

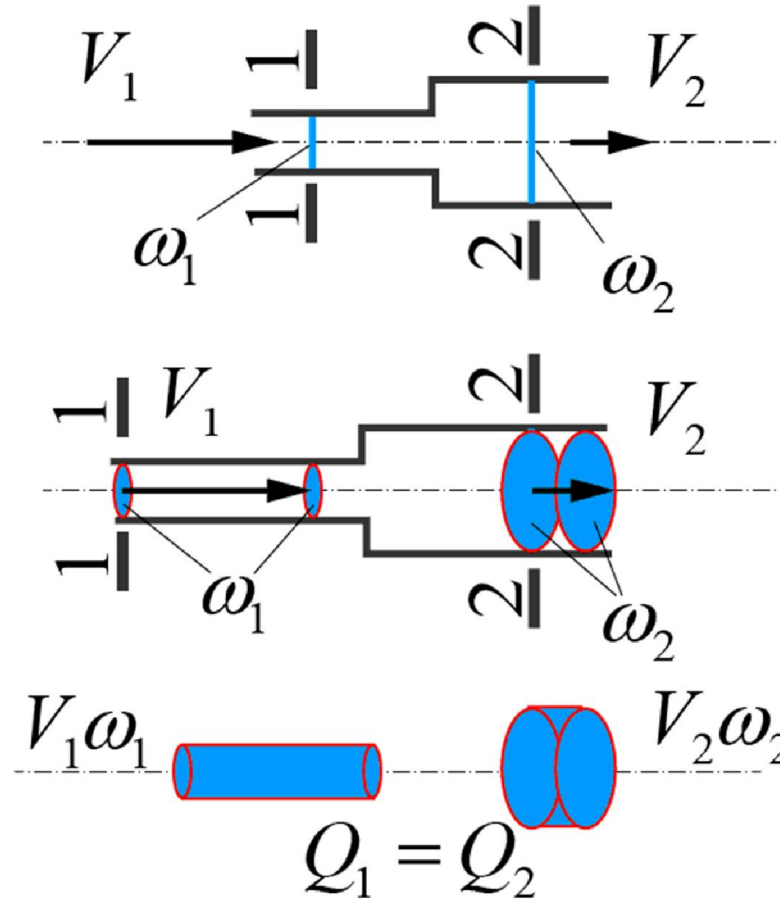
Л5а. Технічна механіка рідини та газу www.k123.com.ua

**Технічна механіка
рідини і газів
www.k123.com.ua
(ТМРiГ)**

Рівняння нерозривності.

