جواب سوال 3-7 :

محاسبه طول تقریبی ناحیه ورودی : در ناحیه توسعه یافته گرادیان فشار ثابت است . برای یافتن طول ناحیه ورودی تغییرات فشار را در بازه های ۵/۰ متری بررسی می کنیم .

از $x=0$ تا $x=0.5$: $\Delta p = 93$ mm H_2O

از $x=0.5$ تا $x=1$: $\Delta p = 76$ mm H_2O

از $x=1$ تا $x=1.5$: $\Delta p = 63$ mm H_2O

از $x=1.5$ تا $x=2$: $\Delta p = 52$ mm H_2O

از $x=2$ تا $x=2.5$: $\Delta p = 48$ mm H_2O

از $x=2.5$ تا $x=3$: $\Delta p = 44$ mm H_2O

از $x=3$ تا $x=3.5$: $\Delta p = 44$ mm H_2O

از $x=3.5$ تا $x=4$: $\Delta p = 44$ mm H_2O

از $x=4$ تا $x=4.5$: $\Delta p = 47$ mm H_2O

از $x=4.5$ تا $x=5$: $\Delta p = 44$ mm H_2O

همان طور که مشاهده می شود از فاصله $x=3$m به بعد افت فشار در هر ۵/۰ متر تقریباً ثابت و حدود 44mm H_2O می شود بنابراین طول تقریبی ناحیه ورودی برابر با **۳ متر** است .

محاسبه تنش برشی دیواره در ناحیه توسعه یافته :

میانگین افت فشار در هر ۵/۰ متر در ناحیه توسعه یافته : $\frac{46+44+47+44}{4} = 44.75$ mm H_2O

$$\tau_w = \frac{D}{4}\left|\frac{dp}{dx}\right|$$

گرادیان فشار در واحد طول برابر :

$$\left|\frac{dp}{dx}\right| = \frac{44.75 \text{ mm } H_2O}{0.5 \text{ m}} = 74.5 \ \frac{\text{mm } H_2O}{\text{m}}$$

$$\Delta p = \rho g h \Rightarrow \left|\frac{dp}{dx}\right| = 1000 \times 9.81 \times (74.5 \times 10^{-3}) = 711.225 \ \frac{Pa}{m}$$

$$\Rightarrow \tau_w = \frac{0.5}{4} \times 711.225 = \boxed{889 \text{ Pa}} \longrightarrow \text{تنش برشی دیواره در ناحیه کاملاً توسعه یافته}$$

جواب سوال 10-7 : $u(r/2) = 6\ m/s$

رابطه پروفیل سرعت در لوله مقطع دایروی برای جریان آرام :

$$u(r) = U_{max}\left(1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)$$

جایگذاری سرعت داده شده در رابطه پروفیل سرعت

$$\Rightarrow 6 = U_{max}\left(1 - \left(\frac{R/2}{R}\right)^2\right) \Rightarrow 6 = U_{max} \times \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2\right)$$

$$\Rightarrow 6 = U_{max} \times \frac{3}{4} \Rightarrow \boxed{U_{max} = 8\ m/s}$$

← حداکثر سرعت در لوله

جواب سوال 12-7 : $Q_1 = Q_2 = Q$ و $\rho_2 = 1.04\,\rho_1$ ، $\mu_2 = 3.8\,\mu_1$ ، $\frac{\Delta p}{\Delta l} = -k$

معادله هاگن - پوازی :

در جریان آرام درون یک لوله افقی با مقطع دایروی می‌توان معادله هاگن - پوازی را نوشت.

$$Q = \frac{\pi \times D^4 \times \Delta p}{128 \times \mu \times \Delta l}$$

معادله فوق را برحسب گرادیان فشار بازنویسی می‌کنیم :

$$\frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{128\,\mu Q}{\pi D^4} \xrightarrow{\text{جای‌گذاری}} \frac{\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_2}{\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_1} = \frac{\frac{128\,\mu_2 Q}{\pi D^4}}{\frac{128\,\mu_1 Q}{\pi D^4}} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

$$\rightarrow \frac{\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_2}{-k} = \frac{3.8\,\mu_1}{\mu_1} = 3.8 \Rightarrow \boxed{\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_2 = -3.8\,k}$$

