در فصل ششم اشاره شد برای جریان در لوله های با جدار صاف و زبر فرمولهای تجربی زیادی بین f، Re بدست آمده که تعدادی از آنها به شرح زیر می باشند:

1-برای لوله های صاف

1-1-فرمول بلازیوس $\mathrm{Re} < 10^6$ $f = 0/3164\,\mathrm{Re}^{-0/25}$

1-2-فرمول کلبروک :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2Log\frac{\mathrm{Re}\sqrt{f}}{2/51}$$

1-3-فرمول پرانتل

$$f = \frac{1}{\left[2Log(\mathrm{Re}\sqrt{f}) - 0/8\right]^2} \qquad \mathrm{Re} < 4\times 10^6$$

1-4-فرمول نیکورادزه :

$10^5 < \mathrm{Re} < 10^8$ $f = 0/0032 + 0/221\mathrm{Re}^{-0/237}$

2-برای لوله های زبر

2-2-فرمول کلبروک:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log\left(\frac{\varepsilon}{3/71d} + \frac{2/51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$$

2-2-فرمول پرانتل:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2Log\left(\frac{\varepsilon}{d}\right)$$

2-3-برای ناحیه انتقال

3-1-فرمول کلبروک :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1/14 - 2Log\left(\frac{\varepsilon}{d} + \frac{9/35}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$$

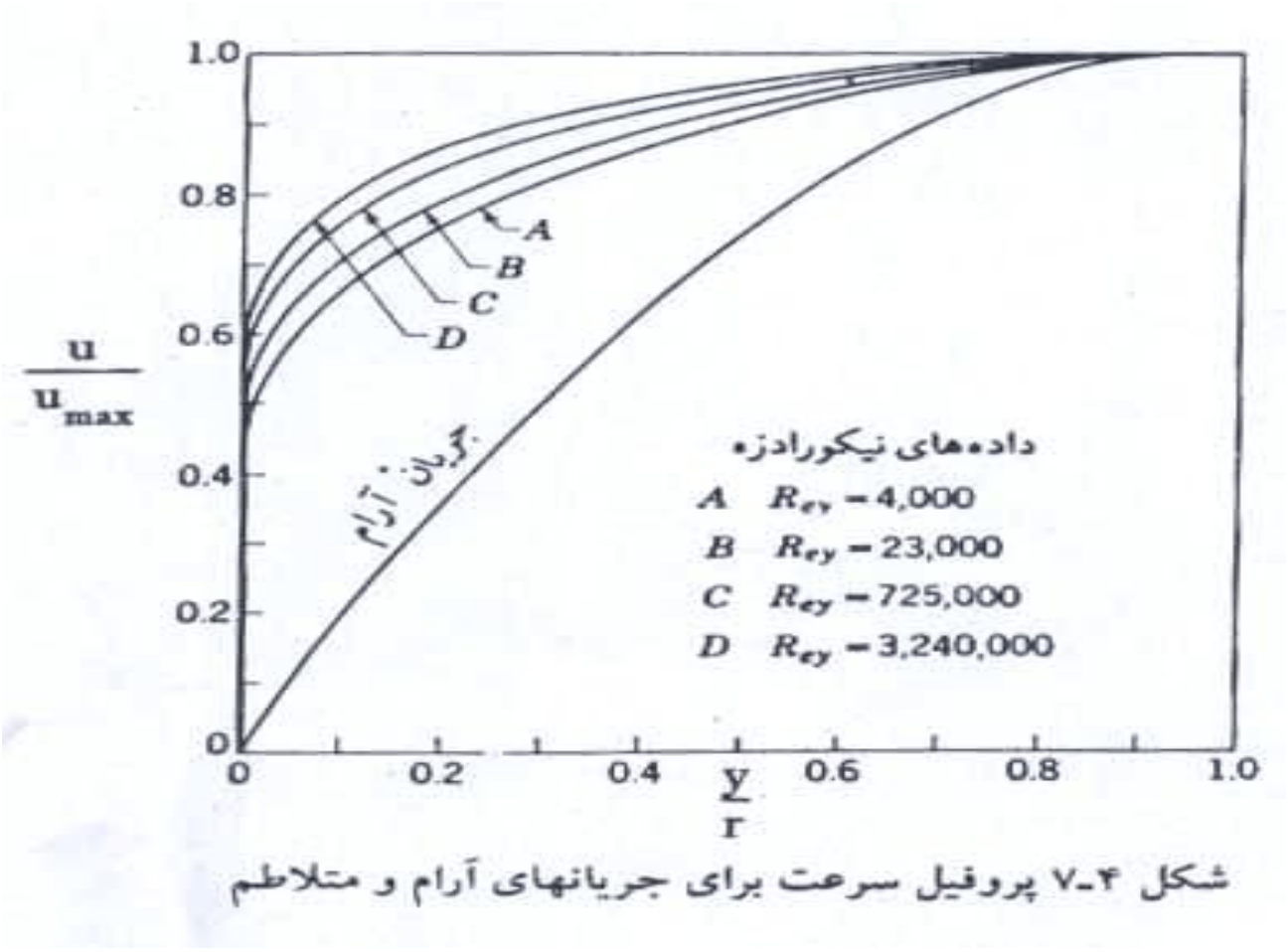
Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