Зв'язок між площами живого перерізу ω
і середніми швидкостями V

$$V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2$$



**Режим руху рідини.
Число Рейнольдса Re**

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

ν - кінематична в'язкість $[\frac{m^2}{s}]$
рідини

D - діаметр труби $[m]$

V - швидкість руху рідини $[\frac{m}{s}]$

$$\nu_{t=20^{\circ}} = 0,0101 \cdot 10^{-4} [\frac{m^2}{s}]$$

$$Re_{кр} = 2320$$

**Режим руху рідини.
Число Рейнольдса Re**

Ламінарний
режим руху
 $Re < 2320$

Турбулентний
режим руху
 $Re > 2320$

Гладкі труби

Перехідна зона

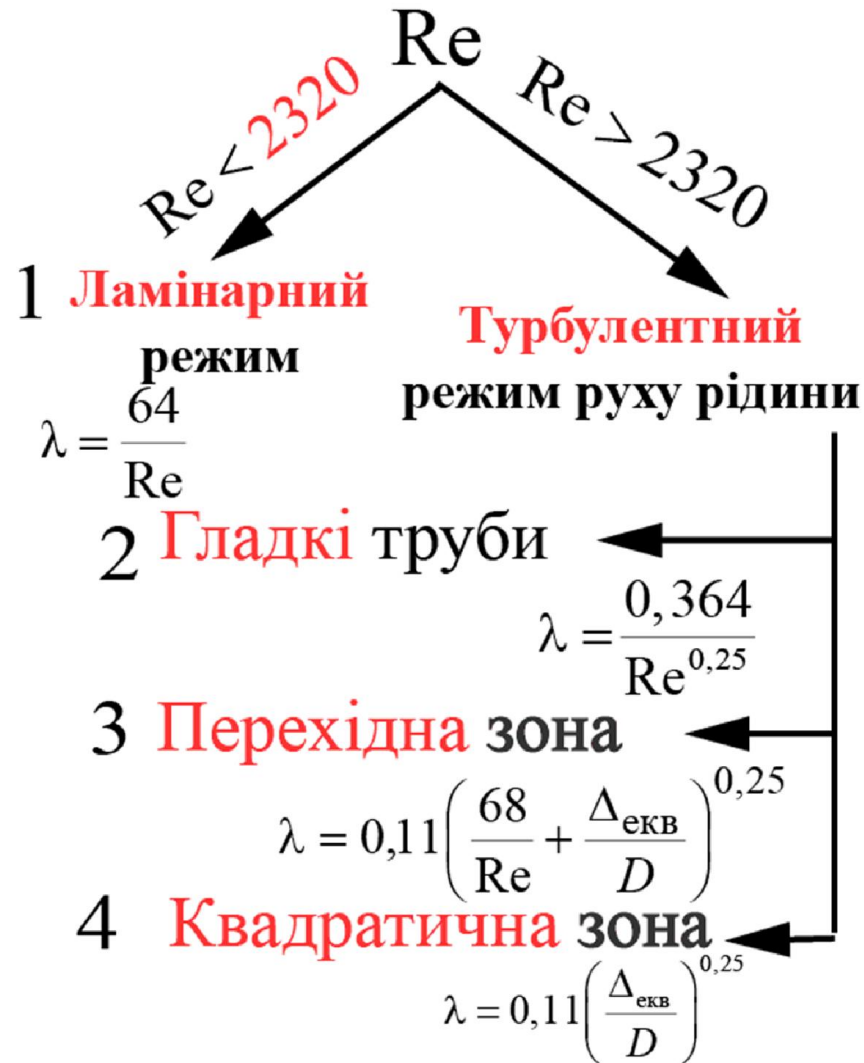
Квадратична зона



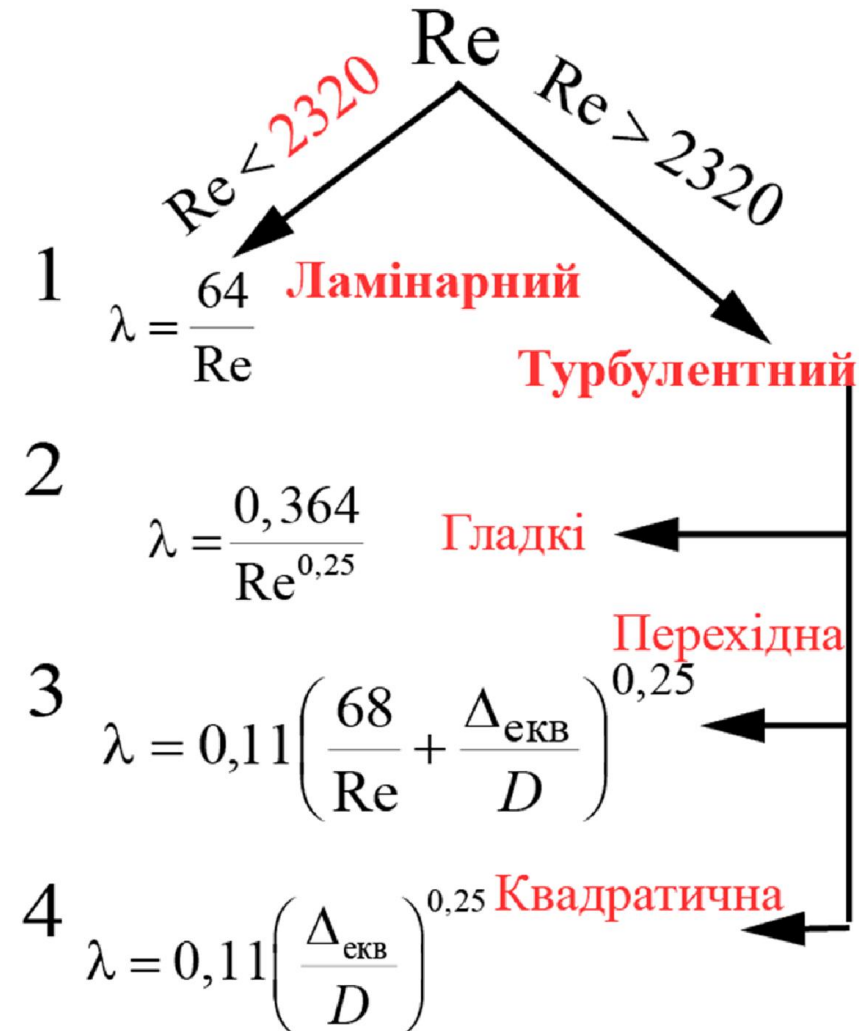
Режим руху рідини. Число Рейнольдса



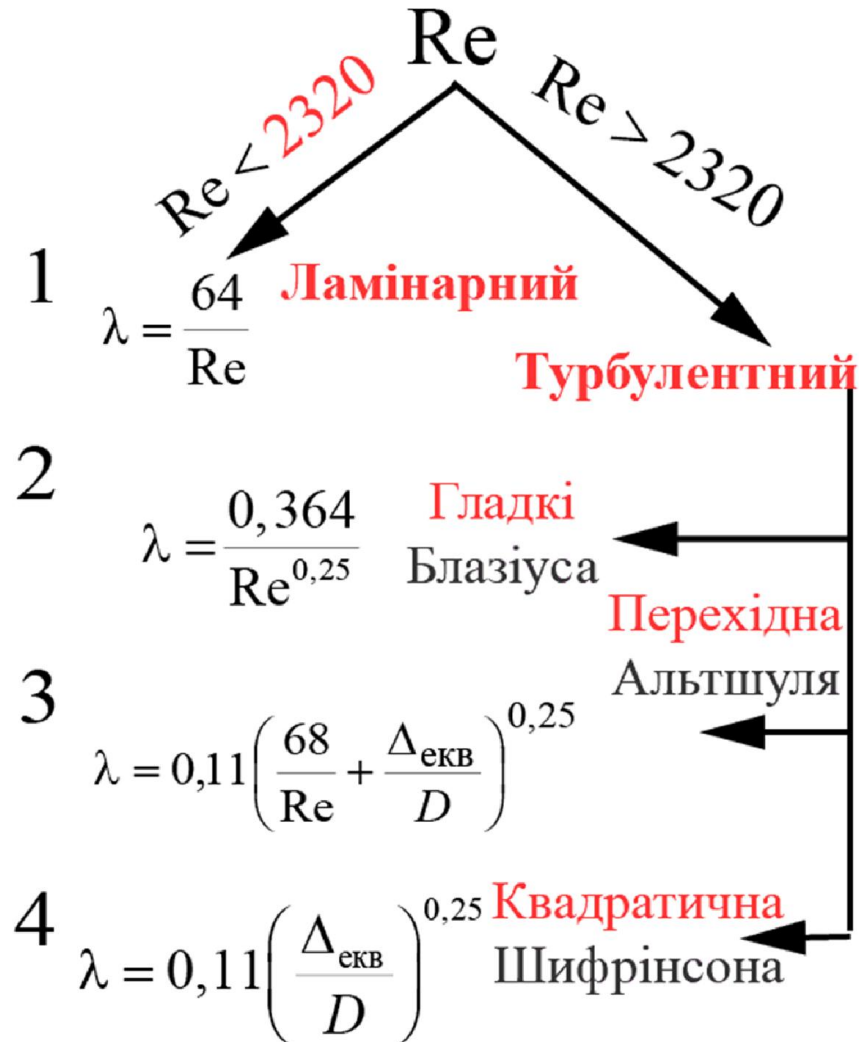
Режим руху рідини. Число Рейнольдса



Режим руху рідини. Число Рейнольдса



