Razi University
Educational Use

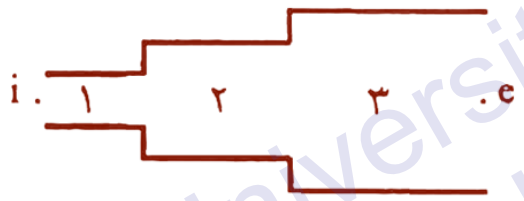
مکانیک سیالات۲

سیستم‌های چندلوله‌ای

میثم سعیدی-استادیار گروه مهندسی مکانیک

اتصال سری

مطابق شکل لوله‌های ۱ و ۲ و ... و n را درنظر می‌گیریم که به صورت سری به هم متصل شده‌اند:



دبی جریان در همه لوله‌ها برابر است یعنی:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

تلفات هم برابر است با مجموع تلفات در لوله‌ها:

$$h_{f_{ie}} = h_{f_1} + h_{f_2} + h_{f_3} + \dots + h_{f_n}$$

Razi University
Educational Use

مثال) شکل داده شده دو لوله قرار گرفته به صورت سری را نشان می‌دهد که در آن $L_1 = L_2 = L$ ، $D_1 = D_2 = D$ و $f_1 \neq f_2$ می‌باشد. در صورتی‌که از نظر هیدرولیکی معادل سازی کل سیستم با یک لوله به قطر D و فاکتور اصطکاک f_1 ، مدنظر باشد طول لوله معادل از کدام رابطه بدست می‌آید؟

$$h_f = h_{f_1} + h_{f_2}$$

$$f_1 \frac{L_{eq}}{d} \frac{V^2}{2g} = f_1 \frac{L_1}{d_1} \frac{V_1^2}{2g} + f_2 \frac{L_2}{d_2} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$d_1 = d_2 = d \quad , \quad L_1 = L_2 = L \Rightarrow f_1 L_{eq} = f_1 L + f_2 L \Rightarrow L_{eq} = \frac{L(f_1 + f_2)}{f_1}$$

Razi University
Educational Use

لوله‌های معادل

لوله‌های معادل: دو لوله را معادل گویند هرگاه به ازای افت اصطکاکی یکسان دبی جریان یکسانی در آنها برقرار باشد.

با استفاده از معادله دارسی ـ ویسباخ داریم:

$$h_f = f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g} \quad , \quad Q = AV = \frac{\pi d^2}{4}V \quad \Rightarrow \quad h_f = f\frac{L}{d^5}\frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

$$h_f \ , \ Q = cte \quad \Rightarrow \quad L \propto \frac{d^5}{f}$$

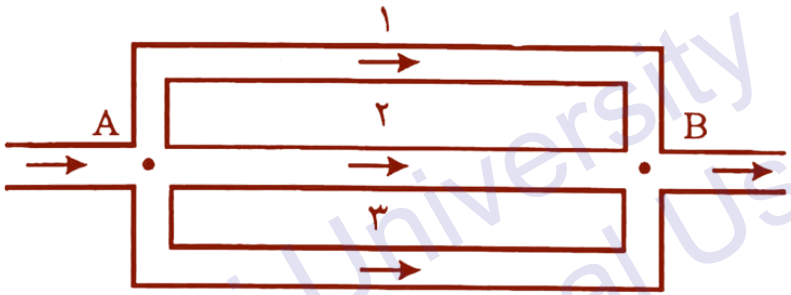
$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^5 \left(\frac{f_1}{f_2}\right) \quad \Rightarrow \quad L_2 = L_1 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^5 \left(\frac{f_1}{f_2}\right)$$

L_4 نشان دهنده طولی از لوله ۲ است که معادل لوله ۱ است.

Razi University Educational Use

اتصال موازی

مطابق شکل لوله‌های ۱ و ۲ و ... و n را درنظر می‌گیریم که به صورت موازی به هم متصل شده‌اند:



تلفات کلیه لوله‌ها با هم برابر است:

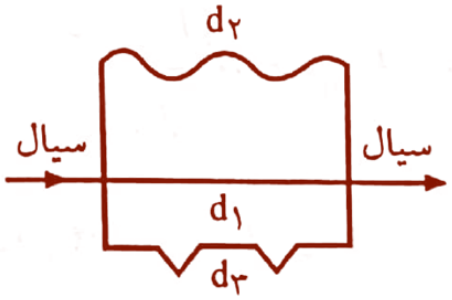
$$h_{f_1} = h_{f_2} = h_{f_3} = \ldots = h_{f_n} = \frac{P_i}{\gamma} + z_i - \left(\frac{P_e}{\gamma} + z_e\right)$$

دبی کل هم برابر است با مجموع دبی لوله‌ها

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots + Q_n$$

Razi University Educational Use

مثال) در شکل زیر افت فشار در کدام لوله بیشتر است؟



$$d_1 > d_2 > d_3$$

۱) افت فشار در هر سه لوله با هم برابر است.

