

Các hệ số sức cản ζ cũng có giá trị như đối với ống xả có đường kính không đổi. Trong các tính toán sơ bộ, có thể lấy các giá trị hệ số lưu lượng theo bảng 6-5 (với giả thiết là các yếu tố cấu tạo, ống xả có dạng thuận và với góc mở rộng của ống $\beta = 5^\circ \div 6^\circ$).

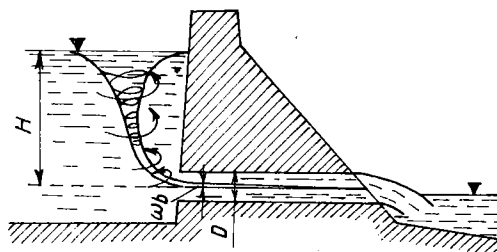
Bảng 6-5

ℓ / D	20	30	40	50
μ	0,32	0,17	0,10	0,07

Trên hình (6-A-18) là đồ thị quan hệ $\mu = f(\frac{\ell}{D})$.



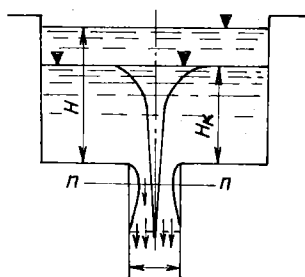
Hình 6-A-18



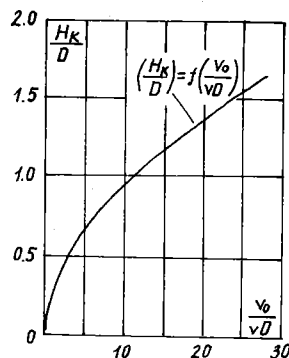
Hình 6-A-19

3- Sự hình thành phễu khi chất lỏng chảy qua lỗ

Khi chất lỏng chảy qua lỗ lớn ở các cột nước nhỏ và khi tháo cạn bình chứa thường thấy hình thành các phễu. Quá trình chảy này phức tạp và có liên quan đến sự quay của chất lỏng đối với đường trục của phễu. Cường độ quay của phễu có thể lớn đến mức tạo nên một dải không khí (lõi) của phễu, chiếm toàn bộ chiều dày của lỗ và khả năng thoát của nó sẽ bị giảm xuống.



Hình 6-A-20



Hình 6-A-21

Hiện tượng tạo phễu còn ít được nghiên cứu. Dưới đây là kết quả nghiên cứu của R.G.Perenman và cột nước phân giới tương ứng với việc xuất hiện sự gián đoạn của lõi không khí đi vào lỗ đáy:

$$H_{pg} = 0,5D \left(\frac{v_0}{\sqrt{gD}} \right)^{0,55}, \quad (6-46)$$

trong đó : D - đường kính lỗ ;

v_0 - vận tốc trung bình

tại mặt cắt co hẹp $n-n$

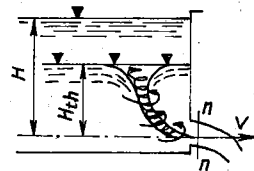
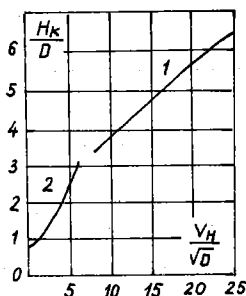
(hình 6-A-20), tức là

tại khoảng cách gần

bằng $0,5D$ thấp hơn

mặt phẳng lỗ .

Cũng có thể dùng đồ thị trên hình (6-21) để xác định cột nước phân giới H_{pg} theo (6-41) đặc trưng cho sự chảy với phễu không ổn định. Phễu ổn định xuất hiện khi cột nước bằng :



Hình 6-A-22

$$H_{pg} \leq 0,36D \left(\frac{v_0}{\sqrt{gD}} \right)^{0.67} \quad (6-47)$$

Với vận tốc v_0 và đường kính lỗ D cho trước, sau khi tính được tỷ số $\frac{v_0}{\sqrt{gD}}$ có thể tìm được

tỷ số $\frac{H_{pg}}{D}$ theo đồ thị . Nếu thay cột nước $H < H_{pg}$ thì phễu không khí sẽ ăn sâu vào lỗ .

Nếu lỗ đặt trên vách đứng và ở ngay gần đáy thì việc kiểm tra khả năng gián đoạn của phễu không khí vào trong lỗ cũng tiến hành tương tự như trường hợp trước, nhưng sử dụng đồ thị ở hình (6-A-22). Cũng trường hợp này, nếu lỗ đặt xa đáy, thì tính toán sẽ tiến hành tương tự như tính toán lỗ đáy theo đồ thị trên hình (6-A-21).

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

Bài 6-B-1. Xác định vận tốc chảy của dầu hoả ($\nu = 4 \text{ cm}^2/\text{s}$) qua lỗ tròn thành mỏng có đường kính $d = 25 \text{ mm}$, nếu trọng tâm của lỗ cách mặt thoáng $H = 30 \text{ mm}$. Cho biết mặt thoáng tiếp xúc với khí trời và dầu chảy vào không khí. Vận tốc đến v_0 có thể bỏ qua.

Bài giải

Giả thiết là dòng chảy của dầu hoả qua lỗ là dòng chảy của chất lỏng lý tưởng, khi đó vận tốc chảy theo công thức (6-1), bỏ qua tổn thất cột nước (cho $\varphi = 1$):

$$v_{LT} = \sqrt{2gH_0} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 76,3 \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

Trong công thức này $H_0 = H$.

Số Râyôn bằng:

$$\text{Re}_{LT} = \frac{v_{LT} d}{\nu} = \frac{76,3 \cdot 0,025}{4} = 4,77 < 5,$$

Theo kết quả nghiên cứu của N.Z.Frenkel, hệ số φ sẽ bằng:

$$\varphi = \frac{\text{Re}_{LT}}{48} = \frac{4,77}{48} \approx 0,1.$$

Vận tốc chảy thực của dầu bây giờ theo công thức (6-1) sẽ bằng:

$$v = 0,1 \cdot 76,3 = 7,63 \text{ cm/s}$$

Bài 6-B-2. Xác định vận tốc chảy v và lưu lượng Q của dầu hoả từ một lỗ tròn có đường kính $d = 50 \text{ mm}$ vào không khí. Cột nước tính từ tâm lỗ không thay đổi và bằng $H = 9 \text{ m}$ cột dầu hoả. Cho biết hệ số vận tốc $\varphi = 0,75$ ứng với hệ số nhớt động học $\nu_d = 0,60 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Bài giải

1- Xác định vận tốc chảy của chất lỏng lý tưởng theo (6-1) với $\varphi = 1$:

$$v_{LT} = \sqrt{2gH_0} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9} = 13,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2- Xác định số Râyôn:

$$\text{Re}_{LT} = \frac{v_{LT} d}{\nu} = \frac{1330,5}{0,6} = 11010.$$

3- Xác định vận tốc thực của dầu:

$$v = \varphi \cdot v_{LT} = 0,75 \cdot 13,30 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

4- Lưu lượng của dầu chảy qua lỗ co hẹp hoàn thiện lấy $\varepsilon = 0,64$, bằng:

$$Q = \varepsilon \cdot \frac{\pi d^2}{4} v = 0,64 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 10 = 0,0126 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 12,6 \frac{\ell}{\text{s}}.$$

5- Số Râyôn của dòng co hẹp:

$$\text{Re}_c = \frac{v \cdot d_c}{\nu} = \frac{v \cdot \sqrt{\varepsilon} \cdot d}{\nu} = \frac{1000 \sqrt{0,64} \cdot 5}{0,60} = 6670 > \text{Re}_{pg} \approx 2000.$$

Vậy dòng chảy qua lỗ là dòng chảy rối.

Bài 6-B-3. Xác định lưu lượng của nước khi chảy vào không khí qua lỗ hình chữ nhật trên thành bình. Cạnh của lỗ $a = 0,18m$ (hình 6-B-1). Chiều sâu trọng tâm của lỗ $H = 0,5m$ và áp suất dư trong bình $p_{du} = 1,45m$ được giữ không đổi. Vận tốc đến gần v_0 có thể bỏ qua.

Bài giải

Xác định dạng co hẹp :

$$m = c = 0,1m < 3a = 0,54m;$$

$$s = \frac{b-a}{2} = 0,06m < 3a = 0,54m.$$

Do đó dạng co hẹp ở đây là dạng co hẹp không hoàn thiện và hệ số lưu lượng được xác định theo công thức (6-16).

Hệ số μ có thể lấy bằng $\mu = 0,60$ như trong mục 6-1-a.

Xác định các đại lượng khác :

$$H_0 = H + \frac{p_{du}}{\gamma} = 0,5 + 14,5 = 15m ;$$

$$\omega = a^2 = 0,0324m^2 ;$$

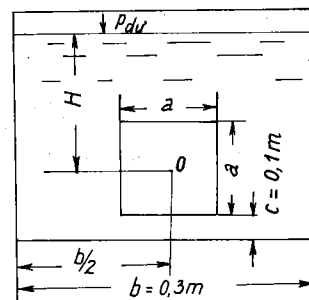
$$\Omega = b \left(H + \frac{a}{2} + c \right) = 0,207m^2 .$$

Vậy hệ số lưu lượng ở đây bằng :

$$\mu_{kh} = 0,60 \left[1 + 0,641 \left(\frac{0,0324}{0,207} \right) \right] = 0,691 .$$

Do đó lưu lượng chảy qua lỗ bằng :

$$Q = \mu_{kh} \omega \sqrt{2gH_0} = 0,691 \cdot 0,0324 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 15} = 0,384 \frac{m^3}{s} .$$



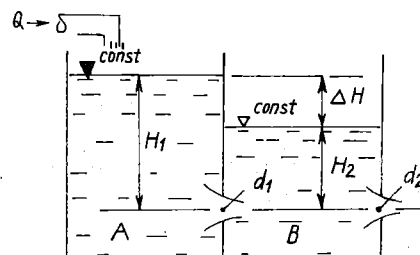
Hình 6-B-1

Bài 6-B-4. Nước chảy vào bể chứa A với lưu lượng không đổi $Q = 0,5 \text{ l/s}$. Từ bể chứa A nước chảy vào bể chứa B qua lỗ có đường kính $d_1 = 15mm$. Từ bể chứa B qua lỗ nhỏ có đường kính $d_2 = 20mm$ nước chảy vào khí quyển. Cho biết mực nước trong hai bình chứa là cố định (hình 6-B-2).

1- Hãy xác định cột nước H_2 và độ chênh mực nước ΔH ?

2- Với đường kính d_2 bằng bao nhiêu để cho $H_2 = 0,5 H_1$?

Cho biết dòng chảy qua các lỗ là co hẹp hoàn thiện.



Hình 6-B-2

Bài giải

1- Nước chảy từ bể chứa A sang bể B với cột nước tác dụng là ΔH . Từ (6-12), ta có :

$$\Delta H = \frac{Q^2}{\mu^2 \omega^2 2g} = \frac{500^2}{0,62^2 \cdot 1,766^2 \cdot 2,9,81} \approx 106 \text{ cm},$$

trong đó μ lấy bằng 0,62 , còn $\omega = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} = 1,766 \text{ cm}^2$.

Với lưu lượng Q không đổi, nước chảy từ bình B ra ngoài không khí với cột nước là H_2 .

Cũng theo (6-12), ta được :

$$H_2 = \frac{Q^2}{\mu^2 \omega^2 2g} = \frac{500^2}{0,62^2 \cdot 3,14^2 \cdot 2,9,81} \approx 33,6 \text{ cm},$$

trong đó : $\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} = 3,14 \text{ cm}^2$.

2- Vì Q không đổi nên :

$$\mu \cdot \omega_1 \sqrt{2g \cdot \Delta H} = \mu \omega_2 \sqrt{2g \cdot H_2} \quad (1)$$

Theo đầu bài : $H_1 = 2H_2$.

Nên : $\Delta H = H_1 - H_2 = 2H_2 - H_2$

Thay ΔH và H_2 vào (1) ta được :

$$w_1 = w_2;$$

$$d_1 = d_2 = 15 \text{ mm}.$$

Bài 6-B-5. Từ một bình kín nước chảy qua lỗ nhỏ thành mỏng và vòi hình trụ gắn ngoài có đường kính $d_1 = d_2 = 20 \text{ mm}$. Hãy xác định áp suất dư trên mặt thoáng của nước ở trong bình, nếu độ chênh lưu lượng của lỗ và vòi $\Delta Q = 0,7 \text{ l/s}$, còn cột nước $H = 1,5 \text{ m}$. Cho biết dòng chảy qua các lỗ co hẹp hoàn thiện (hình 6-B-3).

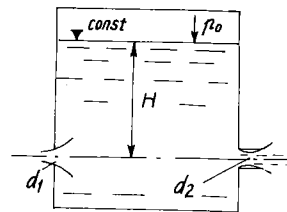
Bài giải

Vì áp suất trên mặt thoáng của bình khác với áp suất khí trời nên cột nước tác dụng của vòi và của

lỗ đều bằng : $H + \frac{p_{0du}}{\gamma}$, tức là :

$$Q_{lo} = \mu_{lo} \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \left(H + \frac{p_{0du}}{\gamma} \right)};$$

$$Q_v = \mu_v \omega \cdot \sqrt{2g \left(H + \frac{p_{0du}}{\gamma} \right)};$$



Hình 6-B-3

$$DQ = w \sqrt{2g \left(H + \frac{p_{0du}}{\gamma} \right) (m_v - m_{lo})}.$$

Do đó :

$$\frac{p_{0du}}{\gamma} = \left[\frac{\Delta Q}{\omega(\mu_v - \mu_{lo})\sqrt{2g}} \right]^2 - H. \quad (1)$$

Thay số :

$$\mu_{lo} = 0,62; \mu_v = 0,82; H = 1,5m; \Delta Q = 0,7 \frac{\ell}{s};$$

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} m^2$$

vào biểu thức (1) ta được :

$$\frac{p_{0du}}{\gamma} = \left[\frac{0,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot (0,82 - 0,62) \cdot \sqrt{19,62}} \right]^2 - 1,5 = 4,826m.$$

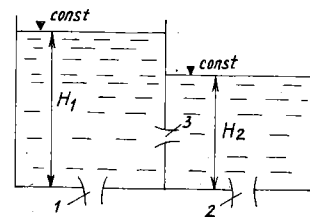
Vậy :

$$p_{0du} = 4,826 \cdot 9810 = 47329 \frac{N}{m^2} = 4826 \frac{kG}{m^2}.$$

Bài 6-B-6. Nước chảy vào bể được phân thành hai buồng bởi vách ngăn thành mỏng, với lưu lượng $Q = 37 m^3/s$. Các lỗ ở vách ngăn và đáy bể giống nhau và có đường kính $d = 10cm$ (hình 6-B-4). Hãy xác định lưu lượng qua các lỗ ở dưới đáy. Cho biết dòng chảy qua các lỗ co hẹp hoàn thiện.

Bài giải

Lưu lượng chảy qua lỗ 3 và lỗ 2 bằng nhau, tức là : $Q_3 = Q_2$.



Hình 6-B-4

Tổng lưu lượng qua lỗ 1 và lỗ 2 : $Q = Q_1 + Q_2 = 37 l/s$.

Viết phương trình lưu lượng cho các lỗ 1,2,3 ta có 5 phương trình sau đây :

$$Q = Q_1 + Q_2;$$

$$Q_1 = \mu \cdot \omega \sqrt{2gH_1};$$

$$Q_2 = \mu \cdot \omega \sqrt{2gH_2};$$

$$Q_3 = \mu \cdot \omega \sqrt{2g(H_1 - H_2)};$$

$$Q_2 = Q_3.$$

Cân bằng Q_2 và Q_3 ta được :

$$\mu \cdot \omega \sqrt{2gH_2} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g(H_1 - H_2)};$$

$$H_2 = H_1 - H_2 \Rightarrow H_2 = 0,5H_1.$$

Vậy :

$$Q_2 = \mu \cdot \omega \sqrt{gH_1};$$

$$Q_1 = \sqrt{2} \cdot Q_2;$$

$$Q = Q_2(1 + \sqrt{2});$$

$$Q_2 = \frac{Q}{(1 + \sqrt{2})} = \frac{37}{(1 + \sqrt{2})} = 15.4 \frac{\ell}{s};$$

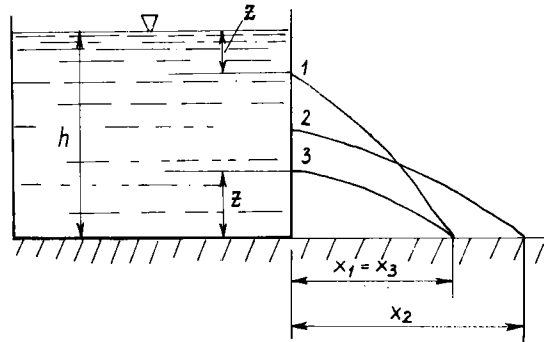
$$Q_1 = \frac{Q \cdot \sqrt{2}}{(\sqrt{2} + 1)} = \frac{37 \cdot \sqrt{2}}{(\sqrt{2} + 1)} = 21.7 \frac{\ell}{s}.$$

Bài 6-B-7. Cho một bể chứa đủ lớn, có lưu lượng bổ sung để giữ cho mực nước cố định khi có dòng chảy qua lỗ tại thành bên (hình 6-B-5). Dòng chảy qua lỗ thuộc loại lỗ nhỏ, thành mỏng, có sức cản cục bộ, có co hẹp bên. Hãy sử dụng công thức liên quan đến cách xác định quỹ đạo của luồng chảy đi từ lỗ vào không khí và rơi xuống mặt đất để xem xét các vấn đề sau:

a- Nếu lỗ 1 và 3 đều cách mặt thoáng và mặt chuẩn một khoảng cách z như nhau thì bất kể h là bao nhiêu, điểm rơi vẫn trùng nhau. Hãy chứng minh điều này.

b- Phải đặt lỗ 2 ở vị trí nào thì luồng chảy đạt khoảng phun xa là lớn nhất. Tính với $h = 3m$.

c- Giả thiết $\varepsilon = 0,64$ (hệ số co hẹp); $\varphi = 0,97$ (hệ số vận tốc); $\omega = 0,1m^2$. Xác định lưu lượng qua lỗ 3. Cho biết cột nước tác dụng của lỗ 3 là $2m$.



Hình 6-B-5

Bài giải

Từ phương trình của quỹ đạo (6-9), (6-10):

$$x = v_c t; \quad y = \frac{1}{2} g t^2,$$

Khử t ta được:

$$x^2 = 4\varphi^2 H_0 y,$$

trong đó:

$$\varphi = \frac{v_c}{\sqrt{2gH_0}}.$$

Đối với lỗ 1:

$$x_1^2 = 4\varphi^2 z(a + z).$$

Đối với lỗ 3:

$$x_3^2 = 4\varphi^2 z(a + z).$$

Do đó:

$$x_1 = x_3.$$

Đối với lỗ 2 ta có thể viết:

$$x_2^2 = 4\varphi^2 z(h - z).$$

Muốn có x_{2max} cần có tích $z(h - z)$ có giá trị max.

Lấy đạo hàm theo z :

$$\frac{d[z(h - z)]}{dz} = h - 2z = 0$$

Do vậy :

$$z = \frac{1}{2} h .$$

Lưu lượng được xác định theo công thức (6-12):

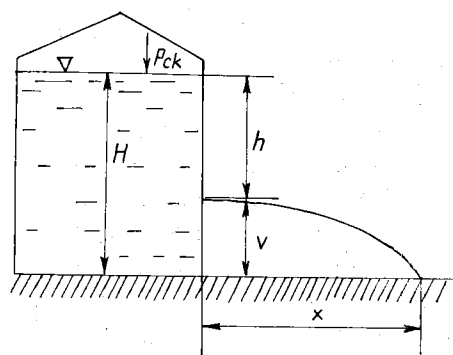
$$Q = v . \omega = \varepsilon . \varphi . \sqrt{2gH_0} . \omega = 0,64 . 0,97 . \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2,0} \cdot 1 = 0,39 \frac{m^3}{s}$$

Bài 6-B-8. Cho một bình chứa nước được đậy kín, mực nước trong bình là H , áp suất chân không trên mặt thoáng là $0,02at$ (hình 6-B-6). Bỏ qua sức cản của không khí . Cho $H = 2,4m$.

Xác định :

1- Vị trí đục lỗ tháo để sao cho luồng nước phun ra có được khoảng x xa nhất, giả thiết bỏ qua sức cản của không khí .

2- Lưu lượng nước tháo ra, khi lỗ tháo có đường kính lỗ là 2 cm , hệ số lưu lượng là $0,65$.



Hình 6-B-6

Bài giải

1- Tính h . Khi lỗ tháo đặt cách mặt thoáng một khoảng h nào đó thì đoạn đường rơi của các phần tử nước là :

$$y = H - h . \quad (1)$$

Gọi x là quãng đường tính từ thành bể đến điểm chạm đất của luồng nước tính theo phương ngang, t là thời gian phần tử nước đi được quãng đường này . Khi bỏ qua sức cản của không khí đối với luồng nước, ta có quan hệ giữa x và y và vận tốc ra v như sau :

$$\left. \begin{array}{l} x = vt \\ y = \frac{gt^2}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow x = v \sqrt{\frac{2y}{g}} . \quad (2)$$

Mặt khác, vận tốc luồng chảy ra khỏi lỗ tháo được xác định bằng biểu thức sau :

$$v = \varphi \sqrt{2g \left(h - \frac{p_{ck}}{\gamma} \right)} . \quad (3)$$

Thay (1) vào (2), ta được :

$$x = \varphi \sqrt{2g \left(h - \frac{p_{ck}}{\gamma} \right)} \cdot \sqrt{\frac{2y}{g}} = 2\varphi \sqrt{\left(h - \frac{p_{ck}}{\gamma} \right) (H - h)} . \quad (4)$$

Biểu thức (4) cho ta quan hệ của x theo h , x_{max} đạt được khi đạo hàm x theo h triệt tiêu, từ điều kiện này ta có :

$$\frac{\partial x}{\partial h} = \varphi \frac{H - 2h + \frac{p_{ck}}{\gamma}}{\sqrt{\left(h - \frac{p_{ck}}{\gamma} \right) (H - h)}} = 0 . \quad (5)$$

Do đó :

$$H - 2h + \frac{p_{ck}}{\gamma} = 0; \quad (6)$$

Vậy :

$$h = \frac{\left(H - \frac{p_{ck}}{\gamma} \right)}{2} \quad (7)$$

Theo đầu bài : $H = 2,4 \text{ m}$; $p_{ck} = 0,02 \text{ at} = 0,02 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$.

Thay số vào biểu thức (7), ta được :

$$h = \frac{\left(2,4 + \frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 10^4}{9,81 \cdot 10^3} \right)}{2} ;$$

$$h = 1,3 \text{ m}.$$

2- Tính Q . Theo công thức tính lưu lượng dòng chảy qua lỗ, ta có :

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \left(h - \frac{p_{ck}}{\gamma} \right)}.$$

$$Q = 0,65 \cdot \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 (1,3 - 0,2)} = 9,48 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}};$$

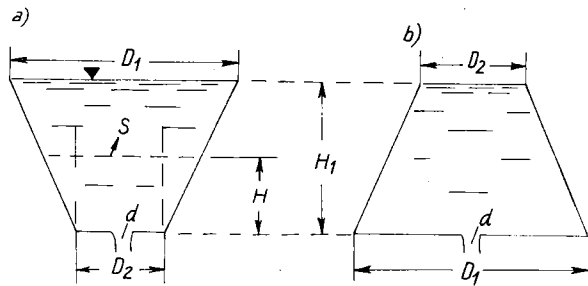
Thay số được :

$$Q = 0,9481 \frac{\ell}{\text{s}}.$$

Bài 2-B-9. Xác định thời gian tháo cạn nước trong một bể chứa hình nón cụt trục thẳng đứng qua một lỗ tròn ở đáy có đường kính $d = 3 \text{ cm}$ (hình 6-B-7). Cho biết $D_1 = 0,80 \text{ m}$; $D_2 = 0,3 \text{ m}$; $H_1 = 1,0 \text{ m}$.

Bài giải

Đây là trường hợp bể chứa không phải là hình trụ thẳng đứng, nhưng có dạng hình học, có thể thiết lập được biểu thức giải tích giữa tiết diện của bể Ω và cột nước tác dụng H . Ở thời điểm t bất kỳ, ta có (hình 6-B-7-a):



Hình 6-B-7

$$\Omega = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi}{4} \left(D_2 + \frac{D_1 - D_2}{H_1} H^2 \right) = \frac{\pi}{4} (D_2 + nH)^2 = f(H),$$

trong đó :

$$n = \frac{D_1 - D_2}{H_1} = \frac{0,8 - 0,3}{1,0} = 0,5.$$

Thay $f(H)$ vào công thức (6-24) và tính cho từng thời đoạn dt , ta được :

$$dt = - \frac{\frac{\pi}{4} (D_2 + nH)^2}{\mu S_1 \sqrt{2g}} \frac{dH}{\sqrt{H}}.$$

Thời gian tháo cạn cần tìm là :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{\pi}{4\mu S_1 \sqrt{2g}} \int_0^{H_1} \frac{(D_2 + nH)^2 dH}{\sqrt{H}} = \frac{D_2^2}{\mu d^2 \sqrt{2g}} \int_0^H \left(1 + \frac{n}{D_2} H\right) \frac{dH}{\sqrt{H}} = \\
 &= \frac{2D_2^2}{\mu d^2 \sqrt{2g}} \left[\sqrt{H_1} + \frac{2nH_1^{\frac{3}{2}}}{3D_2} + \left(\frac{n}{D_2}\right)^2 \frac{H_1^{\frac{5}{2}}}{5} \right] = \\
 &= \frac{2(0,3)^2}{0,62(0,03)^2 \cdot 4,43} \left[\sqrt{1,0} + \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 1^{\frac{3}{2}}}{3 \cdot 0,3} + \left(\frac{0,5}{0,3}\right)^2 \cdot \frac{1^{\frac{5}{2}}}{5} \right] = 195 \text{ sec} = 3 \text{ phút } 15 \text{ sec}
 \end{aligned}$$

Nếu bể chứa đặt ngược lại (hình 6-B-7-b) thì thời gian cần có để tháo cạn hết sẽ lớn hơn

$$T = 340 \text{ sec} = 5 \text{ phút } 40 \text{ sec}.$$

Bài 6-B-10. Một bình chứa hình nón cụt với đường kính phía trên là $2,4m$ và đường kính phía dưới là $1,2m$. ở đáy có khoét một lỗ tròn thành mỏng mà hệ số lưu lượng trung bình có thể lấy bằng $0,60$. Hỏi đường kính lỗ là bao nhiêu để tháo hết nước của bình trong 6 phút, nếu độ sâu khi đầy bình là $0,3m$ (hình 6-B-8).

Bài giải

Khi không có lưu lượng thêm vào, lưu lượng tức thời lúc cột nước đối với lỗ h sẽ là :

$$Q = m\omega_0 \sqrt{2gh} \frac{m^3}{s}$$

Trong khoảng thời gian dt thể tích chảy ra là $dV = Qdt$ và cũng bằng diện tích ω_T nhân với dh ; $dV = \omega_T \cdot dh$; ω_T - diện tích mặt thoáng, cách bề mặt một độ sâu là h . Như vậy :

$$\begin{aligned}
 m\omega_0 \sqrt{2gh} dt &= -\omega_T dh; \\
 m\omega_0 \sqrt{2gh} dt &= -\pi x^2 dh.
 \end{aligned} \quad (1)$$

Tính theo tam giác đồng dạng :

$$\frac{x}{1,2} = \frac{3+h}{6}.$$

Từ đó :
$$x = \frac{3+h}{5}.$$

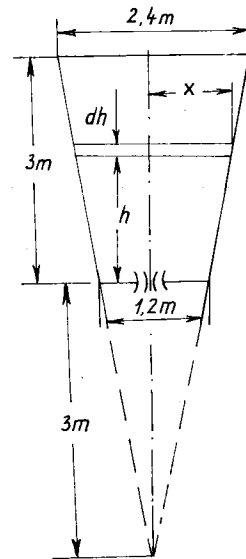
Ta có $m = 0,6$, thay số vào (1) được :

$$\left(0,6 \cdot \frac{1}{4} \pi d_0^2 \sqrt{2g}\right) dt = -\pi \frac{(3+h)^2}{25} h^{-\frac{1}{2}} dh,$$

trong đó d_0 là đường kính lỗ.

$$d_0^2 \int dt = \frac{-4\pi}{25\pi \cdot 0,6 \sqrt{2g}} \int_3^0 (3+h)^2 h^{-\frac{1}{2}} dh.$$

Vì : $\int dt = 360 \text{ sec}$ nên :



Hình 6-B-8

$$d_0^2 \int dt = \frac{-4\pi}{25\pi \cdot 0,6\sqrt{2g}} \left(qh^{\frac{1}{2}} + 6h^{\frac{1}{2}} + h^{\frac{3}{2}} \right) dh.$$

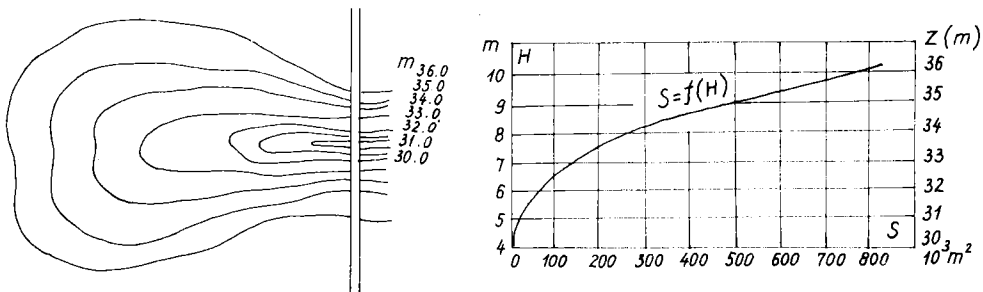
Lấy tích phân và giải ra ta được :

$$d_0^2 = 0,00975 \text{ và } d_0 = 0,0987m.$$

Ta dùng lỗ có đường kính $d_0 = 10 \text{ cm}$.

Bài 6-B-11. Cho bình đồ một hồ chứa nước với các đường đồng mức ghi cao trình cách nhau từng mét một và đồ thị $\Omega = f(z)$ giữa diện tích mặt nước và cao trình mặt nước trong hồ (hình 6-B-9). Sông chảy vào hồ một lưu lượng không đổi $Q_0 = 4,16 \text{ m}^3/\text{s}$.

Xác định thời gian tháo cạn hồ chứa từ cao trình 36 m đến cao trình 31 m nếu diện tích lỗ tháo của đập là $\omega = 11 \text{ m}^2$ và chảy qua lỗ là chảy tự do (mực nước thấp hơn lỗ). Tâm lỗ đặt ở cao trình 26 m. Hệ số lưu lượng của lỗ $\mu = 0,7 = \text{const}$.



Hình 6-B-9

Bài giải

Từ công thức (6-24), tính thời đoạn dt :

$$dt = \frac{\Omega}{Q_0 - \mu \omega \sqrt{2gH}} dH, \quad (1)$$

trong đó : $H = \nabla_{MN \text{ hồ}} - \nabla_{tâm \text{ lỗ}}$ - cột nước tác dụng lên tâm lỗ từ phía thượng lưu.

Lưu lượng tháo qua lỗ ứng với cao trình 36m ban đầu, tức là ứng với cột nước $H_1 = 36 - 26 = 10 \text{ m}$ sẽ là :

$$Q_1 = \mu \omega \sqrt{2gH_1} = 0,7 \cdot 11 \cdot 4,43 \sqrt{10} = 107,9 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Ta thấy $Q_1 > Q_0$ nên hồ sẽ cạn dần cho đến lúc $Q_{thoát} = Q_0$ thì ngừng lại.

Từ (1), thời gian để nước trong hồ giảm từ cột nước H_1 đến H_n sẽ là :

$$T = \int_{H_n}^{H_1} \frac{\Omega dH}{Q_0 - \mu \omega \sqrt{2gH}} = \frac{1}{\mu \omega \sqrt{2g}} \int_{H_n}^{H_1} \frac{\Omega dH}{\sqrt{H} - A},$$

trong đó :

$$A = \frac{Q_0}{\mu \omega \sqrt{2g}} = \frac{4,16}{0,7 \cdot 11 \cdot 4,43} = 0,122 \text{ m}^{0,5} = \text{const}.$$

Muốn thực hiện được tích phân trên ta phải biết biểu thức giải tích $\Omega = \Omega(H)$. Vì đầu

bài không cho biểu thức này nên buộc phải dùng phương pháp gần đúng hình thang, tức là chia thể tích hồ từ $\nabla 36m$ đến $\nabla 31m$ thành 5 phần bằng các mặt phẳng nằm ngang cách đều nhau với $\Delta H = 1m$; mỗi phần thể tích này được xem như hình trụ thẳng đứng và có trị số thể tích bằng :

$$\Delta V = \Omega_{TB} \cdot \Delta H;$$

trong đó :

$$\Omega_{TB} = \frac{\Omega_i + \Omega_{i+1}}{2}.$$

Khi đó, thay (1) bằng phương trình hiệu số giới nội, ta tính được thời gian cần thiết cho mỗi lần mực nước hồ giảm xuống $1m$:

$$\Delta t = \frac{\Delta H}{2\mu \omega \sqrt{2g}} \left(\frac{\Omega_i}{\sqrt{H_i} - A} + \frac{\Omega_{i+1}}{\sqrt{H_{i+1}} - A} \right),$$

trong đó :

$$i = 1 \div 5.$$

Vậy thời gian T sẽ bằng :

$$\begin{aligned} T &= \sum_1^5 \Delta t = \frac{\Delta H}{2\mu \omega \sqrt{2g}} \left[\left(\frac{\Omega_1}{\sqrt{H_1} - A} + \frac{\Omega_2}{\sqrt{H_2} - A} \right) + \left(\frac{\Omega_2}{\sqrt{H_2} - A} + \frac{\Omega_3}{\sqrt{H_3} - A} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \dots + \left(\frac{\Omega_5}{\sqrt{H_5} - A} + \frac{\Omega_6}{\sqrt{H_6} - A} \right) \right]; \\ &= \frac{\Delta H}{2\mu \omega \sqrt{2g}} \left[\frac{\Omega_1}{\sqrt{H_1} - A} + \frac{2\Omega_2}{\sqrt{H_2} - A} + \dots + \frac{2\Omega_5}{\sqrt{H_5} - A} + \frac{\Omega_6}{\sqrt{H_6} - A} \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Các số liệu tính được ghi trong bảng sau :

Cao trình mực nước hồ(m)	36	35	34	33	32	31
$H (m)$	$H_1=10$	9	8	7	6	$H_6=5$
$\Omega.10^{-3}(m^2)$	$\Omega_1=800$	500	250	140	46	$\Omega_6=10$

Thay vào (2) được :

$$\begin{aligned} T &= \frac{1.10^4}{2.0.7.114.43} \left(\frac{80}{\sqrt{10} - 0.122} + \frac{2.50}{\sqrt{9} - 0.122} + \frac{2.25}{\sqrt{8} - 0.122} + \frac{2.14}{\sqrt{7} - 0.122} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2.46}{\sqrt{6} - 0.122} + \frac{1}{\sqrt{5} - 0.122} \right); \\ T &= 13934 \text{ sec} = 3 \text{ h } 52 \text{ phút } 14 \text{ sec.} \end{aligned}$$

Bài 6-B-12. Trên thành bên của một thùng chứa nước hình lăng trụ đặt thẳng đứng có một lỗ lớn hình lục giác đều cạnh $a = 1m$ (hình 6-B-10). Cột nước trong thùng từ mặt thoáng (ở đó áp suất bằng áp suất khí trời) đến tâm lỗ là H (không đổi).