Режим руху рідини. Число Рейнольдса



Гідравлічні опори і втрати напору

Опори **по довжині**

Формула Дарсі-Вейсбаха

$$h_l = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

λ - гідравлічний коефіцієнт
тертя (коефіцієнт Дарсі)

Місцеві опори

$$h_M = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

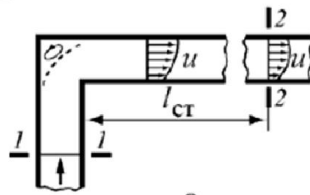
ζ - коефіцієнт місцевих опорів

Гідравлічні опори і втрати напору

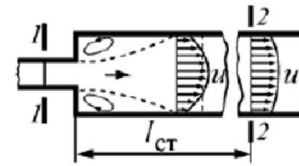
Місцеві опори

$$h_M = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

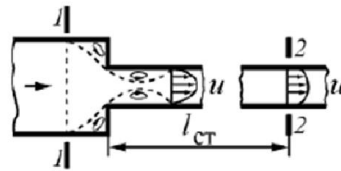
ζ - коефіцієнт місцевих опорів



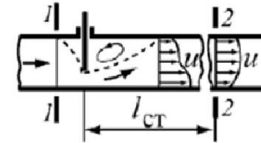
а



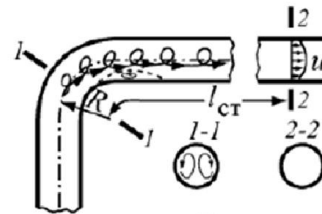
б



в



г



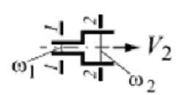
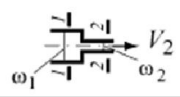
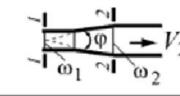
д