2-3-برای محدوده وسیعی از ناحیه انتقال و زبر :

$$f = \frac{0/25}{Log\left\{\left[\left(\frac{\varepsilon}{3/7d}\right)+\left(\frac{5/74}{\mathrm{Re}^{0/9}}\right)\right]\right\}^2}$$

همچنین به غیر از فرمولهای تجربی با استفاده از دیاگرام مودی و جداول لوله های مختلف می توان ضریب اصطکاک f را تعیین نمود .

در جریان متلاطم عبوری از یک لوله صاف به شعاع r ، نیکورادزه با ترسیم توزیع سرعت $\frac{u}{u_{\max}}$ در برابر $\frac{y}{r}$ و با اعداد رینولدز نسبتاً کم منحنی هایی بدست آورد که در شکل (7-4) نشان داده شده است . در این شکل y نشان دهنده فاصله شعاعی از جداره لوله است . با بررسی این منحنی ها رابطه زبر بدست آمد: $\frac{u}{u_{\max}} = \left(\frac{y}{r_0}\right)^n$



شکل ۴-۷ پروفیل سرعت برای جریانهای آرام و متلاطم

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

برای اعداد رینولدز $4000 < \mathrm{Re} < 3\times10^6$ مقدار n بین $\frac{1}{6}$ تا $\frac{1}{10}$ متغییر است که معمولاً برای جریان متلاطم از توان $\frac{1}{7}$ استفاده می شود و به همین دلیل آن راقانون یک هفتم گویند .

بلازیوس برای لولها های صاف فرمول تجربی زیر را برای تنش برشی در جداره لوله بدست اورد که به فرمول اصطکاک بلازیوس معروف است .

$\tau_W = 0/03325\rho\bar{u}^2(\frac{\nu}{\mathrm{Re}u})^{0/25}$ در سیستم انگلیسی برای $(\mathrm{Re} < 3\times10^6)$

$\bar{u} = \frac{q}{A}$

افت های موضعی و اصطکاکی

برای محاسبه افت در یک لوله ابتدا با تعیین عدد رینولدز باید نوع جریان را مشخص کرد و با تعیین نوع جریان با توجه به فرمولها و جداول ، افت را محاسبه می کنیم . افت کل لوله مجموع افتهای موضعی و اصطکاکی است .