Tìm lưu lượng chảy qua lỗ với H bất kỳ và khi $H = \sqrt{3} m$, hệ số lưu lượng qua lỗ $\mu = 0.60$. Lưu ý rằng, lỗ có hai cạnh đặt song song với đáy thùng

Bài giải

Đây là dòng chảy qua một lỗ lớn có kích thước thay đổi. Lấy một vi phân diện tích

$d\omega = x \cdot dh$ để tính lưu lượng dQ . Coi dòng chảy qua một diện tích vi phân là dòng chảy qua lỗ nhỏ với lưu lượng :

$$dQ = \mu d\omega \sqrt{2gh}.$$

Lưu lượng qua lỗ lớn bằng tổng số các lưu lượng qua lỗ nhỏ.

Chia lỗ thành hai phần : nửa trên và nửa dưới lưu lượng tương ứng là Q_1 và Q_2 . Lưu lượng qua lỗ là $Q = Q_1 + Q_2$.

Ở nửa trên của lỗ :

$$x = 2(h - h_0) \tan 30^\circ = \frac{2}{\sqrt{3}}(h - H + a\sqrt{3}); \quad (1)$$

$$dQ_1 = \frac{2\mu}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2g} \cdot (h - H + a\sqrt{3}) \sqrt{h} \cdot dh. \quad (2)$$

Lấy tích phân (2) từ $H + \frac{a\sqrt{3}}{2}$ đến H sẽ được :

$$Q_1 = \frac{2\sqrt{2}}{15\sqrt{3}} \mu \left[(-4H + 10a\sqrt{3})H^3 - (4H - 7a\sqrt{3}) \left(H + \frac{a\sqrt{3}}{2} \right)^3 \right]. \quad (3)$$

Ở nửa dưới của lỗ :

$$d\omega = (H - h + a\sqrt{3}) dh.$$

Thay $d\omega$ vào biểu thức (1) và lấy tích phân từ H đến $H + \frac{a\sqrt{3}}{2}$, ta được :

$$Q_2 = \frac{2\sqrt{2}}{15\sqrt{3}} \mu \left[(4H + 10a\sqrt{3})H^3 - (4H + 7a\sqrt{3}) \left(H + \frac{a\sqrt{3}}{2} \right)^3 \right]. \quad (4)$$

Lưu lượng Q qua lỗ sẽ bằng :

$$Q = \frac{2\sqrt{2}}{15\sqrt{3}} \mu \left[20a\sqrt{3}H^3 + (4H - 7a\sqrt{3}) \left(H - \frac{a\sqrt{3}}{2} \right)^3 - (4H + 7a\sqrt{3}) \left(H + \frac{a\sqrt{3}}{2} \right)^3 \right]. \quad (5)$$

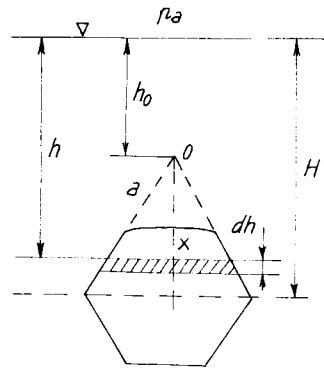
Với $a = 1m$, $H = \sqrt{3}$ ta được :

$$Q = 0.0646 \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} = 171.7 \frac{l}{s}.$$

Bài 6-B-13. Xác định lưu lượng nước chảy qua lỗ tròn có đường kính $d = 10cm$ và tìm sự thay đổi lưu lượng nếu người ta lần lượt lắp vào bình một vòi trụ tròn có $l = 0,4m$ hoặc là vòi hình nón khuyết tán với góc đỉnh $\theta = 6^\circ$ (hình 6-B-11). Cột nước tính từ tâm lỗ $H = 3m$. Hệ số nhớt động học $\nu = 0,0131 cm^2/s$.

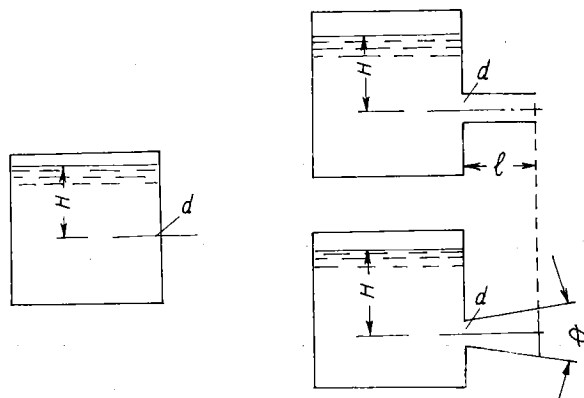
Bài giải

Theo mục 6-1.1-a hệ số lưu lượng μ cho dạng cơ hẹp hoàn thiện bằng $\mu = 0,62$, nên :



Hình 6-B-10

$$Q = 0,62 \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 0,0373 \frac{m^3}{s} = 37,3 \frac{\ell}{s}.$$



Hình 6-B-11

b- Trước khi xác định lưu lượng qua vòi hình trụ, ta xác định điều kiện làm việc của vòi. Theo mục 6-2,1, để vòi chảy đầy mặt cắt, chiều dài của nó phải là $\ell \geq 3d$. Ta tính tỷ số:

$$\frac{\ell}{d} = \frac{0,4}{0,1} = 4 > 3.$$

Theo **Phụ lục 7** ta có hệ số lưu lượng của vòi hình trụ $\mu = 0,82$, vì vậy lưu lượng của vòi sẽ bằng:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0} = 0,82 \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 0,0494 \frac{m^3}{s} = 49,4 \frac{m^3}{s}.$$

c- Xác định lưu lượng qua vòi hình nón khuyết tán.

Tính đường kính mặt cắt ra:

$$D = d + 2\ell \tan 3^\circ = 0,10 + 2 \cdot 0,4 \cdot 0,0525 = 0,142 \text{ m}.$$

Vậy diện tích mặt cắt ra bằng:

$$\omega_D = \frac{\pi D^2}{4} = 0,01584 m^2.$$

Theo **Phụ lục 7** hệ số lưu lượng của vòi hình nón khuyết tán với góc đỉnh bằng 6° bằng $\mu = 0,465$ nên:

$$Q = \mu \omega_D \sqrt{2gH_0} = 0,465 \cdot 0,01584 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 0,0565 \frac{m^3}{s} = 56,5 \frac{\ell}{s}.$$

Vận tốc chảy qua lỗ, vòi hình trụ và vòi hình nón khuyết tán lần lượt bằng:

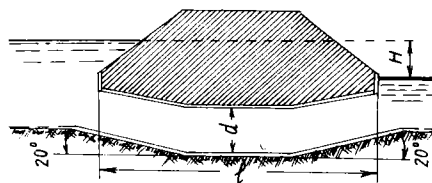
$$v = \varphi \sqrt{2gH_0} = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 7,44 \frac{m}{s};$$

$$v = 0,82 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 6,29 \frac{m}{s};$$

$$v = 0,465 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 3,56 \frac{m}{s}.$$

Do đó khi lắp vòi vào bình chứa lưu lượng tăng, còn vận tốc giảm; lưu lượng lớn nhất ứng với vận tốc chảy nhỏ nhất sẽ là trường hợp lắp vòi hình nón khuyết tán.

Bài 6-B-14 . Xác định đường kính cống luôn bằng bê tông có chiều dài $L = 50m$, được đặt dưới đường giao thông (hình 6-B-12) và độ chênh H giữa mực nước thượng và hạ lưu. Lưu lượng nước trong cống $Q = 2,5m^3/s$ và vận tốc chảy cho phép $v = 3m/s$.



Hình 6-B-12

Bài giải

1- Xác định đường kính cống từ công thức tính lưu lượng :

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 3}} = 1,03m.$$

Lấy $d = 1,00m$, vậy với đường kính này, vận tốc trong cống sẽ bằng :

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = 3,18 \frac{m}{s}.$$

2- Xác định hệ số lưu lượng hệ thống của cống . Trong trường hợp này tổng hệ số sức cản thủy lực bằng :

$$\sum \zeta = \zeta_v + \lambda \frac{\ell}{d} + 2\zeta_{ng} + \zeta_{ra}.$$

Các hệ số sức cản cục bộ được xác định theo mục 4-4, chương IV, ta được :

$$\sum \zeta = 0,5 + \lambda \frac{\ell}{d} + 2,0,05 + 1,0 = 1,6 + \lambda \frac{\ell}{d}.$$

Hệ số ma sát thủy lực λ được xác định qua hệ số Sêdi C :

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} = \frac{8 \cdot 9,81}{61^2} = 0,021,$$

trong đó :

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{n} \left(\frac{d}{4} \right)^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0,013} \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{1}{6}} = 61 \frac{m^{0,5}}{s};$$

$n = 0,013$ (đối với bê tông).

$$\sum \zeta = 1,6 + 0,021 \cdot \frac{50}{1} = 2,65;$$

Vậy :

$$\mu_c = \sqrt{\frac{1}{1 + \sum \zeta}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 2,65}} = 0,52.$$

3- Xác định độ chênh mực nước. Nếu bỏ qua vận tốc đến v_0 , thì $H \approx H_0$ và từ (6-12) ta được :

$$H = \frac{Q}{\mu_c^2 \omega^2 2g} = \frac{2,5^2}{0,52^2 \left(\frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \right)^2 29,81} = 1,90m$$

Bài 6-B-15. Một cống xả nước trong thân đập (hình 6-A-17) có $H_0 = 10m$, đường kính chỗ ống bị co hẹp $D_1 = 0,5m$, đường kính của lỗ ra $D_2 = 1m$, chiều dài phần mở rộng của ống xả $\ell = 10m$. Xác định lưu lượng nước Q .

Bài giải

Lấy gần đúng theo bảng (6-5) với $\frac{\ell}{D} = 20$, $\mu = 0,32$, ta được :

$$Q = 0,32 \cdot 0,785 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = 3,5 \frac{m^3}{s}$$

Trong cùng điều kiện, nếu ống xả là hình trụ có đường kính là $D = 0,5m$ thì lưu lượng sẽ bằng :

$$Q' \approx 0,71 \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = 1,95 \frac{m^3}{s} < 3,5 \frac{m^3}{s}$$

Ở đoạn vào, ống xả làm việc như vòi hình trụ ngắn trong ($\mu = 0,71$ - theo **Phụ lục 7**), sẽ xuất hiện chân không mà trị số $h_{ck} = \frac{p_{ck}}{\gamma}$ được xác định theo phương trình Becnuli (xem chương II, mục 2-1.e).

Bài 6-B-16. Một bình chứa (hình 6-A-20) có đường kính lỗ đáy $D = 1m$, còn lưu lượng nước $Q = 3m^3/s$. Dưới cột nước H_k nào thì phát sinh hiện tượng gián đoạn dòng chảy để không khí lọt vào ? Với lưu lượng đã cho thì có xảy ra hiện tượng đó không, nếu nước từ bình chứa chảy ra không khí ?

Bài giải

1- Xác định vận tốc chảy ở mặt cắt co hẹp $n-n$:

$$v_c = \frac{Q}{\omega_c} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4 \cdot 3}{\pi \cdot 1^2} = 3,82 \frac{m}{s}$$

2- Tìm cột nước phân giới theo (6-46):

$$H_k = 0,5D \left(\frac{v_c}{\sqrt{gD}} \right)^{0,55} = 0,5 \cdot 1 \left(\frac{3,82}{\sqrt{9,81 \cdot 1}} \right)^{0,55} = 0,72m$$

3- Xác định cột nước cần thiết để xả qua lỗ với lưu lượng đã cho :

$$H = \frac{Q^2}{\mu^2 \omega^2 2g} = \frac{3^2}{(0,62 \cdot 0,785)^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 1,92m > 0,72m$$

Như vậy $H > H_k$ - cột nước thực tế lớn hơn cột nước phân giới nên sự gián đoạn của dòng chảy trong bể không xảy ra, tức là lỗ được đặt sâu ở cao trình cần thiết.

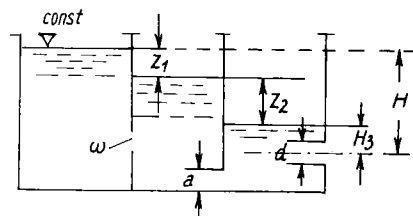
C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 6-C-1. Một bể chứa được chia làm ba ngăn bằng các thành chắn có lỗ : thành thứ nhất có lỗ hình chữ nhật diện tích $\omega_1 = 8,5 \text{ cm}^2$, thành chắn thứ hai - lỗ hình vuông đặt kề đáy có cạnh $a = 4 \text{ cm}$, ở thành ngoài có lỗ hình tròn với đường kính $d = 3 \text{ cm}$. Độ chênh giữa mực nước trong ngăn thứ nhất và tâm lỗ ngoài $H = 3,1 \text{ m} = \text{const}$. Xác định:

- 1- Lưu lượng nước chảy qua các lỗ ;
- 2- Các cột nước Z_1, Z_2, H_3 . Tính cho hai trường hợp :

a- Dòng nước qua lỗ ngoài chảy ra không khí ;

b- Gắn vào lỗ ngoài một vòi hình trụ tròn có cùng đường kính, nước chảy ra không khí



Hình 6-C-1

Đáp số: $Q_{lỗ} = 2,6 \text{ l/s}$;

$Z_1 = 1,15 \text{ m}; Z_2 = 0,29 \text{ m}; H_3 = 1,66 \text{ m}.$

$Q_{vòi} = 2,9 \text{ l/s}$;

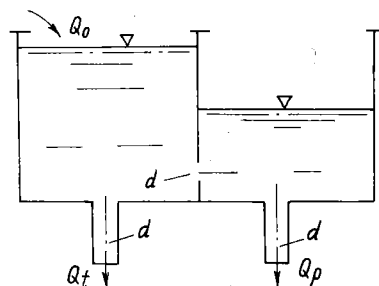
$Z_1 = 1,44 \text{ m}; Z_2 = 0,37 \text{ m}; H_3 = 1,29 \text{ m}.$

Bài 6-C-2. Nước chảy vào bình chứa với lưu lượng không đổi $Q_0 = 80 \text{ l/s}$. Bình được chia làm hai ngăn; ở thành chắn có một lỗ thành mỏng đường kính $d = 100 \text{ mm}$. Từ mỗi ngăn, nước chảy ra ngoài theo một vòi hình trụ tròn gắn ngoài có cùng đường kính $d = 100 \text{ mm}$.

- 1- Xác định lưu lượng chảy qua mỗi vòi .
- 2- Đường kính của vòi bên trái và phải thay đổi như thế nào để cho lưu lượng qua hai vòi bằng nhau .

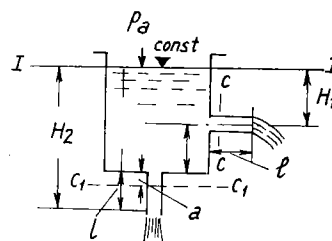
Đáp số : 1- $Q_u = 50 \text{ l/s}; Q_{ph} = 30 \text{ l/s}$;

2- $d_l = 77 \text{ mm}$.



Hình 6-C-2

Bài 6-B-3. Xác định lưu lượng nước chảy ra khỏi một bể chứa lớn qua hai vòi hình trụ tròn và trị số chân không trong vòi (hình 6-C-3). Một vòi nằm ngang gắn vào thành bên của bể chứa cách đáy một khoảng $l = 20 \text{ cm}$, còn vòi kia - đặt thẳng đứng ở đáy bể. Kích thước hai vòi giống nhau : $d = 6 \text{ cm}, l = 20 \text{ cm}$. Độ sâu nước trong bể chứa $h = 100 \text{ cm}$. Cho $a \approx d/2$.



Hình 6-C-3

Đáp số : $Q = Q_1 + Q_2 = 0,916 + 1,124 = 2,04 \text{ l/s}$;

$p_{ck1} = 0,06 \text{ at}$ (vòi nằm ngang) ;

$p_{ck2} = 0,107 \text{ at}$ (vòi thẳng đứng).

Bài 6-B-4 . Xác định thời gian tháo cạn T của bể chứa hình trụ tròn đựng đầy nước có đường kính $d = 2,4m$, cao $h = 6,0m$ cho hai trường hợp :

1- Bể chứa dựng đứng, ở đáy có một lỗ, diện tích $\omega = 1,76 \text{ dm}^2$;

2- Bể chứa nằm ngang, phía dưới có một lỗ cũng có diện tích $\omega = 1,76 \text{ dm}^2$.

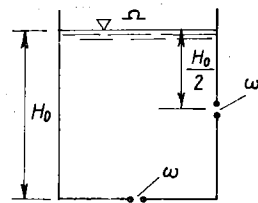
Cho biết trong cả hai trường hợp mặt thoáng của bể đều thông với khí trời .

Đáp số: 1- $T = 7 \text{ ph } 38 \text{ sec}$;

2- $T = 10 \text{ ph } 16 \text{ sec}$.

Bài 6-B-5 . Cho một thùng chứa nước hình trụ tròn có diện tích đáy là $\Omega = 3m^2$ và cột nước $H_0 = 4m$ (hình 6-C-4). Thùng có 2 lỗ tháo nước : một ở đáy và một ở vị trí giữa thành bể. Diện tích hai lỗ bằng nhau với hệ số lưu lượng là $\mu = 0,6$.

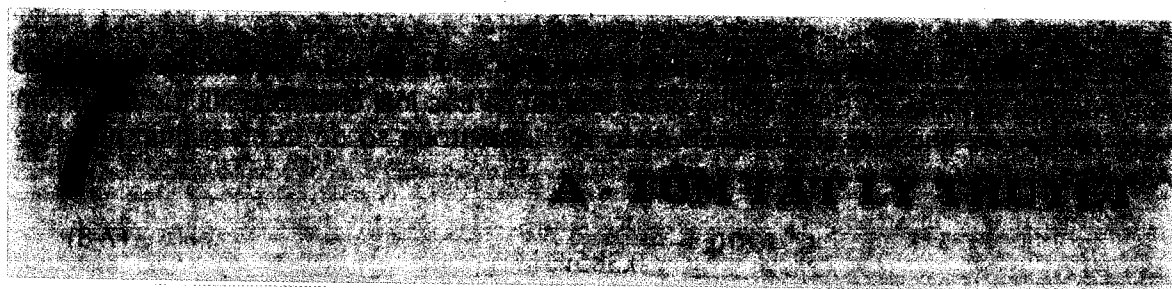
Tính diện tích lỗ để tháo cạn thùng chứa trong thời gian $T = 5$ phút .



Hình 6-C-4

Đáp số: $\omega = 135 \text{ cm}^2$.

CHUYỂN ĐỘNG ĐỀU TRONG LÒNG DẪN HỖ VÀ KÊNH KÍN



7-1. CÁC CÔNG THỨC CƠ BẢN

1- Công thức Sêdi

Trong chuyển động đều lưu lượng Q , chiều sâu h cũng như hình dạng và kích thước mặt cắt ngang đều không đổi theo chiều dài dòng chảy. Độ dốc mặt thoáng của chất lỏng J bằng độ dốc đáy i .

Khi tính toán chuyển động rối đều trong lòng dẫn hở, vận tốc trung bình được xác định theo công thức Sêdi :

$$v = C \sqrt{R i}, \quad (7-1)$$

trong đó : v - vận tốc trung bình (m/s) ;

R - bán kính thủy lực (m) ;

i - độ dốc đáy lòng dẫn ;

C - hệ số Sêdi ($m^{0.5}/s$) :

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}. \quad (7-2)$$

2- Các công thức xác định hệ số Sêdi

Phần lớn các công thức xác định hệ số Sêdi là công thức thực nghiệm , vì thế chúng chỉ đúng với những phạm vi vận tốc và bán kính thủy lực nhất định.

a- Công thức Pavlôpxki :

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (7-3)$$

trong đó n - hệ số nhám (**Phụ lục 9**) ;

y - số mũ , là hàm số của độ nhám và bán kính thủy lực :

$$y = f(R, n)$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (7-4)$$

Theo Pavlôpxki có thể lấy gần đúng :

$$+ \text{ Khi } R < 1m ; y = 1,5\sqrt{n} ; \quad (7-5)$$

$$+ \text{ Khi } R > 1m ; y = 1,3\sqrt{n} . \quad (7-6)$$

Trong **Phụ lục 9** cho các trị số hệ số Sêdi tính theo công thức Pavlôpxki .

b- Để tính toán sơ bộ , tiện hơn cả là lấy chỉ số mũ không đổi. Thường lấy $y = 1/6$ và lúc đó ta có công thức Maninh :

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}. \quad (7-7)$$

Các giá trị của hệ số nhám n trong các công thức (7-3), (7-7) được ghi trong **Phụ lục, 9-12**.

c- Công thức A.Đ.Altul. Trong những năm gần đây xuất hiện một số công thức mới dùng để xác định hệ số Sêdi, chúng dùng cho tất cả các loại chất lỏng Newton đồng nhất và ở tất cả các khu vực của chuyển động rối. Một trong số đó là công thức của A.Đ. Altul:

$$C = 20 \lg \frac{R}{\varepsilon + \frac{0,385\nu}{\sqrt{gRi}}}, \quad (7-8)$$

trong đó: ε - độ nhám dẫn suất tuyến tính;

ν - hệ số nhớt động học;

g - gia tốc trọng trường.

Đối với nước lạnh, công thức (7-8) có dạng:

$$C = 20 \lg \frac{R}{\varepsilon + \frac{0,04}{\sqrt{Ri}}}. \quad (7-9)$$

Trong công thức (7-9), R và ε tính bằng mm; C - tính bằng $m^{0.5}/s$. Trong bảng (7-1) ghi các giá trị của ε khi thoả mãn điều kiện:

$$\varepsilon \sqrt{R_i} \geq 0,04$$

thì thay cho công thức (7-9) có thể sử dụng công thức đơn giản hơn:

$$C = 20 \lg \frac{R}{\varepsilon} \quad (7-10)$$

dùng cho lòng dẫn nhám hoàn toàn.

Bảng 7-1

Trị số ε trong công thức (7-9)

Đặc trưng bề mặt	ε (mm)
1- Mặt trát rất nhẵn (đánh vecni, tráng men v.v...)	0 (0 ÷ 0,1)
2- Trát xi măng sạch	0,04 (0,02 ÷ 0,06)
3- Máng kim loại có mặt trong nhẵn	0,10 (0,02 ÷ 1,00)
4- Máng gỗ:	
- Bề mặt ván bào	0,30 (0,03 ÷ 1,50)
- Bề mặt ván không bào	0,50 (0,08 ÷ 2,00)
5- Bề mặt bê tông	0,30 (0,08 ÷ 1,25)
6- Xây gạch	0,50 (0,08 ÷ 1,25)
7- Đá đã gọt vuông vắn	0,05 (0,12 ÷ 1,25)
8- Tường đất	5 (1 ÷ 50)
9- Đá xây khan	10 (0,5 ÷ 20)
10- Đá cuội, sỏi, rải theo kiểu làm mặt đường	20 (15 ÷ 30)
11- Kênh đào trong đá	30 (3 ÷ 80)

Ghi chú: ngoài dấu ngoặc là trị số trung bình, trong dấu ngoặc là trị số nhỏ nhất và lớn nhất
Công thức (7-9) có thể biểu thị gần đúng qua hệ thức:

$$C = 25 \left(\frac{R}{k_{nd} + \frac{0,025}{\sqrt{Ri}}} \right)^{\frac{1}{6}}, \quad (7-11)$$

trong đó: k_{nd} và R - tính bằng mm ; C - tính bằng $m^{0,5}/s$.

Trong công thức (7-11), khi không có số liệu về k_{nd} có thể thay thế gần đúng như sau :

$$k_{nd} = (80n)^6. \quad (7-12)$$

Đối với sông mà lòng sông là cuội, sỏi, hệ số Sêdi có thể xác định theo các công thức không chứa hệ số nhám n , ví dụ :

$$C = \frac{14,8}{i^{\frac{1}{6}} - 26}. \quad (7-13)$$

Công thức này cũng đúng cho cho kênh đào trong đất tự nhiên .

3- Các công thức cơ bản trong tính toán thuỷ lực kênh dẫn

Lưu lượng được xác định qua công thức Sêdi tính vận tốc :

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}. \quad (7-14)$$

Độ dốc và độ hạ thấp đáy kênh trên chiều dài ℓ (tổng thất cột nước) được xác định theo công thức :

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2};$$

$$\Delta z = i \ell = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \ell = \frac{Q^2}{K^2} \ell. \quad (7-15)$$

Đặc trưng lưu lượng (môđun lưu lượng) :

$$K = \omega C \sqrt{R} = \frac{Q^2}{\sqrt{i}}. \quad (7-16)$$

Đặc trưng vận tốc (môđun vận tốc) :

$$W = C \sqrt{R} = \frac{v}{\sqrt{i}}. \quad (7-17)$$

Môđun lưu lượng và môđun vận tốc được dùng để đơn giản hoá tính toán. Môđun lưu lượng và môđun vận tốc đối với kênh đã định có thể tính trước sơ bộ cho các kích thước, hình dạng và độ nhám thành đã biết (trong các điều kiện của khu bình phương sức cản).

Vận tốc trung bình dùng để thiết kế kênh phải nằm trong giới hạn $v_{\min} \leq v \leq v_{\max}$, trong đó : $v_{\max}$ - vận tốc không xói lớn nhất ; $v_{\min}$ - vận tốc không lắng nhỏ nhất .

Có thể xác định vận tốc trung bình không xói lớn nhất theo công thức của I.I.Lêvi :

$$v_{\max} = 3 \sqrt{gd} \lg \frac{R}{7d}, \quad (7-18)$$

trong đó d - đường kính trung bình của hạt trong lòng kênh .

Trị số $v_{\max}$ được ghi trong bảng (7-2).

Vận tốc trung bình không lắng nhỏ nhất :

$$v_{\min} = 0,5\sqrt{R}, \quad (7-19)$$

trong đó R - bán kính thủy lực (m).

Bảng 7-2

Loại đất hoặc loại áo kênh	Vận tốc lớn nhất $v_{\max}(m/s)$	Loại đất hoặc loại áo kênh	Vận tốc lớn nhất $v_{\max}(m/s)$
1- Đất không dính : a- Bùn bùn b- Cát c- Sỏi	$0,15 \div 0,2$ $0,2 \div 0,6$ $0,6 \div 1,2$	3- Đá : a- Trầm tích b- Tinh thể	$2,5 \div 4,5$ $20 \div 25$
2- Đất dính : a- Á cát và á sét b- Đất sét	$0,7 \div 1$ $1 \div 1,8$	4- Gia cố : a- Kiểu đá lát đường đơn b- Kiểu đá lát đường kép c- Áo bê tông	$3 \div 3,5$ $3,5 \div 4,5$ $5 \div 10$

4- Hình dạng mặt cắt ngang kênh

Mặt cắt kênh được chọn tùy theo kích thước, mục đích sử dụng và các điều kiện xây dựng của kênh (như đặc tính của đất ...). Mặt cắt thường dùng là mặt cắt có dạng hình thang, mà :

$$\omega = (b + mh)h; \quad (7-20)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \quad (7-21)$$

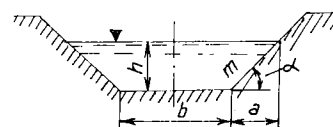
trong đó : b - chiều rộng đáy kênh ;

h - chiều sâu mực nước trong kênh ;

χ - chu vi ướt ;

$m = \operatorname{ctg} \alpha$ - hệ số mái dốc ;

α - góc nghiêng của mái dốc .



Hình 7-A-1

Hệ số mái dốc được chọn từ các điều kiện ổn định mái và tùy thuộc vào đặc tính của đất đào kênh cũng như vào biện pháp gia cố mái. Hệ số mái dốc được lấy theo bảng (7-3).

Bảng 7-3

Trị số α và m cho các loại đất khác nhau

Loại đất	α (độ)	$m = \operatorname{ctg} \alpha$
1- Đất ướt	27	1,96
2- Á sét ướt	17	3,27
3- Cát ướt	24	2,25
4- Đất lẫn đá	34	1,48
5- Sỏi lớn	31	1,48
6- Nền đá	63	0,51

Trong tất cả các loại mặt cắt ngang của kênh (tam giác, chữ nhật, hình thang, nửa vòng tròn, parabol) xét theo quan điểm thủy lực thuần túy thì mặt cắt nào dẫn được lưu lượng lớn nhất trong cùng một điều kiện (độ dốc đáy kênh, độ nhám bờ và lòng kênh và diện tích mặt cắt ướt như nhau) thì được gọi là **mặt cắt có lợi nhất về thủy lực**. Với trị số diện tích đã định, một mặt cắt như thế sẽ có bán kính thủy lực R là lớn nhất, tức là chu vi ướt χ là bé nhất. Hình dạng mặt cắt thoả mãn các điều kiện trên là hình nửa vòng tròn.

Đối với kênh hình thang, mặt cắt có lợi nhất về thủy lực thoả mãn điều kiện :

$$\beta_{\ln} = \left(\frac{b}{h} \right)_{\ln} = 2 \left(\sqrt{1 + m^2} - m \right). \quad (7-22)$$

Trị số β_m được ghi trong bảng (7-4)

Bảng 7-4

m	β_m	m	β_m	m	β_m	m	β_m
0,00	2,00	0,25	1,562	1,00	0,828	2,00	0,472
0,10	1,82	0,50	1,236	1,25	0,702	2,50	0,385
0,20	1,64	0,75	1,000	1,50	0,606	3,00	0,325

Ghi chú : mặt cắt có lợi nhất về thủy lực không phải luôn luôn là mặt cắt có lợi nhất về kinh tế. Chỉ trong trường hợp có lớp phủ ở đáy và mái rẽ tiền thì nó mới là mặt cắt có lợi nhất về kinh tế.

Cục Thủy nông Mỹ đã đề xuất phương pháp xác định hình dạng mặt cắt kênh theo phương trình cân bằng lực khối động, tức là dựa trên sự cân bằng giữa tất cả các lực có thể gây mất ổn định cho mái kênh và lực giữ ổn định tự nhiên của đất để thành lập công thức tính hình dạng mặt cắt kênh hợp lý, ổn định, có lợi nhất về mặt thủy lực trong điều kiện cụ thể. Phương pháp này cho ta mặt cắt kênh có dạng hình cosinoid, gần với mặt cắt ổn định tự nhiên của kênh và sông .

Công thức tính các thông số mặt cắt hình cosinoid bao gồm :

a- Toạ độ mặt cắt ổn định trong kênh :

$$h_i = h_0 \cos\left(\frac{tg\psi}{h_0} x\right). \quad (7-23)$$

b- Vận tốc chảy ổn định trong kênh :

$$v = \frac{1,35 - 1,19tg\psi}{n} h_0^{2/3} i^{1/2}. \quad (7-24)$$

c- Diện tích mặt cắt ngang tiêu chuẩn :

$$\omega_{tc} = \frac{2,04h_0^2}{tg\psi}, \quad (7-25)$$

trong đó : h_0 - độ sâu mực nước ở trục kênh ;

x - toạ độ ngang kể từ trục kênh ;

h - độ sâu mực nước ứng với toạ độ x ;

n - hệ số nhám của kênh ;

i - độ dốc của đáy kênh ;

ψ - góc ma sát có kể đến lực dính :

$$tg\psi = \frac{\tau + C'}{\sigma}, \quad (7-26)$$

trong đó : τ - ứng suất tiếp ;

C' - lực dính của đất ;

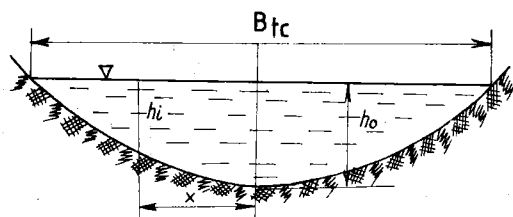
σ - ứng suất pháp .