Гідравлічні опори і втрати напору

Місцеві опори

$$h_M = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

ζ - коефіцієнт місцевих опорів

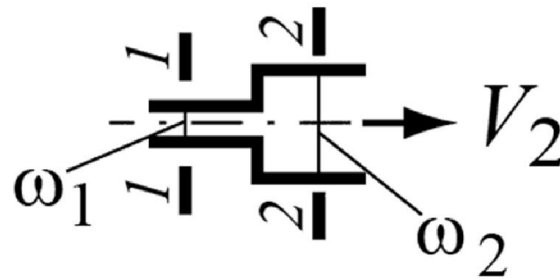
Вид опору	$\zeta_{\text{кв}}$	B	
Вхід з резервуара в трубу	0,5	30	
Вихід з труби у резервуар	α	30	
Вхід в трубу з сіткою	6	-	
те саме із зворотним клапаном	10	-	
вентиль	2,5...6	900 ...3000	
Різкий поворот труби на кут φ	$1,19(1 - \cos \varphi)$	0... 400	
Плавний поворот труби на кут φ	$0,45\varphi/90$	180	
Раптове розширення труби		$\alpha_1 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$	30
Раптове звуження труби		$0,5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$	30
Короткий дифузор		$\alpha_1 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 \cdot \sin \varphi$	

Гідравлічні опори і втрати напору

Місцеві опори

$$h_M = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

ζ - коефіцієнт місцевих опорів



$$\alpha_1 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$$

за формулою А.Д. Альтшуля

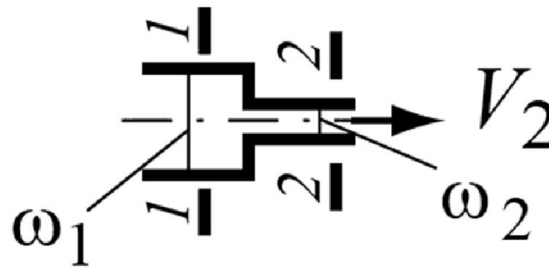
$$\alpha_1 = 1 + 2,65\lambda$$

Гідравлічні опори і втрати напору

Місцеві опори

$$h_M = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

ζ - коефіцієнт місцевих опорів



$$0,5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$$

Рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + \sum \lambda \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} + \sum \zeta \frac{V^2}{2g}$$

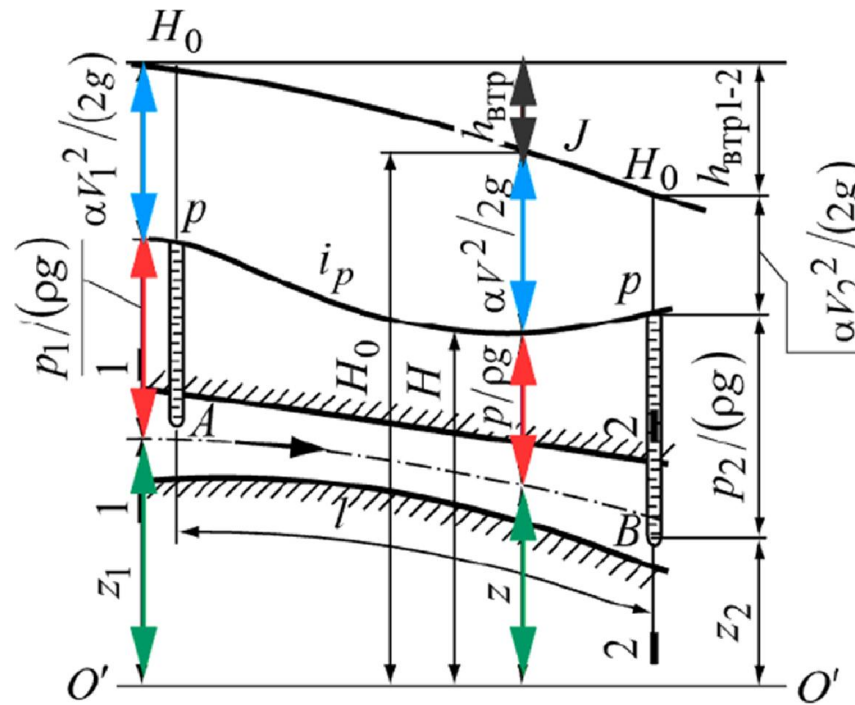



Рис. 1.39

Рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + \sum \lambda \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} + \sum \zeta \frac{V^2}{2g}$$