۲) افت فشار در لوله با قطر d_3 از همه بیشتر است.

۳) افت فشار در لوله با قطر d_1 از همه بیشتر است.

۴) افت فشار در لوله با قطر d_2 از همه بیشتر است.

افت فشار در لوله‌های موازی برابر است. ⇦ گزینه (۱) صحیح است.

Razi University
Educational Use

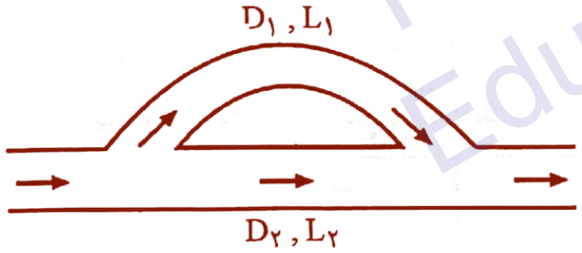
نکته: نسبت دبی‌ها در دو لوله موازی ۱ و ۲ از معادله زیر تعیین می‌شود:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\sqrt{\frac{f_2}{f_1}\times\frac{L_2}{L_1}\times\frac{d_1^5}{d_2^5}}$$

اگر $L_1=L_2$ و $f_1=f_2$ باشد:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{2/5}$$

مثال) باتوجه به شکل مقابل در صورتی‌که داشته باشیم $D_1=2D_2\ ,\ L_1=2L_2\ ,\ f_1=f_2$. نسبت $\frac{Q_1}{Q_2}$ در جریان تحت فشار چقدر است؟



۱) ۶

۲) ۲

۳) ۳/۵

۴) ۴

حل)

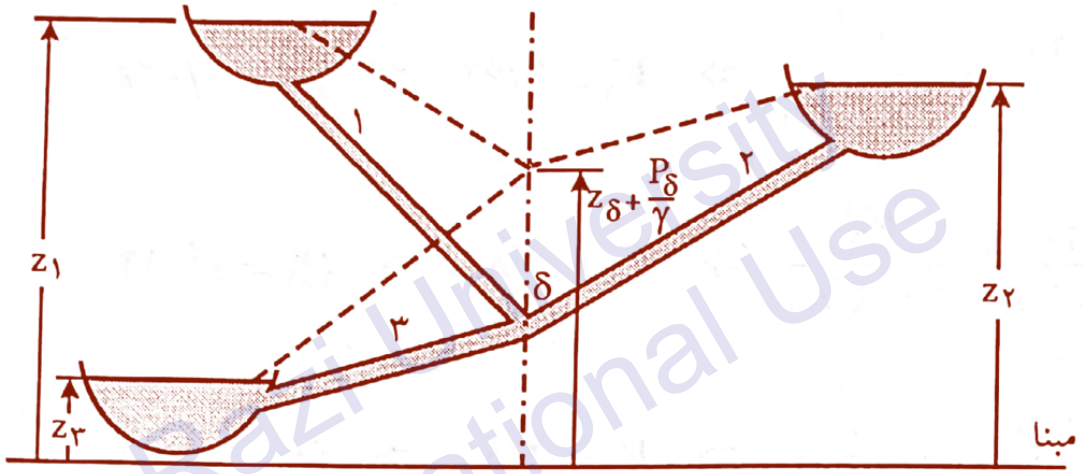
$$\frac{Q_1}{Q_2}=\sqrt{\frac{f_2}{f_1}\times\frac{L_2}{L_1}\times\frac{d_1^5}{d_2^5}}=\sqrt{1\times\frac{1}{2}\times2^5}=4$$

گزینه (۴) صحیح است.

Razi University
Educational Use

اتصال مخازن به هم

مطابق شکل سه مخزن را درنظر می‌گیریم که توسط سه لوله با یک اتصال مشترک به هم وصل شده‌اند.