Thay τ và σ qua γ (trọng lượng thể tích của đất), α (góc nghiêng của mái dốc) và φ (góc ma sát tự nhiên của đất), ta có :

$$tg\psi = tg\varphi + \frac{C}{\gamma \cos\alpha \cdot tg\varphi}. \quad (7-27)$$

d- Lưu lượng tải qua mặt cắt tiêu chuẩn :

$$Q_{tc} = v \cdot \omega_{tc} = 2,04 \left(\frac{1,35 - 1,19tg\psi}{n \cdot tg\psi} \right) h_0^{8/3} i^{1/2}. \quad (7-28)$$



Hình 7-A-2

Mặt cắt cosinôit tiêu chuẩn

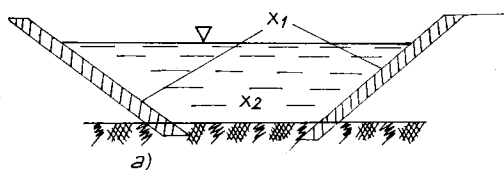
Nếu kênh phải tải lưu lượng lớn hơn lưu lượng tiêu chuẩn $Q' > Q_{tc}$, nhưng chiều sâu lại không được phép tăng thì có thể mở rộng kênh (hình 7-A-3). Chiều rộng tương ứng $B' > B_{tc}$ được tính như sau :

$$B' = \frac{n(Q' - Q_{tc})}{1,49h_0^3i^2} \quad (7-29)$$

Ngược lại nếu kênh phải tải lưu lượng bé hơn lưu lượng tiêu chuẩn thì kênh phải thu hẹp và chiều rộng $B'' < B_{tc}$ và được tính theo công thức :

$$B'' = 0,96 \left(1 - \sqrt{\frac{Q''}{Q_{tc}}} \right) B_{tc} \quad (7-30)$$

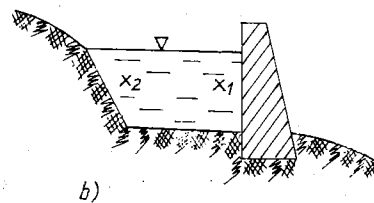
5- Kênh có độ nhám khác nhau



Hình 7-A-4-a

a) x_1 - bê tông ; x_2 - đất ;

b) x_2 - đá ; x_1 - bê tông .



Hình 7-A-4-b

Gọi χ là phần chu vi ướt của mặt cắt ứng với độ nhám n_i và ω là phần mặt cắt tương ứng với phần chu vi ướt χ . Có thể tính độ nhám trung bình theo công thức :

$$n_{th} = \frac{n_1\chi_1 + n_2\chi_2 + \dots + n_n\chi_n}{\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n} \quad (7-31)$$

Pavlopki dựa vào giả thuyết là mỗi phần chu vi ướt có ảnh hưởng đến một phần diện tích tỷ lệ với nó, tức là :

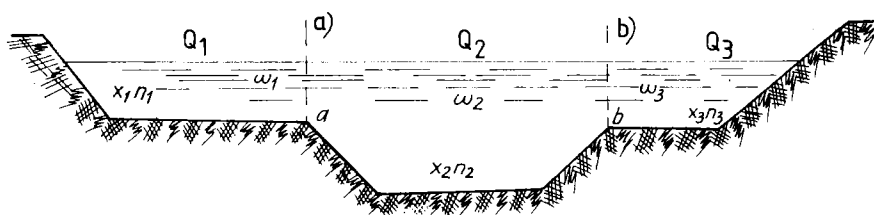
$$\frac{\chi_1}{\omega_1} = \frac{\chi_2}{\omega_2} = \dots = \frac{\chi_n}{\omega_n} = \frac{\chi}{\omega}$$

và đã chứng minh được rằng có thể xác định “hệ số nhám trung bình” bằng công thức :

$$n_{th} = \sqrt{\frac{n_1^2\chi_1 + n_2^2\chi_2 + \dots + n_n^2\chi_n}{\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \chi_i n_i^2}{\chi}} \quad (7-32)$$

Lúc đó trị số n trong hệ số Sêđi lấy bằng n_{th} .

6- Kênh có mặt cắt phức tạp



Hình 7-A-5

Nếu kênh có mặt cắt phức tạp mà ảnh hưởng các phần của chu vi ướt lên các phần diện tích tương ứng không thể coi là tỷ lệ với nhau được (hình 7-A-5) thì dù có nhiều độ nhám hay chỉ có một ta vẫn phải chia mặt cắt ướt ω thành nhiều phần bằng những đường thẳng đứng như $a-a$, $b-b$ và tính vận tốc trung bình cho từng phần.

Do đó cần tính riêng diện tích ω_i , chu vi ướt ω_i , bán kính thủy lực R_i , hệ số nhám n_i và lưu lượng Q_i cho từng phần với giả thiết là độ dốc thủy lực J giống nhau (như trong dòng chảy đều $J = i$), vậy :

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= K_1 \sqrt{J} = \omega_1 C_1 \sqrt{R_1 i}; \\ Q_2 &= K_2 \sqrt{J} = \omega_2 C_2 \sqrt{R_2 i}; \\ &\dots\dots\dots \\ Q_n &= K_n \sqrt{J} = \omega_n C_n \sqrt{R_n i}. \\ Q &= \sum Q_i = K \sqrt{J} = \left(\sum K_i \right) \sqrt{i} \end{aligned} \right\} \quad (7-33)$$

Cần nhớ là khi tính chu vi ướt χ thì chỉ tính độ dài tiếp xúc giữa nước và mặt kênh, không tính độ dài tiếp xúc giữa nước với nước.

7-2. CÁC BÀI TOÁN CƠ BẢN TRONG TÍNH TOÁN LÒNG DẪN HỖ CHUYỂN ĐỘNG ĐỀU

a- Phương pháp gần đúng. Phương pháp này cho phép thu được kết quả theo công thức Sêđi với độ chính xác tùy ý, nhưng có khối lượng tính toán lớn.

Ghi chú : đối với các mặt cắt hình tam giác (cũng như với mặt cắt chữ nhật và hình thang) có chiều rộng đáy lớn ($b \gg h$), có thể tìm được độ sâu bằng cách giải trực tiếp không cần chọn theo công thức Sêđi dưới dạng lôga :

+ Đối với mặt cắt hình tam giác :

$$Q = A \frac{\sqrt{i}}{n} h^{2.5+1} \quad (7-34)$$

Do đó :

$$lgh = \frac{\lg\left(\frac{Qn}{A\sqrt{i}}\right)}{2,5 + y}, \quad (7-35)$$

trong đó :

$$A = \frac{m^{1,5+y}}{\left(2\sqrt{1+m^2}\right)^{0,5+y}}. \quad (7-36)$$

Các giá trị của A với $y = 0,2$ được ghi trong bảng (7-5).

+ **Đối với mặt cắt chữ nhật và hình thang** (với $b \gg h$) thì có thể coi $\chi \cong h$.

Khi $b > (20 \div 25)h$ và giả thiết số mũ trong công thức Pavlôpxki về hệ số C với $y = 1,6$, tức là sử dụng công thức Maninh, ta được :

$$h = \left(\frac{Qn}{b\sqrt{i}}\right)^{0,6}. \quad (7-37)$$

Bảng 7-5

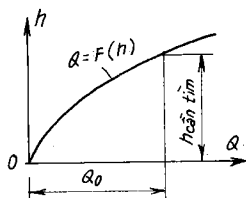
m	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
$A = \frac{m^{1,7}}{\left(2 + \sqrt{1+m^2}\right)^{0,7}}$	0,00	0,176	0,482	0,81	1,14	1,46	1,78

b- Phương pháp đồ giải

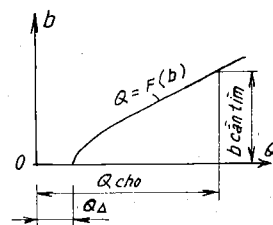
+ **Xác định chiều sâu h** . Theo phương pháp này h được xác định bằng đồ thị $Q = F(h)$ hoặc $K = F_f(h)$, trong đó K - đặc trưng lưu lượng. Cách giải được tiến hành theo trình tự sau : theo Q_0 , b , i , m , và n đã cho, tính ra các lưu lượng Q_1 , Q_2 , ... (hoặc đặc trưng lưu lượng K_1 , K_2 ...) đối với các h_1 , h_2

... chọn tùy ý, rồi theo đó ta vẽ đồ thị của quan hệ $Q = F(h)$ (hình 7-A-6) hoặc quan hệ $K = F_f(h)$. Bây giờ theo lưu lượng đã cho Q_0 (hoặc theo đặc trưng lưu lượng cần thiết $K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}$) tìm

ngay trên đồ thị đã vẽ độ sâu h cần tìm.



Hình 7-A-6



Hình 7-A-7

+ **Xác định chiều rộng đáy b**

theo Q , h và i cho trước. Trong trường hợp này, ta vẽ đường cong $Q = F(b)$ hoặc $K = F_f(b)$ [thay cho $Q = F(h)$ và $K = F_f(h)$]. Sau đó giải theo trình tự như cũ, chiều rộng b cần tìm được xác định bằng đồ thị (hình 7-A-7).

Ghi chú : trên đồ thị (hình 7-A-7) đường cong không xuất phát từ gốc tọa độ mà từ điểm nằm trên trục tọa độ OQ . Đây chính là vì khi $b = 0$, mặt cắt hình thang biến thành hình tam giác và lưu lượng của kênh sẽ bằng lưu lượng của mặt cắt tam giác.

3- Xác định chiều sâu h và chiều rộng đáy b khi cho trước Q , i và vận tốc v

Các điều kiện đặt ra (Q, v và i cho trước) có thể không thích ứng và khi đó sẽ không có lời giải. Cần thiết phải kiểm tra khả năng giải.

Bán kính thủy lực cần thiết (từ $v = C\sqrt{Ri}$) khi cho trước v và i bằng :

$$R_{ctm} = \left(\frac{v \cdot n}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{1+0.5}} \quad (7-38)$$

Nếu đối với $\omega = \frac{Q}{v}$ mà $R_{ctm} > R_{max}$ thì không tồn tại lời giải, trong trường hợp ngược lại

($R_{ctm} < R_{max}$) sẽ tìm được h và b theo trình tự sau đây :

a- Xác định chiều sâu cần tìm h từ phương trình bậc hai :

$$h^2 - \frac{\chi}{a}h - \frac{\omega}{a} = 0, \quad (7-39)$$

$$a = 2\sqrt{1+m^2} - m;$$

trong đó :

$$\chi = \frac{\omega}{R} = \frac{Q}{v \left(\frac{v \cdot n}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{1+0.5}}} \quad (7-40)$$

Ở đây h có hai nghiệm dương. Ta chọn chiều sâu nào tốt hơn theo quan điểm công nghệ. Thường chọn chiều sâu nhỏ hơn.

b- Tính chiều rộng đáy b theo công thức :

$$b = \frac{\omega}{h} - mh. \quad (7-41)$$

7-3. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC CHO CÁC KÊNH CÓ MẶT CẮT KHÉP KÍN

Tính toán thủy lực cho kênh có mặt cắt khép kín (hình tròn hay hình dạng khác) bằng các công thức cơ bản đã nói trên ($Q = v \cdot \omega$; $v = C\sqrt{Ri}$) gặp phải rất nhiều khó khăn. Vì vậy trong thực tế người ta dùng các đồ thị hay bảng tra tra phụ, được lập cho các tỷ số :

$$\frac{K_{ng}}{K}; \frac{W_{ng}}{W}; \frac{\omega_{ng}}{\omega}; \frac{R_{ng}}{R}$$

theo các độ ngập nước trong kênh $h_{ng}/H = a$ khác nhau, tức là lập ra dưới dạng các hàm số tương ứng của h_{ng}/H . Ở đây K_{ng} là đặc trưng lưu lượng ứng với độ sâu h_{ng} nào đó, tức là lúc chỉ ngập một phần, còn K là đặc trưng lưu lượng ứng với độ sâu H , tức là lúc đầy nhất, khi kênh "làm việc" với tiết diện toàn phần. Các yếu tố hình học của mặt cắt thường gặp nhất được trình bày trên các hình (7-A-8) đến (7-A-11). Cũng tương tự người ta ký hiệu đặc trưng vận tốc, diện tích mặt cắt ướt và bán kính thủy lực ứng với độ sâu h_{ng} là W_{ng} , ω_{ng} , R_{ng} , còn lúc tính vận tốc, diện tích mặt cắt ướt và bán kính thủy lực ứng với độ sâu H là ω , R .

Do đó, các đồ thị và các bảng phụ biểu thị các quan hệ hàm số :

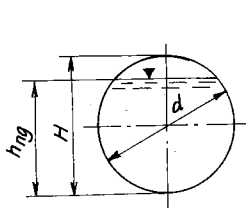
$$\begin{aligned} \frac{K_{ng}}{K} &= f_1\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) = f_1(a); \\ \frac{W_{ng}}{W} &= f_2\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) = f_2(a) \end{aligned} \quad (7-42)$$

trong đó : $a = h_{ng}/H$ - độ ngập của kênh kín (ống).

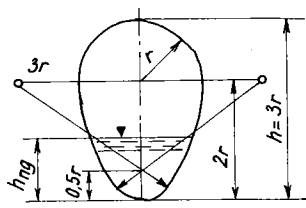
Đối với các kênh có tiết diện tương tự về hình học thì các hệ thức nói trên $K_{ng}/K = f_1(a)$ và $W_{ng}/W = f_2(a)$ là không thay đổi nếu khi tính đặc trưng lưu lượng, đặc trưng vận tốc K và W

ta dùng công thức $C = \frac{1}{n} R^y$ với $y = const$. Các hệ thức này sẽ thay đổi với mức độ không

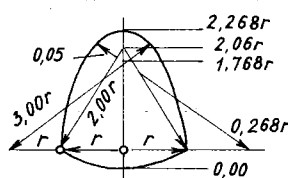
đáng kể, nếu ta xác định C theo công thức N.N.Pavlovski hoàn chỉnh. Trong thực tế, nói chung có thể cho rằng các hệ thức này không có liên quan với các đại



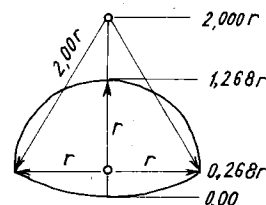
Hình 7-A-8



Hình 7-A-9

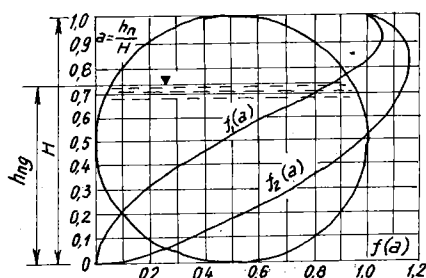


Hình 7-A-10



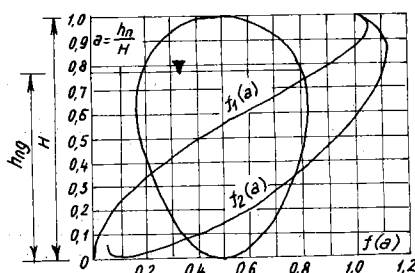
Hình 7-A-11

lượng của kênh. Do đó, nếu tiết diện của các kênh là tương tự về hình học với nhau thì các hệ thức đó sẽ như nhau. Trên các hình (7-12) đến (7-15) cho các đường cong

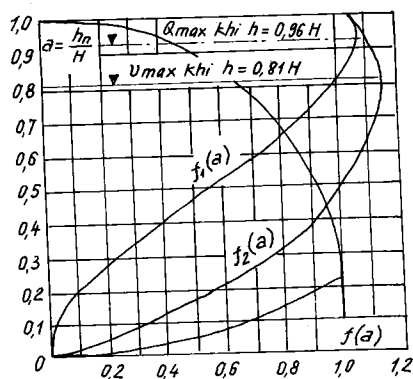


Hình 7-A-12

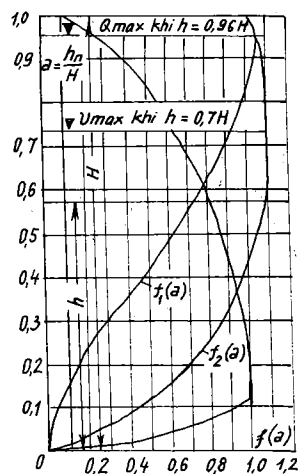
$$\frac{K_{ng}}{K} = f_1(a); \quad \frac{W_{ng}}{W} = f_2(a)$$



Hình 7-A-13



Hình 7-A-14



Hình 7-A-15

$$\frac{K_{ng}}{K} = f_1\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) = f_1(a);$$

$$\frac{K_{ng}}{K} = f_1\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) = f_1(a);$$

$$\frac{W_{ng}}{W} = f_2\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) = f_2(a).$$

$$\frac{W_{ng}}{W} = f_2\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) = f_2(a).$$

$K_{ng}/K = f_1(a)$ và $W_{ng}/W = f_2(a)$ ứng với các tiết diện có tính chất điển hình. Dùng các đường cong nói trên có thể xác định đặc trưng lưu lượng K_{ng} hay đặc trưng vận tốc W_{ng} ứng với mọi chiều sâu chứa nước h_{ng} của kênh, nếu như đã biết đặc trưng lưu lượng K hay đặc trưng vận tốc W ứng với lúc đầy nhất của tiết diện đó.

Đặc trưng lưu lượng ứng với độ sâu h_{ng} bằng :

$$K_{ng} = K \cdot f_1\left(\frac{h_{ng}}{H}\right). \quad (7-43)$$

Đặc trưng vận tốc ứng với độ sâu h_{ng} bằng :

$$W_{ng} = W \cdot f_2\left(\frac{h_{ng}}{H}\right). \quad (7-44)$$

Bài toán ngược lại cũng được giải một cách tương tự :

$$K = \frac{K_{ng}}{f_1\left(\frac{h_{ng}}{H}\right)} ; W = \frac{W_{ng}}{f_2\left(\frac{h_{ng}}{H}\right)}. \quad (7-45)$$

Trị số của đặc trưng lưu lượng khi tiết diện tròn và đầy toàn bộ cũng được xác định như đối với các đường dẫn nước có áp (xem chương V), còn đối với các mặt cắt trên các hình (7-A-13) và (7-A-15) thì xác định theo bảng (7-6) và (7-7)

Bảng 7-6 .

K (m^3/s) và W (m/s) cho mặt cắt hình tròn (hình 7-11), khi $n = 0,013$ và đầy nước

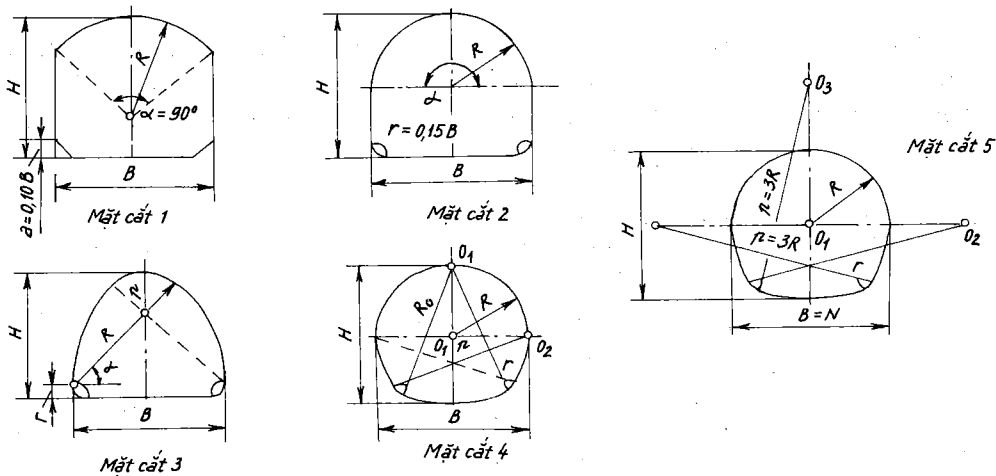
H (m)	K (m^3/s)	W (m/s)	H (m)	K (m^3/s)	W (m/s)
0,30	0,497	10,82	1,35	29,93	32,17
0,45	1,523	14,43	1,50	42,69	34,43
0,60	3,314	18,03	1,65	51,43	37,00
0,75	6,119	21,31	1,80	64,39	38,92
0,90	10,01	24,19	1,95	78,58	40,42
1,05	15,20	27,03	2,10	92,16	42,68
1,20	21,55	29,34	2,25	115,80	44,81

Bảng 7-7

K (m^3/s) và W (m/s) cho mặt cắt hình máng (hình 7-12), khi $n = 0,013$ và đầy nước

Chiều rộng mặt cắt $B - 2r$ (m)	K (m^3/s)	W (m/s)	Chiều rộng mặt cắt $B - 2r$ (m)	K (m^3/s)	W (m/s)
1,00	12,28	25,24	2,40	128,0	46,2
1,20	20,12	28,9	2,80	193,0	50,9
1,40	30,40	32,1	3,20	270,0	55,7
1,60	43,60	35,1	3,60	375,0	59,8
1,80	59,60	38,1	4,00	495,0	63,9
2,00	78,80	40,7			

Đối với các hình (7-A-10) và (7-A-11) có thể xác định đặc trưng lưu lượng K theo công thức chung $K = \omega C\sqrt{R}$, nếu lấy :



Hình 7-A-16

Dạng I :

$$\left. \begin{array}{l} H = B \\ H = 1,25B \\ H = 1,50B \end{array} \right\} \Rightarrow R = \frac{B}{\sqrt{2}} ;$$

Dạng II :

$$\left. \begin{array}{l} H = B \\ H = 1,25B \\ H = 1,50B \end{array} \right\} \Rightarrow R = \frac{B}{2}$$

Dạng III

Dạng IV

	$H=B$	$H=1,25B$	$H=1,4B$		$H=B$	$H=1,15B$	$H=1,30B$
R	B	2B	2B	R	0,5B	0,5B	0,5B
p	0,293B	0,25B	0,25B	R_0	B	B	B
r	0,297B	0,20B	0,25B	p	B	1,5B	2B
a	$\frac{\pi}{4}$	$a \text{ rtg } \frac{3}{4}$	$a \text{ rtg } \frac{3}{5}$	r	0,15B	0,15B	0,15B

+ Đối với hình (7-A-10) : $\omega = 1,936 r^2$ và $R = 0,370 r$;

+ Đối với hình (7-A-11) : $\omega = 3,388 r^2$ và $R = 0,492 r$

Các hình dạng mặt cắt đặc biệt của đường hầm (tuyenen), hình (7-A-14)

Các hình dạng mặt cắt I, II, III, IV là các hình dạng mặt cắt mẫu của các đường hầm dẫn nước được dùng phổ biến .

Trị số đặc trưng lưu lượng K (m^3/s) và lưu lượng của các đường hầm tiết diện tròn được xác định theo các tỷ số $\frac{K_{\text{mặt cắt}}}{K_{\text{mặt cắt tròn}}}$ được ghi ở bảng (7-8).

Bảng 7-8

Khi đầy diện tích mặt cắt %	Hình dạng I			Hình dạng II		
	$H = B$	$H = 1,25B$	$H = 1,5B$	$H = B$	$H = 1,25B$	$H = 1,5B$
100	0,97	0,96	0,845	0,98	0,97	0,96
80	0,97	0,945	0,925	0,97	0,945	0,925
	Hình dạng III			Hình dạng IV		
	$H = B$	$H = 1,25B$	$H = 1,5B$	$H = B$	$H = 1,25B$	$H = 1,5B$
100	0,985	0,965	0,95	0,99	0,98	0,97
80	0,98	0,96	0,945	0,97	0,97	0,95

Để tính toán thủy lực cho các mặt cắt đường hầm *II* và *V* trên hình (7-A-16), ở các bảng từ (7-9) đến (7-11) cho các trị số của đặc trưng lưu lượng ứng với hệ số nhám $n = 1,0$ đối với các trường hợp đầy hoàn toàn cũng như đầy một phần tiết diện. Để có các lưu lượng thực tế với hệ số nhám cho trước cần nhân các giá trị trong bảng với $1/n$.

Trên hình (7-A-17) là đồ thị của :

$$K' = \omega R^{0.7} = f(H)$$

và trên hình (7-A-18) là đồ thị của :

$$\frac{K'_{ng}}{K'} = f\left(\frac{h}{H}\right)$$

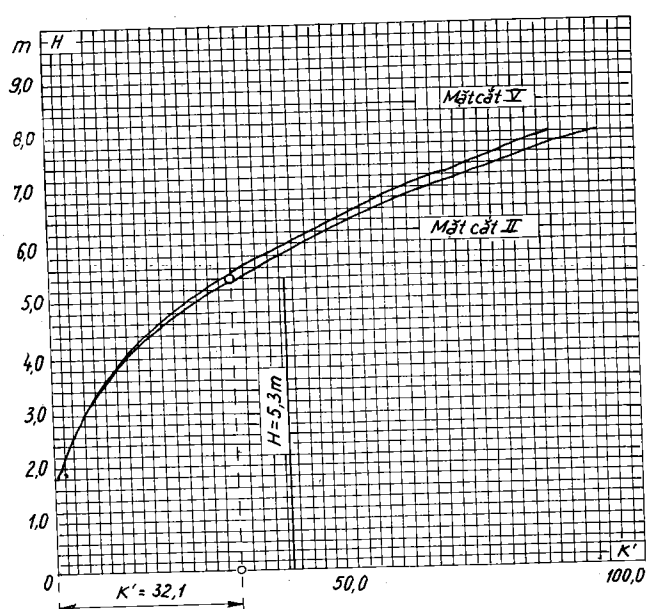
Các trị số K và ω ghi ở bảng (7-10) là ứng với tiết diện ngang của mặt cắt *II* và *V* (theo hình (7-A-16) với chiều cao $H = 2m$).

Đối với các tiết diện ngang có chiều cao khác ($H \neq 2m$), đặc trưng lưu lượng K' và diện

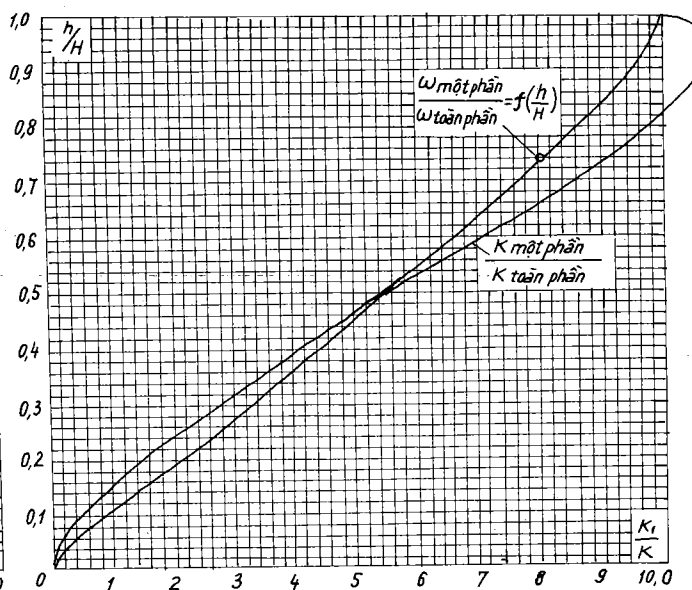
Bảng 7-9

$$K' = \omega R^{\frac{1}{6}} \sqrt{R} \quad (m^3/s), \quad n = 1, \text{ khi đầy nước với } H (m)$$

$H (m)$	$\frac{H}{2} (m)$	$\left(\frac{H}{2}\right)^{2.7}$	$K' = 2.2164 \cdot \left(\frac{H}{2}\right)^{2.7} \frac{m^3}{s}$
Hình dạng II trên hình (7-A-16)			
2	1,0	1,000	2,2164
3	1,5	2,988	6,64
4	2,0	6,498	14,40
5	2,5	11,870	26,30
6	3,0	19,420	43,10
7	3,5	29,440	66,20
8	4,0	42,230	93,50
Hình dạng V trên hình (7-A-16)			
			$K' = 2.097 \cdot \left(\frac{H}{2}\right)^{2.7} \frac{m^3}{s}$
2	1,0	1,000	2,097
3	1,5	2,988	6,30
4	2,0	6,498	13,67
5	2,5	11,870	24,70
6	3,0	19,420	40,80
7	3,5	29,440	61,80
8	4,0	42,230	88,70



Hình 7-A-17



Hình 7-A-18

Bảng 7-10

$$K' = \omega R^{\frac{1}{6}} \sqrt{R}, \omega \text{ theo } (h/H) \text{ với } n = 1 \text{ và } H = 2m$$

h/H	$K (m^3/s)$	$\omega (m^2)$	h/H	$K (m^3/s)$	$\omega (m^2)$
Hình dạng II					
0,05	0,0330	0,1780	0,55	0,4210	2,1728
0,10	0,1084	0,3738	0,60	1,5915	2,3705
0,15	0,2123	0,5732	0,65	1,7584	2,5640
0,20	0,3321	0,7732	0,70	1,9175	2,7513
0,25	0,4685	0,9732	0,75	2,0659	2,9298
0,30	0,6167	1,1732	0,80	2,1922	3,0967
0,35	0,7679	1,3732	0,85	2,2951	3,2485
0,40	0,9200	1,5732	0,90	2,3625	3,3905
0,45	1,0832	1,7262	0,95	2,3759	3,4852
0,50	1,2506	1,9732	1,00	2,2164	3,5440
Hình dạng V					
0,05	0,012	0,087	0,55	1,317	2,011
0,10	0,090	0,280	0,60	1,487	2,208
0,15	0,154	0,449	0,65	1,654	2,402
0,20	0,260	0,635	0,70	1,824	2,590
0,25	0,383	0,826	0,75	1,960	2,768
0,30	0,517	1,019	0,80	2,089	3,935
0,35	0,663	1,215	0,85	2,192	3,086
0,40	0,818	1,413	0,90	2,258	3,218
0,45	1,980	1,612	0,95	2,272	3,323
0,50	1,146	1,811	1,00	2,297	3,382

tích mặt cắt ướ́t ω (khi đầy hoàn toàn) có thể xác định theo các công thức :

Đối với mặt cắt II : $K' = 2,2164 \left(\frac{H}{2} \right)^{2,7}$; $\omega = 2,544 \left(\frac{H}{2} \right)^2$.

Đối với mặt cắt V : $K' = 2,097 \left(\frac{H}{2} \right)^{2,7}$; $\omega = 3,382 \left(\frac{H}{2} \right)^2$.

Bảng 7-11

Tỷ số $\frac{K'_{ng}}{K'} = f\left(\frac{h}{H}\right)$ và $\frac{\omega'_{ng}}{\omega} = f\left(\frac{h}{H}\right)$

$\frac{h}{H}$	$\frac{K'_{ng}}{K'} = f\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{\omega'_{ng}}{\omega} = f\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{h}{H}$	$\frac{K'_{ng}}{K'} = f\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{\omega'_{ng}}{\omega} = f\left(\frac{h}{H}\right)$
Hình dạng II					
0,10	0,049	0,105	0,70	0,866	0,775
0,20	0,150	0,218	0,80	0,990	0,870
0,30	0,278	0,330	0,90	1,065	0,955
0,40	0,415	0,443	0,95	1,075	0,985
0,50	0,565	0,557	1,00	1,00	1,00
0,60	0,720	0,670			
Hình dạng V					
0,10	0,000	0,000	0,60	0,707	0,675
0,20	0,043	0,083	0,70	0,865	0,765
0,30	0,124	0,188	0,80	0,995	0,870
0,40	0,246	0,300	0,90	1,075	0,945
0,50	0,390	0,417	0,95	1,085	0,980
0,60	0,546	0,535	1,00	1,00	1,00

Để xác định K' và diện tích mặt cắt ướ́t ω khi đầy một phần mặt cắt (với $h_{ngập}$), trong bảng (7-11) cho trị số của các tỷ số :

$$\frac{K'_{ng}}{K'} = f\left(\frac{h}{H}\right) \text{ và } \frac{\omega'_{ng}}{\omega} = f\left(\frac{h}{H}\right)$$

ứng với các độ ngập khác nhau.

B- BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

Bài 7-B-1. Một kênh dẫn nước hình chữ nhật, chiều rộng $b = 2m$ và độ dốc đáy $i = 0,001$. Lòng kênh trát vữa xi măng. Nếu chiều sâu mực nước $h = 2,4m$ thì kênh sẽ dẫn được lưu lượng Q là bao nhiêu ?

Bài giải

Bán kính thủy lực xác định theo công thức (3-9) :

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{2,2,4}{2 + 2,2,4} = 0,705m .$$

Xác định hệ số C theo công thức (7-7). Theo bảng (7-1) ta lấy $\varepsilon = 0,02mm$.

$$\text{Vậy : } C = 20lg \frac{705}{0,02 + \frac{0,004}{\sqrt{705 \cdot 0,0001}}} = 86,6 \frac{m^{0,5}}{s} .$$

Lưu lượng nước được xác định theo công thức :

$$Q = \omega C \sqrt{R i} = 2,2,4 \cdot 86,6 \sqrt{0,705 \cdot 0,0001} = 3,49 \frac{m^3}{s} .$$

Bài 7-B-2. Xác định lưu lượng chuyển động đều của nước trong kênh đất hình thang (á sét), nếu chiều rộng đáy $b = 5,5m$, chiều sâu $h = 1,8m$, hệ số mái dốc $m = 1$ và độ dốc đáy $i = 0,0004$.

Bài giải

Vận tốc được xác định theo công thức Sêđi (7-1). Diện tích mặt cắt ướt theo (3-10) bằng

$$\omega = (b + mh)h = (5,5 + 1,8)1,8 = 132,14m^2 .$$

Chu vi ướt theo (3-11) :

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} = 5,5 + 2,1,8\sqrt{1 + 1^2} = 10,58m .$$

Bán kính thủy lực xác định theo (3-9) :

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{13,14}{10,58} = 1,24m .$$

Xác định hệ số Sêđi C theo công thức Pavlôpxki (7-3) với hệ số nhám $n = 0,025$. Vì $R = 1,24 > 1m$ nên :

$$y = 1,3\sqrt{n} = 1,3\sqrt{0,025} = 0,206 .$$

Vậy :

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,025} 1,24^{0,206} = 41,8 \frac{m^{0,5}}{s} .$$

Vận tốc :

$$v = C \sqrt{R i} = 41,8 \sqrt{1,24 \cdot 0,0004} = 0,93 \frac{m}{s} .$$

Lưu lượng :

$$Q = \omega \cdot v = 13,14 \cdot 0,93 = 12,2 \frac{m^3}{s} .$$

Bài 7-B-3 .Cho một kênh hình thang có chiều rộng $b = 12m$, hệ số mái dốc $m = 1,5$, hệ số nhám $n = 0,025$ và độ sâu chảy đều trong kênh $h = 3m$.

1- Tính lưu lượng qua kênh nếu độ dốc đáy $i = 0,0002$.

2- Tính độ dốc đáy i nếu kênh tháo được một lưu lượng $Q = 60 m^3/s$.