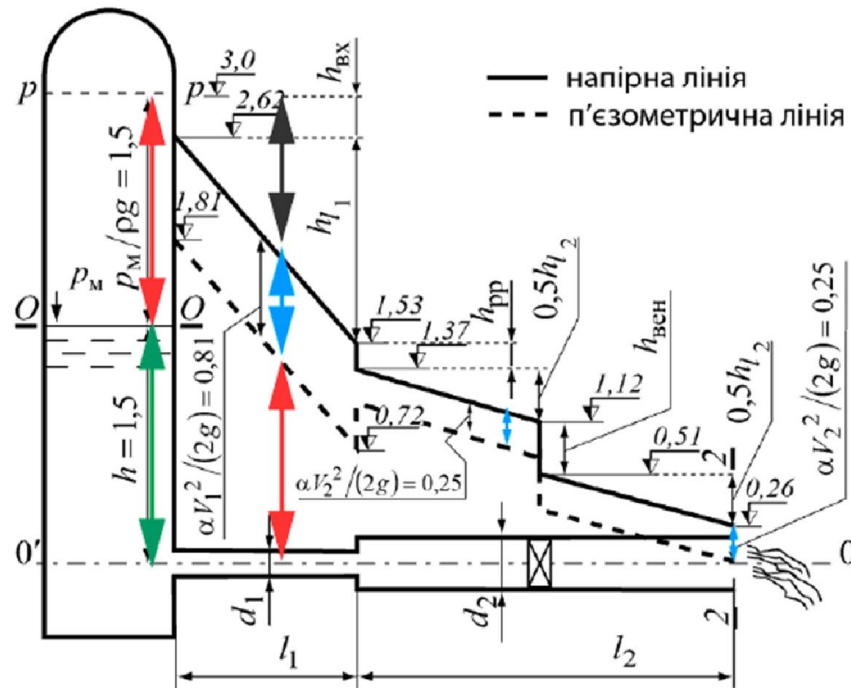



Рис. 1.40

Рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + \sum \lambda \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} + \sum \zeta \frac{V^2}{2g}$$


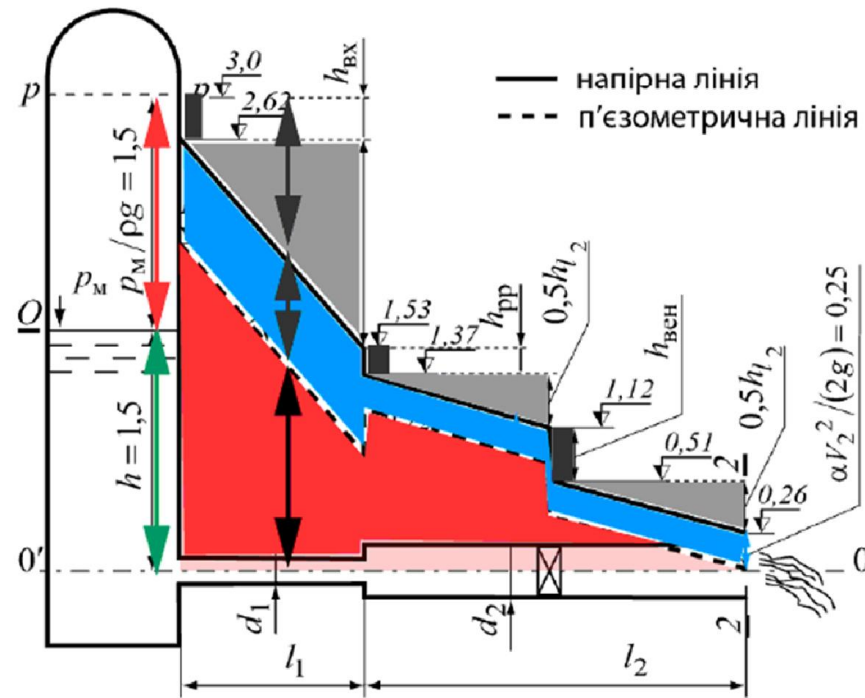


Рис. 1.40

Рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини

$$h_{\text{вт0-2}} = \frac{V_1^2}{2g} \left(\zeta_{\text{вх}} + \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \right) + \frac{V_2^2}{2g} \left(\zeta_{\text{р.р}} + \zeta_{\text{вех}} + \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} \right)$$