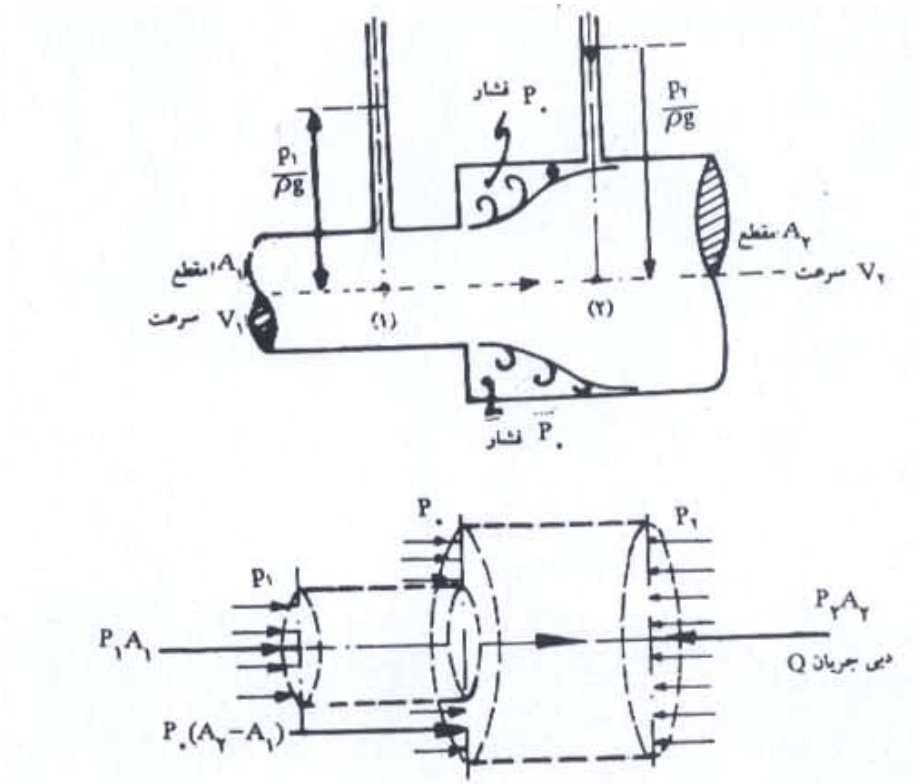
افتهای موضعی

علاوه بر افتهای ناشی از اصطکاک سطحی لوله ، بایستی افتهای ناشی از انبساط و انقباض ناگهانی مقاطع ، زانویی ها ، شیرها و سایر اتصالات را نیز محاسبه کرد . معمولاً فرمول عمومی افتهای موضعی به صورت $h_f = K\frac{V^2}{2g}$ نشان داده می شود . افتهای موضعی در لوله های طولانی با توجه به مقدار زیاد افت ناشی از اصطکاک قابل صرف نظر می باشد . افتهای موضعی در اثر تغییر ناگهانی مقدار یا جهت سرعت به وجود می آید که این خود باعث تلاطم در جریان و کاهش انرژی در اثر جریان می شود .

انبساط ناگهانی مقاطع (واگرایی)

همانند شکل (5-7) در صورتی که سرعت متوسط در مقطع 1، V_1، معلوم باشد از معادله پیوستگی می توان سرعت را در مقطع 2، V_2 ، تعیین کرد . همانگونه که در شکل نشان داده شده به علت تغییرات سریع مقطع ، جریان نمی تواند شکل زوایای به وجود آمده را به خود بگیرد و این باعث ایجاد جدایش در گوشه های این زوایا و تحلیل انرژی می شود . واگرایی ناگهانی سطح مقطع لوله باعث ازریاد فشار از P_1 به P_2 و کاهش سرعت از V_1 به V_2 می شود . همچنین به علت جدایش ، تلاطم شدید بوجود می آید که تا مسافتی (حدود 5 برابر قطر لوله) این تلاطم ادامه دارد .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)



شکل ۵-۷ انبساط ناگهانی (واگرایی)

فشار در قسمت گشادگی (P_0) تقریباً برابر فشار P_1 است یعنی $P_0 \equiv P_1$ با در نظر گرفتن حجم کنترل و نوشتن معادله اندازه حرکت (ممنتم)داریم :

تغییرات اندازه حرکت (ممنتم)= نیروی وارد بر سیال در جهت جریان

$$P_1A_1 - P_2A_2 + P_0(A_2 - A_1) = \rho Q(V_2 - V_1)$$

با توجه به اینکه : $P_0 = P_1, Q = A_1V_1 = A_2V_2$ پیوستگی معادله

$$\Rightarrow (P_1 - P_2)A_2 = \rho A_2V_2(V_2 - V_1) \quad \text{یا} \quad P_1 - P_2 = \rho V_2(V_2 - V_1) \qquad (I)$$

با نوشتن معادله برنولی نسبت به محور بین دو نقطه داریم :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + h_f \Rightarrow h_2 = \frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2g} \qquad (II)$$

$$(I),(II) \Rightarrow h_f = \frac{V_2^2}{g} - \frac{V_1V_2}{g} + \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{g} \Rightarrow h_f = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

پیوستگي معادله از : $V_2 = \frac{A_1 V_1}{A_2}$ (IV)

III در IV جایگذاري با $\Rightarrow h_f = (1-\frac{A_1}{A_2})^2 \frac{V_1^2}{2g}\left[1-(\frac{D_1}{D_2})^2\right]^2$

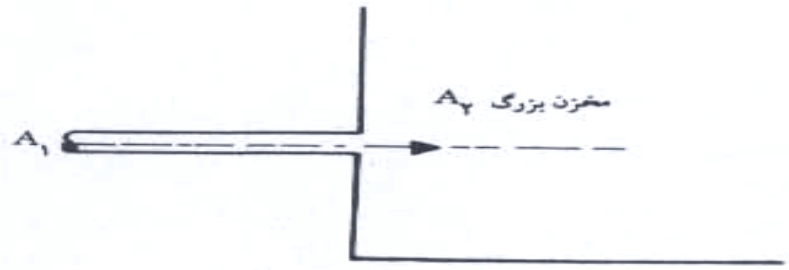
$\Rightarrow h_f = \frac{V_2^2}{2g}(\frac{A_2}{A_1}-1) = \frac{V_2^2}{2g}\left[(\frac{D_2}{D_1})^2-1\right]^2$