مقدار گرادیان فشار در حالت دوم

گزینه (۲)

پاسخ سوال 7-18 : (در مکانیک سیالات محاسبه افت انرژی (افت اصطکاکی) در لوله‌ها به نوع جریان بستگی دارد :

معادله دارسی - ویسباخ : افت هد در لوله‌ها از رابطه مقابل بدست می‌آید : $h_f = f \frac{L v^2}{D \times 2g}$

ضریب اصطکاک در جریان آرام : برای جریان‌های ورقه‌ای (آرام)، ضریب اصطکاک (f) تنها به عدد رینولدز (Re) بستگی دارد و کاملاً مستقل از زبری جدار لوله است ، رابطه ضریب اصطکاک در جریان آرام : $f = \frac{64}{Re}$

معادله هاگن - پوازی :

اگر افت انرژی را مستقیماً برای جریان آرام بنویسیم به معادله هاگن - پوازی می‌رسیم : $h_f = \frac{128 \times \mu L Q}{\pi \times \gamma \times D^4}$

نتیجه‌گیری : همان‌طور که از معادله هاگن - پوازی (و همچنین ضریب اصطکاک جریان آرام) پیداست افت انرژی در جریان ورقه‌ای به هیچ وجه تابعی از زبری سطح لوله (سیمانی یا شیشه‌ای بودن) نیست .

چون در هر دو لوله مقادیر طول ، قطر ، دبی و لزجت یکسان است ، افت انرژی در هر دو لوله تقریباً برابر خواهد بود .

بنابراین گزینه ① صحیح است .

7.22) $D = 0.05\ m \quad L = 1609\ m \quad \nu = 1.139 \times 10^{-6}\ m^2/s \quad g = 2.81\ m/s^2$

دما آب را 15°c در نظر می گیریم

$$\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \xrightarrow[V_1 = V_2]{\text{تساوی ثابت}} Z_1 - Z_2 = h_L = \Delta Z$$

سرعت دو سر لوله برابر است طبق رابطه پیوستگی $V_1 = V_2$

چون لوله حداکثر ΔZ باران Re را داریم $Re = 2100$ در نظر می گیریم

$$\Delta Z = h_L = \frac{32 V \nu l}{g D^2} \qquad V = \frac{Re \cdot \nu}{D} = \frac{2100 \times 1.139 \times 10^{-6}}{0.05} = 0.047836\ m/s$$

$$\Delta Z = \frac{32 \times 0.047836 \times 1.139 \times 10^{-6} \times 1609}{9.81 \times (0.05)^2} = 0.1193\ m = 0.11\ m$$

جواب سوال 29-7 : $D = 50\,mm = 0.05\,m$ ، $\nu = 1.2\,St$ ، $L = 10\,m$

$\rho_{oil} = 800\,kg/m^3 \Rightarrow SG_{oil} = 0.8$ ، $SG_{Hg} = 13.6$ ، $z_2 = 2m$ ، $z_1 = 1\,m$ ، $h = 0.1\,m$

معادله مانومتر و اختلاف فشار : با توجه به شکل، سطح جیوه در شاخه سمت چپ (متصل به نقطه ۱) بالاتر از شاخه سمت راست (متصل به نقطه ۲) است، معادله مانومتر از نقطه ۱ تا ۲ به شکل زیر است:

$$P_1 + \gamma_{oil} z_1 + \gamma_{Hg} \times h - \gamma_{oil} z_2 = P_2 \Rightarrow P_1 - P_2 = \gamma_{oil}(z_2 - z_1) - \gamma_{Hg} \times h$$