Bài giải

1- Xác định lưu lượng Q theo công thức : $Q = \omega C' \sqrt{R i}$ với hệ số Sêdi $C' = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$. Do đó

$$Q = \omega \cdot \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} .$$

Tính các đại lượng : $\omega = (b + mh)h = (12 + 1,5 \cdot 3)3 = 49,5m^2$;

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} = 12 + 2 \cdot 3\sqrt{1 + 1,5^2} = 22,8m ;$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{49,5}{22,8} = 2,2m .$$

Thay các giá trị bằng số vào biểu thức tính Q , ta nhận được :

$$Q = 49,5 \cdot \frac{1}{0,025} \cdot 2,2^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{0,0002} = 47,4 \frac{m^3}{s} .$$

2- Từ công thức (7-14) :

$$i = \frac{Q^2}{(\omega C')^2 R} = \frac{Q^2 n^2}{\omega^2 R^3} .$$

Thay số vào ta có :

$$i = \frac{60^2 \cdot 0,025^2}{49,5^2 \cdot 2,2^3} = 0,00032 .$$

Bài 7-B-4 .Một sông lớn ở đồng bằng, đất lòng sông là sỏi nhỏ và cát lớn chuyển động tương đối đều. Nếu chiều rộng sông $b = 200m$, chiều sâu trung bình trên đoạn sông đang xét $h = 2,5m$, độ dốc mặt nước $i = 0,00014$. Xác định vận tốc trung bình v và lưu lượng nước Q .

Bài giải

Vì sông có quá trình tạo lòng tự nhiên nên hệ số Sêdi C được xác định theo công thức (7-12) :

$$C' = \frac{14,8}{i^{\frac{1}{6}} - 26} = \frac{14,8}{0,00014^{\frac{1}{6}} - 26} = 36,8 \frac{m^{0,5}}{s} .$$

Lưu lượng được xác định theo công thức :

$$Q = \omega C' \sqrt{R i} = 200 \cdot 2,5 \cdot 36,8 \sqrt{20 \cdot 0,00014} = 950 \frac{m^3}{s} .$$

Bài 7-B-5 . Dầu mỏ được xả bằng một máng kim loại hình chữ nhật có chiều rộng $b = 0,6m$. Độ dốc đáy máng $i = 0,0125$. Xác định lưu lượng của máng với chiều sâu $h = 0,2m$. Độ nhớt của dầu $\nu = 1cm^2/s = 1 \cdot 10^{-4} m^2/s$.

Bài giải

Tính bán kính thủy lực của máng theo công thức (3-9) :

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,6 \cdot 0,2}{0,6 + 2 \cdot 0,2} = 0,12m$$

Hệ số Sêđi được xác định theo công thức (7-7) . Lấy $\varepsilon = 1mm$ theo bảng (7-1):

$$C = 20lg \frac{12}{0,1 + \frac{0,385 \cdot 1}{\sqrt{981 \cdot 12 \cdot 0,0125}}} = 39,2 \frac{m^{0,5}}{s}$$

Vận tốc chuyển động của dầu xác định theo công thức (7-1) :

$$v = 39,2 \sqrt{0,12 \cdot 0,0125} = 1,53 \frac{m}{s}$$

Lưu lượng dầu trong máng :

$$Q = v \cdot \omega = 1,53 \cdot 0,6 \cdot 0,2 = 0,175 \frac{m^3}{s}$$

Bài 7-B-6 . Một mương thoát nước của đường ô tô có mặt cắt ngang hình tam giác được gia cố bằng đá. Hãy xem xét khả năng chống xói của mương, nếu hệ số mái dốc $m_1 = 0,5$; $m_2 = 2$, chiều sâu $h = 0,18m$ và độ dốc đáy $i = 0,004$.

Bài giải

Vận tốc dòng nước trong mương được xác định theo công thức (7-1) .

Ta xác định các đại lượng :

$$\omega = \frac{1}{2} h^2 (m_1 + m_2) = \frac{1}{2} 0,18^2 (0,5 + 2) = 0,04 m^2 ;$$

$$\chi = h \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right) = 0,18 \left(\sqrt{1 + 0,5^2} + \sqrt{1 + 2^2} \right) = 0,6m;$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,04}{0,6} = 0,066m.$$

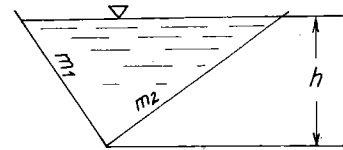
Xác định hệ số Sêđi C theo công thức Maninng . Lấy hệ số nhám $n = 0,02$.

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0,02} \cdot 0,066^{\frac{1}{6}} = 31,8 \frac{m^{0,5}}{s}$$

Vận tốc được xác định theo (7-1) :

$$v = 31,8 \sqrt{0,066 \cdot 0,004} = 0,52 \frac{m}{s}$$

Theo bảng (7-2), vận tốc chống xói cho phép đối với mương lát đá một lớp : $[v_{max}] = 3m/s$. Vậy với vận tốc $v = 0,52 m/s < 3 m/s$ nên mương không bị xói .



Hình 7-B-1

Bài 7-B-7. Xác định độ dốc thủy lực của máng kim loại hình chữ nhật với chiều rộng $b = 2m$, chiều sâu $h = 1m$. Máng dẫn dầu với lưu lượng $Q = 2 m^3/s$; độ nhớt của dầu $\nu = 0,00025 m^2/s$ ở nhiệt độ 10^0C .

Bài giải

Xác định các đại lượng :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{2}{2.1} = 1 \frac{m}{s} ;$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{2.1}{2 + 2.1} = 0,5 m.$$

Xác định trạng thái chảy của dầu trong máng :

$$Re \frac{4vR}{\nu} = \frac{4.1.0,5}{0,00025} = 8000.$$

trạng thái chảy là rối .

Tìm hệ số Sêdi C theo công thức tổng quát (7-7). Lấy $\varepsilon = 1mm$ theo bảng (7-1). Khi xác định C , trong lần gần đúng thứ nhất, bỏ qua số hạng thứ hai ở mẫu số của (7-7) :

$$C = 20 \lg \frac{500}{0,1} = 20.2,7 = 54 \frac{m^{0,5}}{s}.$$

Độ dốc máng trong lần gần đúng thứ nhất theo (7-14) :

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{1^2}{54^2 \cdot 0,5} = \frac{1}{2916 \cdot 0,5} = 0,00069.$$

Tính hệ số Sêdi C trong lần gần đúng thứ hai :

$$C' = 20 \lg \frac{50}{0,1 + \frac{0,385 \cdot 2,5}{\sqrt{980 \cdot 50 \cdot 0,00069}}} = 55 \frac{m^{0,5}}{s}.$$

Độ dốc máng trong lần gần đúng thứ hai :

$$i = \frac{v^2}{C'^2 R} = \frac{1^2}{55^2 \cdot 0,5} = 0,00066.$$

Bài 7-B-8 . Với chiều sâu h nào của kênh bê tông mặt cắt hình thang thoát được lưu lượng $Q = 38 m^3/s$, nếu chiều rộng của nó $b = 25m$, hệ số mái dốc $m = 0,5$ và độ dốc $i = 0,00025$.

Bài giải

Bài toán giải bằng thử dần. Xác định môđun lưu lượng K ứng với lưu lượng Q đã cho theo công thức (7-16) .

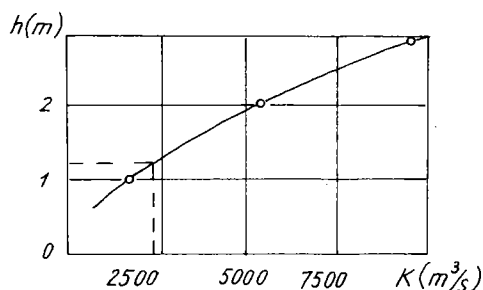
$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{38}{\sqrt{0,00025}} = 2420 \frac{m^3}{s}.$$

Tự cho các chiều sâu khác nhau, tính các trị số môđun lưu lượng tương ứng :

Kết quả tính được ghi vào bảng sau (hệ số Sêdi được tính theo công thức Pavlôpxki) :

$h (m)$	$\omega (m^2)$	$\chi (m)$	$R (m)$	$C (m^{0,5}/s)$	$K (m^3/s)$
2,9	76,75	31,5	2,44	81,2	9725
2	52	29,48	1,76	77,6	5350
1	25,5	27,24	0,935	70,5	1738
1,2	30,7	27,7	1,11	72,36	2345

Bằng các số liệu trên ta vẽ đồ thị $K = f(h)$ - hình (7-B-2) và tìm chiều sâu $h = 1,2m$ ứng với môđun lưu lượng $K = 2345 m^3/s$, so với môđun lưu lượng tính theo số liệu đầu bài chỉ chênh nhau 3,1%. Vì vậy chiều sâu ứng với lưu lượng đã cho là $h = 1,2m$.



Hình 7-B-2

Bài 7-B-9. Xác định độ sâu chảy đều trong kênh hình thang. Cho biết $b = 1,2m$, $m = 1,5$, $n = 0,0275$, $i = 0,0006$ và $Q = 1,1 m^3/s$.

Bài giải

Với hệ số Sêđi C theo công thức (7-6), công thức tính lưu lượng chảy qua kênh theo (7-13) sẽ có dạng :

$$Q = \omega \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} \text{ hay } \frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} = \omega \cdot R^{\frac{2}{3}}.$$

Thay các biểu thức của ω bằng (7-20) và χ bằng (7-21), ta được :

$$\left(\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} \right) = (b + mh)h \left[\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}. \quad (1)$$

Thay số vào (1) ta được :

$$\frac{1,1 \cdot 0,0275}{\sqrt{0,0006}} = (1,2 + 1,5h)h \left[\frac{(1,2 + 1,5h)h}{1,2 + 3,6h} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

$$1,235 = (1,2 + 1,5h)h \left[\frac{(1,2 + 1,5h)h}{1,2 + 3,6h} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Có thể giải (2) bằng thử dần trên máy tính. Kết quả của một số lần thử dần được ghi vào bảng sau :

$h (m)$	0,9	0,85	0,8	0,82
Vế phải của (2)	1,48	1,314	1,16	1,221

Vì $1,221 \cong 1,235$ của vế trái của (2) nên có thể lấy $h \cong 0,82 m$.

Bài 7-B-10. Xác định kích thước của một kênh hình thang (b, h) sao cho mặt cắt đó là lợi nhất về thủy lực. Cho trước các số liệu như sau : $n = 0,0275$; $i = 0,0006$; $m = 1,5$; $Q = 1,1 m^3/s$ (tính bằng giải tích).

Bài giải

Tỷ số b/h đối với mặt cắt có lợi nhất về thủy lực được tính theo công thức (7-22) :

$$\frac{b}{h} = \beta_{\text{ln}} = 2 \left(\sqrt{1 + m^2} - m \right) = 2 \cdot \left(\sqrt{1 + 1,5^2} - 1,5 \right) = 0,606.$$

Từ hệ số Sêđi C theo công thức (7-6), công thức tính lưu lượng chảy qua kênh theo (7-13) sẽ có dạng :

$$\left(\frac{Q.n}{\sqrt{i}}\right) = (b + mh)h \left[\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}.$$

Ta có :

$$b = \beta_m . h .$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{Q.n}{\sqrt{i}}\right) &= (b + mh)h \left[\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} = \\ &= (\beta_m + m)h^2 . \frac{1}{n} \left[\frac{(\beta_m + m)h^2}{(\beta_m + 2\sqrt{1 + m^2})h} \right]^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} = \\ &= \left[\frac{(\beta_m + m)^{\frac{5}{3}}}{(\beta_m + 2\sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{\sqrt{i}}{n} \right] h^{\frac{8}{3}}; \\ h &= \frac{(\beta_m + 2\sqrt{1 + m^2})^{\frac{1}{4}}}{(\beta_m + m)^{\frac{5}{8}}} \left(\frac{Qn}{\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{8}}. \end{aligned}$$

Trên đây là công thức giải tích có thể dùng để tính chính xác độ sâu h . Thay các giá trị bằng số ta được :

$$h = \frac{(0.606 + 2\sqrt{1 + 1.5^2})^{\frac{1}{4}}}{(0.606 + 1.5)^{\frac{5}{8}}} \left(\frac{1.1.0.0275}{\sqrt{0.0006}}\right)^{\frac{3}{8}} = 0.97m$$

Tính b theo:

$$b = \beta_m . h = 0.606 . 0.97 = 0.59 m .$$

Bài 7-B-11 . Cho một kênh hình thang có : $m = 2$; $i = 0,00038$; $n = 0,0225$. Lưu lượng dẫn qua kênh $Q = 75 m^3/s$, vận tốc trong kênh $v = 1,25 m/s$.

1- Chứng minh rằng bán kính thủy lực lớn nhất có thể R_{max} của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực bằng :

$$R_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Q}{v \cdot a}}; \quad a = (2\sqrt{1 + m^2} - m)$$

còn bán kính thủy lực tính toán R_H bằng :

$$R_H = \left(\frac{v \cdot n}{\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

2- Xác định kích thước của kênh hình thang theo các số liệu đã cho .

Bài giải

Theo định nghĩa, mặt cắt có lợi nhất về thủy lực là mặt cắt có bán kính thủy lực lớn nhất hay chu vi ướt nhỏ nhất, tức là :

$$R_{max} = \frac{\omega}{\chi_{min}} = \frac{Q}{v \cdot \chi_{min}} \quad , \quad (1)$$

trong đó :
$$\chi_{\min} = (b + 2h\sqrt{1+m^2}) = (\beta_{\ln} + 2\sqrt{1+m^2})h .$$

Thay công thức tính $\beta_{\ln}$ vào công thức tính $\chi_{\min}$ ta được :

$$\chi_{\min} = 2h(\sqrt{1+m^2} - m) = 2ha;$$

$$a = (2\sqrt{1+m^2} - m).$$

Ta cũng biết rằng :
$$R_{\ln} = R_{\max} = \frac{h}{2} .$$

Do đó :
$$\chi_{\min} = 4.R_{\max}a .$$

(2)

Thay (2) vào (1) , ta được :

$$R_{\max} = \frac{Q}{v4R_{\max}a} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Q}{va}} .$$

Thay số, ta nhận được:

$$a = (2\sqrt{1+2^2} - 2) = 2,47;$$

$$R_{\max} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{75}{1,25 \cdot 2,47}} = 2,46m$$

Với C theo (7-7) và v theo (7-1) ta được :

$$v = \frac{1}{n} R_u^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} \quad \text{hay} \quad R_u = \left(\frac{v \cdot n}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{2}} .$$

Thay số , ta được :

$$R_u = \left(\frac{1,25 \cdot 0,0225}{\sqrt{0,00038}} \right)^{\frac{3}{2}} = 1,73m .$$

Vì : $R_u < R_{\max}$ nên bài toán có lời giải .

2- Để tìm b và h cần phải giải hệ hai phương trình sau :

$$\left. \begin{aligned} (b + mh)h &= \omega ; \\ b + 2h\sqrt{1+m^2} &= \frac{\omega}{R} . \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\omega}{R} - 2h\sqrt{1+m^2} = b . \quad (3)$$

Thay ω vào (3) ta có :

$$h = \frac{\frac{\omega}{aR_u} \pm \sqrt{\left(\frac{\omega}{aR_u} \right)^2 - 4 \frac{\omega}{a}}}{2} .$$

Thay số :

$$R_u = 1,73m; \quad a = 2,47; \quad \omega = \frac{Q}{v} = \frac{75}{1,25} = 60m^2;$$

$$\frac{\omega}{a \cdot R_u} = \frac{60}{1,73 \cdot 2,47} = 14,04m; \quad \frac{\omega}{a} = \frac{60}{2,47} = 24,9m^2;$$

$$h = \frac{14,04 \pm \sqrt{14,04^2 - 4 \cdot 24,9}}{2} .$$

Ta được hai nghiệm :

$$h_1 = 12,02m \Rightarrow b_1 = \frac{\omega}{h_1} - mh = \frac{60}{12,02} - 2 \cdot 12,02 < 0;$$

$$h_2 = 2,02m \Rightarrow b_2 = \frac{\omega}{h_2} - mh = \frac{60}{2,02} - 2 \cdot 2,02 = 25,7m.$$

Như vậy kênh phải có chiều rộng đáy $b = 25,7m$, độ sâu $h = 2,02m$.

Bài 7-B-12. Xác định kích thước có lợi nhất về thủy lực của kênh đất có độ dốc đáy $i = 0,001$ và lưu lượng của kênh $Q = 4 m^3/s$, kênh có mặt cắt hình thang, hệ số mái dốc $m = 2$.

Bài giải

Bài toán giải bằng thử dần. Ta xác định môđun lưu lượng K theo công thức (7-16) :

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{5}{\sqrt{0,001}} = 126,5 \frac{m^3}{s}.$$

Tự cho các chiều sâu và tính các môđun lưu lượng tương ứng. Khi $h = 1m$:

$$b = 2h(\sqrt{1+m^2} - m) = 2.1(\sqrt{1+2^2} - 2) = 0,47m;$$

$$\omega = (b + mh)h = (0,47 + 2.1)1 = 2,47m;$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} = 0,47 + 2.1\sqrt{1+2^2} = 4,93m;$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{2,47}{4,93} = 0,5m;$$

$$\varepsilon \sqrt{Ri} = 10\sqrt{500.0,001} = 7,07 > 0,04.$$

Hệ số C được xác định theo công thức (7-10) :

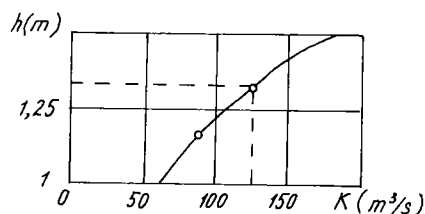
$$C = 20 \lg \frac{R}{\varepsilon} = 20 \lg \frac{500}{10} = 34 \frac{m^{0.5}}{s}.$$

Môđun lưu lượng : $K = \omega C \sqrt{R} = 2,47.34\sqrt{0,5} = 59,4 \frac{m^3}{s}.$

Cũng như vậy ta tính môđun lưu lượng đối với $h = 1,2m$ và $h = 1,5m$. Kết quả ta có bảng sau đây :

$h(m)$	$b(m)$	$\omega (m^2)$	$\chi(m)$	$R (m)$	$\sqrt{R} (m^{0.5})$	$C (m^{0.5}/s)$	$K (m^3/s)$
1	0,47	2,47	4,93	5,5	0,707	34	59,4
1,2	0,564	3,56	5,939	4,598	0,772	35,55	97,6
1,5	0,705	5,57	7,4	7,75	0,866	37,5	181
1,32	0,62	4,32	5,63	6,658	0,81	36,35	126,8

Bảng các số liệu ở bảng này ta vẽ đồ thị $K = f(h)$ hình (7-B-3) và tìm được môđun lưu lượng $K = 126,5 m^3/s$ ứng với $h = 1,32m$. So sánh môđun lưu lượng này với môđun lưu lượng tính theo số liệu đầu bài thì độ chênh không đáng kể. Vậy chiều sâu cần xác định là $h = 1,32m$. Ứng với chiều sâu h này thì chiều rộng $b = 0,62 m$.



Hình 7-B-3

Bài 7-B-13. Xác định chiều rộng mặt thoáng (B_{tc}), vận tốc (v_{tc}), diện tích mặt cắt ướt (ω_{tc}) và lưu lượng (Q_{tc}) của kênh đất bằng phương pháp cân bằng lực khối động. Chiều sâu tại trục kênh $h_0 = 0,32m$, dung trọng của đất lòng kênh $\gamma = 1,76 T/m^3$, góc ma sát tự nhiên $\varphi = 24^\circ$, lực dính $c = 0,1 T/m^2$, góc nghiêng mái dốc $\alpha = 21^\circ$, độ dốc đáy kênh $i = 22.10^{-6}$ và hệ số nhám $n = 0,0225$.

Nếu phải dẫn một lưu lượng Q là $260 m^3/s$ thì cần phải mở rộng kênh như thế nào để giữ nguyên chiều sâu tại trục kênh là $h_0 = 0,32m$.

Bài giải

Tính $tg\psi$ theo công thức (7-27) :

$$tg\psi = tg24^\circ + \frac{0,1}{1,76 \cdot \cos 21^\circ \cdot tg24^\circ} = 0,582.$$

Tính các trị số h theo công thức (7-23) với các giá trị x khác nhau. Kết quả như sau :

$x (m)$	1	5	10	15	17
$h (m)$	6,29	5,66	3,82	1,19	0,04

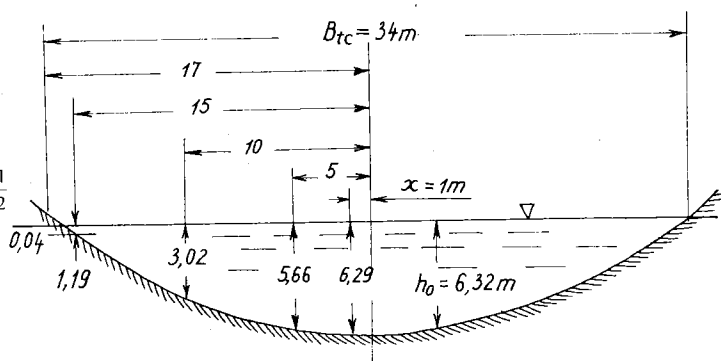
Vậy : $B = 17.2 = 34m$.

Bằng các kết quả trong bảng ta vẽ được mặt cắt ngang kênh hình cosinoid (hình 7-B-4).

Tính vận tốc tiêu chuẩn theo công thức (7-24) :

$$v = \frac{1,35 - 1,19 \cdot 0,582}{0,0225} 6,32^{\frac{2}{3}} (22.10^{-6})^{\frac{1}{2}} = 0,137 \frac{m}{s}.$$

Tính diện tích mặt cắt tiêu chuẩn theo (7-25):



Hình 7-B-4

$$\omega_{tc} = \frac{2,04 \cdot 6,32^2}{0,582} = 140m^2$$

Tính lưu lượng tiêu chuẩn theo (7-28) :

$$Q_{tc} = v_{tc} \cdot \omega_{tc} = 0,137 \cdot 140 = 19 \frac{m^3}{s}.$$

Nếu cần phải dẫn lưu lượng $Q = 260 m^3/s$ mà vẫn giữ nguyên $h_0 = 6,32m$ thì chiều rộng mặt thoáng B' được tính theo công thức (7-29):

$$B' = \frac{2,0225 (269 - 19)}{1,49 \cdot 6,32^{\frac{5}{3}} (22.10^{-6})^{\frac{1}{2}}} = 121,86m.$$

Bài 7-B-14. Một kênh mái dốc được phủ bê tông, còn đáy thì không gia cố (hình 7-A-4-a). Chiều dài mái dốc được phủ bê tông là $\chi_1 = 6m$ với hệ số nhám $n_1 = 0,012$ và độ dài đáy không gia cố là $\chi_2 = 5m$ với hệ số nhám $n_2 = 0,025$. Xác định hệ số nhám trung bình

Bài giải

Áp dụng công thức (7-31) ta được :

$$n_{th} = \frac{n_1 \chi_1 + n_2 \chi_2}{\chi_1 + \chi_2} = \frac{0,012.6 + 0,025.5}{6 + 5} = 0,018.$$

Theo công thức (7-32) ta có :

$$n_{th} = \sqrt{\frac{n_1^2 \chi_1 + n_2^2 \chi_2}{\chi_1 + \chi_2}} = \sqrt{\frac{0,012^2 . 6 + 0,025^2 . 5}{6 + 5}} = 0,019.$$

Bài 7-B-15. Tính lưu lượng đi qua kênh có nước chảy tràn bãi như hình (7-A-5), hệ số nhám chung cho các phần là $n = 0,025$; độ dốc $i = 0,0001$; $m_1 = m_2 = m_3 = 1$; $b_1 = 10m$; $b_2 = 5m$; $b_3 = 6m$; $h_1 = 0,5m$; $h_2 = 4,5m$ và $h_3 = 0,5m$.

Bài giải

Ta chia ba phần như hình (7-A-5) và áp dụng công thức (7-16), (7-20), (7-21), được :

+ Phần 1 :

$$\omega_1 = \left(10 + \frac{0,50}{2} \right) 0,50 = 5,125 m^2;$$

$$\chi_1 = 10 + 0,5\sqrt{1+1^2} = 10,70m;$$

$$R_1 = \frac{5,125}{10,70} = 0,48m; \quad C_1 \sqrt{R_1} = 23,80;$$

$$K_1 = \omega_1 C_1 \sqrt{R_1} = 5,125.23,80 = 122 \frac{m^3}{s};$$

$$Q_1 = K_1 \sqrt{i} = 122 \sqrt{0,0001} = 1,22 \frac{m^3}{s}.$$

+ Phần 2 :

$$\omega_2 = (5 + 4)4 + 0,5(5 + 2,4) = 42,5 m^2;$$

$$\chi_2 = 5 + 2,4\sqrt{1+1^2} = 16,3m;$$

$$R_2 = \frac{42,5}{16,3} = 2,61m; \quad C_2 \sqrt{R_2} = 76,55;$$

$$K_2 = \omega_2 C_2 \sqrt{R_2} = 42,5.76,55 = 3250 \frac{m^3}{s};$$

$$Q_2 = K_2 \sqrt{i} = 3250 \sqrt{0,0001} = 32,50 \frac{m^3}{s}.$$

+ **Phần 3 :**

$$\omega_3 = \left(6 + \frac{0,50}{2}\right) 0,50 = 3,125 m^2;$$

$$\chi_3 = 6 + 0,5\sqrt{1+1^2} = 6,70m;$$

$$R_3 = \frac{5,125}{10,70} = 0,405m; \quad C_3\sqrt{R_3} = 21,04;$$

$$K_3 = \omega_3 C_3 \sqrt{R_3} = 3,125 \cdot 21,04 = 65,5 \frac{m^3}{s};$$

$$Q_3 = K_3 \sqrt{i} = 65,5 \sqrt{0,0001} = 0,65 \frac{m^3}{s}.$$

Vậy : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1,22 + 32,50 + 0,65 = 34,37 m^3/s.$

Bài 7-B-16. Xác định lưu lượng của nước cần dẫn qua ống thoát nước bồn bằng sành có đường kính $d = 400mm$ khi ống chảy đầy. Độ dốc của ống thoát $i = 0,005$.

Bài giải

Lưu lượng nước được xác định theo công thức (7-14).

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,126 m^2;$$

Xác định các đại lượng cần thiết : $\chi = \pi d = 3,14 \cdot 0,4 = 1,26m;$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,126}{1,26} = 0,1m.$$

Đối với ống sành, hệ số nhám theo Pavlôpxki $n = 0,013$. Chỉ số mũ trong công thức Pavlôpxki (7-4) :

$$y = 2,5\sqrt{0,013} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,1}(\sqrt{0,013} - 0,1) = 0,152.$$

Theo (7-3) được :

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,013} 0,1^{0,152} = 54,2 \frac{m^{0,5}}{s}.$$

Lưu lượng theo (7-14) :

$$Q = 0,126 \cdot 54,2 \sqrt{0,1 \cdot 0,005} = 0,152 \frac{m^3}{s}.$$

Bài 7-B-17. Xác định vận tốc dòng chảy v và lưu lượng Q trong ống sành có đường kính $d = 300mm$ và độ đầy $a = \frac{h}{d} = 0,6$; độ dốc đáy $i = 0,008$.

Bài giải

Xác định các yếu tố mặt cắt :

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} \frac{\varphi}{2\pi} + (a - 0,5)\sqrt{a(1-a)};$$

$$\sin \alpha = 0,201 \text{ rad}; \varphi = \pi + 2,0,201 = 3,54 \text{ rad};$$

$$\omega = \frac{3,14,0,3^2}{4} \frac{3,54}{2,3,14} + 0,3^2(0,6 - 0,5)\sqrt{0,6(1 - 0,6)} = 0,044 \text{ m}^2;$$

$$\chi = \frac{\pi d\varphi}{2\pi} = \frac{0,3,3,54}{2} = 0,53 \text{ m};$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,044}{0,53} = 0,083 \text{ m}.$$

Đối với ống sành, hệ số nhám theo Pavlôpxki $n = 0,013$. Chỉ số mũ trong công thức Pavlôpxki (7-4) :

$$y = 2,5\sqrt{0,013} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,1}\left(\sqrt{0,013} - 0,1\right) = 0,152.$$

Theo (7-3) được :

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,013} 0,083^{0,152} = 52,7 \frac{\text{m}^{0,5}}{\text{s}}.$$

Vận tốc chảy trong ống :

$$v = C\sqrt{Ri} = 52,7\sqrt{0,083 \cdot 0,008} = 1,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Lưu lượng theo (7-14) :

$$Q = \omega \cdot v = 0,044 \cdot 1,36 = 0,0598 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Bài 7-B-17. Xác định độ dốc của ống thoát nước bằng bê tông cốt thép có đường kính $d = 800 \text{ mm}$ để dẫn một lưu lượng $Q = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ với độ đầy $\alpha = h/d = 0,7$.

Bài giải

Có thể có hai cách giải :

+ **Cách giải thứ nhất :** để xác định các yếu tố thủy lực của dòng chảy ta sử dụng đồ thị hình (7-B-5).

Khi $\alpha = 0,7$ thì $\omega/d^2 = 0,59$.

Do đó: $\omega = 0,59d^2 = 0,59 \cdot 0,8^2 = 0,378 \text{ m}^2$

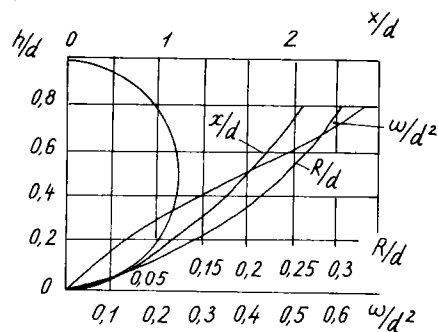
Theo đồ thị hình (7-B-5) có :

$$\frac{R}{d} = 0,297;$$

$$R = 0,297d = 0,297 \cdot 0,8 = 0,238 \text{ m}$$

Đối với ống bê tông cốt thép $n = 0,014$. Vì

$R < 1 \text{ m}$ nên theo (7-4) ta có :



Hình 7-B-5

$$y = 1,5\sqrt{n} = 1,5\sqrt{0,014} = 0,178.$$

Theo (7-7) ta được : $C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,014} 0,238^{0,178} = 55,3 \frac{\text{m}^{0,5}}{\text{s}}.$

Độ dốc cần tìm được xác định theo công thức (7-15) :

$$i = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} = \frac{0,64^2}{0,378^2 \cdot 55,3^2 \cdot 0,238} = 0,004.$$

+ *Cách giải thứ hai* : vận tốc chuyển động của nước :

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,64}{0,378} = 1,7 \frac{m}{s}.$$

Với nhiệt độ là 10^0C , $\nu = 1,47 \cdot 10^{-6} m^2/s$, ta có :

$$Re = \frac{4vR}{\nu} = \frac{4 \cdot 1,7 \cdot 0,238}{1,47 \cdot 10^{-6}} = 1100000.$$

Có thể dùng công thức của N.F.Fedorov để xác định hệ số ma sát thủy lực λ với ống bê tông cốt thép $a_2 = 100$; $\Delta_{id} = 2mm$:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta_{id}}{13,68R} + \frac{a_2}{Re} \right) = -2 \lg \left(\frac{0,002}{13,68 \cdot 0,238} + \frac{100}{1100000} \right) = 6,31;$$

$$\lambda = \frac{1}{6,31^2} = 0,0251.$$

Từ công thức Vâyxbắc-Đacxi (4-5) ta được :

$$\frac{h}{\ell} = i = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{0,0251}{4 \cdot 0,238} \cdot \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00385.$$

Ta được kết quả như trên .

Bài 7-B-18 . Xác định đường kính của ống tròn bằng bê tông cốt thép sao cho độ ngập tương đối $h_{ng}/H = 0,8$. Cho biết $Q = 3m^3/s$; $i = 0,04$; $n = 0,013$.

Bài giải

Tính đặc trưng lưu lượng khi chảy không áp ứng với độ đầy $h_{ng} = 0,8H$:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{3}{\sqrt{0,004}} = 47,4 \frac{m^3}{s}.$$

Với độ đầy theo đầu bài $a = 0,8$, tra đồ thị hình (7-A-12) ta có : $\frac{K}{K_0} = 0,975$

Vậy : $K_0 = \frac{K}{0,975} = \frac{47,4}{0,975} = 48,71 \frac{m^3}{s}.$

Mặt khác công thức tính K_0 với hệ số C theo Maninich có dạng :

$$K_0 = \omega C \sqrt{R} = \frac{0,3113 d^{2+\frac{2}{3}}}{n};$$

$$d = \left(\frac{K_0 \cdot n}{0,3113} \right)^{\frac{1}{2+\frac{2}{3}}} = \left(\frac{48,71 \cdot 0,013}{0,3113} \right)^{\frac{1}{2+\frac{2}{3}}} = 1,30m$$

Chọn đường kính theo nguyên tắc làm tròn thiên lớn, ta được $d = 1,5m$.

Vậy đặc trưng lưu lượng và vận tốc tương ứng :

$$K'_0 = \frac{0,3113 \cdot 1,5^{2+\frac{2}{3}}}{0,013} = 70,6 \frac{m^3}{s}.$$

$$W_0' = \frac{K_0'}{\omega_0'} = \frac{4K_0'}{\pi d'^2} = \frac{4.70,6}{3,14.1,5^2} = 40 \frac{m}{s}.$$

Tính lại độ ngập theo (7-42) với $\frac{K}{K_0'} = f_1(a) = \frac{47,4}{70,6} = 0,67$; $a = 0,60$.

Theo biểu đồ hình (7-A-12) với $a = 0,60$, $f_2(a) = \frac{W}{W_0'} = 1,07$.

Từ đó độ sâu dòng chảy trong ống có $d = 1,5m$ là :

$$h' = a.H = 0,6.1,5 = 0,9m.$$

Vận tốc trong ống ứng với $h = 0,9m$:

$$v' = W\sqrt{i} = 1,07.W_0'\sqrt{i} = 1,07.40\sqrt{0,004} = 2,71 \frac{m}{s}.$$

C- BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 7-C-1. Cho $Q = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 25 \text{ m}$; lòng dẫn chữ nhật, hệ số nhám $n = 0,025$ và độ dốc $i = 0,0004$. Hãy tìm độ sâu h của kênh.

Đáp số: $h = 1,115 \text{ m}$.

Bài 7-C-2. Xác định độ sâu h của kênh và chiều rộng đáy b của nó trong những điều kiện sau đây : lưu lượng $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$; độ dốc $i = 0,0004$; hệ số mái dốc $m = 1,5$; hệ số nhám $n = 0,02$ và tỷ số $\beta = b/h = 10$.

Đáp số: $h = 3 \text{ m}$;
 $b = 30 \text{ m}$.

