★ اگر جریان ناپایدار شود ← جریان آرام به آشفته تبدیل می‌شود

★ ایستهای گردابی ناشی از تلاطم اتفاقی (η) که به آشفتگی و جرم مخصوص وابسته اند.

مکانیک سیالات فصل ۹ : (جریان سیال در مجاری تحت فشار و محاسبات افت انرژی در لوله‌ها)

افت انرژی در لوله‌ها $= \Delta H = \Delta H_T + \Delta H_L$

↳ افت انرژی طولی ↳ افت انرژی موضعی

عدد رینولدز: $R_e = \frac{\rho V D}{\mu}$ (عدد رینولدز بحرانی)

$Re \leq 2000$ جریان آرام $2000 < Re < 4000$ وضعیت عبوری $Re \geq 4000$ وضعیت آشفته

اگر f داده شود، صرف نظر از نوع جریان ← معادله‌ی دارسی ویسباخ ←

$$\Delta H_T = h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{8 f L Q^2}{\pi^2 g D^5}$$

(افت طولی)

- افت انرژی در یک لوله با مقطع ثابت و طولانی فقط افت انرژی طولی است و افت انرژی موضعی نداریم.
- ΔP بین دو پیزومتر که در طول یک لوله قرار گرفته اند نشان دهنده‌ی افت در لوله است :

$$\Delta H = \Delta H_T = \frac{\Delta P}{\gamma}$$

- فشار بخار نسبی برابر است با :

$P_{v_g} = P_{v_{abs}} - P_{atm} = 10^4 - 10 \times 10^4 = -90_{kPa}$ ← (مثال عددی)

- $\eta_p = \frac{N_u}{N_a}$ ← توان مصرفی پمپ $N_u = \gamma Q \Delta H_p$

- اگر جریان آرام باشد $(Re < 2000)$ آنگاه ← (μ یا ν داده شود) ← رابطه‌ی هاگن-پوازی

افت طولی

$$\Delta H_T = h_f = \frac{32 \mu V L}{\gamma D^2} = \frac{32 \nu V L}{g D^2}$$

★ لوله‌ی دوار افقی ← $\Delta H \gamma = \Delta P$

$\frac{\Delta P}{L}$ ← افت فشار در واحد طول

$$\frac{\gamma H_T D}{4L} = \tau$$

- در لوله‌های مستقیم میزان برش در لوله‌ها برابر است :

$$\tau_0 = \mu \frac{du}{dy} \qquad \tau_0 = \frac{\Delta H \gamma r_0}{2L} \qquad \tau_0 = \frac{\gamma \Delta H_T D}{4L}$$

- در فاصله‌ی r از مرکز لوله

$$\tau(r) = \frac{\gamma \Delta H_T r}{2L}$$

$\tau_r = \tau_{max}\left(\frac{r}{r_0}\right)$ ← برش در لوله خطی تغییر می‌کند

- سرعت در لوله‌ها $u = u_{max}\left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right)$
- محاسبه‌ی برش با توجه به f یا μ

اگر f داده شود :

$$\tau = \frac{\gamma \Delta H D}{4L} = \frac{\gamma \left(f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}\right) \times D}{4L} = \frac{f}{8} \rho V^2$$

اگر μ یا ν داده شود :

$$\tau = \frac{\gamma \Delta H D}{4L} = \frac{\gamma \left(\frac{32 \mu V L}{\gamma D^2}\right) D}{4L} = 8 \mu \left(\frac{V}{D}\right)$$

★ جریان آرام $V = \frac{u_{max}}{2}$ ← $V = \frac{\Delta H \gamma r^2}{8 \mu L}$

- افت موضعی در لوله‌ها :

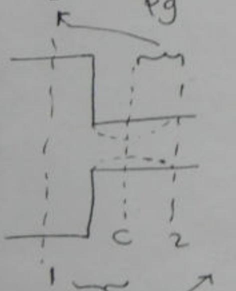
$$\Delta H_L = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = K_m \frac{V_1^2}{2g}$$

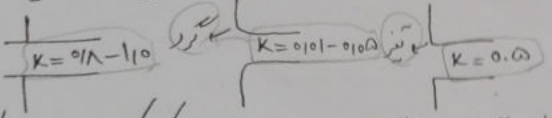
- اگر آب از یک لوله وارد یک مخزن بزرگ شود $\frac{A_1}{A_2} = 0$ و $K_1 = 1$ و افت انرژی $= \frac{V_1^2}{2g}$ خواهد بود.
- افت موضعی در اثر انقباض ناگهانی در مقطع :

$$\Delta H_L = \frac{(V_c - V_2)^2}{2g} = \left(\frac{A_2}{A_c} - 1\right)^2 \left(\frac{V_2^2}{2g}\right) = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \left(\frac{V_2}{2g}\right)^2$$

($\frac{A_2}{A_c} = 1/C_c$)

$A_c = C_c A_2$



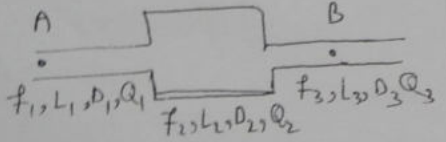


- افت موضعی را می‌توان به صورت طول معادل (L_e) بیان کرد که به ازای آن همان ΔH را داشته باشد.

از افت این ناحیه صرف نظر می‌کنیم

$$f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2g} = K_m \frac{V^2}{2g} \rightarrow L_e = \frac{K_m D}{f}$$

- لوله‌های سری



$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

★ جریان آرام لوله‌های مدور ← $\frac{\tau}{\tau_0} = \frac{r}{r_0}$

تنش برشی ماکزیمم در جداره و صفر در مرکز:

$$\begin{cases} \tau_{max} = \tau_0 , & r = r_0 \\ \tau_{min} = 0 , & r = 0 \end{cases}$$

★ سرعت در هر نقطه از لوله رخ می‌دهد.

$$u = u_{max}\left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right) \qquad u_{max} = \frac{\Delta H \gamma r^2}{4 \mu L}$$