طرفین را بر γ_{oil} تقسیم می‌کنیم: $\frac{P_1 - P_2}{\gamma_{oil}} = (z_2 - z_1) - h\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_{oil}} \Rightarrow \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{oil}} = (2-1) - 0.1\left(\frac{13.6}{0.8}\right) = -0.7$ متر

اختلاف ارتفاع لوله $(z_2 - z_1)$: از هندسه شکل ارتفاع سطح جیوه در شاخه چپ برابر $z_1 - z_1$ و در شاخه سمت راست $z_2 - z_2$ است چون سطح چپ 0.1 متر بالاتر است:

$$(z_1 - z_1) - (z_2 - z_2) = h = 0.1 \Rightarrow z_2 - z_1 = z_2 - z_1 - 0.1 = 2 - 1 - 0.1 = 0.9\,m$$

جهت جریان و افت انرژی (h_f): معادله انرژی بین نقاط ۱ و ۲ (با توجه به ثابت بودن سرعت، $v_1 = v_2$)

$$H_1 - H_2 = \left(\frac{P}{\gamma_{oil}} + z_2\right) = \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{oil}} + (z_1 - z_2) \Rightarrow H_1 - H_2 = -0.7 - 0.9 = -1.6\,m$$

چون $H_2 - H_1 = +1.6\,m$ است، یعنی انرژی در نقطه ② بیشتر از نقطه ① است و می‌دانیم سیال همیشه از انرژی بیشتر به کمتر حرکت می‌کند.

جهت جریان: از نقطه ② به سمت نقطه ① (به سمت پایین)

افت انرژی $\boxed{h_f = 1.6\,m}$

محاسبه ضریب اصطکاک (f) : از رابطه دارسی - ویسباخ استفاده می‌کنیم :

$$h_f = f\frac{LV^2}{2gD} \Rightarrow 1.6 = f\left(\frac{10}{0.05}\right)\left(\frac{1.2^2}{2\times 9.81}\right) \Rightarrow 1.6 = f\times 200\times 0.0734 \Rightarrow f \simeq 0.109$$

محاسبه لزجت روغن (μ) : چون ضریب اصطکاک عدد نسبتاً بزرگی است ← فرض می‌کنیم جریان آرام است

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{0.109} \simeq 587$$

چون $Re < 2000$ است ، فرض جریان آرام صحیح است ، حال μ را بدست می‌آوریم :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \Rightarrow 587 = \frac{800\times 1.2\times 0.05}{\mu} \Rightarrow \mu \simeq 0.0818\ Pa.s$$

جواب سوال 7-33 : براساس نمودار مودی در ناحیه «جریان متلاطم کامل» (کاملاً آشفته) منحنی های ضریب اصطکاک افقی می شوند، این بدان معناست که در این ناحیه ضریب اصطکاک دارسی (f) دیگر به عدد رینولدز بستگی ندارد و تنها تابعی از زبری نسبی ($\frac{\varepsilon}{D}$) لوله است. در این حالت، ضخامت زیرلایه لزج به قدری نازک می شود که تمام زبری های دیواره بیرون می زنند و افت انرژی صرفاً ناشی از برخورد سیال با این زبری ها است بنابراین اثرات لزجت بی اثر می شود ⇐ گزینه (۴)

جواب سوال 38-7 : $\rho_{\text{آب}} = 1000\ \frac{kg}{m^3}$ ، $L = 1\ m$ ، $f = 0/005$ ، $D = 0/05\ m$ ، $V = 4\ m/s$

رابطه دارسی - ویسباخ برای محاسبه افت فشار : افت فشار ناشی از اصطکاک (لوله از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\Delta P = f \frac{L \times \rho V^2}{D \times 2} \Rightarrow \Delta P = 0/005 \times \frac{1}{0/05} \times \frac{1000 \times (4)^2}{2} = \boxed{800\ Pa}$$

لـ مقدار افت فشار ← گزینه (2)

جواب سوال 47-7 : $Q = 0{,}2 \ m^3/s$ ، $D = 0{,}4 \ m$ ، $L = 2000 \ m$ ، $f = 0{,}02$ و $P_A = 50 \ kN/m^2$