Bài 7-C-3. Xác định chiều sâu h và tỷ số β , khi cho $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 10 \text{ m}$; $m = 1,5$; $i = 0,0004$; $n = 0,03$.

Đáp số: $h = 2 \text{ m}$;
 $\beta = 5$

Bài 7-C-4. Xác định chiều rộng đáy b của kênh, khi cho $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$; $i = 0,0004$; $n = 0,02$; $m = 1,5$ và $h = 3 \text{ m}$.

Đáp số: $b = 15 \text{ m}$.

Bài 7-C-5. Xác định lưu lượng nước trong sông có chiều rộng $b = 320 \text{ m}$, chiều sâu trung bình $h = 1,2 \text{ m}$ với độ dốc mặt thoáng sông $i = 0,0001$. Sông sạch, đất lòng sông là cát hạt trung bình.

Đáp số: $Q = 168,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bài 7-B-6. Xác định độ dốc i của ống thoát nước hình chữ nhật với chiều rộng $b = 1,4 \text{ m}$; chiều sâu $h = 1,3 \text{ m}$; lưu lượng $Q = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Ống thoát bằng bê tông lắp ghép.

Đáp số: $i = 0,00087$

Bài 7-B-7. Xác định lưu lượng bình thường Q và lưu lượng lớn nhất $Q_{\max}$ của ống thoát nước có đường kính $d = 0,6 \text{ m}$. Xác định vận tốc tương ứng với độ dốc của ống $i = 0,005$.

Đáp số: $Q = 402 \text{ l/s}$; $v = 1,77 \text{ m/s}$;
 $Q_{\max} = 473 \text{ l/s}$; $v_{\max} = 1,71 \text{ m/s}$.

Bài 7-B-8. Yêu cầu xác định đường kính ống thoát nước mặt cắt tròn để dẫn lưu lượng $Q = 0,539 \text{ m}^3/\text{s}$ với độ dốc $i = 0,0011$. Xác định độ đầy ứng với lưu lượng trên.

Đáp số: $d = 900 \text{ mm}$;
 $\alpha = h/d = 0,73$.

GIẢI BÀI TOÁN THỦY LỰC BẰNG MÁY TÍNH

A - TÓM TẮT LÝ THUYẾT

NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH CẤP CAO PASCAL

Do giáo sư Niklau With người Thụy sỹ sáng tạo với mục đích làm ngôn ngữ máy tính dạy cho sinh viên sau đó được phát triển và trở thành ngôn ngữ máy tính mạnh có nhiều ứng dụng trong việc giải các bài toán khoa học tự nhiên.

Đây là ngôn ngữ có cấu trúc chặt chẽ, dễ hiểu, dễ học và hiện được giảng dạy trong nhiều trường đại học ở Việt nam và trên thế giới.

Đó là lý do ngôn ngữ này được chọn để giới thiệu và lập trình trong cuốn sách này.

CÁC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH PASCAL

1. Cấu trúc chương trình viết trên Pascal

```
PROGRAM Ten_chuong_trinh;  
USES CRT, PRINTER;           {Gọi sử dụng các đơn vị chương trình}  
LABEL ...  
CONST ...  
TYPE ...  
VAR ...  
PROCEDURE ...                 { Các thủ tục}  
FUNCTION ...                   { Các hàm con }  
BEGIN  
.....                         { Thân chương trình }  
END.
```

2. Các kiểu dữ liệu và các phép toán

Ngôn ngữ Pascal có các kiểu dữ liệu và phép toán sau:

2.1 Kiểu logic Boolean: là đại lượng nhận một trong hai giá trị logic: TRUE (đúng) hoặc FALSE (sai).

Các phép toán sau áp dụng cho các giá trị kiểu Boolean và cho kết quả cũng là kiểu Boolean.

a. Phép toán logic

X	Y	X AND Y	X OR Y	X XOR Y
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
FALSE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE
TRUE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE
TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE

X	NOTX
FALSE	TRUE
TRUE	TRUE

b. Các phép toán quan hệ

PHÉP TOÁN	KÝ HIỆU	Kiểu KẾT QUẢ
so sánh khác nhau	<>	Boolean
so sánh bằng nhau	=	Boolean
lớn hơn hoặc bằng	>=	Boolean
nhỏ hơn hoặc bằng	<=	Boolean
lớn hơn	>	Boolean
nhỏ hơn	<	Boolean

2.2 Kiểu số nguyên: là tập hợp con của tập hợp số nguyên được định nghĩa bởi các từ khoá tương ứng thể hiện ở bảng sau:

Kiểu	Phạm vi	Kích thước (byte)
BYTE	0 ÷ 255	1
SHORTINT	- 128 ÷ 127	1
INTEGER	- 32768 ÷ 32767	2
WORD	0 ÷ 65535	2
LONGINT	-2147483648 ÷ 2147483647	4

a. Các phép tính số học đối với số nguyên

Phép toán	Ký hiệu	Kết quả
phép cộng	+	số nguyên
phép trừ	-	số nguyên
phép nhân	*	số nguyên
phép chia	/	số thực
chia lấy phần nguyên	MOD	số nguyên

b. Các phép tính logic với số nguyên

Phép toán	Ký hiệu	Kết quả
xác định chẵn lẻ	ODD(đối số nguyên)	Boolean
phép tính quan hệ	như đã nêu ở phần trên	

2.3 Kiểu số thực: là một phần của tập hợp số thực được biểu diễn trong máy tính và được định nghĩa với từ khoá trong bảng sau:

Kiểu	Phạm vi	Kích thước (Byte)
REAL	2.9E-39 ÷ 1.7E+38	6
SINGLE	1.5E-45 ÷ 3.4E+38	4
DOUBLE	5.0E-324 ÷ 1.7E+308	8
EXTENDED	1.9E-4951 ÷ 1.1E+4932	10

Các phép tính số học và logic cho số nguyên đều được áp dụng cho các toán hạng là số thực và số nguyên.

Lưu ý: các phép toán DIV và MOD không áp dụng được cho số thực.

2.4 Kiểu ký tự: các chữ viết Latinh a,b,c, ... các chữ số 0,1,2, ..., 8, 9, các dấu hiệu như ; , ! ... được định nghĩa trong Pascal với từ khoá CHAR. Các ký tự được mã hoá bằng

nhiều cách khác nhau. Bộ mã ký tự được dùng phổ biến nhất trên máy vi tính là bộ mã ký tự ASCII (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange). Các ký tự được mã hoá bằng một Byte, vì vậy có thể mã hoá $2^8 = 256$ ký tự. 128 ký tự đầu được chuẩn hoá,

các ký tự có số thứ tự từ 128 đến 255 trên máy vi tính được gọi là các mã mở rộng dùng cho các tác vụ đặc biệt.

Các hàm đối với ký tự

Phép toán	Ký hiệu	Kết quả
Xác định thứ tự ký tự trong bảng mã ASCII	ORD('ký tự')	số nguyên
Xác định ký tự	CHR(n)	ký tự có thứ tự n trong bảng mã ASCII
Xác định ký tự nằm trước	PRED('ký tự')	ký tự ngay trước ký tự đã cho
Xác định ký tự nằm sau	SUCC('ký tự')	ký tự ngay sau ký tự đã cho

2.5 Các kiểu dữ liệu khác

Các kiểu dữ liệu nêu trên được Pascal định nghĩa sẵn, ta có thể dùng trực tiếp. Pascal còn cho phép ta định nghĩa các kiểu dữ liệu khác thông qua từ khoá TYPE.

Ví dụ:

TYPE

NUOC = (VIETNAM, PHAP, MY, UC, NAMPHI);

VAR

C: NUOC;

2.6 Kiểu dữ liệu mảng: tập hợp các dữ liệu có cùng kiểu được sắp xếp theo một trình tự nhất định được gọi là kiểu mảng.

Ví dụ:

TYPE

MANG = ARRAY[1 .. 100] OF REAL;

VAR

A, B, C : MANG;

Hoặc tương đương

A, B, C : ARRAY[1..100] OF REAL;

ở đây 1..100 là kiểu chỉ dẫn, REAL là kiểu phần tử của mảng.

Nói cách khác kiểu mảng là một ma trận hữu hạn phần tử, các phần tử có cùng kiểu (nguyên, thực, ký tự ...) và được "đánh số" nhờ kiểu chỉ dẫn.

Số phần tử của mảng được xác định ngay khi định nghĩa mảng. Mỗi phần tử của mảng được truy nhập thông qua tên mảng và chỉ dẫn truy nhập đặt trong ngoặc vuông [].

Ví dụ: A[1], A[27], A[100]. Không có phần tử A[101] hoặc A[1.5] ...

Chú ý: Có thể định nghĩa mảng nhiều chiều hoặc mảng mà các phần tử lại là mảng.

2.7 Kiểu dữ liệu có cấu trúc Tập hợp (SET), Bản ghi (RECORD) bạn đọc có thể tham khảo trong các tài liệu chuyên sâu về Pascal.

2.8 Xâu ký tự (STRING)

Để xử lý các văn bản Pascal đưa ra kiểu xâu ký tự. Một xâu ký tự được định nghĩa bằng từ khoá STRING theo sau là số ký tự cực đại có thể có của xâu ký tự.

Ví dụ:

VAR

Ten_file : String[24];

Ho_ten : String[30];

Có thể truy nhập vào phần tử bất kỳ của xâu ký tự thông qua tên của xâu ký tự và vị trí của ký tự trong xâu.

Ví dụ:

Ho_ten := 'NGUYEN_VAN_A' khi đó Ho_ten[5] = 'E'.

Có thể thực hiện phép cộng các xâu ký tự, so sánh các xâu ký tự (theo độ dài) ...

2.9 Dữ liệu kiểu tệp

Tệp dữ liệu là tập hợp các dữ liệu có liên quan với nhau và có cùng kiểu được nhóm lại với nhau tạo thành một dãy. Các dữ liệu có thể là nguyên, thực, ký tự, mảng ...

Tệp thường được chứa trên bộ nhớ ngoài như đĩa cứng, đĩa mềm, băng từ ... và có thể được sử dụng nhiều lần và không bị mất đi ngay cả khi chương trình ngừng làm việc hay mất điện.

Nói nôm na, tệp dữ liệu là kho dữ liệu nhằm mục đích nào đó và được sử dụng cho các chương trình liên quan.

Cấu trúc tổng quát của tệp:

TYPE

Kieu_tep = FILE OF Kieu_phan_tu;

VAR

Bien_tep : Kieu_tep;

Ví dụ tệp dữ liệu:

TYPE

T : FILE OF REAL;

VAR

F1, F2 : T;

F3: FILE OF

ARRAY[1..25] OF CHAR;

ở đây T là kiểu tệp, REAL, ARRAY[1..25] OF CHAR là kiểu phần tử của tệp F1, F2 và F3 tương ứng.

Thủ tục mở tệp để ghi dữ liệu vào tệp

ASSIGN(F1, 'HESO.DT');

REWRITE(F1);

Thủ tục này gán tên 'HESO.DAT' cho biến tệp F1.

Dùng lệnh WRITE để ghi dữ liệu vào tệp rồi đóng tệp lại bằng lệnh CLOSE(F1).

Mở tệp để đọc dữ liệu

ASSIGN(F1, 'HESO.DAT');

RESET(F1);

Dùng lệnh READ để đọc các giá trị trong tệp gán cho các biến tương ứng.

READ(F1, bien1, bien2, ... bienN);

3. Các hàm số học chuẩn

Các hàm sau được định nghĩa sẵn trong Pascal và được dùng với đối số là thực hoặc nguyên.

Hàm	Kết quả
ABS(x)	cho giá trị tuyệt đối của x, cùng kiểu với x
SQR(x)	cho giá trị x^2 , cùng kiểu với x
SIN(x)	hàm $\sin(x)$ bình thường
COS(x)	hàm $\cos(x)$ bình thường
ARCTAN(x)	hàm $\arctan(x)$ bình thường
LN(x)	$\ln(x)$
EXP(x)	e^x
SQRT(x)	căn bậc hai của x
SUCC(n)	n nguyên, cho số nguyên n+1
PRED(n)	n nguyên, cho số nguyên n-1
ODD(n)	n nguyên, cho TRUE nếu n lẻ, FALSE nếu n chẵn
TRUNC(x)	cho phần nguyên của x
ROUND(x)	cho số nguyên gần x nhất

4. Khai báo trong Pascal

4.1 Khai báo hằng: hằng là các đại lượng không thay đổi giá trị. Có các loại hằng nguyên, hằng thực, hằng ký tự và hằng Boolean.

Các hằng được khai báo bằng một tên đặt trong phần khai báo CONST ở đầu chương trình.

tên_hằng := giá_trị_của_hằng;

4.2 Khai báo biến: biến là đại lượng có thể thay đổi giá trị. Các biến được khai báo với từ khoá VAR.

tên_biến: kiểu_dữ_liệu_của_biến;

4.3 Biểu thức

Là một công thức toán học được biểu diễn theo các quy tắc của ngôn ngữ Pascal bao gồm các toán tử và các toán hạng.

Trình tự ưu tiên các phép toán trong biểu thức như sau:

Dấu ngoặc ()
NOT, - (dấu trừ)
*, /, DIV, MOD, AND
+, -, OR, XOR
=, <>, <=, >=, >, <, 'IN'

4.4 Câu lệnh

Bao gồm câu lệnh đơn câu lệnh có cấu trúc; lệnh ghép.

5. Vào, ra dữ liệu

5.1 Viết dữ liệu ra màn hình

Pascal có 3 lệnh cho phép viết ra màn hình

WRITE(mục1, mục2, ..., mụcN);

WRITELN(mục1, mục2, ... mụcN);

WRITELN;

Trong đó mục1, mục2, ..., mụcN là các mục cần viết ra có thể là hằng, biến, hàm, biểu thức ...

WRITELN là thủ tục xuống dòng.

5.2 Thủ tục vào dữ liệu READ và READLN

READ(biến1, biến2, ..., biếnN);

READLN(biến1, biến2, ..., biếnN);

READLN;

Khi thực hiện các lệnh này chương trình chờ người thao tác gõ các giá trị các biến từ bàn phím cho biến tương ứng rồi nhấn ENTER để chuyển sang biến tiếp theo.

Thủ tục READLN dùng chương trình để người thao tác có thể đọc các thông tin hiện trên màn hình nhờ các thủ tục WRITE, sau khi nhấn ENTER các lệnh tiếp theo tiếp tục được thực hiện.

6. Các câu lệnh điều khiển

a. Câu lệnh IF ... THEN ... ELSE ...

Các mẫu:

IF <biểu thức Boolean> THEN <việc1>

IF <biểu thức Boolean> THEN <việc1> ELSE <việc 2>

Nếu <biểu thức Boolean> có giá trị TRUE thì máy sẽ làm <việc 1> nếu FALSE thì máy sẽ không làm gì (theo mẫu 1) hoặc làm <việc 2> (theo mẫu 2).

b. Câu lệnh CASE ... OF ...

Mẫu 1:

CASE <biểu thức> OF

hằng 1: <việc 1>;

hằng 2: <việc 2>;

... ..

hằngN:<việcN>;

END;

Mẫu 2:

CASE <biểu thức> OF

hằng 1: <việc 1>;

hằng 2: <việc 2>;

... ..

hằngN:<việcN>;

ELSE <việc N+1>;

END;

7. Các vòng lặp FOR, WHILE, REPEAT

a. Vòng lặp có số bước lặp xác định FOR ...

Mẫu:

FOR biến_điều_khiển := giá trị đầu TO giá trị cuối DO <công việc>

FOR biến_điều_khiển := giá trị đầu DOWTO giá trị cuối DO <công việc>

ở đây biến_điều_khiển có thể là kiểu nguyên, kiểu ký tự hay một kiểu đếm được được định nghĩa riêng.

b. Vòng lặp có số bước lặp không xác định REPEAT và WHILE

Mẫu kiểu Repeat

REPEAT

<công việc>

UNTIL <biểu thức Boolean>;

Mẫu kiểu WHILE

WHILE <biểu thức Boolean> DO

BEGIN

<công việc>

END

Trong lệnh REPEAT ... UNTIL ... máy tính lặp đi lặp lại chu kỳ thực hiện <công việc> cho đến khi <biểu thức Boolean> có giá trị TRUE. <Công việc> có thể là một tập hợp lệnh.

Trong lệnh WHILE ... DO ... máy tính sẽ lặp đi lặp lại chu kỳ sau: chừng nào <biểu thức Boolean> có giá trị TRUE thì thực hiện <công việc> được đặt giữa Begin và End.

8. Thủ tục và hàm

8.1. Thủ tục (Procedure):

Là chương trình con nhằm thực hiện một số tác vụ nào đó được lặp đi lặp lại trong chương trình mẹ.

Cấu trúc của thủ tục như sau:

PROCEDURE Tên_thủ_tục;

(* khai báo label, Const, Type, biến của thủ tục, nếu cần *)

.....

Begin

..... (* thân chương trình con *)

End;

8.2. Hàm (Function)

Hàm là chương trình con trả lại cho một kết quả vô hướng thông qua tên của hàm và có thể sử dụng trong một biểu thức.

Cấu trúc của hàm như sau:

FUNCTION Tên_hàm (khai báo các tham số, nếu cần): kiểu_dữ_liệu;

(* khai báo Laben, Const, Type, Var của riêng Function, nếu cần *)

... ..

Begin

... .. (* thân chương trình con *)

End;

Trong cấu trúc của PROCEDURE và FUNTION có mục khai báo các tham số, người lập trình phải đặc biệt lưu ý vấn đề này.

- Các tham số được đặt sau từ khoá **Var** được gọi là *tham biến (variable parameter)*. Có thể thay đổi giá trị các tham số này trong chương trình con, và khi ra khỏi chương trình con chúng vẫn giữ nguyên các giá trị đã bị thay đổi trong chương trình con.
- Các tham số không đặt sau từ khoá **Var** được gọi là *tham trị (value parameter)*. Trong trường hợp này chương trình con chỉ được dùng các giá trị của tham trị mà không được thay đổi giá trị của nó.
- Các biến chỉ có tác dụng hoạt động trong phạm vi chương trình con gọi là biến địa phương (local variable). Ngược lại, các biến có tác dụng hoạt động cả ngoài phạm vi chương trình con gọi là biến toàn cục (global variable).
- Chuyển tham số cho chương trình con:

Có hai cách chuyển tham số: Chuyển tham số bằng biến và chuyển tham số bằng tham trị.

Chuyển tham số bằng biến: tham số trong phần tiêu đề của Chương trình con được đặt sau từ khoá Var và được chuyển giá trị qua các biến chứ không phải các giá trị cụ thể.

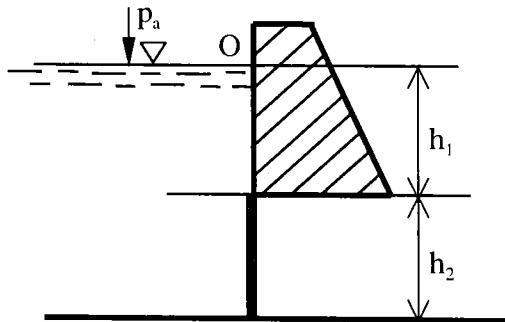
Chuyển tham số bằng tham trị: khi các tham số được khai báo trong phần tiêu đề của chương trình con và không đặt sau từ khoá Var thì đó là các tham trị. Chúng được coi là các biến địa phương của chương trình con. Chúng nhận giá trị của tham số thực sự như là giá trị ban đầu, chương trình con có thể thay đổi giá trị của các tham trị này ở bên trong chương trình con song không làm thay đổi giá trị của tham số thực sự.

Lưu ý: Trên đây chỉ là một số khái niệm cơ bản nhất của ngôn ngữ Pascal, bạn đọc có thể tìm hiểu sâu hơn, đầy đủ hơn về các khái niệm: dữ liệu kiểu bản ghi, kiểu tập hợp, các chương trình con, các công cụ đồ hoạ ... trong các tài liệu chuyên sâu được ghi tại phần tài liệu tham khảo.

B - BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

Bài 1 (Tính áp lực trên mặt phẳng nghiêng)

Tính áp lực thủy tĩnh (trị số và điểm đặt) lên cánh cổng hình chữ nhật. Cho biết: $h_1 = 3\text{m}$, $h_2 = 2\text{m}$, chiều rộng cánh cổng $B = 4\text{m}$, $\gamma_n = 9810\text{N/m}^3$.



THỰC HÀNH

Tính độ lớn của áp lực thủy tĩnh P theo công thức

$$P = \gamma_n \cdot (h_1 + h_2/2) \cdot B \cdot h_2$$

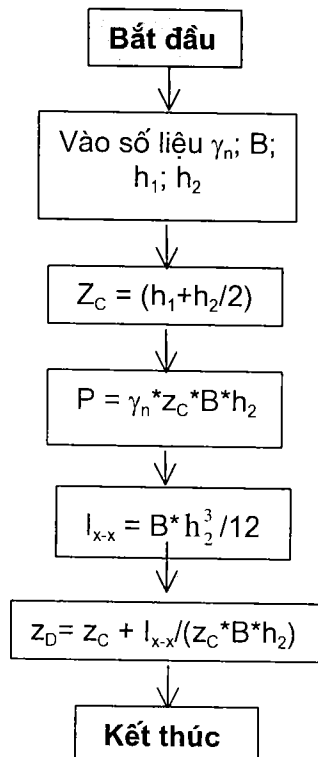
Tìm tâm áp lực D qua tọa độ z_D với gốc tọa độ đặt tại điểm O trên mặt thoáng và trục Oz hướng xuống dưới.

$$z_D = z_C + I_{x-x'} / (z_C \cdot B \cdot h_2)$$

Ở đây $I_{x-x'}$ là mô men quán tính của diện tích cửa van đối với trục đi qua trọng tâm C của cửa van và song song với trục Ox . Đối với cửa van hình chữ nhật chiều rộng B , chiều cao

$$h_2 \text{ thì } I_{x-x'} = \frac{1}{12} B \cdot h_2^3.$$

SƠ ĐỒ KHỐI



CHƯƠNG TRÌNH

Program Tinh_ap_luc;

Uses CRT; PRINTER;

Const

gamma = 9810;

Var

P, zc, zd, B, h1, h2, l: real;

BEGIN

ClrScr; (* Xoa man hinh*)

Writeln(' Tinh ap luc tong hop va tam ap luc');

(* Vao so lieu *)

Writeln(' Nho doi do dai ra don vi met');

Write(' Chieu cao canh cong h2 = '); Readln(h2);

Write(' Muc nuoc tren canh cong h1 = '); Readln(h1);

Write(' Do rong canh cong B = '); Readln(B);

Writeln(' Vao so lieu xong');

zc := h1 + h2/2;

P := gamma*zc*B*h2;

l := B*h2*h2*h2/12;

zd := zc + l/zc/B/h2;

Writeln;

Writeln(' Do lon cua ap luc thuy tinh = ', p:12:6);

Writeln(' Tam ap luc tai vi tri zd = ', zd:12:6);

Readln; (* Cau lenh nay de giu ket qua tren man hinh *)

(* In ket qua ra may in*)

Write(Lst, ' Do lon cua ap luc thuy tinh = ', p:12:6);

Write(Lst, ' Tam ap luc tai vi tri zd = ', zd:12:6);

END.

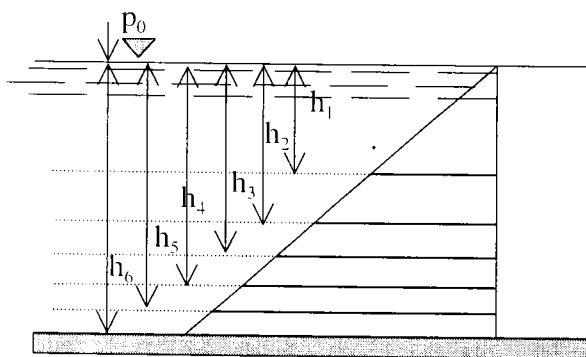
Bài 2 (Tính áp lực trên dầm)

Xác định vị trí theo chiều sâu của n dầm đặt trên một cửa van thẳng đứng sao cho mỗi dầm đều chịu tải trọng (áp lực) như nhau. Xác định trị số áp lực đó. Cho biết chiều cao của van H (m), chiều rộng b (m).

Tính giá trị cụ thể với: n = 6; H = 6 m; b = 10 m.

Đáp số: $h_1 = 2,44\text{m}$; $h_2 = 3,46\text{ m}$; $h_3 = 4,22\text{ m}$; $h_4 = 4,88\text{ m}$; $h_5 = 5,45\text{ m}$; $h_6 = 6\text{ m}$

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 292828,5 \text{ T.}$$



THỨ TỰ THỰC HIỆN

Tính chiều sâu h_1 từ mặt nước đến điểm thấp nhất của biểu đồ áp suất thủy tĩnh tác động lên dầm thứ nhất theo công thức.

$$h_1 = \frac{H}{\sqrt{n}}$$

Tính các độ sâu $h_2; h_3; \dots; h_n$ theo các công thức

$$h_k = h_1 * \sqrt{k}$$

Tính áp lực tác dụng lên van thứ k theo công thức

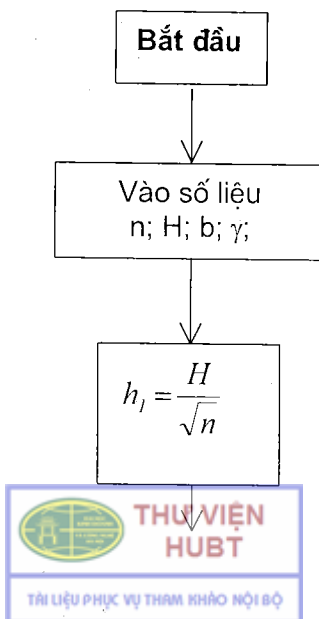
$$P_k = \frac{\gamma_u * (h_k^2 - h_{k-1}^2) * b}{2}$$

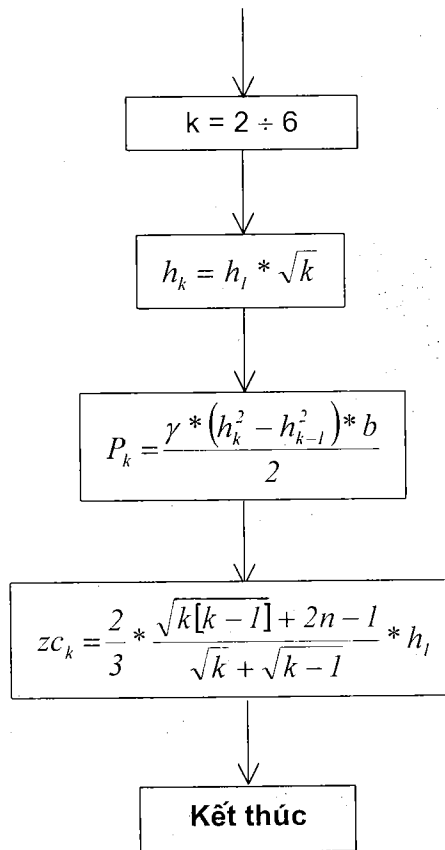
Với $h_0 = 0$.

Toạ độ từng dầm có thể tính theo các công thức:

$$zc_k = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{k(k-1)} + 2n-1}{\sqrt{k} + \sqrt{k-1}} * h_k$$

SƠ ĐỒ KHỐI





CHƯƠNG TRÌNH

Program Tinh_ap_luc_dam;

Uses CRT; PRINTER;

Conts

gamma = 9810; (* Newton/m²*)

Var

n, k: integer;

H: REAL;

P, zc: ARRAY[1..50] OF REAL;

h: ARRAY[0..50] OF REAL;

BEGIN

CLRSCR; (* Xoa man hinh*)

Writeln(' Tinh ap luc tong hop tren he dam ');

(* Vao so lieu *)

Writeln(' Chu y su tuong thich cac don vi do ');

WRITE(' So luong dam (n <100) n = ');

READLN(n);

WRITE(' Chieu cao cua van H = ');

READLN(H);

```

WRITE( 'Do rong cua van b = ');
READLN(b);
WRITELN(' Tinh chieu cao cac thanh dam ');
h[0] := 0;
FOR k := 1 TO n DO
h[k] := H*SQRT(k)/SQRT(n);
WRITELN(' Tinh cuong do ap luc tong hop tren cac thanh dam ');
FOR k := 1 TO n DO
P[k] := gamma*(SQR(h[k]) - SQR(h[k-1]))*b/2;
WRITELN(' Tinh toa do tam ap luc tong hop tren cac thanh dam ');
FOR k := 1 TO n DO
zc[k] := (2/3)*(SQRT(k*(k-1)) + 2*n-1)*h[1]/(SQRT(k) + SQRT(k-1));
READLN;
CLRSCR;      (* Xoa man hinh *)
WRITELN(' Dua ket qua ra man hinh ');
FOR k := 1 TO n DO
BEGIN
WRITELN(' Do cao dam thu ',k, ' = ', h[k]:12:6);
WRITELN(' Cuong do ap luc tong hop tren dam thu ',k, ' = ', P[k]:12:6);
WRITELN(' Toa do tam ap luc tren dam thu ',k, ' = ', zc[k]:12:6);
END;
READLN;
END.

```

Bài 3 (Xác định hệ số ma sát)

Xác định hệ số sức cản ma sát thủy lực λ trong công thức Đácxi -Vâyxbắc

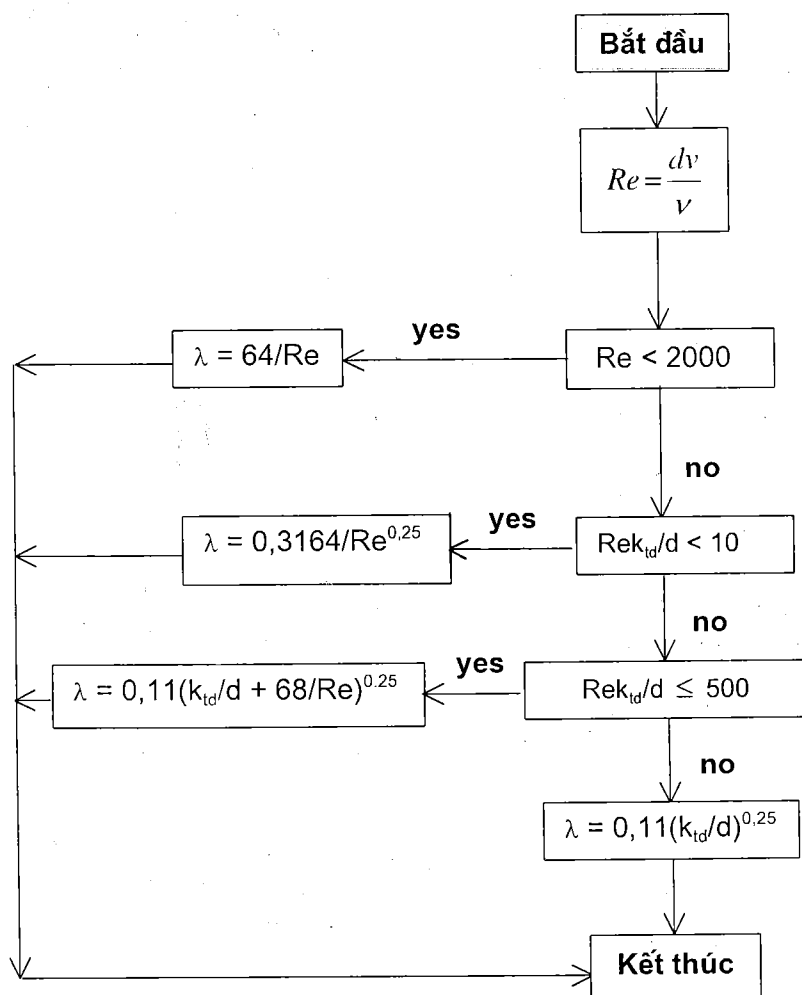
$$h_{ms} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad \text{cho đoạn ống tròn có đường kính } d, \text{ độ dài } l, \text{ vận tốc trung bình } v$$

THỬ TỰ THỰC HIỆN

1. Tính số Rây-nô $Re = \frac{dv}{\nu}$
2. Nếu $Re < Re_{ph_g} = 2000$: dòng chảy ở chế độ chảy tầng $\lambda = \frac{64}{Re}$
3. Nếu $Re \geq Re_{ph_g} = 2000$: dòng chảy ở chế độ chảy rối, ta phải xác định khu vực chảy:

- Tính $Re \frac{k_{td}}{d}$ nếu $Re \frac{k_{td}}{d} \leq 10$: áp dụng công thức Bladiút $\lambda = 0,3164 \frac{1}{Re^{0,25}}$
- Nếu $10 \leq Re \frac{k_{td}}{d} \leq 500$: áp dụng công thức Altsun $\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{td}}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$
- Nếu $Re \frac{k_{td}}{d} > 500$: áp dụng công thức Siffison $\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{td}}{d} \right)^{0,25}$

SƠ ĐỒ KHỐI



CHƯƠNG TRÌNH

Program tinh_heso_lamda;

Uses CRT; PRINTER;

Const

C1 = 2000; C2 = 10; C3 = 500;

Var

R, Rkd, l, d, lamda, k, v, nu: real;

BEGIN

```
ClrScr; (* Xoa man hinh*)
Writeln( ' Tinh he so lamda trong cong thuc Dacxi - Vayxbac' *);
(* Vao so lieu *)
Write( ' Do dai doan ong l = ');          Readln(l);
Write( ' Duong kinh doan ong d = ');      Readln(d);
Write( ' Do nham tuong duong k = ');      Readln(k);
Write( ' Do nhot dong hoc nuy = ');       Readln(nuy);
Write( ' Van toc trung binh v = ');       Readln(v);
Writeln(' Vao so lieu xong ');
Writeln(' *****');
(* Tinh so Raynol *)
R := d*v/nuy;
Rkd := R*k/d;
IF R < C1 THEN lamda := 64/R                ELSE
IF Rkd < C2 THEN lamda := 0.3164/Exp(0.25*ln(R))  ELSE
IF Rkd <= C3 THEN lamda := 0.11*Exp(0.25*ln(k/d + 68/R))  ELSE
lamda := 0.11*Exp(0.25*ln(k/d));
(* Hien ket qua tren man hinh *)
Writeln;
Write(' He so ma sat lamda    = ', lamda:12:6);
Readln; (* Cau lenh nay de giu ket qua tren man hinh *)
(* In ket qua ra may in*)
Write(Lst, ' He so ma sat lamda = ', lamda:12:6);
```

END.