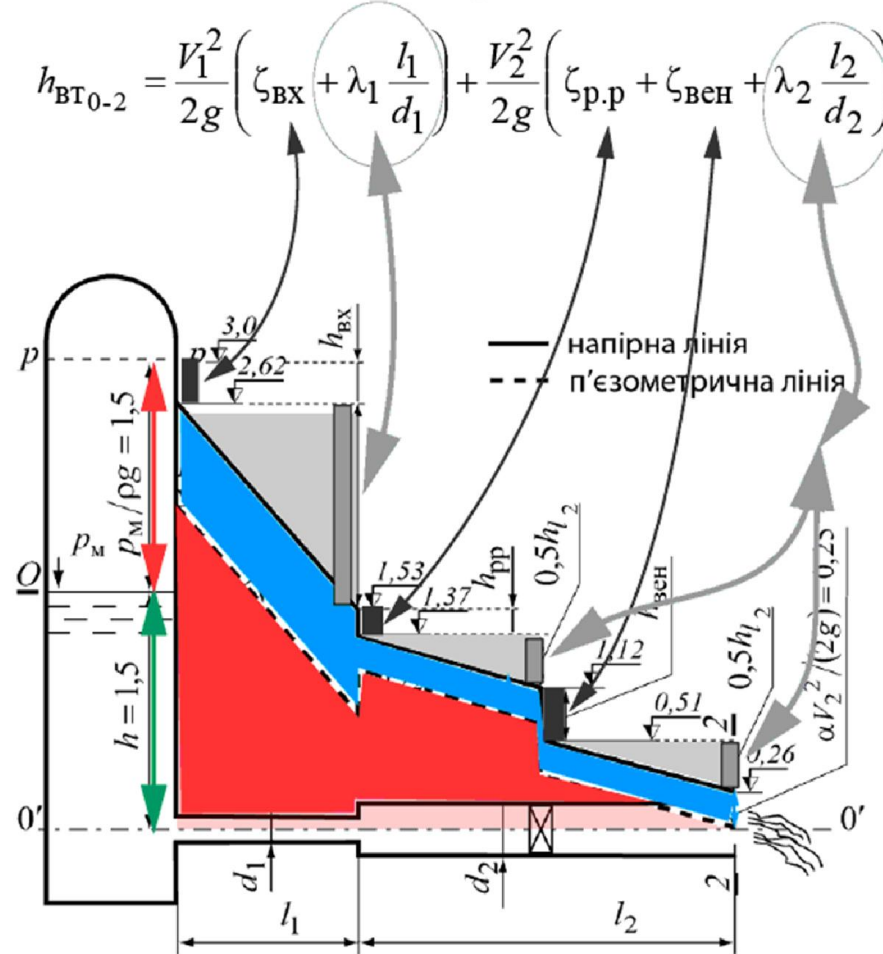


Рис. 1.40

**Рівняння Бернуллі для потоку
в'язкої рідини**

$$\lambda_{\text{кв}} = \frac{0,038}{D^{0,191}} \quad \lambda_{1\text{кв}} = \frac{0,0384}{75^{0,19}} = 0,017 \quad \lambda_{2\text{кв}} = \frac{0,0384}{100^{0,19}} = 0,016$$

$$\alpha_1 \approx 1 + 2,65\lambda_1 = 1 + 2,65 \cdot 0,017 \approx 1,05 \quad \alpha = \alpha_1 \approx \alpha_2 \approx 1,05$$

$$\zeta_{\text{р.р}} = \alpha_1 \left(\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1 \right)^2 = 1,05 \left(\frac{100^2}{75^2} - 1 \right)^2 = 0,635 \quad \zeta_{\text{вх}} = 0,5$$

$$Q = \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{\alpha + \left(\zeta_{\text{вх}} + \lambda_{1\text{кв}} \frac{l_1}{d_1} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 + \zeta_{\text{р.р}} + \zeta_{\text{вен}} + \lambda_{2\text{кв}} \frac{l_2}{d_2}}} =$$



Рис. 1.40

**Рівняння Бернуллі для потоку
в'язкої рідини**

$$Q = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 3}{1,05 + \left(0,5 + 0,017 \frac{6}{0,075}\right) \left(\frac{100}{75}\right)^4 + 0,635 + 2,5 + 0,016 \frac{12}{0,1}}} = 0,0174 \text{ м}^3/\text{с.}$$