$\Delta z = 25 \ m$ و $\gamma_w = 10 \ kN/m^3$ ، $g = 10 \ m/s^2$

محاسبه سرعت جریان (V) و هد سرعت :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}1416 \times (0{,}4)^2}{4} = 0{,}1256 \ m^2$$

سرعت جریان $V = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}2}{0{,}1256} \simeq 1{,}5915 \ m/s$

هد سرعت : $\frac{V^2}{2g} = \frac{(1{,}5915)^2}{2 \times 10} \simeq 0{,}1266 \ m$

محاسبه افت هد اصطکاکی (h_f) در لوله : با استفاده از رابطه دارسی - وایسباخ :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0/02 \times \frac{2000}{0/4} \times 0/1244 = 12,44 \ m$$

کاربرد معادله انرژی : معادله انرژی را بین نقطه A (مکش پمپ) و سطح آزاد مخزن (نقطه B) می نویسیم :

$$\frac{P_A}{\gamma_w} + Z_A + \frac{v_A^2}{2g} + h_p = \frac{P_B}{\gamma_w} + Z_B + \frac{v_B^2}{2g} + h_f$$

با در نظر گرفتن پمپ به عنوان مبدأ ارتفاع $\leftarrow Z_A = 0$

$Z_B = 25 \ m$ ، $v_B \simeq 0$ و $P_B = 0$: B نقطه $\frac{P_A}{\gamma_w} = \frac{50}{10} = 5 \ m$: A هد فشاری در

جایگذاری : $5 + 0 + 0/1244 + h_p = 0 + 25 + 0 + 12,44 \Rightarrow h_p = 32,54 \ m$

محاسبه توان خروجی پمپ : $P = \gamma_w \times Q \times h_p = 10 \times 0/2 \times 32,54 = 65,08 \ kW$

7-52) $L = 1000\ m$ $\quad D = 200\ mm$

حالت اول : آب از بالا (مخزن 1) به پایین (مخزن 2) حرکت می کند

$$\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f \xrightarrow[V_1 = 0\ ,\ V_2 = 0]{\text{سطح مخزن } P_1 = P_2 = 0} 0 + 0 + Z_1 = 0 + 0 + Z_2 + h_f \qquad \Delta Z = h_f = 10\ m$$

حالت دوم : آب از پایین (مخزن 2) به بالا (مخزن 1) توسط پمپ می رود

$$\frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_p = \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_f$$

دبی تغییر نکرده است $\Leftarrow h_f$ نیز تغییر نمی کند

$$0 + 0 + Z_2 + h_p = 0 + 0 + Z_1 + 10 \qquad h_p = \Delta Z + 10 = 10 + 10 \qquad \boxed{h_p = 20\ m}$$

پاسخ سوال 7-61 :

ابتدا دمای متوسط آب را محاسبه می‌کنیم : $T_{avg} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{۲۵ + ۸۵}{۲} = ۵۵^\circ C$

توجه به جداول خواص آب برای دمای $۵۵^\circ C$: چگالی $\rho = ۹۸۸ \ kg/m^3$ ، لزجت $\nu = ۵۶۰۳ \times ۱۰^{-۷} \ m^2/s$

$D = ۲۵ mm = ۰/۰۲۵ m$ ، $Q = ۳ \times ۱۰^{-۴} \ m^3/s$

سرعت متوسط جریان (V) : $V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{۴} D^۲} = \frac{۳ \times ۱۰^{-۴}}{\frac{\pi}{۴} \times (۰/۰۲۵)^۲} \simeq ۰/۶۱۱ \ m/s$

عدد رینولدز (Re) : $Re = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{۰/۶۱۱ \times ۰/۰۲۵}{۵۶۰۳ \times ۱۰^{-۷}} \simeq ۲۷۲۳$

چون $Re < ۴۰۰۰$ ⇐ جریان درهم (متلاطم) است.