* *Chú ý:* Có thể sửa đổi chương trình để nhận được giá trị hệ số λ và khu vực chảy trên màn hình và từ máy in.

Tính toán cụ thể với $d = 200 \text{ mm}$; $l = 1500 \text{ m}$; $k = 0,45 \text{ mm}$; độ nhớt động học ứng với nhiệt độ 10°C là $nuy = 0,0131 \text{ cm}^2/\text{s}$.

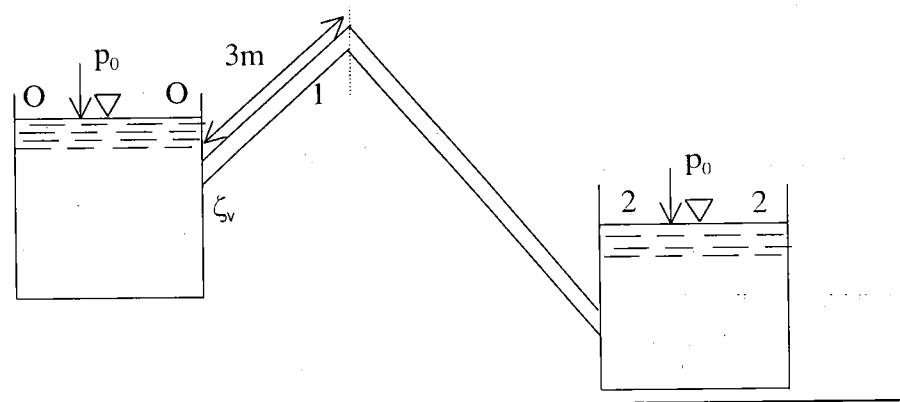
Đáp số: Khu vực chảy: thành trơn thủy lực; $\lambda = 0,03$.

Bài 4 (tổng thất cột nước có tính đến trạng thái chảy)

Hãy xác định lưu lượng nước Q ở 15°C chuyển qua xi phông làm bằng đường ống thép mới, nếu đường kính của nó $d = 50 \text{ mm}$, chiều dài $l = 10 \text{ m}$. Độ chênh lệch mực nước trong bể $H = 1,2 \text{ m}$. Điểm cao nhất của xi-phông nằm trên mực nước của bể thứ nhất

$h = 1\text{m}$, còn khoảng cách từ chỗ vào đường ống đến mặt cắt 1-1 bằng 3m .

Cho biết: $k_{td} = 0,06\text{ mm}$; $\zeta_u = 0,45$; $\zeta_v = 0,5$; Độ nhớt động học $\nu = 0,115\text{ cm}^2/\text{s}$.



THỬ TỰ THỰC HIỆN

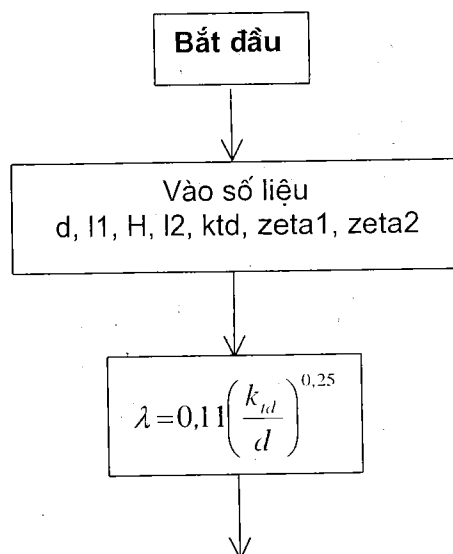
Giả sử đường ống làm việc ở khu bình phương sức cản, hệ số λ được tính theo công thức

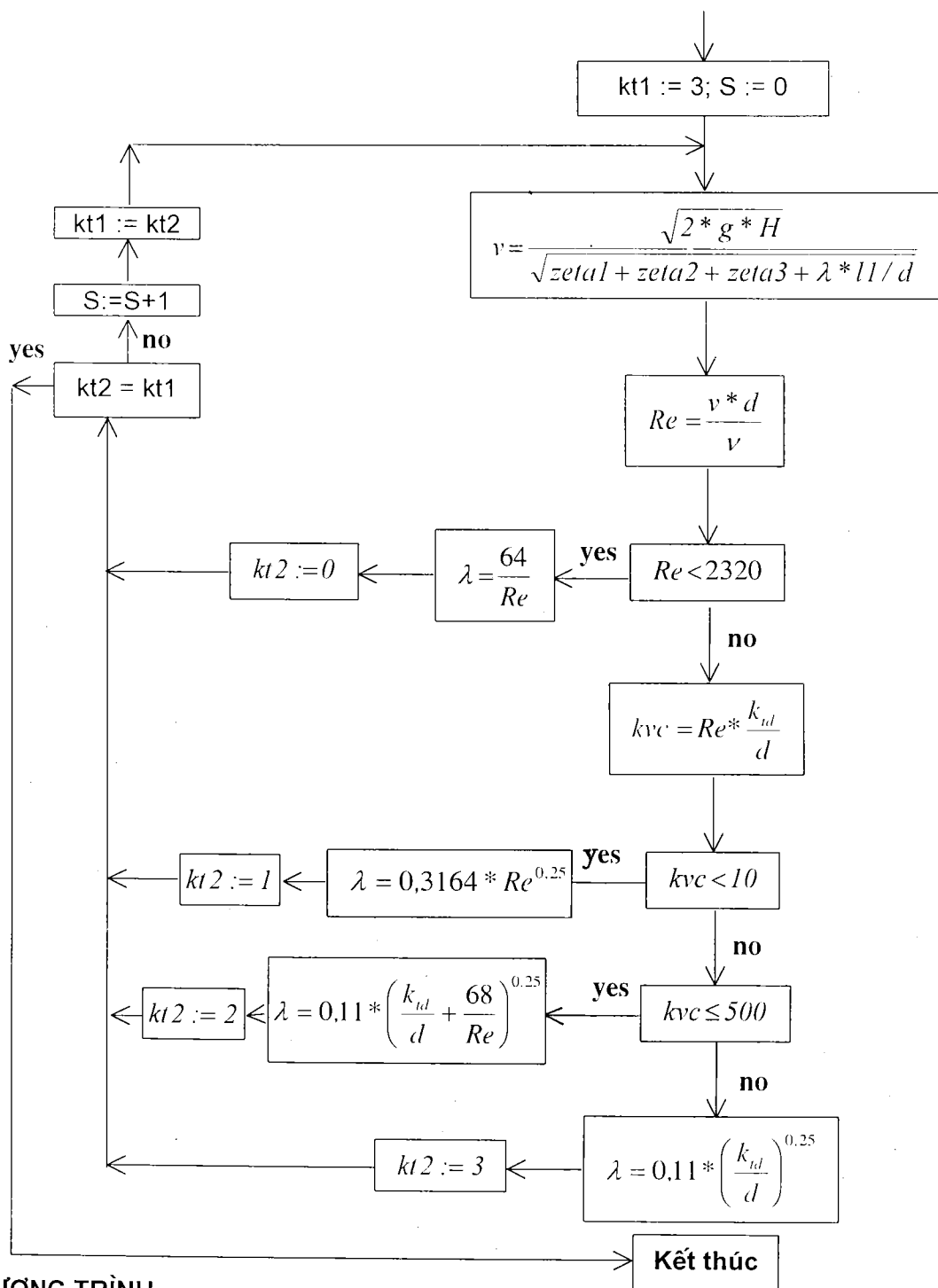
$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{td}}{d} \right)^{0,25}$$

Từ phương trình Bécnu-li viết cho mặt cắt O - O và 2 - 2 với mặt so sánh trùng với mặt 2 - 2 ta suy ra vận tốc v .

Biết v ta tính khu vực chảy dựa vào số Rây-nô $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$. Nếu khu vực chảy này trùng với khu vực được giả thiết thì bài toán giải xong. Nếu không trùng ta lại tính số λ mới, quá trình cứ thế tiếp diễn cho đến khi khu vực chảy mới tìm ra trùng với khu vực chảy được tìm ra ngay trước đó.

SƠ ĐỒ KHỐI





CHƯƠNG TRÌNH

Program khu_vuc_chay;

Uses CRT; PRINTER;

Const

Rpg = 2320;

g = 9.81;

Var

S: integer;

d, l1, H1, H2, l2, ktd, zeta1, zeta2, zeta3: REAL;

lamda, kt1, kt2, v, Re, kvc, nuy: REAL;

BEGIN

CLRSCR; (* Xoa man hinh*)

WRITELN(' Xac dinh khu vuc chay va luu luong ong xi_phong ');

(* Vao so lieu *)

WRITELN(' Chu y su tuong thich cac don vi do ');

WRITE(' Duong kinh ong d = '); READLN(D);

WRITE(' Do dai ong l1 = '); READLN(L1);

WRITE(' Do dai ong tu diem vao den diem cao nhat l2 = '); READLN(L2);

WRITE(' Do chenh muc nuoc trong hai be H1 = '); READLN(H1);

WRITE(' Do chenh tu diem cao nhat den mat thoang be 1: h2 = '); READLN(H2);

WRITE(' Do nham tuong duong ktd = '); READLN(KTD);

WRITE(' He so uon zeta1 = '); READLN(ZETA1);

WRITE(' He so can tai diem vao zeta2 = '); READLN(ZETA2);

WRITE(' He so can tai diem ra zeta3 = '); READLN(ZETA3);

WRITELN(' He so nhot dong hoc nuy = '); READLN(NUY);

(* Vao so lieu xong *)

lamda := 0.11*EXP(0.25*LN(ktd/d));

S := 0;

kt2 := 3;

REPEAT

Begin

kt1 := kt2;

S := S + 1;

v := SQRT(2*g*H1)/SQRT(zeta1 + zeta2 + zeta3 + lamda*l1/d);

Re := v*d/nuy;

IF Re < Rpg THEN

BEGIN

lamda := 64/Re;

kt2 := 0;

```

END
ELSE
    BEGIN
        kvc := Re*kt/d;
        IF kvc < 10 THEN kt2 := 1 ELSE
            BEGIN
                IF kvc <= 500 THEN kt2 := 2 ELSE kt2 := 3;
            END;
        IF kt2 = 1 THEN lamda := 0.3164*EXP(0.25*LN(Re)) ELSE
            BEGIN
                IF kt2 = 2 THEN lamda := 0.11*EXP(0.25*LN(kt/d + 68/Re)) ELSE
                    lamda := 0.11*EXP(0.25*LN(kt/d));
            END;
        END;
    END;
End;
UNTIL (kt1 = kt2) OR keypressed;
Writeln(' lamda = ', lamda:12:6);
Writeln(' So Raynol Re = ', Re:12:6);
Writeln(' Chương trình dừng tại bước thu S = ', S:7);
Writeln(' Khi đó k1 = ', k1:3, ' k2 = ' k2:3);
Writeln(' Khu vực chảy Re*kt/d = ', kvc:12:6);
Writeln(' Vận tốc trong ống v = ', v:12:6);
Writeln(' Lưu lượng Q = ', 3.14*D*D*v/4:12:6);
Readln;
END.

```

Bài 5 (xác định đường kính ống đơn giản)

Xét đường ống đơn giản, có đường kính không đổi dẫn chất lỏng từ bể chứa có mặt thoáng tiếp xúc với khí trời và chảy vào không khí. Các số liệu của dòng chảy như sau:

Độ dài đường ống : l; độ chênh cột nước giữa điểm chảy vào và điểm chảy ra: H; lưu lượng dòng chảy Q; hệ số sức cản cục bộ ζ .

Yêu cầu: xác định đường kính d của đường ống.

THỨ TỰ THỰC HIỆN

Đường kính d được tính từ công thức $Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \frac{l}{d} + \zeta}}$ (*)

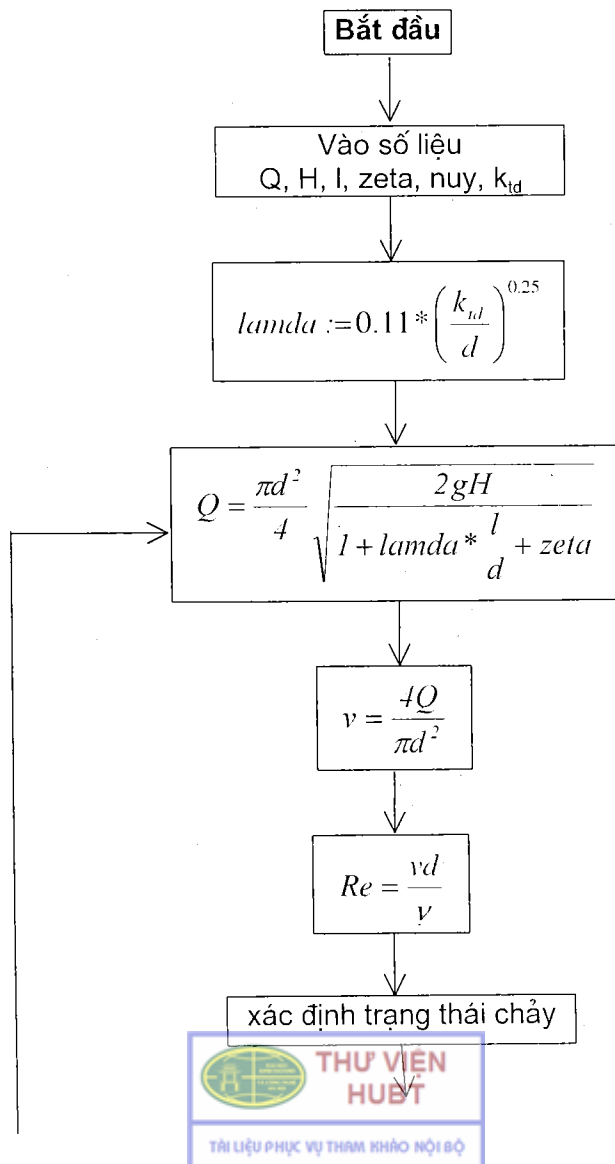
Khó khăn gặp phải trong tính toán là để tính d ta cần biết hệ số λ , đến lượt mình để tính hệ số λ cần biết số Rây-nô Re , và số Rây-nô lại phụ thuộc vào vận tốc và đường kính d của ống dẫn.

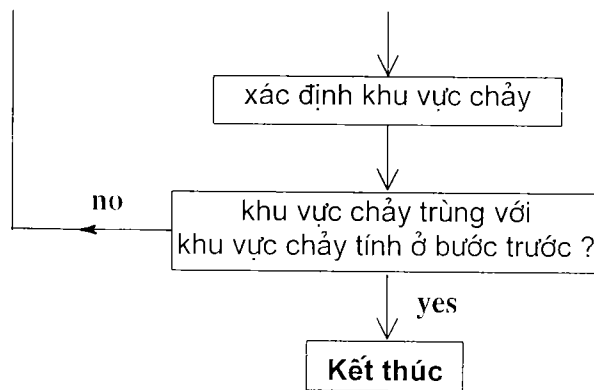
Vì thế để tính d người ta dùng phương pháp thử dần, xuất phát từ giả định dòng chảy ở khu vực thành nhám thuỷ lực, khi đó không phụ thuộc vào vận tốc và được tính theo công thức:

$\lambda = 0.11 \left(\frac{k_{td}}{d} \right)^{0.25}$. Thế biểu thức này vào phương trình (*) và tính d , sau đó kiểm tra lại khu vực chảy.

Quá trình lặp đi lặp lại như vậy cho tới khi khu vực chảy tính ở bước thứ n trùng với khu vực chảy tính ở bước $n+1$.

SƠ ĐỒ KHỐI





Chú ý: ta có thể chứng minh được rằng phương trình

$$Q = \frac{\pi d^5}{4} \sqrt{\frac{2gH}{l + \lambda * \frac{l}{d} + \zeta}}$$

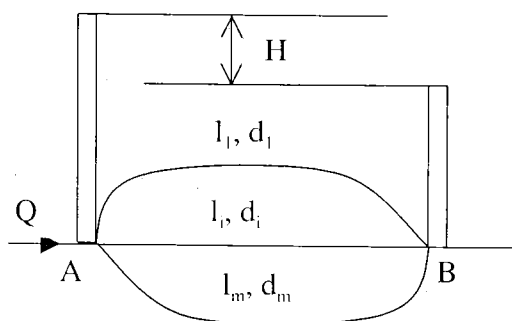
với d là ẩn số luôn luôn tồn tại duy, nhất lời giải trong tập hợp số thực dương. Đó là cơ sở để ta tính d bằng phương pháp lặp.

Lập chương trình cho bài toán này có rất nhiều điểm chung với chương trình trong bài tính chiều sâu kênh hở và bài tính lưu lượng trong ống xi phông (mà thực chất là xác định khu vực chảy). Đề nghị bạn đọc giải quyết.

Bài 6 (Tính toán mạng đường ống song song)

Một hệ thống đường ống gồm m ống dài nối song song dẫn lưu lượng Q . Chiều dài và đường kính đoạn ống thứ k là l_k và d_k . Tìm lưu lượng nước chảy trong các đoạn ống và tổn thất cột nước giữa hai điểm nút A và B. Cho biết hệ số nhám của các đường ống là n . Áp dụng bằng số với $m = 3$; $n = 0,0125$; $Q = 80 \text{ l/s}$; $d_1 = 150 \text{ mm}$; $d_2 = 150 \text{ mm}$; $d_3 = 200 \text{ mm}$; $l_1 = 500 \text{ m}$; $l_2 = 350 \text{ m}$; $l_3 = 1000 \text{ m}$.

Đáp số: $Q_1 = 21,5 \text{ l/s}$; $Q_2 = 25,7 \text{ l/s}$; $Q_3 = 32,8 \text{ l/s}$.



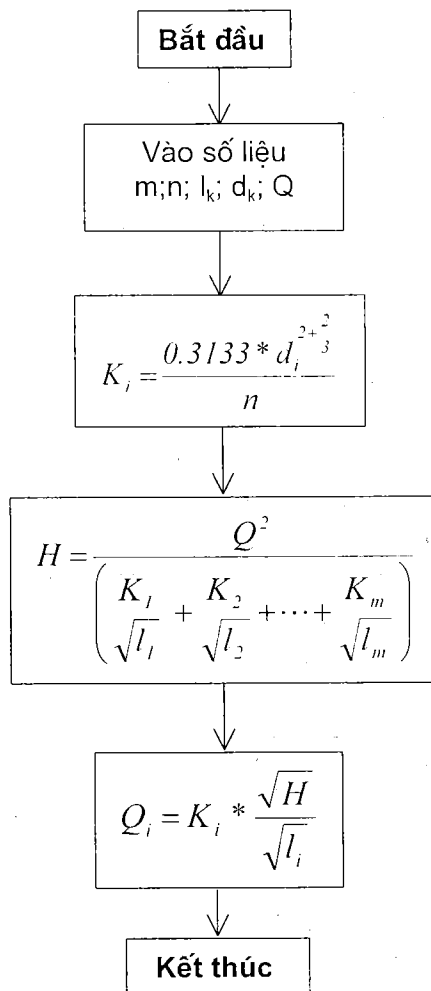
THỬ TỰ THỰC HIỆN

Tính đặc trưng lưu lượng K_i của đường ống thứ i theo công thức $K_i = \frac{0.3113 * d_i^{2.5}}{n}$

Tính tổn thất cột nước H theo công thức
$$H = \frac{Q^2}{\left(\frac{K_1}{\sqrt{l_1}} + \frac{K_2}{\sqrt{l_2}} + \dots + \frac{K_m}{\sqrt{l_m}} \right)}$$

Tính Q_i theo công thức
$$Q_i = K_i * \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{l_i}}$$

SƠ ĐỒ KHỐI



CHƯƠNG TRÌNH

Program Tinh_duong_ong_song_song;

Uses CRT; PRINTER;

Var

m,j: integer;

QT, H, S, n: REAL;

K, Q, L, D: array[1..100] OF REAL;

BEGIN

ClrScr; (* Xoa man hinh*)

Writeln(' Tinh luu luong duong ong song song va ton that cot nuoc ');

(* Vao so lieu *)

WRITELN(' Nho doi do dai ra don vi met ');

WRITELN(' So nhanh duong ong (m <100) m = ');

READLN(m);

WRITELN(' Luu luong dau vao QT = ');

READLN(QT);

WRITELN(' Do nham duong ong n = ');

READLN(n);

WRITELN('Vao do dai va duong kinh cac doan ong ');

FOR J:=1 TO m DO

BEGIN

WRITELN('Do dai doan ong thu ', j, '= ');

READLN(L[j]);

WRITELN('Duong kinh doan ong thu ', j, '= ');

READLN(D[j]);

END;

WRITELN(' Vao so lieu xong ');

WRITELN(' Tinh dac trung luu luong cac doan ong');

FOR J:=1 TO m DO

K[j] := 0.3113*EXP((8/3)*LN(D[j]))/n;

WRITELN(' Tinh ton that cot nuoc giua hai diem A va B');

S :=0;

FOR J:=1 TO m DO

S := S + K[j]/SQRT(L[j]);

H := SQR(QT)/SQR(S);

WRITELN(' Ton that cot nuoc H = ', H:12:6);

WRITELN(' Tinh luu luong cac doan ong');

FOR j :=1 TO m DO

BEGIN

Q[j] := k[j]*SQRT(H)/SQRT(L[j]);

WRITELN(' Luu luong trong doan ong thu ', j, ' = ', Q[j]:12:6);

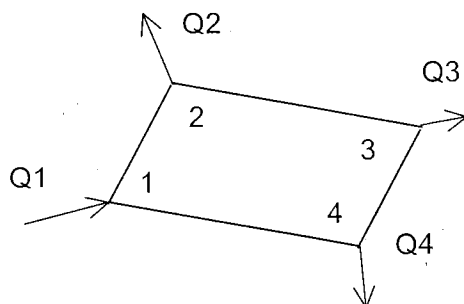
END;

REALD;

END.

Bài 7 (Tính toán cho mạng đường ống khép kín)

Xác định đường kính các đoạn ống mạng đường ống khép kín (xem hình vẽ). Lưu lượng tại các nút $Q_2 = 0,01\text{m}^3/\text{s}$; $Q_3 = 0,05\text{m}^3/\text{s}$; $Q_4 = 0,015\text{m}^3/\text{s}$. Độ dài các đoạn ống $l_{1-2} = 500\text{m}$; $l_{2-3} = 1000\text{m}$; $l_{1-4} = 1000\text{m}$; $l_{4-3} = 500\text{m}$. áp suất tại điểm 1 $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; áp suất tối thiểu tại các nút $p_{\min} = 5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$. Nhiệt độ nước là 20°C .



Thứ tự thực hiện

Giải bằng phương pháp hiệu chỉnh dần.

Giả định

$$Q_{1-2} = Q_2 + 0,5 \cdot Q_3; \quad d_{1-2} = 0,2\text{m};$$

$$Q_{2-3} = 0,5 \cdot Q_3; \quad d_{2-3} = 0,175 \text{ m};$$

$$Q_{1-4} = Q_4 + 0,5 \cdot Q_3; \quad d_{1-4} = 0,2 \text{ m};$$

$$Q_{4-3} = 0,5 \cdot Q_3; \quad d_{4-3} = 0,175 \text{ m};$$

Tổn thất cột nước trên mỗi đoạn ống được xác định theo công thức

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \psi \cdot A \cdot Q^2 \cdot l$$

Ở đây: $\psi_{1-2} = \psi_{2-3} = \psi_{1-4} = \psi_{4-3} = 1,1$

So sánh tổn thất áp lực trên các nhánh 1-2-3 và 1-4-3

Sau đó ta tính chênh lệch lưu lượng theo công thức $\Delta q = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g \cdot 2 \sum \psi_i A_i Q_i l_i}$

Nhánh nào có tổn thất áp lực nhỏ hơn thì ta tăng lưu lượng lên Δq và giảm lưu lượng ở nhánh kia đi một lượng tương ứng.

Quá trình tính toán lại lặp lại như trên cho đến khi độ chênh áp nhỏ hơn giá trị ϵ cho trước.

Sau đây là chương trình phân bố lưu lượng trên mạng ống sao cho sự chênh áp trên hai nhánh 1-2-3 và 1-4-3 là chấp nhận được (nhỏ hơn $0,5 \text{ N/m}^2$) với giả định đường kính các đoạn ống như sau $d_{1-2} = 0,2 \text{ m}$; $d_{2-3} = 0,175\text{m}$; $d_{1-4} = 0,2\text{m}$; $d_{4-3} = 0,175\text{m}$. Các hệ số sức cản đơn vị A_{1-2} ; A_{2-3} ; A_{1-4} ; A_{4-3} được tra bảng.

Sơ đồ khối bạn đọc có thể dễ dàng thiết lập theo thứ tự thực hiện nêu trên.

PROGRAM

Program Tinh_toan_mang_kin;

Uses CRT, Printer;

Const

zo = 9810;

g = 9.81;

pxi = 1.1;

Var

sl, k : Integer;

s, dtp, dtq, epxi : Real;

dp123, dp143: Real;

a,d,dp,p,q,l, ll: Array[1..4] Of Real;

BEGIN

ClrScr; (* Xoa man hinh*)

Writeln(' Tinh toan mang luoi duong ong khép kín ');

(* Vao so lieu *)

Writeln(' Luu luong tai cac nut');

Write(' Luu luong tai nut so 2 Q2 = ');

Readln(ll[2]);

Write(' Luu luong tai nut so 1 Q3 = ');

Readln(ll[3]);

Write(' Luu luong tai nut so 1 Q4 = ');

Readln(ll[4]);

Writeln(' Phan phoi luu luong ban dau');

Write(' Do chenh ap cho phép epxi = ');

Readln(epxi);

Writeln(' Lua chon duong kinh ban dau ');

Write(' Duong kinh doan 1-2 d12 = ');

Readln(d[1]);

Write(' Duong kinh doan 2-3 d23 = ');

Readln(d[2]);

Write(' Duong kinh doan 1-4 d14 = ');

Readln(d[3]);

Write(' Duong kinh doan 4-3 d43 = ');

Readln(d[4]);

Writeln(' He so dieu chinh he so suc can don vi pxi = ',pxi:12:6);

Writeln(' He so suc can don vi cac doan ong ung voi duong kinh da chon ');

Write(' He so A12 = ');

Readln(A[1]);

Write(' He so A23 = ');

Readln(A[2]);

Write(' He so A14 = ');

Readln(A[3]);

Write(' He so A43 = ');

Readln(A[4]);

Write(' Do dai doan ong 1-2 l12= ');

Readln(ll[1]);

Write(' Do dai doan ong 2-3 l23 = ');

Readln(ll[2]);

Write(' Do dai doan ong 1-4 l14 = ');

Readln(ll[3]);

Write(' Do dai doan ong 4-3 l43 = ');

Readln(ll[4]);

Writeln(' Vao so lieu xong');

Writeln('*****');

(* Phan bo luuluong tren cac doan ong *)

q[1] := ll[2] + 0.5*ll[3];

q[2] := 0.5*ll[3];

q[3] := ll[4] + 0.5*ll[3];

q[4] := 0.5*ll[3];

(* Tinh do sut ap tren cac doan duong ong *)

sl :=0;

Repeat

For k := 1 to 4 Do

dp[k] := zo*g*pxi*a[k]*SQR(q[k])*l[k];

(* Tinh do sut ap tren hai nhanh chinh *)


```

dp123 := dp[1] + dp[2];
dp143 := dp[3] + dp[4];
If dp123 < dp143 then dtp := dp143 - dp123 Else dtp := dp123 - dp143;
S := 0;
For k := 1 To 4 do s := s + pxi*a[k]*q[k]*l[k];
dtq := dtp/(zo*g*2*s);
If dp123 < dp143 Then
    Begin
        q[1] := q[1] + dtq;
        q[2] := q[2] + dtq;
        q[3] := q[3] - dtq;
        q[4] := q[4] - dtq;
    End
Else
    Begin
        q[1] := q[1] - dtq;
        q[2] := q[2] - dtq;
        q[3] := q[3] + dtq;
        q[4] := q[4] + dtq;
    End;
sl := sl + 1;
Until (dtp < epxi) Or Keypressed;
Writeln(' Ket qua tinh toan');
Writeln(' Luu luong doan ong 1-2 q12 = ', q[1]:12:6);
Writeln(' Luu luong doan ong 2-3 q23 = ', q[2]:12:6);
Writeln(' Luu luong doan ong 1-4 q14 = ', q[3]:12:6);
Writeln(' Luu luong doan ong 4-3 q43 = ', q[4]:12:6);
Writeln(' Do chênh ap tren nhanh 123 = ', dp123:12:6);
Writeln(' Do chênh ap tren nhanh 143 = ', dp143:12:6);
Writeln(' Do chênh ap của hai nhanh dp = ', dtp:12:6);
Writeln(' So lan lap sl = ', sl:12);
Readln;

```

END.

Bài 8 (lỗ vòi: chảy với mực nước thay đổi)

Cho biểu diễn bình độ một hồ chứa nước với các đường đồng cao (cùng cao độ) ghi số cách nhau từng khoảng l , và đồ thị $S = S(H)$ giữa diện tích mặt nước và cao độ mặt nước trong hồ.

Sông đổ vào hồ một lưu lượng không đổi Q_0 . Xác định thời gian tháo cạn hồ chứa từ cao độ Z_1 đến cao độ Z_2 nếu diện tích lỗ tháo của đập là DT và chảy qua lỗ là chảy tự do (mực nước hạ lưu thấp hơn lỗ). Tâm lỗ đặt ở cao độ Z_3 . Hệ số lưu lượng của lỗ là μ .

Giải bài toán với các số liệu:

$l = 1 \text{ m}$; $Q_0 = 4,16 \text{ m}^3/\text{s}$; $Z_1 = 36 \text{ m}$; $Z_2 = 31 \text{ m}$; $Z_3 = 26 \text{ m}$;

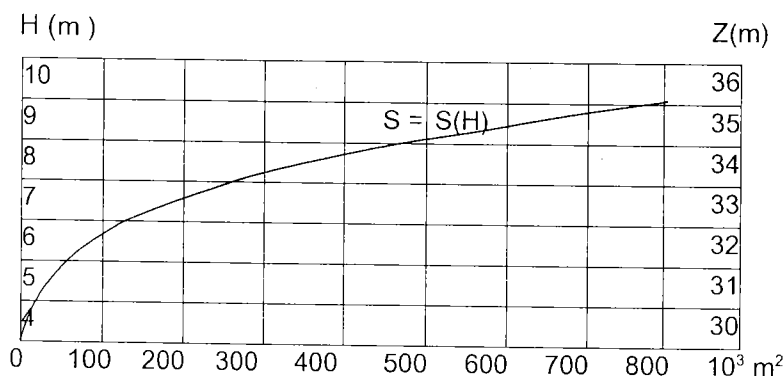
$DT = 11 \text{ m}^2$; $\mu = 0,7 = \text{const}$.

Đáp số: $T = 13934 \text{ s} = 3 \text{ h } 52 \text{ mn } 14 \text{ s}$.

THỬ TỰ THỰC HIỆN

Cao độ mực nước hồ $H_1 = Z_1 - Z_3$

Lưu lượng tháo qua lỗ ứng với cao độ H là



THỬ TỰ THỰC HIỆN

Cao độ mực nước hồ $H_1 = Z_1 - Z_3$

Lưu lượng tháo qua lỗ ứng với cao độ H là

$$Q = \mu * DT * \sqrt{2gH}$$

Ta giả thiết rằng lưu lượng tháo Q lớn hơn lưu lượng sông đổ vào hồ Q_0 . Như vậy hồ sẽ cạn dần cho đến khi $Q_{\text{tháo}} = Q_0$ thì ngừng lại.