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad V_1 = \frac{4 \cdot 0,0174}{3,142 \cdot 0,075^2} = 3,938 \text{ м/с} \quad V_2 = \frac{4 \cdot 0,0174}{3,142 \cdot 0,1^2} = 2,216 \text{ м/с}$$

$$Re_1 = \frac{3,938 \cdot 0,075}{0,0101 \cdot 10^{-4}} = 292426 \quad Re_2 = \frac{2,216 \cdot 0,1}{0,0101 \cdot 10^{-4}} = 219406$$

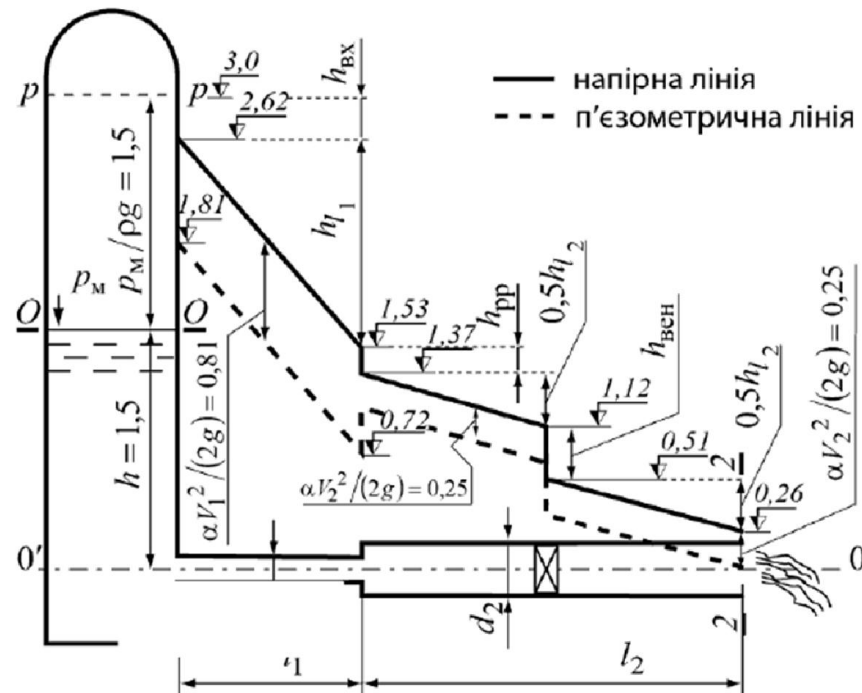


Рис. 1.40

$$h_{\text{вх}} = \zeta_{\text{вх}} \frac{V_1^2}{2g} = 0,5 \frac{3,89^2}{2 \cdot 9,81} = 0,38 \text{ м,}$$

$$h_{l_1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0,0176 \frac{6}{0,075} \cdot \frac{3,89^2}{2 \cdot 9,81} = 1,09 \text{ м}$$

$$h_{\text{р.р}} = \zeta_{\text{р.р}} \frac{V_2^2}{2g} = 0,635 \frac{2,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,16 \text{ м}$$

$$h_{l_2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} \frac{V_2^2}{2g} = 0,0172 \frac{6}{0,1} \cdot \frac{2,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,25 \text{ м}$$

$$h_{\text{вен}} = \zeta_{\text{вен}} \frac{V_1^2}{2g} = 2,5 \frac{2,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,61 \text{ м,} \quad \frac{\alpha V_1^2}{2g} = \frac{1,05 \cdot 3,89^2}{2 \cdot 9,81} = 0,81 \text{ м}$$

$$h_{\text{вих}} = \alpha \frac{V_2^2}{2g} = 1,05 \frac{2,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,25 \text{ м} \quad \frac{\alpha V_2^2}{2g} = \frac{1,05 \cdot 2,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,25 \text{ м)$$

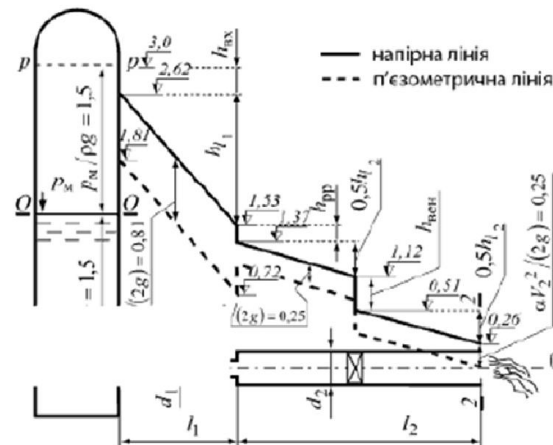


Рис. 1.40

**Рівняння Бернуллі для потоку
в'язкої рідини**

Ламінарний
 $Re < 2320$ $\lambda = \frac{64}{Re}$

Гладкі труби'
 $Re \left(\frac{\Delta_{екв}}{D} \right)^{0,25} < 10$ $\lambda = \frac{0,364}{Re^{0,25}}$