لوله حسی معمولاً به عنوان لوله صاف در نظر گرفته می‌شود ، از رابطه بلازیوس برای لوله های صاف استفاده می کنیم :

$$f = \frac{۰/۳۱۶}{Re^{۰/۲۵}} = \frac{۰/۳۱۶}{(۲۷۲۳)^{۰/۲۵}} \simeq ۰/۰۳۴۱$$

ضریب افت (K_L) برای کی خم ۱۸۰° رزرو شده استاندارد معمولاً برابر با ۱۵ در نظر گرفته می‌شود .

$$\sum K_L = ۱۱ \times ۱/۵ = ۱۶/۵$$

افت صدکل (h_L) :

$$h_L = \left(f \frac{L}{D} + \sum K_L \right) \frac{V^۲}{۲g} = \left(۰/۰۳۴۱ \times \frac{۲۵}{۰/۰۲۵} + ۱۶/۵ \right) \times \frac{(۰/۶۱۱)^۲}{۲ \times ۹/۸۱} \simeq ۱/۸۴ \ m$$

معادله انرژی بین ورودی (۱) و خروجی (۲) سیستم :

قطر لوله ثابت ($D_1 = D_2$)

فشار ورودی و خروجی یکسان ($P_1 = P_2$)

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^۲}{۲g} + h_p = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^۲}{۲g} + h_L$$

$$\Rightarrow h_p = (z_2 - z_1) + h_L \Rightarrow h_p = ۰/۸ + ۱/۸۴ = ۲/۶۴ \ m$$

توان پمپ مورد نیاز

توان پمپ : $P = \rho \times g \times Q \times h_p = ۹۸۸ \times ۹/۸۱ \times (۳ \times ۱۰^{-۴}) \times ۲/۶۴ \simeq \boxed{۷/۶۷ \ W}$

7.66) $\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2\frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L$ رابطه پیوستگی $A_1V_1 = A_2V_2$ $\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$ تیپ 2

$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{50}{150}\right)^2 = \frac{1}{9}$ $\rightarrow 9V_1 = V_2$ سرعت در لوله (V_1, D_1) و سرعت خروجی نازل (V_2, D_2) $V_1 = \frac{V_2}{9}$

رابطه انرژی برای سطح مخزن و خروجی نازل $P_1 = P_2 = 0$ $\Rightarrow 0 + 0 + 8 = 0 + \frac{V_2^2}{2g} + 0 + h_{L_1} + h_{L_2}$

1: سطح مخزن

2: خروجی نازل

$V_1 = 0$

$8 = \frac{V_2^2}{2g} + 5\frac{V_1^2}{2g} + 0.05\frac{V_1^2}{2g}$ $\Rightarrow 8 = \frac{81V_1^2}{2g} + 5.05\frac{V_1^2}{2g}$ $16\times g = 86.05\,V_1^2$ $V_1 = \sqrt{\frac{16\times 9.81}{86.05}}$

$V_1 = 1.35\ m/s$ $Q = VA = 1.35\times\frac{\pi}{4}\times 0.15^2 = 0.02385\ m^3/s = \boxed{23.85\ L/s}$ گزینه 3

اگر در صورت سوال $\frac{V_2^2}{2g}$ 0.05 بود آن موقع جواب 23.3 بدست می آمد ولی از آن در سوال $\frac{V_1^2}{2g}$ 0.05 است و 23.85 بدست می آید

تمرین 2

7-73) $\dot{W}_T = 400 \times 10^3\ W$ $\quad \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 - \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_3 + h_T + h_L$

نقطه 1: سطح آزاد آب مخزن

نقطه 2: پشت توربین

$P_1 = P_2 = 0 \Rightarrow 0 + 0 + 20 = 0 + \frac{V_2^2}{2g} + 0 + h_T + h_L \qquad \dot{W}_T = \gamma Q h_T \Rightarrow h_T = \frac{400 \times 10^3}{\gamma Q}$