در سیستم فوق تنها دبی جریان‌ها مجهول است و داریم:

معادله پیوستگی: $Q_{\delta,in} = Q_{\delta,out}$

با توجه به معادله پیوستگی می‌توان گفت:

$$Q_۱ = Q_۲ + Q_۳ \quad \text{یا} \quad Q_۱ + Q_۲ = Q_۳$$

Kazi University Educational Use

صادق بودن هر کدام از معادلات فوق به ارتفاع خط تراز هیدرولیکی در نقطه اتصال δ بستگی دارد.
اگر ارتفاع خط تراز هیدرولیکی در نقطه اتصال δ، از سطح هر کدام از مایعات موجود در مخازن بالاتر باشد. مایع به آن مخزن وارد می‌شود و برعکس اگر پایین‌تر باشد مایع از آن مخازن خارج می‌شود.
روش حل مسئله به صورت زیر است:

جاگذاری در معادله پیوستگی $\rightarrow Q_1, Q_2, Q_3 \rightarrow$ حدس δ

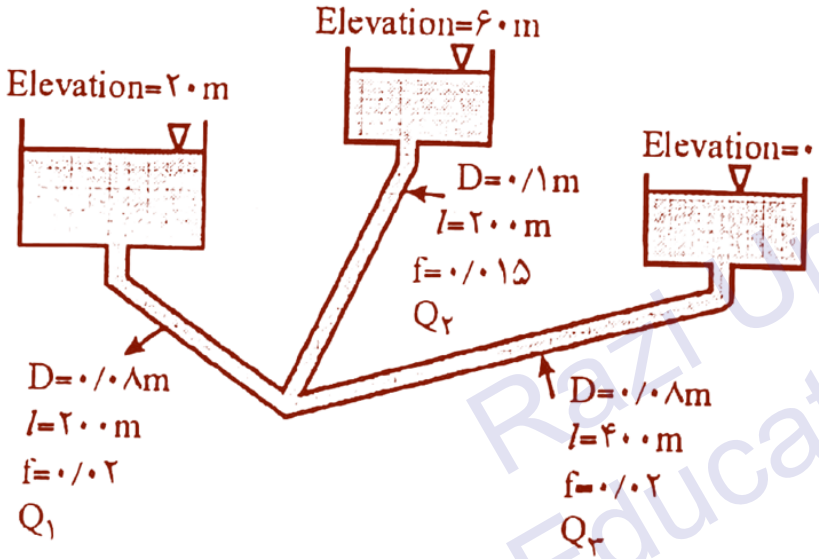
$Q_{\delta,in} > Q_{\delta,out} \rightarrow$ مقدار بیشتری برای δ حدس می‌زنیم

$Q_{\delta,in} < Q_{\delta,out} \rightarrow$ مقدار کمتری برای δ حدس می‌زنیم

حدس و خطا را تا موقعی ادامه می‌دهیم که معادله پیوستگی برقرار شود.

Razi University
Educational Use

مثال) با صرفنظر کردن از اتلافات جزیی میزان جریان در هر لوله چقدر است؟ ضریب اصطکاک در هر لوله ثابت است.



۱) $Q_1 = ۰/۰۱۴ , Q_2 = ۰/۰۲۸ , Q_3 = ۰/۰۱$

۲) $Q_1 = ۰/۰۱ , Q_2 = ۰/۰۲ , Q_3 = ۰/۰۱$

۳) $Q_1 = ۰/۰۱۴ , Q_2 = ۰/۰۲۸ , Q_3 = ۰/۰۱۴$

۴) $Q_1 = ۰/۰۲۸ , Q_2 = ۰/۰۱۴ , Q_3 = ۰/۰۱۴$

Razi University Educational Use

حل)

با حدس $\frac{P_\delta}{\gamma} + z_\delta = ۴۰$ داریم:

$$۲۰ = ۰/۰۱۵ \times \frac{۲۰۰}{۰/۱} \times \frac{V_۲^۲}{۲ \times ۹/۸۱} \Rightarrow V_۲ = ۳/۶۲ \Rightarrow Q_۲ = ۰/۰۲۸$$

$$۲۰ = ۰/۰۲ \times \frac{۲۰۰}{۰/۰۸} \times \frac{V_۱^۲}{۲ \times ۹/۸۱} \Rightarrow V_۱ = ۲/۸۰ \Rightarrow Q_۱ = ۰/۰۱۴$$

$$۴۰ = ۰/۰۲ \times \frac{۴۰۰}{۰/۰۸} \times \frac{V_۳^۲}{۲ \times ۹/۸۱} \Rightarrow V_۳ = ۲/۸۰ \Rightarrow Q_۳ = ۰/۰۱۴$$

$$Q_{\delta,out} = ۰/۰۱۴ + ۰/۰۱۴ = ۰/۲۸ \quad , \quad Q_{\delta,in} = ۰/۰۲۸$$

$$Q_{\delta,in} = Q_{\delta,out} \Rightarrow \text{حدس صحیح است}$$

Razi University Educational Use