Перехідна зона
 $10 < Re \left(\frac{\Delta_{екв}}{D} \right)^{0,25} < 500$ $\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_{екв}}{D} \right)^{0,25}$

Квадратична зона
 $Re \left(\frac{\Delta_{екв}}{D} \right)^{0,25} > 500$ $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_{екв}}{D} \right)^{0,25}$

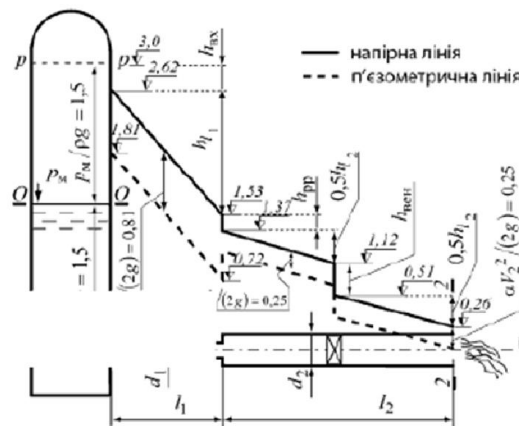


Рис. 1.40

_jgPB1_block1_v1.ai

Блок-схеми алгоритму
Задача 1. Розрахунок гідростатичного тиску

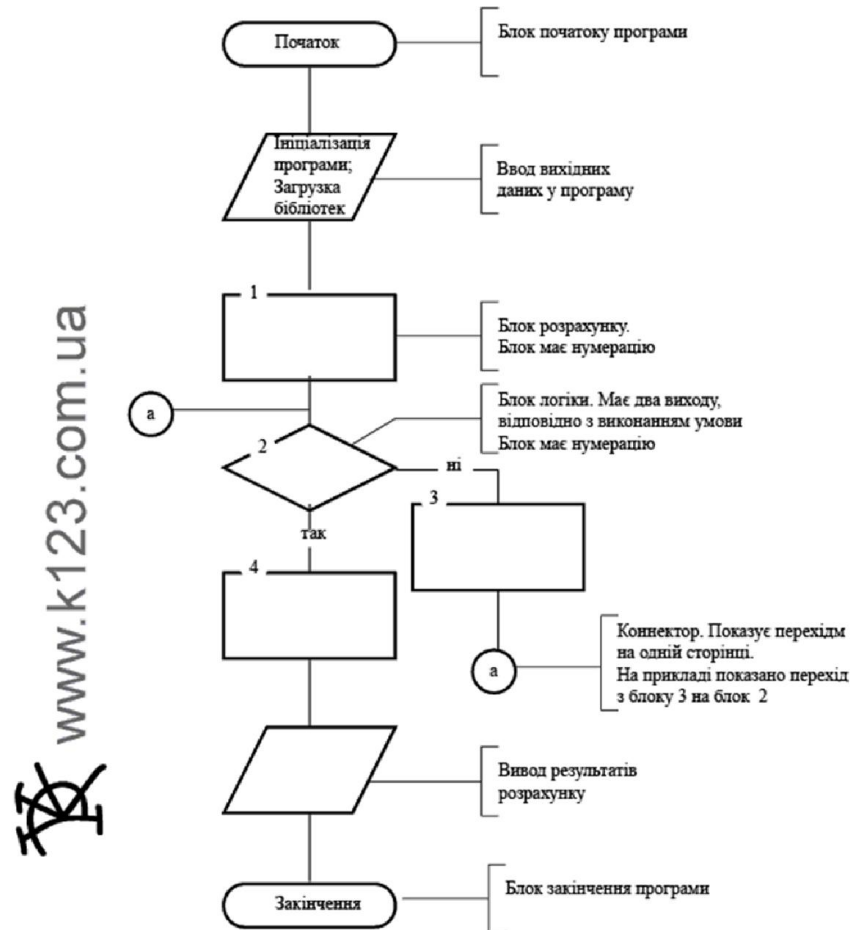


Рис. 2. Графічне зображення основних елементів блок-схеми алгоритму розрахунку:

Прийнято напрямок послідовності виконання операцій зліва-направо і зверху-вниз. Зворотні напрямки показуються із стрілочками.