$V_1 = 0 \qquad h_T = \frac{400 \times 10^3}{9810\, Q} \qquad Q = V_2 A_2 \qquad V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(2)^2} = \frac{Q}{\pi}$

الف) $h_L = 0 \Rightarrow 20 = \frac{V_2^2}{2g} + h_T \rightarrow 20 = \frac{(Q/\pi)^2}{2 \times 9.81} + \frac{400 \times 10^3}{9810\, Q} \Rightarrow \frac{Q^2}{193.69} + \frac{40.775}{Q} = 20$

$\begin{cases} Q_1 = 2.039 \checkmark \\ Q_2 = 60.19 \\ Q_3 = -62.23 \end{cases}$

$Q = 2.039\ m^3/s$ $\quad \simeq 2.04\ m^3/s$

بررسی لوله جدار براساس

جدول 7-1 $\quad \varepsilon = 0.26\ mm$

ب) $h_L = f \frac{\ell}{D} \frac{V_1^2}{2g} \qquad V A = V_2 A_2 \qquad V = 4 V_2$

$h_L = f \frac{120}{1} \times \frac{V^2}{2g} = 60 f \frac{V^2}{2g}$ دایافرگم $\Rightarrow 20 = \frac{V_2^2}{2g} + h_T + h_L \Rightarrow 20 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{400 \times 10^3}{\gamma V_2 A_2} + 60 f \frac{V^2}{2g}$

$20 = \frac{V_2^2}{2g} + 60 f \frac{16 V_2^2}{2g} + \frac{400000}{9810 \times V_2 \times \frac{\pi}{4} \times 2^2} \Rightarrow 392.4 V_2 = 960 f V_2^3 + 254.65 + V_2^3 \qquad V_2 = \frac{V}{4}$

$V^3 (960 f + 1) - 6278.4 V + 16297.6 = 0$ ①

$f = 0.0145 \xrightarrow{①} V = 2.68\ m/s$

$\begin{cases} \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.26 \times 10^{-3}}{1} = 26 \times 10^{-5} \\ Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{2.64 \times 1}{10^{-6}} = 26.8 \times 10^5 \end{cases}$ $\quad f = 0.0148$

$f = 0.0148 \xrightarrow{①} V = 2.685\ m/s$

$\begin{cases} \frac{\varepsilon}{D} = 26 \times 10^{-5} \\ Re = 26.85 \times 10^5 \end{cases}$ $\quad f = 0.0148$

$Q = VA = 2.685 \times \frac{\pi}{4} \times 1$

$Q = 2.109\ m^3/s$

$Q = 2.11\ m^3/s$

جواب سوال 7 - 84 :

ابتدا معادله انرژی را بین سطح آزاد آب در مخزن (نقطه ۱) و خروجی لوله (نقطه ۲) می‌نویسیم.

سطح مبنا : محور افقی لوله نقطه ۱ (سطح مخزن) : $Z_1 = 25\,m$, $P_1 = 0$, $v_1 \approx 0$

نقطه ۲ (خروجی لوله) : $Z_2 = -25\,m$, $P_2 = 0$, $D = 250\,mm = 0.25\,m$, $L = 125\,m$

با صرف نظر از افت‌های موضعی معادله انرژی به شکل مقابل است:

$$Z_1 - Z_2 = h_f + \frac{v^2}{2g} \Rightarrow 25 - (-25) = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} \Rightarrow 50 = \left(f \times \frac{125}{0.25} + 1\right)\frac{v^2}{2g}$$

با توجه به نمودار مودی، برای لوله فولادی با فرض ضریب اصطکاک معمول $f \approx 0.014$

جایگذاری $\Rightarrow 50 = (500 \times 0.014 + 1)\frac{v^2}{2 \times 9.81} \Rightarrow 50 = 8 \times \frac{v^2}{19.62} \Rightarrow v^2 \approx 122.7 \ \frac{m^2}{s^2}$

$$\Rightarrow v \approx 11.07\ m/s$$

محاسبه فشار در ورودی لوله : معادله برنولی را بین سطح مخزن و مقطع ورودی لوله می‌نویسیم :

$$Z_1 + 0 + 0 = Z_{in} + \frac{P_{in}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \Rightarrow 25 = 0 + \frac{P_{in}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \Rightarrow P_{in} = \gamma\left(25 - \frac{v^2}{2g}\right)$$