Tính đại lượng $A = \frac{Q_0}{\mu * DT * \sqrt{2g}}$

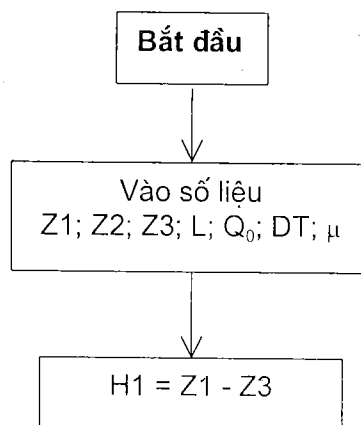
Thời gian để nước trong hồ hạ từ cột nước H1 đến H2 sẽ là:

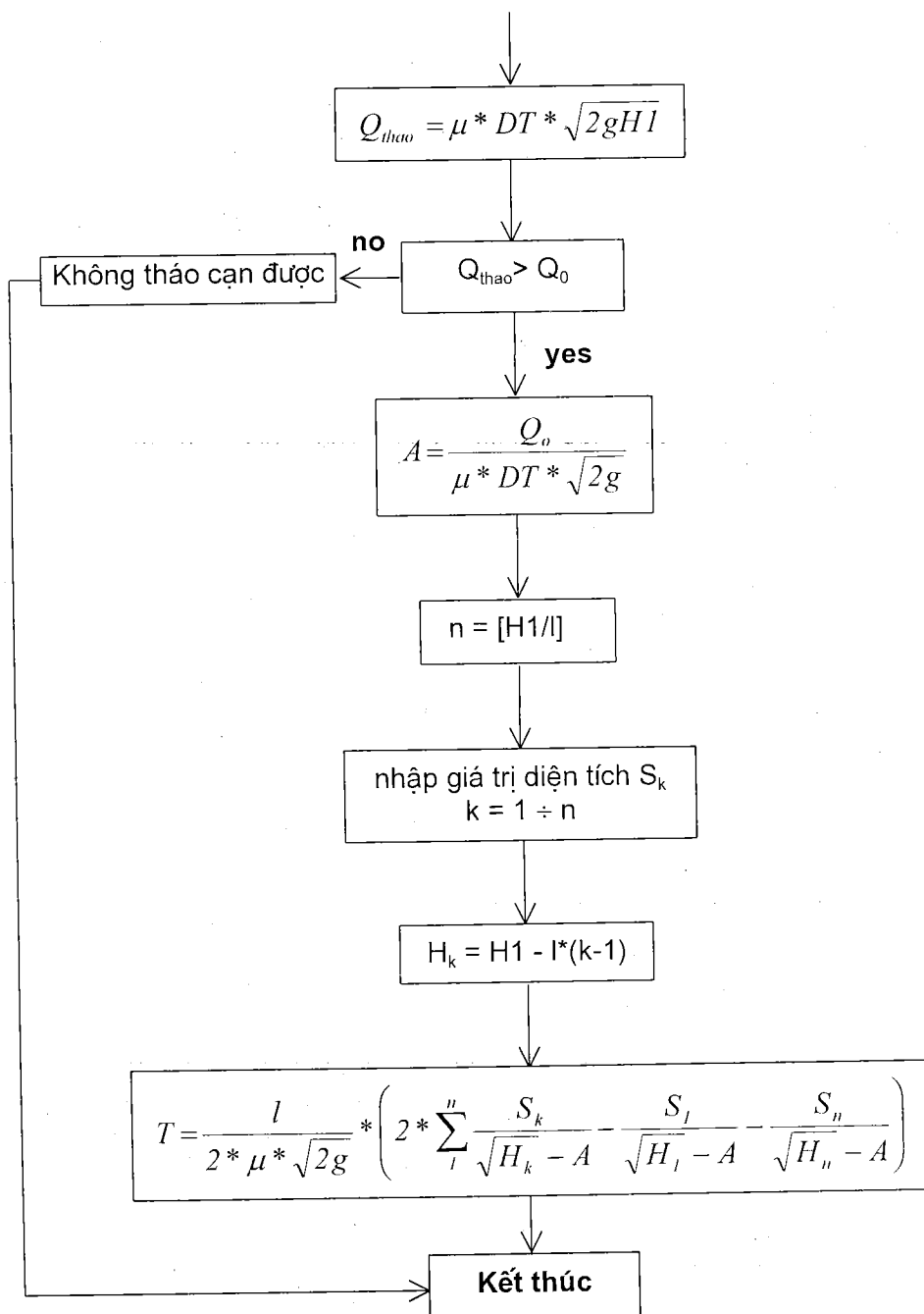
$$T = \frac{l}{\mu * DT * \sqrt{2g}} * \int_{H_2}^{H_1} \frac{S(H) dH}{\sqrt{H} - A}$$

Ta tính tích phân trong công thức trên bằng phương pháp gần đúng: chia thể tích hồ từ cao độ Z1 đến cao độ Z2 thành $[(Z_1 - Z_2)/l]$ phần bằng các mặt phẳng nằm ngang cách đều nhau một khoảng l. Mỗi thể tích này được tính theo công thức:

$$DV_k = \frac{S_k + S_{k+1}}{2} * l$$

SƠ ĐỒ KHỐI





CHƯƠNG TRÌNH

Program Dong_chay_voi_muc_nuoc_thay_doi;

Uses CRT; PRINTER;

Const

$g = 9.81;$

Var

$n, k:$ integer;

Z1, Z2, Z3, l, Q0, QTh, A, B, DT, mua, T: REAL;

H, S: ARRAY[1..50] OF REAL;

BEGIN

CLRSCR; (* Xoa man hinh*)

WRITELN(' Tinh thoi gian thao can ho chua nuoc ');

(* Vao so lieu *)

WRITELN(' Chu y su tuong thich cac don vi do ');

WRITELN(' Cao do thu nhut Z1 = ');

READLN(Z1);

WRITELN(' Cao do thu hai Z2 = ');

READLN(Z2);

WRITELN(' Cao do thu ba Z3 = ');

READLN(Z3);

WRITELN('Khoang cach giua hai duong dong cao ke nhau l = ');

READLN(L);

WRITELN(' Luu luong do vao ho Q0 = ');

READLN(Q0);

WRITELN(' Dien tich lo thao DT = ');

READLN(DT);

WRITELN(' He so luu luong lo thoat mua = ');

READLN(MUY);

READLN;

H[1] := Z1 - Z2;

WRITELN(' Tinh Q thao ');

QTh := mua*DT*SQRT(2*g*H[1]);

IF QTh > Q0 THEN

BEGIN

WRITELN(' Co the thao can ho duoc');

WRITELN('Tinh thoi gian T de thao can ho ');

A := Q0/(MUY*DT*SQRT(2*G));

WRITELN(' Tinh so luong duong DONG CAO N ');

N := ROUND(H[1] / L + 0.5);

WRITELN(' Nhap gia tri dien tich cac mat dong cao ');

FOR K := 1 TO N DO

WRITE(' Dien tich mat dong cao thu ', K, ' S[', K, '] = ');

READLN(S[K]);

FOR K := 1 TO N DO

H[K] := H[1] - L*(K-1);

(* Tinh thoi gian T can thiet de thao can ho *)

B := 0;

FOR K := 1 TO N DO

```

B := B + 2*S[K]/(SQRT(H[K]) - A);
T := L*(B - S[1]/(SQRT(H[1]) - A) - S[N]/(SQRT(H[N]) - A))
/(2*MUY*SQRT(2*G));
WRITELN(' THOI GIAN THAO CAN HO LA T = ', T:12:6);
READLN;

```

END

ELSE

```

WRITELN(' KHONG THE THAO CAN HO VI LUONG NUOC CHAY VAO KHONG IT HON
LUONG NUOC CHAY RA');

```

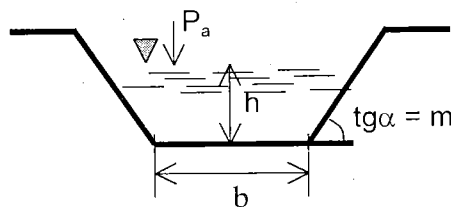
READLN;

END.

Bài 9 (Tính chiều sâu kênh hở)

Xác định chiều sâu dòng chảy đều trong kênh hình thang. Cho biết: độ rộng đáy kênh $b = 1,2$ m; độ nghiêng mái kênh $m = 1,5$; hệ số nhám thành kênh $n = 0,0275$; độ dốc đáy kênh $i = 0,0006$ và lưu lượng dòng chảy $Q = 1,1$ m³/s.

Đáp số: $h = 0,82$.



THỨ TỰ THỰC HIỆN

Sử dụng công thức tính lưu lượng $Q = \omega * C * \sqrt{R * i}$

với C là hệ số Sêdi tính theo công thức Maninh $C = \frac{1}{n} * R^{1/6}$

Ta có $\frac{Q * n}{\sqrt{i}} = \omega * R^{2/3}$

$$R = \frac{(b + m * h) * h}{b + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}}$$

Cuối cùng h được tính theo phương trình

$$\left(\frac{Q * n}{\sqrt{i}} \right) = (b + m * h) * h * \left[\frac{(b + m * h) * h}{b + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}} \right]^{2/3}$$

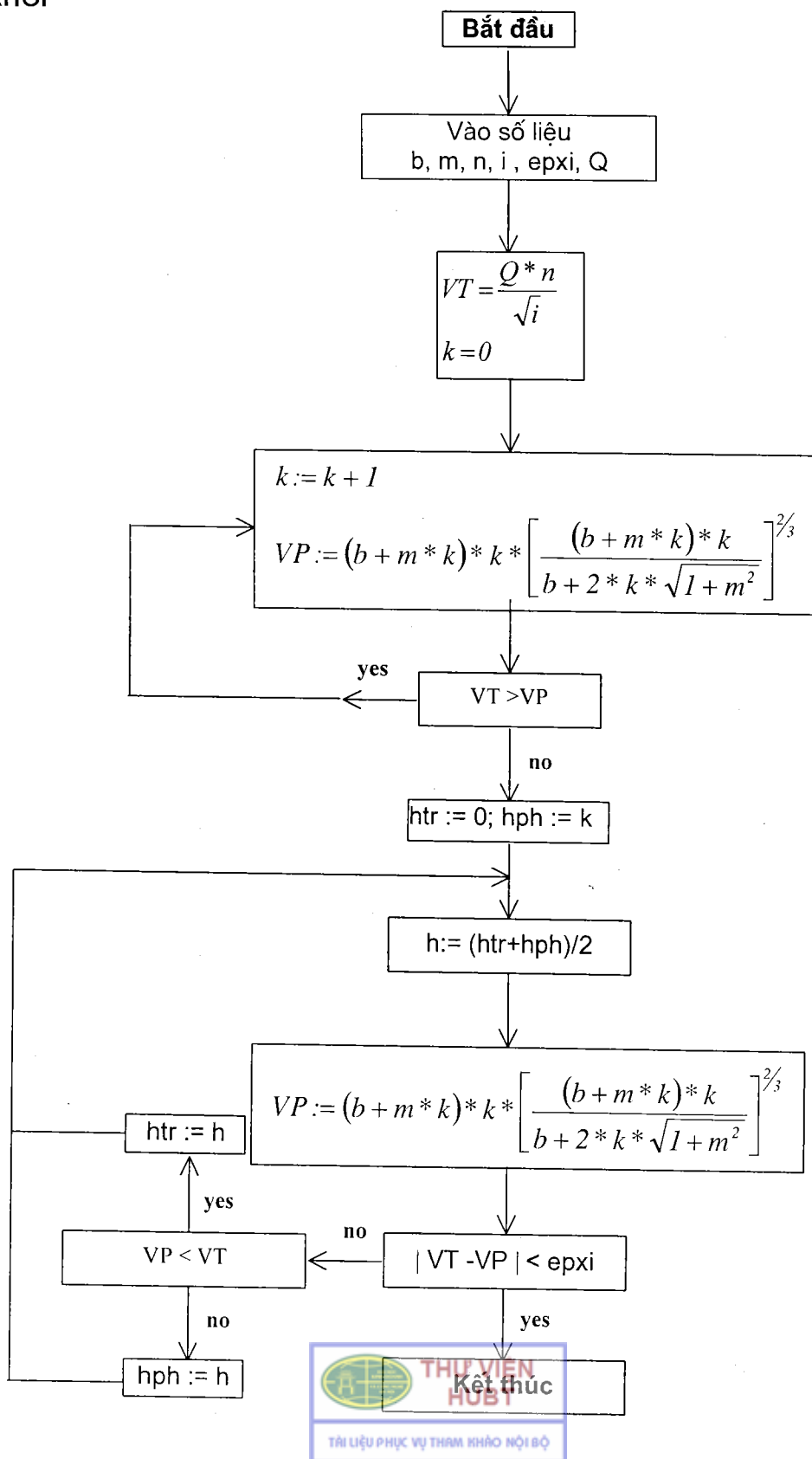
Để tính h từ phương trình trên ta phải chứng minh các điều sau:

1. Vế phải (VP) của phương trình là hàm đồng biến theo h
2. Chỉ ra được giá trị $h_{\max}$ mà với giá trị này VP lớn hơn vế trái (VT)

3. Lập thuật toán để tìm giá trị h tại đó chênh lệch giữa hai vế nhỏ hơn giá trị ϵ trước.

*Chúng tôi dành cho bạn đọc giải quyết các vấn đề trên như bài tập thực hành.

SƠ ĐỒ KHỐI



CHƯƠNG TRÌNH

USES CRT, PRINTER;

VAR

k, stop, sl: integer;

b, m, h, n, i, Q, C1, C2, VP, VT : REAL;

epxi, htr, hph : REAL;

BEGIN

ClrScr; (* Xoa man hinh*)

Writeln(' Xac dinh do sau h cua kênh hình thang ');

(* Vao so lieu *)

Writeln(' Chu y su tuong thich cac don vi do ');

Write(' Do rong day kênh b = ');

Write(' Do nghieng mai kênh m = ');

Write(' Do nham thanh kênh n = ');

Write(' Do doc day kênh i = ');

Write(' Luu luong dong chay trong kênh Q = ');

Write(' Do sai so cho phép epxi = ');

WRITELN('*****');

VT := Q*n/SQRT(i);

k := 0;

REPEAT

k := k + 1;

C1 := (b+m*k)*k;

C2 := b+2*k*SQRT(1+ m*m);

VP := C1*EXP((2/3)*LN(C1/C2));

UNTIL VP>VT;

htr := 0;

hph := k;

stop := 0;

sl := 0;

REPEAT

Sl := sl +1;

h := (htr + hph)/2;

C1 := (b+m*h)*h;

C2 := b+2*h*SQRT(1+ m*m);

VP := C1*EXP((2/3)*LN(C1/C2));

IF ABS(VP-VT) < epxi THEN stop := 1 ELSE

BEGIN

IF VT > VP THEN htr := h ELSE hph := h;

END;

UNTIL stop = 1;

WRITELN(' Dua ket qua ra man hinh ');

WRITELN('*****');

WRITELN(' k = ', k);

WRITELN(' So lan lap sl = ', sl);

WRITELN(' Do sau kênh h bang = ', h:12:6);

WRITELN(' Ve trai bang VT = ', VT:12:6);

WRITELN(' Ve phai bang VP = ', VP:12:6);

Readln(b);
Readln(m);
Readln(n);
Readln(i);
Readln(Q);
Readln(epxi);

WRITELN(' Do sai so cho phép epxi = ', epxi:12:6);
 WRITELN(' Do sai so thuc te : gia tri tuyet doi (VT -VP) = ', ABS(vt-vp):12:6);
 READLN;

END.

Bài 10 (Tính toán lưu lượng dòng chảy trong kênh có mặt cắt phức tạp)

Tính lưu lượng Q chảy qua lòng dẫn có mặt cắt phức tạp được chia làm m phần với các hệ số nhám tương ứng n_k ($k = 1, 2, \dots, m$); và phần chu vi ướt tương ứng cv_k diện tích mặt cắt ướt tương ứng là dt_k . Độ dốc đáy kênh là i .

CÁC BƯỚC THỰC HIỆN

Tính độ nhám trung bình n_{tb} của kênh theo công thức Pavlốpski

Tính diện tích mặt cắt ướt của kênh $dt = \sum_{k=1}^m dt_k$

Tính chu vi ướt của kênh $cv = \sum_{k=1}^m cv_k$

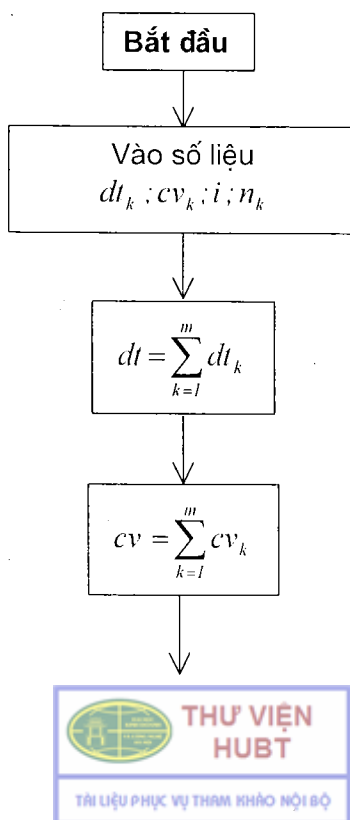
Tính bán kính thủy lực của kênh $R = \frac{dt}{cv}$

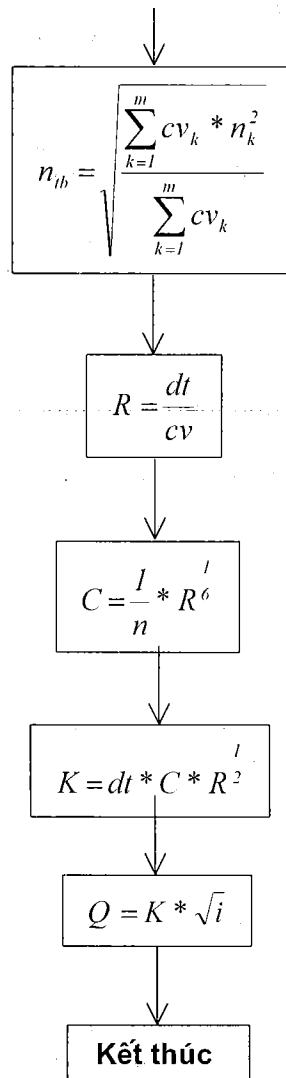
Tính hệ số Sêdi theo công thức Maninh $C' = \frac{1}{n_{tb}} * R^{1/6}$

Tính đặc trưng lưu lượng $K = dt * C' * \sqrt{R}$

Tính lưu lượng chảy qua kênh $Q = K * \sqrt{i}$

SƠ ĐỒ KHỐI





CHƯƠNG TRÌNH

```

Program Tinh_kenh_phuc_tap;
Uses CRT; PRINTER;
Var
m, k: integer;
cv, dt, C, R, ntb, K, Q, i, S : REAL;
A, B, C : array[1..100] OF REAL;
(* A - mảng diện tích, B - mảng chu vi, C - mảng độ nhám *)
BEGIN
CLRSCR;      (* Xóa màn hình *)
WRITELN(' Tính lưu lượng trong kênh có mặt cắt phức tạp ');
(* Vào số liệu *)
WTITELN(' Chú ý sự tương thích các đơn vị đo ');
  
```

```

WRITE( ' So luong các mat cat thanh phan( m <100) m = ');      READLN(M);
WRITE( ' Do docday kenh i = ');      READLN(I);
WRITELN('Vao so lieu cho cac dien tich, chu vi, do nham thanh phan ');
FOR j := 1 TO m DO
BEGIN
WRITELN( 'Dien tich mat cat thanh phan thu ', j , '= ');      READLN(A[j]);
WRITELN( 'Chu vi mat cat thanh phan thu ', j , '= ');      READLN(B[j]);
WRITELN( 'Do nham mat cat thanh phan thu ', j , '= ');      READLN(C[j]);
END;
WRITELN(' Vao solieu xong ');
WRITELN(' *****');
WRITELN(' Tinh dien tich toan mat cat');
dt := 0;
FOR J:=1 TO m DO
dt := dt + A[j];
WRITELN(' Tinh chu vi uot toan mat cat');
cv := 0;
FOR j :=1 TO m DO
cv := cv + B[j];
WRITELN(' Tinh do nham trung binh toan mat cat theo cong thuc Pavlopxki');
S := 0;
FOR j :=1 TO m DO
S := S + cv[j]*SQR(n[j]);
ntb := SQRT(S/cv);
WRITELN(' Tinh ban kinh thuy luc R ');
R := dt/cv;
WRITELN(' Tinh he so Sedi ');
C := EXP(((1/6)*LN(R))/ntb);
WRITELN(' Tinh dac trung luu luong');
K := dt*C*SQRT(R);
WRITELN(' Tinh luu luong');
Q := K*SQRT(i);

```

(* Dưa kết quả ra màn hình *);

WRITELN(' Do nhám trung bình ntb = ',ntb:12:6);

WRITELN(' Bán kính thủy lục R = ',R:12:6);

WRITELN(' Hệ số Sedi C = ',C:12:6);

WRITELN(' Đặc trưng lưu lượng K = ',K:12:6);

WRITELN(' Lưu lượng Q = ',ntb:12:6);

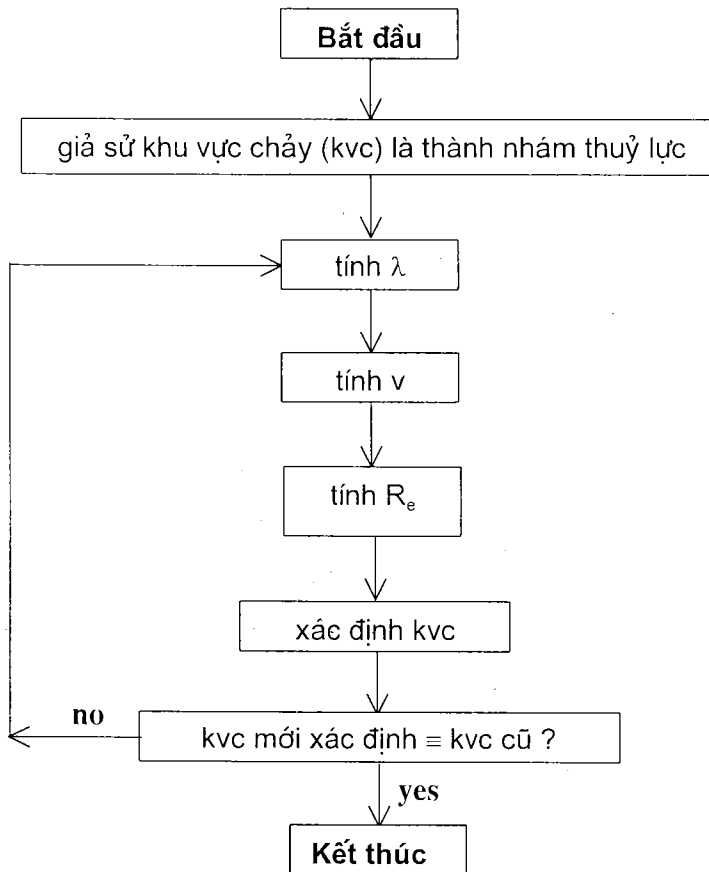
READLN;

END.

C - BÀI TẬP THỰC HÀNH

Bài 1. Xác định tính hội tụ của thuật toán trong bài tính lưu lượng trong ống xi phông (bài số 4 phần B).

Thực chất chương trình trong bài 4 được lập trên giả định thuật toán sau;



luôn hội tụ. Trên thực tế tính toán chương trình luôn cho kết quả đúng. Tính hội tụ của thuật toán vẫn còn là vấn đề còn bỏ ngỏ.

Bài 2: Chứng minh rằng phương trình tính chiều sâu mực nước của dòng chảy đều trong kênh hở hình thang:

$$\frac{Q^* n}{\sqrt{i}} = (h + m * h) * h \left[\frac{(h + m * h) * h}{b + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}} \right]^{2/3} \quad \text{luôn tồn tại duy nhất lời giải.}$$

Ở đây:

Q: lưu lượng dòng chảy

b: độ rộng đáy kênh

l : chiều dài đoạn kênh

m : độ nghiêng mái kênh

i : độ dốc đáy kênh.

Câu hỏi tương tự đối với bài toán xác định đường kính ống từ phương trình:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}}$$

Ở đây $Q, l, H, \lambda, \sum \zeta$ là các đại lượng đã biết, d là ẩn số.

Bài 3: Tính toán đường ống hở

Lưới đường ống hở được đặc trưng bởi những số liệu sau đây:

- Chiều dài các đoạn ống:

$$\begin{array}{lll} l_{1-2} = 300\text{m} & l_{2-3} = 200\text{m} & l_{3-4} = 150\text{m} \\ l_{3-5} = 250\text{m} & l_{2-6} = 100\text{m} & \end{array}$$

- Độ cao hình học (cao trình) các điểm:

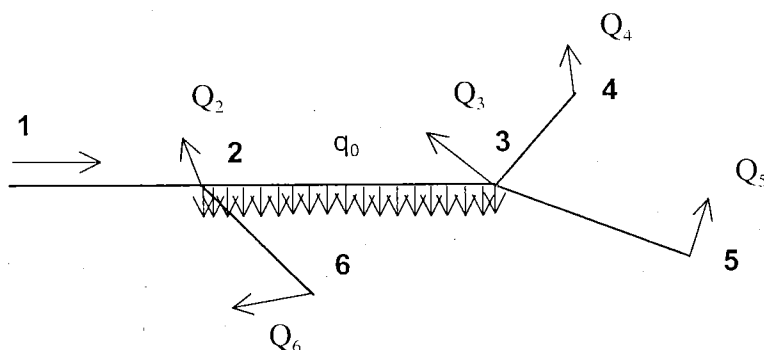
$$\begin{array}{lll} Z_1 = 41\text{m} & Z_2 = 40,5\text{m} & Z_3 = 40,5\text{m} \\ Z_4 = 38\text{m} & Z_5 = 37\text{m} & Z_6 = 38\text{m} \end{array}$$

- Lưu lượng tại các nút:

$$\begin{array}{lll} Q_2 = 6\text{l/s} & Q_3 = 15\text{l/s} & Q_4 = 11\text{l/s} \\ Q_5 = 14\text{l/s} & Q_6 = 28\text{l/s} & \end{array}$$

Lưu lượng riêng dọc đường của đoạn 2-3, $q_0 = 0,02\text{l/s.m}$

Hãy xác định đường kính của các đoạn và cột nước đo áp tại các nút này: $H_k \geq 12\text{m}$. Cho biết các ống thép thường có hệ số nhám $n = 0,014$.



PHỤ LỤC

**Các giá trị hệ số nhám n và độ nhám tương đương hạt đều
của đường ống**

Tính chất mặt ngoài của đường dẫn nước	Trị số n			Trị số K _{sd} (mm)		
	Trung bình	Lớn nhất	Bé nhất	Trung bình	Lớn nhất	Bé nhất
Đá không trát mặt :	0,03	0,003	0,025	180	320	6,0
a - Trong điều kiện tr/bình các thành được làm phẳng bằng cách đẽo bỏ những chỗ nhô ra	0,04	0,045		1000		
b- Trong điều kiện không thuận lợi - bề mặt rất lồi lõm, làm khác một ít so với thiết kế.						
Đá chỉ trát một phần; phun xi măng, trát vữa, trát một phần chu vi của đường ống	0,03		0,022	180		30
Các tuynen và ống dẫn nước bằng bê tông và bê tông cốt thép (không trát vữa)						
a- Bằng phương pháp thi công thông thường và ván khuôn gỗ	0,013	0,014		1,2	1,8	
b. Bằng phương pháp thi công chất lượng không cao : các vết của khe nối do có hiện tượng lún của các tấm ván khuôn v.v...	0,016	0,017		1,0	0,6	
c- Với hình dạng rất nhẵn (hoặc với khuôn không kim loại).	0,012			0,7		
Tuynen và đường ống bê tông cốt thép với mặt trát vữa được làm phẳng mài nhẵn phụ thuộc vào chất lượng công việc.	0,012	0,014	0,010	0,7	1,8	0,25
Các tuynen và ống dẫn nước bằng bê tông và bê tông cốt thép có lớp phun xi măng:						
a- mặt đường dẫn nước được quét cẩn thận bằng chổi thép và được là nhẵn	0,013	0,015	0,012	12	225	0,7
b- Mặt đường dẫn nước được quét bằng chổi thép và không để lại những mảnh vụn giữa lớp phun và lớp trát bên ngoài.	0,018		0,016	8		4
c- Lớp phun xi măng được thi công cẩn thận nhưng không quét và là nhẵn.	0,019	0,023		11,0	36,0	
Ống dẫn nước bằng kim loại:						
a- Với mối hàn ngang và dọc không làm giảm diện tích mặt cắt ướt.	0,012	0,0125	0,011	0,7	1,0	0,3
b- Với mối hàn và khớp nối ngang bằng một hàng đinh tán.	0,013	0,014	0,0115	1,2	1,8	
c- Với mối hàn dọc và khớp nối ngang bằng đinh tán (hai hàng đinh tán hoặc nhiều hơn).	0,014	0,015	0,013	1,8	2,8	1,2
d- Ống với khe nối ngang và dọc bằng đinh tán khi số đinh tán ít và bề dày của thành ống mỏng đến 11mm	0,0135	0,015	0,0125	1,4	2,8	0,9
e- Ống với khe nối ngang và dọc bằng đinh tán có lớp đệm khi số đinh tán lớn (hai hàng và nhiều hơn) hoặc khi bề dày của thành ống lớn hơn 12mm	0,015	0,017	0,014	2,8	5,8	1,8
Ống dẫn nước bằng gỗ, ghép bằng đinh tán	0,011	0,012	0,010	0,3	0,7	0,2

Trị số ma sát thủy lực λ đối với ống nhám hoàn toàn

d (mm)	Hệ số nhám n				
	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015
200	0,021	0,026	0,033	0,039	0,050
300	0,019	0,024	0,029	0,035	0,044
400	0,017	0,022	0,026	0,033	0,039
500	0,016	0,020	0,025	0,030	0,036
600	0,016	0,019	0,024	0,028	0,034
700	0,015	0,019	0,023	0,027	0,032
800	0,015	0,018	0,022	0,026	0,031
900	0,014	0,017	0,021	0,025	0,029
1000	0,013	0,017	0,020	0,023	0,028
1200	0,013	0,016	0,019	0,022	0,026
1500	0,012	0,015	0,018	0,021	0,025
2000	0,011	0,014	0,016	0,019	0,022
2500	0,011	0,013	0,015	0,018	0,021
3000	0,010	0,012	0,014	0,017	0,020

Phụ lục 3

Trị số hệ số ma sát thủy lực λ theo công thức Sevêlêp đối với các ống gang và thép có đường kính lớn

d(mm)	λ	d(m)	λ	d(m)	λ
1,00	0,0210	1,75	0,0178	3,00	0,0151
1,25	0,0196	2,00	0,0161	4,00	0,0139
1,50	0,0086	2,5	0,0161	5,00	0,0116

Đặc trưng thành ống	n	$\frac{1}{n}$
Mặt ngoài được mạ hay tráng men. Ván được bào rất nhẵn và ghép thật kín.	0,009	111,1
Ván bào, mặt trái bằng vữa xi măng nguyên chất	0,010	100,0
Mặt tráng bằng xi măng (1/3 cát). Ống gạch, ống gang, ống thép sạch (mới) được đặt và nối cẩn thận.	0,011	90,0
Ván không bào, ghép kín. Ống cấp nước trong điều kiện bình thường, không có nhiều ghét bám. Ống thoát nước rất sạch. Bê tông đổ rất tốt.	0,012	83,3
Đá xây gọt phẳng. Gạch xây rất tốt. Ống thoát nước trong điều kiện bình thường. Ống dẫn nước hơi bẩn. Ván không bào, ghép chưa hoàn toàn kín	0,013	76,9
Ống "bẩn" (ống cấp nước và ống thoát nước). Gạch xây. Áo kênh bằng bê tông trong điều kiện trung bình.	0,014	71,4
Gạch xây thô. Đá xây (không gọt phẳng) nhưng bề mặt được rửa sạch và đặt trên nền đá bằng phẳng. Ống thoát rất bẩn. Vài bọt bọ các thanh gỗ.	0,015	66,7
Đá học chất lượng trung bình, xây đạt yêu cầu. Gạch xây đã cũ (đã vụn). Mặt bê tông tương đối thô. Nham thạch trơn được thi công khá kĩ	0,017	58,8
Kênh được phủ một lớp bùn dày và ổn định. Kênh đào trong hoang thổ chắc và trong sỏi nhỏ chắc, có phủ một lớp bùn liên tục (tất cả đều ở trạng thái không chệch trách được).	0,018	55,6
Đá học xây rất thô. Đá học lớn, xây khá. Mặt đường bằng đá cuội. Kênh đào hoàn toàn trong nham thạch. Kênh đào trong hoang thổ, trong sỏi chắc, trong đất chắc và được phủ một lớp bùn (ở trạng thái bình thường).	0,020	50,0
Mặt đường bằng đá dăm lớn có nhiều góc cạnh. Kênh đào trong nham thạch, mặt kênh thi công không kỹ. Kênh đào trong đất sét chắc. Kênh đào trong hoang thổ, trong sỏi, trong đất và được phủ một lớp bùn không liên tục (có những chỗ bị gián đoạn). Kênh đất loại lớn ở điều kiện giữ gìn và sửa chữa cao hơn điều kiện trung bình.	0,0225	44,4
Kênh đất loại lớn ở điều kiện giữ gìn và sửa chữa trung bình và kênh đất loại nhỏ ở điều kiện tốt. Sông và suối trong điều kiện thuận lợi (chảy tự do, không bị vắn rác và ít rêu).	0,025	40,0
Kênh đất loại lớn trong điều kiện thấp hơn trung bình loại nhỏ trong điều kiện trung bình.	0,0275	36,4
Kênh và sông trong điều kiện tương đối xấu (ví dụ, nhiều chỗ có rêu và đá cuội hay là có cỏ mọc rậm rạp, có những chỗ bị lở bờ v.v...)	0,030	33,3
Kênh và sông ở điều kiện rất kém, có mặt cắt không đều đặn, bị đá, rêu và các thứ khác làm trở ngại nhiều.	0,035	28,6
Cũng như thế, nhưng trong những điều kiện đặc biệt kém (có đá vụn và đá lớn dưới lòng sông, có rễ cây rậm rạp, nhiều chỗ bị xói và lở, cây cối mọc nhiều).	0,040	25,0

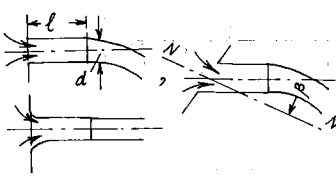
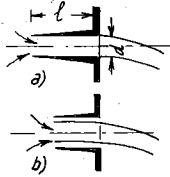
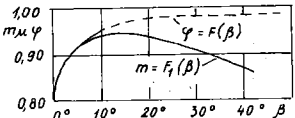
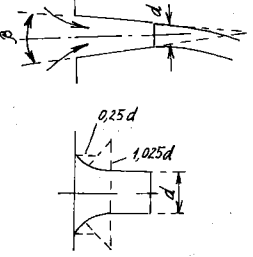
Trị số trung bình của hệ số nhám n của lòng sông thiên nhiên

Tình trạng bề mặt	Giá trị của n
Lòng dẫn thiên nhiên ở điều kiện rất tốt (lòng dẫn đất, sạch, thẳng trên bình diện hoàn toàn không bị vẩn rác, nước chảy qua dễ dàng)	0,025
Lòng dẫn của các con sông lớn và vừa, loại đồng bằng thường xuyên có nước chảy, có điều kiện lòng sông và điều kiện thoát nước tốt.	0,033
Lòng dẫn tương đối sạch, thường xuyên có nước chảy thuộc loại đồng bằng, ở điều kiện bình thường, có uốn khúc, nước chảy không đúng hướng lắm hoặc là dòng chảy thì thẳng nhưng địa hình của đáy không đều đặn (có bãi cạn, có lạch sâu, một vài nơi có đá). Lòng sông đều đặn, có đá cuội, khai thông tốt ở phía hạ lưu. Lòng dẫn bằng đất, có dòng chảy chu kì (sông cạn), trong điều kiện tốt.	0,040
Lòng dẫn (của các sông lớn và vừa) rất nhiều rác, đường sông quanh co và có một phần cỏ thực vật phủ, có đá, dòng chảy không êm. Đường chảy có tính chất chu kỳ (về mùa mưa hoặc mùa xuân). Mùa lũ đem theo nhiều bùn cát, trong lòng có nhiều đá lớn hoặc có cây cỏ v.v... che phủ. Các bãi cát của sông lớn và vừa đã được khai khẩn tương đối, có thực vật che phủ (cỏ, bụi cây).	0,050
Dòng chảy có tính chất chu kì, quanh co và có nhiều rêu mọc. Các bãi cát nhiều thực vật, chỗ cao chỗ thấp, khai khẩn chưa tốt (có lạch sâu, có cây cối và bụi rậm và còn có vụng nhỏ). Đoạn sông có bãi đá ở đồng bằng. Lòng sông có sỏi và đá lớn ở miền núi có mặt nước không đều đặn.	0,067
Những lòng sông và bãi cạn có rất nhiều cỏ rêu dòng chảy chậm và có vực sâu lớn. Lòng sông có đá lớn ở miền núi, nước chảy xiết, nước tung bọt có mặt nước sôi sục (những bọt nước bắn tung lên trời).	0,080
Vẫn là các bãi cạn như trên nhưng có luồng chảy xiên không đúng hướng và có vụng nhỏ. Dòng sông ở miền núi, uốn khúc, lòng sông có nhiều đá lớn, thấy rõ thác lớn, và hình dạng bậc thang của đáy, bọt rất nhiều đến nỗi làm cho nước mất tính chất trong suốt và thành màu trắng, tiếng nước chảy át hẳn các âm thanh khác, khó nghe tiếng người nói chuyện.	0,100
Dòng sông loại vùng lầy (có thực vật, chum cỏ ở nhiều nơi nước hầu như tù hãm v.v...). Bãi cát có nhiều cây cối, có nhiều chỗ nước "tù" có vực sâu, hồ v.v...	0,133
Những dòng sông loại hoang dã bằng đất, đá, bùn v.v... Bãi có nhiều cây rậm rạp kiểu rừng taiga. Những bãi dốc của lưu vực ở trạng thái tự nhiên.	0,200