محاسبه نیروی افقی وارد بر لوله (F_x) : حجم کنترل را سیال درون قسمت افقی لوله (از ورودی تا زانویی) در نظر می‌گیریم

معادله اندازه حرکت در راستای افق (x) : $\sum F_x = \dot{m}(v_{out,x} - v_{in,x})$

سرعت ورودی کاملاً افقی ($v_{in,x} = v$) و سرعت خروجی از زانویی کاملاً عمودی است ($v_{out,x} = 0$)

نیروهای افقی وارد بر حجم کنترل شامل نیروی فشار در ورودی و نیروی واکنش لوله به سیال (R_x) است

$$P_{in}A + R_x = \rho Q(0 - v) = -\rho A v^2 \Rightarrow R_x = -P_{in} \times A - \rho A v^2$$

نیرویی که سیال به لوله وارد می‌کند (F_x) مرینه (R_x) است.

$$F_x = -R_x = P_{in}A + \rho A v^2 \Rightarrow F_x = \gamma(25)A - \rho A\frac{v^2}{2} + \rho A v^2 = \gamma \times 25 \times A + \rho A\frac{v^2}{2}$$

$$\Rightarrow F_x = A\left(25\gamma + \frac{1}{2}\rho v^2\right)$$

مساحت مقطع لوله $A = \frac{\pi \times (0.25)^2}{4} = 0.04908\,m^2$

$$F_x = 0.04908 \times \left(25 \times 9810 + \frac{1}{2} \times 1000 \times 122.7\right) \Rightarrow F_x \approx 15048\ N \approx \boxed{15050\ N}$$

7-89) حالت اول: D, Q حالت دوم: $d, \frac{Q}{n}$ هردو

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} = f\frac{L}{D}\frac{(\frac{Q}{A})^2}{2g} \cdot f\frac{L}{D}\frac{Q^2}{2g A^2} \cdot f\frac{L}{D}\frac{Q^2}{2g\frac{\pi^2}{16}D^4} \cdot f\frac{L}{D}\cdot\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

گزینه 2

$$h_{f_1} = h_{f_2} \Rightarrow f\frac{L}{D}\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \cdot f\frac{L}{d}\frac{8(\frac{Q}{n})^2}{\pi^2 g d^4} \Rightarrow \frac{1}{D^5} \cdot \frac{1}{n^2 d^5} \rightarrow d^5 = \frac{D^5}{n^2} \rightarrow d = \frac{D}{n^{2/5}}$$

7-95

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} \Rightarrow h_f \propto Lv^2$$

ثابت ← $(Lv^2)_{(1)} = (Lv^2)_{(2)} = (Lv^2)_{(3)}$

$L_2 = 2L_1$, $L_3 = 4L_1 \Rightarrow L_1v_1^2 = 2L_1v_2^2 \rightarrow v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{2}}$ ①

$L_1v_1^2 = 4L_1v_3^2 \rightarrow v_3 = \frac{v_1}{2}$ ② ①,② $\Rightarrow v_1 = \sqrt{2}v_2 = 2v_3$

7-102 $C_d = .98$ $\frac{D_2}{D_1} = \frac{5}{8} = .1625$

$$Q_{\text{واقعی}} = A\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho(1-(\frac{D_2}{D_1})^4)}} = \frac{\pi(.1.5)^2}{4}\sqrt{\frac{2 \times 7kPa}{(514.7)(1-.1625^4)}}$$

$Q_{\text{تئوری}} = .1.111\ m^3/s$ $Q = C_d Q_{\text{تئوری}} = .198(.1.111) = .1.107\ m^3/s$

$Q = 10.9\ L/s$