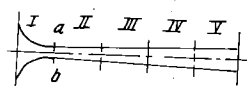
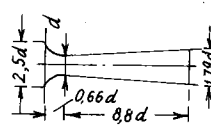
Ghi chú: Vì lòng sông thiên nhiên có rất nhiều vẻ khác nhau mà trong đó hệ số nhám thay đổi ngay cả đối với cùng một đoạn sông, phụ thuộc vào độ đầy nước của lòng sông và các yếu tố khác, do đó để xác định tổn thất cột nước do ma sát dọc đường ta phải dùng đến các hệ số nhám tìm được bằng nghiên cứu về địa chất thủy văn của khúc sông đã định ở mức nước phù hợp nhất với mực nước thiết kế. Trong trường hợp thiếu những kết quả nghiên cứu trên, thì có thể sử dụng các số liệu tương tự đã được quan sát trên những đoạn khác của cùng một con sông hoặc ở các sông khác có điều kiện tương tự như đoạn sông đang xét.

d (mm)	$\omega \cdot 10^{-1}$ (dm^2)	Trị số K,						1000/K ²		
		K, (l/s)	K ² /1000	1000/K ²	K ² , (l/s)	K ² /1000	1000/K ²	K, (l/s)	K ² /1000	1000/K ²
50	1,963	83,13.10 ⁻¹	6,91.10 ⁻²	144,72.10 ⁻²	99,47.10 ⁻¹	9,80.10 ²	101,11.10 ⁻²	10,10.10 ⁰	10,20.10 ⁻²	98,40.10 ⁻¹
75	4,418	24,77.10 ⁰	61,36.10 ⁻²	162,97.10 ⁻²	29,27.10 ⁰	85,67.10 ⁻²	116,72.10 ⁻²	29,70.10 ⁰	88,21.10 ⁻²	113,37.10 ⁻²
100	7,854	53,61.10 ⁰	28,74.10 ⁻¹	347,95.10 ⁻³	62,85.10 ⁰	39,50.10 ⁻¹	253,16.10 ⁻²	63,73.10 ⁰	40,61.10 ⁻¹	246,24.10 ⁻³
125	12,272	97,39.10 ⁰	94,85.10 ⁻¹	105,43.10 ⁻³	11,35.10 ¹	128,82.10 ⁻¹	77,63.10 ⁻³	11,51.10 ¹	132,48.10 ⁻¹	75,48.10 ⁻³
150	17,671	15,84.10 ¹	250,91.10 ⁻¹	39,85.10 ⁻³	18,39.10 ¹	338,19.10 ⁻¹	29,57.10 ⁻³	18,63.10 ¹	347,08.10 ⁻¹	128,81.10 ⁻³
200	31,416	34,08.10 ¹	116,15.10 ⁰	8,61.10 ⁻³	39,30.10 ¹	154,45.10 ⁰	6,47.10 ⁻³	39,60.10 ¹	158,40.10 ⁰	6,31.10 ⁻³
250	19,087	61,64.10 ¹	37,99.10 ¹	2,63.10 ⁻³	70,76.10 ¹	500,70.10 ⁰	2,00.10 ⁻³	71,63.10 ¹	513,09.10 ⁰	1,95.10 ⁻³
300	70,696	99,93.10 ¹	99,86.10 ¹	1,00.10 ⁻³	11,43.10 ²	136,00.10 ¹	7,66.10 ⁻⁴	11,57.10 ²	133,90.10 ¹	7,47.10 ⁻⁴
350	96,212	15,03.10 ²	22,59.10 ²	4,43.10 ⁻⁴	17,15.10 ²	29,11.10 ²	3,40.10 ⁻⁴	17,35.10 ²	30,07.10 ²	3,33.10 ⁻⁴
400	125,664	21,40.10 ²	45,80.10 ²	2,18.10 ⁻⁴	24,35.10 ²	59,29.10 ²	1,69.10 ⁻⁴	24,63.10 ²	60,66.10 ²	1,65.10 ⁻⁴
450	159,043	29,20.10 ²	85,26.10 ²	1,17.10 ⁻⁴	33,16.10 ²	109,96.10 ²	9,09.10 ⁻⁵	33,54.10 ²	112,49.10 ²	8,89.10 ⁻⁵
500	196,350	38,57.10 ²	148,76.10 ²	6,72.10 ⁻⁵	43,74.10 ²	191,32.10 ²	5,23.10 ⁻⁵	44,23.10 ²	195,63.10 ²	5,11.10 ⁻⁵
600	282,743	62,39.10 ²	389,25.10 ²	2,57.10 ⁻⁵	70,53.10 ²	497,45.10 ²	2,01.10 ⁻⁵	71,31.10 ²	508,51.10 ²	1,97.10 ⁻⁵
700	384,485	93,62.10 ²	869,47.10 ²	1,14.10 ⁻⁵	105,60.10 ²	1115,14.10 ²	8,79.10 ⁻⁶	106,74.10 ²	1139,34.10 ²	8,78.10 ⁻⁶
800	502,655	133,01.10 ²	1769,17.10 ²	5,65.10 ⁻⁶	149,73.10 ²	2241,91.10 ²	4,46.10 ⁻⁶	151,32.10 ²	2289,77.10 ²	4,37.10 ⁻⁶
900	636,173	181,29.10 ²	3286,61.10 ²	3,04.10 ⁻⁶	203,73.10 ²	4150,59.10 ²	2,41.10 ⁻⁶	205,87.10 ²	4238,25.10 ²	2,36.10 ⁻⁶
1000	785,398	239,11.10 ²	5717,36.10 ²	1,75.10 ⁻⁶	268,32.10 ²	7199,56.10 ²	1,39.10 ⁻⁶	271,11.10 ²	7350,06.10 ²	1,36.10 ⁻⁶
1100	950,334	307,09.10 ²	9430,43.10 ²	1,06.10 ⁻⁶	344,16.10 ²	11841,46.10 ²	8,44.10 ⁻⁷	347,69.10 ²	12088,83.10 ²	8,27.10 ⁻⁷
1200	1130,976	386,01.10 ²	14900,37.10 ²	6,71.10 ⁻⁷	432,11.10 ²	18271,91.10 ²	5,36.10 ⁻⁷	436,50.10 ²	19053,23.10 ²	5,25.10 ⁻⁷
1300	1327,326	176,04.10 ²	22661,40.10 ²	4,41.10 ⁻⁷	532,32.10 ²	28336,46.10 ²	3,53.10 ⁻⁷	537,69.10 ²	28911,05.10 ²	3,46.10 ⁻⁷
1500	1539,384	578,07.10 ²	33416,49.10 ²	2,99.10 ⁻⁷	645,81.10 ²	41707,05.10 ²	2,40.10 ⁻⁷	652,26.10 ²	42544,31.10 ²	2,35.10 ⁻⁷

Trị số của các hệ số μ , φ , ε , ζ của vòi (trong khu bình phương sức cản)

Loại vòi và điều kiện chảy	Hệ số			
	μ	φ	ε	ζ
Vòi trụ tròn : Cạnh vào sắc ($l > 3d$) Cạnh vào tròn, chảy vào đều, trung bình bằng Cạnh vào sắc, trục vòi nghiêng 1 góc so với mặt phẳng cột nước:	0,82 0,95	0,82 0,95	1,00 1,00	0,50 0,60
 $\beta = 0^\circ$ $\beta = 10^\circ$ $\beta = 20^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $\beta = 40^\circ$ $\beta = 50^\circ$ $\beta = 60^\circ$	0,82 0,80 0,78 0,76 0,75 0,73 0,72			
Khi chiều dài vòi $l > 3d$ (theo giáo sư V.Jurin) nếu $l' = l/d$				
 a) b)	$l' = 1$ $l' = 3$ $l' = 5$ $l' = 10$ $l' = 25$ $l' = 50$ $l' = 75$ $l' = 100$	0,62 0,82 0,79 0,77 0,78 0,64 0,58 0,55		
Vòi trụ tròn gắn phía trong :				
a) Khi $l > 3d$ b) Khi $l < 3d$	0,71 0,51	0,71 0,97	1,00 0,53	1,00 0,06
Với hình chóp thu nhỏ Khi góc hình chóp $\beta = 12^\circ$ đến 15° trung bình bằng Quan hệ giữa μ , φ , với góc β hình chóp được biểu diễn trong đồ thị b) ở dưới.	0,94	0,96	0,98	0,09
 $\mu\varphi = F(\beta)$ $m = F_1(\beta)$ 				
Với Cônôit (theo dạng luồng chảy) :				
a. Theo dạng như hình vẽ.	0,97	0,97	1,00	0,06
b. Theo dạng khác, nhưng cũng giống như dạng trên có phụ thuộc vào cột nước	0,959-0,994	0,959-0,994	1,00	0,08-0,01

Loại vòi và điều kiện chảy	Hệ số			
	μ	φ	ε	η
Vòi theo kiểu đặt ở đầu ống chứa cháy. Tùy theo hình dạng đầu ống	0,97-0,99			
Với hình chóp mở rộng : Góc hình chóp $5^\circ \div 7^\circ$ trung bình bằng	0,45-0,50	0,45-0,50	1,00	3,94-3,00
Theo kiểu I với $\beta = 5^\circ$	0,483	0,483	1,00	3,3
Theo kiểu II (đoạn I theo siclôit, đoạn II, III, IV, V theo hình chóp $\beta = 5^\circ$)				
Ứng với điều kiện cấu tạo vòi khác nhau				
a. Vòi gồm đoạn I	0,927-0,944			
b. Vòi gồm đoạn I và đoạn II	1,481-1,595			
	0,726-0,782			
c. Vòi gồm đoạn I, II và III	1,893-2,123			
	0,359-0,402			
d. Vòi gồm đoạn I, II, III và IV:	0,209-0,244			
e. Vòi gồm đoạn I, II, III, IV và V	2,055-2,261			
	0,128-0,140			



Hệ số hình dạng A và đường kính tương đương d_{td}

Hình dạng mặt cắt đối	d_{td}	A
1- Hình tròn có đường kính d	d	64
2- Hình vuông có cạnh a	a	57
3- Tam giác đều có cạnh a	0,58a	53
4- Hình vành khăn có chiều rộng a	2a	96
5- Hình chữ nhật có các cạnh a và b :		
a/b ≈ 0	2a	96
a/b = 0,25	1,6a	73
a/b = 0.5	1,3a	62

Các giá trị hệ số nhám n trong công thức N.N.Pavlópxki

Đặc trưng của mặt ngoài	Giá trị của n		
	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất
1	2	3	4
Đá không có lớp trát vỏ bọc :			
Các điều kiện rất tốt : kênh nằm hoàn toàn trong lớp đá : kênh rộng trên các lớp thổ nhưỡng có hướng nằm ngang	0,020		0,025
Các điều kiện trung bình : thành kênh bằng phẳng, các lớp nhô ra được sửa phẳng.	0,025	0,033 0,040	0,035 0,045
Bề mặt rất không phẳng (kênh nằm sâu trong đá).			
Đá có vỏ trái bọc một phần:			
Có trát vữa hoặc phun xi măng vào đá, không có rãnh ở chỗ thấp của mặt cắt (cùng cho các tuynen an toàn).	0,022		0,030
Có đặt rãnh ở chỗ thấp của mặt cắt và trát vữa một phần cho các tuynen không áp.	0,019	0,023	
Các kênh đất:			
Kênh trong đất hoang thổ, trong đất chặt, thổ nhưỡng chặt kênh bao phủ bởi một lớp bùn mỏng không có bùn cát		0,020	
Kênh lớn và trung bình đang ở trong tình trạng vận hành và duy tu tốt		0,0225 0,025 0,0275	
Kênh lớn trong điều kiện trung bình			
Kênh trong điều kiện bảo dưỡng xấu			
Như trên nhưng cỏ mọc và có những chỗ mái kênh bị sạt lở.		0,030	
Kênh có mặt cắt không chính quy, nhiều cỏ mọc và rác rưởi.		0,035	
<i>Ghi chú:</i>			
Khi thi công bằng máy và không sửa lại bề mặt, làm cho hệ số nhám tăng lên :			
với điều kiện tốt nhất tăng lên 0,10			
với điều kiện trung bình tăng lên 0,20			
với điều kiện xấu tăng lên 0,30			
Như trên, nhưng có hoàn thiện bề mặt:			
với điều kiện tốt nhất tăng lên 0,05			
với điều kiện trung bình tăng lên 0,10			
với điều kiện xấu tăng lên 0,15			
Máng bằng gỗ:			
Gỗ ván hay gỗ thanh bào nhẵn ghép theo chiều chảy	0,011	0,013	0,014
như trên nhưng chưa bào	0,012	0,015	0,013
Máng ghép bằng gỗ thùng	0,011	0,012	0,014

1	2	3	4
<i>Ghi chú:</i>			
Khi ván ghép ngang hướng chảy, hệ số nhám tăng thêm 0,001 ÷ 0,002 tùy theo mức độ khít của ván.			
Lớp gia cố bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép không trát vữa và mài nhẵn :			
Bê tông nhẵn, có ván không ghép tốt; không có chỗ lồi ra và lõm vào, làm tròn cạnh vữa phải trên bình diện, không có cát và sỏi ở đáy.	0,013	0,014	0,015
Bê tông thô, có vết ván khuôn để lại (vết lõm, vết hằn) do không ghép khít và cả trong điều kiện có làm tròn cạnh trên bình diện và cát sỏi ở đáy	0,015	0,016	0,018
Bê tông và bê tông cốt thép được gia công trát và làm nhẵn cẩn thận:			
Khi chất lượng thi công cao : mặt trát bằng xi măng sạch và bề mặt nhẵn không chề trách được:		0,011	
Khi chất lượng thi công khá : mặt được làm nhẵn và san phẳng, các khe hở được là phẳng, có một ít chỗ làm tròn cạnh trên tuyến với bán kính cong, không có lắng đọng cát trên đáy:	0,011	0,012	0,013
Bề mặt được phun xi măng :			
Được làm sạch bằng chổi sắt:	0,016	0,018	
Không có biện pháp đặc biệt gì		0,019	0,021
Đá lát mặt:			
Đá làm mặt đường (đá học) xây vữa :	0,017	0,0225	0,030
Đá trong rọ:	0,025	0,027	0,032
Đá đổ:	0,027	0,030	0,035
Đá rầm xếp:	0,020	0,025	0,027
Đá cuội sỏi đổ:	Từ 0,02 đến 0,025 *		
Lớp phủ bằng vật liệu atfan hay bitum (lớp phủ bằng bê tông atfan và lớp phủ bằng dung dịch atfan, lớp phủ bằng cách cho ngậm sâu bitum).	0,013	0,014	0,015

* Giá trị nhỏ ứng với $d_{lb} = 10\text{mm}$, giá trị lớn - $d_{lb} = 50\text{mm}$

Các giá trị của hệ số nhám n đối với kênh đất (theo N.N.Pavlópxki).

Đặc trưng của kênh	Các giá trị của n khi đào kênh bằng máy và tùy theo điều kiện		
	Tốt	Trung bình	Xấu
Kênh trong hoang thổ, đất chặt v.v... (ở tình trạng bình thường).	0,0220	0,0240	0,026
Kênh đất lớn trong điều kiện giữ gìn và sửa chữa cao hơn mức bình thường	0,025	0,027	0,029
Các kênh đất lớn trong điều kiện giữ gìn trung bình và các kênh nhỏ trong điều kiện giữ gìn tốt.	0,0275	0,030	0,0325
Các kênh đất lớn trong điều kiện giữ gìn dưới mức trung bình và các kênh nhỏ trong điều kiện giữ gìn trung bình.	0,030	0,033	0,0358
Các kênh trong các điều kiện tương đối tốt	0,033	0,036	0,039

Ghi chú : Cần lưu ý rằng trong quá trình vận hành, những chỗ không bằng phẳng của đáy và mái kênh xuất hiện lúc thi công bằng cơ giới sẽ dần dần bị san bằng.

Phu lục 11**Các giá trị của hệ số nhám n đối với kênh đào trong đá (theo N.N.Pavlópxki).**

Đặc tính của kênh	Hệ số nhám n
Kênh hoàn toàn đào trong đá	0,020 ÷ 0,025
Kênh trong những điều kiện thi công đá trung bình, không làm nhẵn bề mặt cẩn thận, liên tục.	0,030 ÷ 0,035
Kênh đào thô vào trong đá	0,040 ÷ 0,045

Phu lục 12**Các giá trị của hệ số nhám n đối với kênh có lớp gia cố bằng đá xây (theo N.N.Pavlópxki)**

Đặc tính của lớp phủ	Trị số hệ số n		
	Tốt nhất	Thường dùng	Xấu
Lớp phủ bằng đá có đẽo gọt	0,013	0,015	0,017
Gạch tráng men	0,011	0,013	0,015
<u>Gạch xây bằng hồ xi măng</u>	0,012	0,015	0,017
Đá xây bằng hồ xi măng	0,017	0,020	0,030
		0,025	
Đá xây khan	0,025	0,030	0,035
Đá cuội, đá sỏi, rải theo kiểu làm mặt đường		0,020	
		0,025	

Các giá trị của hệ số nhám n đối với kênh có lớp bọc bê tông (theo N.N.Pavlopki)

Đặc tính của mặt ngoài	Hệ số nhám n		
	Các điều kiện tốt nhất	Các điều kiện trung bình	Các điều kiện xấu nhất
Các mặt nhẵn nhất thường gặp trong thực tế, mái và đáy kênh được tu sửa rất cẩn thận, có các khe cấu tạo tốt, không có cát và sỏi ở đáy, trên tuyến kênh có một ít đoạn uốn cong với bán kính lớn.	0,011	0,012	0,013
Mặt kênh không được nhẵn lắm (không trát hồ liên tục và cẩn thận) hay mặt kênh chưa được bào nhẵn lắm, có khe cấu tạo đạt yêu cầu, có các đoạn cong với bán kính trung bình, không có cát và sỏi ở đáy.	0,013	0,014	0,015
Giống trường hợp trên, nhưng có cát và sỏi ở đáy, mặt bê tông nhám có khe nổi xấu, các đoạn uốn cong có bán kính nhỏ.	0,015	0,016	0,018
Bê tông phun bằng "súng phun xi măng"	0,016		
a- Trong những điều kiện tốt nhất, tức là khi mặt được làm phẳng bằng các bàn chải thép.			
b- Trong những điều kiện thi công trung bình, không làm phẳng bằng bàn chải.		0,019	
c. Khi thi công xấu		0,019	0,021

Ghi chú : Nếu trên bê tông phun có rêu, thì phải tăng các giá trị đó lên thêm khoảng 0,002.

Khối lượng đơn vị ρ của chất lỏng hạt (khi nhiệt độ 20⁰ C)

<i>Chất lỏng</i>	<i>ρ (kg/m³)</i>
1- Anilin	945
2- Benzin	976 - 880
3-Xăng máy bay	739 - 780
4-Bitum lỏng	1050
5-Nước ngọt	998,2
6-Nước biển	1002 - 1030
7-Glixerin	1250
8- Dầu hoá	792 - 860
9- Sơn tổng hợp	900 - 1200
10- Dầu lạnh	930
11- Dầu khoáng	877 - 892
12- Dầu mỏ	760 - 900
13- Thủy ngân	13550
14- Rượu etylel không lẫn nước	790
15- Clorua natri (hỗn hợp 26%)	1110
16- Vữa trát áo	2000 - 2500
17- Ête etyl	715 - 790

Mômen quán tính J_0 (đối với trục nằm ngang đi qua trọng tâm C).

Toạ độ trọng tâm z_c và diện tích ω của những hình phẳng.

Hình, ký hiệu	J_0	z_c	ω
	$\frac{ba^3}{12}$	$z_0 + \frac{a}{2}$	ba
	$\frac{ba^3}{36}$	$z_0 + \frac{2}{3}a$	$\frac{ba}{2}$
	$\frac{a^3(B^2 + 4Bb + b^2)}{36(B+b)}$	$z_0 + \frac{a(B+2b)}{3(B+b)}$	$\frac{a(B+b)}{2}$
	$\frac{\pi d^4}{64}$	$z_0 + \frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^4}{4}$
	$\frac{9\pi^2 - 64}{72\pi} r^4$	$z_0 + \frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi \cdot r^2}{2}$
	$\frac{\pi(R^4 + r^4)}{4}$	$z_0 + R$	$\pi(R^2 - r^2)$
	$\frac{\pi a^3 b}{4}$	$z_0 + a$	πab

Hệ số tổn thất cục bộ ζ_c dùng cho tính toán sơ bộ

Loại sức cản cục bộ	Trị số hệ số ζ_c
Vào ống khi mép sắc	0,50
Vào ống thuận dòng (mép làm tròn)	0,20
Mở rộng đột ngột ($d_2 > d_1$) khi tính đến tổn thất cục bộ theo công thức : $h_c = \zeta_c \frac{v_2^2}{2g}$	$\left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$
Thu hẹp đột ngột ($d_2 < d_1$) khi h_c tính như trên	$0,5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$
Đoạn chuyển tiếp hình nón mở rộng (khi $d_2 = 2d_1$)	5,00
Đoạn chuyển tiếp hình nón thu hẹp (khi $d_2 \approx 0,5d_1$)	0,20
Uốn ngoặt với góc 90°	1,20
Uốn lượn tròn với góc 90°	0,15
Ra khỏi ống ngập dưới mặt nước khi h_c tính theo công thức : $h_c = \zeta_c \frac{v^2}{2g} \quad (v - \text{vận tốc trong ống})$	1,00
Van đĩa mở hoàn toàn	0,10
Khoá nước mở hoàn toàn (khoá lớn)	0,11 - 0,12
Các khoá mở hoàn toàn	5,00
Van hút có lưới ở các máy bơm	10,00
Vào kênh thuận dòng	0,10
Vào kênh khi mép vào không thuận (có co hẹp bên)	0,40
Kênh mở rộng từ từ ($\omega_2 > \omega_1$; tính theo vận tốc v_2)	$\left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$
Kênh thu hẹp từ từ ($\omega_2 < \omega_1$; tính theo vận tốc v_2)	0,10

Đường kính kinh tế d_{kt} (*) trong tính toán mạng lưới đường ống

d, mm	50	75	100	125	150	200	250	300	350
$v, m/s$	0,75	0,75	0,76	0,82	0,85	0,95	1,02	1,05	1,10
$Q, m^3/s$	1,50	3,30	6	10	15	30	50	102	106

d, mm	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100
$v, m/s$	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,53	1,55
$Q, m^3/s$	145	190	245	365	520	705	920	1200	1475

(*) Đường kính kinh tế d_{kt} là đường kính ống có tổng kinh phí về giá thành và năng lượng dùng để dẫn nước là nhỏ nhất. Theo V.G.Lôbasev:

$$d_{kt} = \alpha Q^{0,42},$$

trong đó : d_{kt} - đường kính kinh tế tính bằng (m) ;

$\alpha = 0,8 \div 1,2$ - hệ số ;

Q - lưu lượng tính bằng (m^3/s) .

Phu lục 18

Vận tốc cho phép không xói $[v_{kv}]$ của dòng chảy đối với đất không dính

Đường kính trung bình hạt d, mm	Vận tốc trung bình (m/s) với các độ sâu khác nhau (m)				
	0,5	1,0	3,0	5,0	10,0
0,05	0,52	0,55	0,60	0,62	0,66
0,15	0,36	0,38	0,42	0,44	0,46
0,25	0,37	0,39	0,41	0,45	0,48
0,37	0,38	0,41	0,46	0,48	0,51
0,50	0,41	0,44	0,50	0,52	0,55
0,75	0,47	0,51	0,57	0,59	0,63
1,00	0,51	0,55	0,62	0,65	0,69
2,00	0,64	0,70	0,79	0,83	0,89
2,50	0,69	0,75	0,86	0,90	0,97
3,00	0,73	0,80	0,91	0,96	1,03
5,00	0,87	0,96	1,10	1,17	1,25
10,00	1,10	1,23	1,42	1,51	1,64
15,00	1,26	1,42	1,65	1,76	1,92
20,00	1,37	1,55	1,84	1,96	2,14
25,00	1,48	1,65	1,98	2,12	2,32
30,00	1,56	1,76	2,10	2,26	2,48
40,00	1,68	1,93	2,32	2,50	2,75
75,00	2,01	2,35	2,89	3,14	3,48
100,00	2,15	2,54	3,14	3,46	3,85
150,00	2,35	2,84	3,62	3,96	4,46
200,00	2,47	3,03	3,92	4,31	4,87
300,00	2,90	3,32	4,10	4,94	5,58

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- **Altsul A.D.** (chủ biên). Các ví dụ tính toán thủy lực. Nhà xuất bản Xây dựng. Matscova. 1976 (bản tiếng Nga).
- 2- **Altsul A.D.** (chủ biên). Thủy lực và khí động học. Nhà xuất bản Xây dựng. Matscova. 1987 (bản tiếng Nga).
- 3- **Bogomolop A.I.** (chủ biên). Các ví dụ tính toán thủy lực. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật - Bộ Giao thông vận tải Liên bang Nga. Matscova. 1962 (bản tiếng Nga).
- 4- **Civil Engineering Handbook.** Copyright Renewed by **Urquhart L.C.** Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York-Toronto-London. 1962.
- 5- **Carlier M.** Hydraulique générale et appliquée. Eyrolles. 1972.
- 6- **Comolet R. et Bonnin J.** Mécanique expérimentale des fluides. Masson. 1964.
- 7- **Đỗ Thành Quả** (chủ biên). Sổ tay xây dựng thủy điện. Phần V. Các phương pháp tính toán thủy lực. Người biên soạn: Nguyễn Tài - Vũ Trọng Hồng. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà nội. 1996.
- 8- **Đỗ Phúc, Tạ Minh Châu, Trần Duy Thệ.** Turbo Pascal 5.5. Nhà xuất bản Giáo dục Hà nội. 1994.
- 9- **Hoàng văn Quý** (chủ biên). Thủy lực và khí động học - Phần bài tập. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. Hà nội. 1997.
- 10- **Ideltsic I.E.** Sách tra cứu về sức cản thủy lực (tập I, II, III). Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật. Hà nội. 1987. Người dịch: Nguyễn Tài.
- 11- **Kixelep P.G.** (chủ biên). Sổ tay tính toán thủy lực. Nhà xuất bản MIR-NÔNG NGHIỆP. Matscova-Hà nội. 1982. Người dịch: Lưu Công Đào-Nguyễn Tài.
- 12- **Kréménhetxki N., Shtérenlikt D., Alychev V., Yakolev L.** Hydraulique. Editions Mir-Moscou. 1980.
- 13- **Loixianxki L.G.** Cơ học chất lỏng và chất khí. Nhà xuất bản Khoa học. Matscova. 1970 (bản tiếng Nga).
- 14- **Nguyễn Cảnh Cầm-Hoàng văn Quý.** Bài tập thủy lực (tập I). Nhà xuất bản Đại học Trung học chuyên nghiệp. Hà nội. 1973
- 15- **Nguyễn Thị Phương - Lê Song Giang.** Bài tập Cơ học lưu chất. Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.
- 16- **Nguyễn Tài.** Thủy lực. Đại học Xây dựng. Hà nội. 1982.
- 17- **Nguyễn Tài - Lê Bá Sơn - Vũ Uyển Đình.** Tuyển tập bài tập thủy lực. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà nội. 1990.
- 18- **Nguyễn Tài.** Thủy lực (tập I). Nhà xuất bản Xây dựng. 1995.
- 19- **Nguyễn Tài - Nguyễn Cảnh Cầm - Hoàng Văn Quý - Vũ Duy Quang.** Tuyển tập Olympic Thủy lực toàn quốc 1992-1997. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà nội. 1998.
- 20- **Nguyễn Tài - Phạm Thành Nam.** Giáo án bài tập thủy lực. Đại học Xây dựng. Hà nội. 1996.
- 21- **Quách Tuấn Ngọc.** Ngôn ngữ lập trình Pascal. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà nội. 1995.
- 22- **Ranald V. Giles.** Mécanique des fluides et hydraulique. Cours et problèmes. Mc. Graw-Hill. 1992.
- 23- **Schterenlikt D.V.** Thủy lực. Nhà xuất bản năng lượng nguyên tử. Matscova. 1984 (bản tiếng Nga).
- 24- **Trần Chấn Chính, Lê Thị Minh Nghĩa.** Cơ học chất lỏng kỹ thuật. Tập I. Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh. 1962.
- 25- **Tsugaep R.R.** Thủy lực. Nhà xuất bản Xây dựng. Leningrat. 1995 (bản tiếng Nga).
- 26- **Vũ văn Tảo** (chủ biên). Thủy lực. Nhà xuất bản Đại học Trung học chuyên nghiệp. Hà nội. 1978.
- 27- **Wirth N.** Algorithm + Data Structures = Programs. Prentice Hall. 1976.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
Chương I . Các tính chất vật lý cơ bản của chất lỏng	5
A. Tóm tắt lý thuyết	7
1-1. Mật độ trọng lượng thể tích và tỷ trọng	7
1-2. Độ nén ép	8
1-3. Độ giãn nở do nhiệt độ	9
1-4. Độ nhớt	9
1-5. Sức căng bề mặt của chất lỏng	11
B. Bài tập có lời giải	13
C. Bài tập có đáp số	20
Chương II . Tĩnh học của chất lỏng	21
A. Tóm tắt lý thuyết	23
2-1. Áp suất thủy tĩnh	23
2-2. Áp lực của chất lỏng lên mặt phẳng	24
2-3. Áp lực của chất lỏng lên mặt cong	25
2-4. Áp lực của chất lỏng lên cửa van công trình	26
2-5. Tĩnh tương đối (sự quay của chất lỏng)	32
2-6. Định luật Arsimet và vật nổi	33
B. Bài tập có lời giải	35
C. Bài tập có đáp số	95
Chương III . Động học và động lực học của chất lỏng	101
A. Tóm tắt lý thuyết	103
3-1. Các yếu tố thủy lực của dòng chảy	103
3-1. Các yếu tố thủy lực của mặt cắt ướt	103
3-3. Các dạng chuyển động cơ bản của chất lỏng	105
3-4. Chuyển động thế. Hàm thế vận tốc. Hàm số dòng	105
3-5. Các trường hợp chuyển động thế đơn giản	107
3-6. Phương pháp cộng chuyển động thế	108
3-7. Các phương trình cơ bản của dòng chảy	111
3-8. Dòng tia	117
B. Bài tập có lời giải	121
C. Bài tập có đáp số	174

Chương IV . Sức cản thủy lực	181
A. Tóm tắt lý thuyết	183
4-1. Phân loại sức cản thủy lực	183
4-2. Hai trạng thái chảy của chất lỏng	183
4-3. Sức cản theo chiều dài	184
4-4. Sức cản thủy lực cục bộ	188
B. Bài tập có lời giải	204
C. Bài tập có đáp số	231
Chương V . Chuyển động trong ống có áp	237
A. Tóm tắt lý thuyết	239
5-1. Các công thức cơ bản	239
5-2. Tính toán thủy lực đường ống dẫn	240
5-3. Một số bài toán và các trường hợp riêng về ống dẫn nước có áp	244
B. Bài tập có lời giải	252
C. Bài tập có đáp số	271
Chương VI . Chuyển động của chất lỏng qua lỗ và vòi	273
A. Tóm tắt lý thuyết	275
6-1. Chảy qua lỗ	275
6-2. Chảy qua vòi và ống ngắn	281
B. Bài tập có lời giải	287
C. Bài tập có đáp số	301
Chương VII . Chuyển động đều trong lòng dẫn hở	303
A. Tóm tắt lý thuyết	305
7-1. Các công thức cơ bản	305
7-2. Các bài toán cơ bản trong tính toán lòng dẫn hở chuyển động đều	311
7-3. Tính toán thủy lực cho các kênh có mặt cắt khép kín	313
B. Bài tập có lời giải	320
C. Bài tập có đáp số	334
Chương VIII . Giải bài toán thủy lực bằng máy tính	335
A. Tóm tắt lý thuyết: Các điểm cơ bản của ngôn ngữ lập trình Pascal	337
B. Bài tập có lời giải	345
C. Bài tập thực hành	373
Phụ lục	375
Tài liệu tham khảo	392

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

TÓM TẮT LÝ THUYẾT, BÀI TẬP

SỐ LIỆU TRA CỨU

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản :

TRỊNH XUÂN SƠN

Chịu trách nhiệm nội dung : GS. TS. NGUYỄN TÀI

Chế bản và sửa bõng : GS. TS. NGUYỄN TÀI
VŨ HỒNG THANH

Trình bày bìa : BẢO LONG - HỮU TÙNG

Can hình : ĐÌNH BẢO HẠNH

In 300 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 18-2012/CXB/714-160/XD ngày 29-11- 2011. Quyết định xuất bản số 366-2012/QĐ-XBXD ngày 12-11-2012. In xong nộp lưu chiểu tháng 12 - 2012.