طرفي از : $h_f = K\frac{V_1^2}{2g}$

بنابراین : $K = (1-\frac{A_1}{A_2})^2$

در حالتی که لوله همانند شکل (6-7) به مخزن بزرگی متصل شود ، با توجه به این که سطح مقطع لوله (A_1) نسبت به سطح مقطع مخزن (A_2) بسیار کوچک است لذا می توان از نسبت $\frac{A_1}{A_2}$ صرف نظر کرد بنابراین :

$K = (1-\frac{A_1}{A_2}) \equiv 1$ و نتیجه $h_f = \frac{V_1^2}{2g}$ است



شکل ۶-۷ افت در محل ورود سیال به مخزن

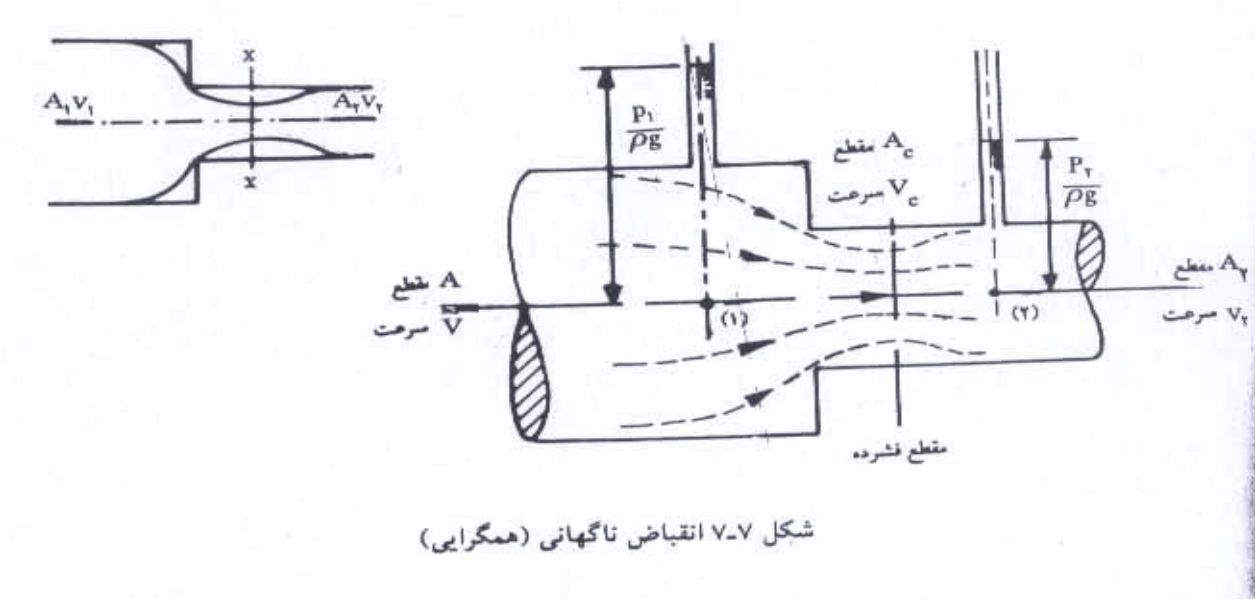
انقباض ناگهانی (همگرایی)

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

افت انرژی در این حالت نیز ناشی از افت در اثر اصطکاک و افت در اثر تشکیل گرداب در اطراف جریان و کناره لوله می باشد . خطوط جریان در آستانه ورود به لوله کوچکتر به حدی متراکم می شوند که سطح مقطع جریان کوچکتر از سطح مقطع لوله می شود که این مقطع فشرده (A_c) گویند .

افت انرژی ناشی از انقباض ناگهانی خطوط جریان بسیار کم است و فقط بازشدن مجدد خطوط جریان از یکدیگر موجب افت اصلی انرژی می شود .

با استفاده از فرمول افت که برای انبساط ناگهانی بدست آمده داریم : $h_f = \frac{(V_c - V_2)^2}{2g}$



شکل ۷ـ۷ انقباض ناگهانی (همگرایی)

C_c:ضریب فشردگی $\Rightarrow A_c = C_c A_2$ براي انقباض ناگهاني مقطع

$A_c V_c = A_2 V_2 \Rightarrow V_c = \frac{A_2 V_2}{A_c} = \frac{A_2 V_2}{C_c A_2} \Rightarrow V_c = \frac{V_2}{C_c}$: از معادله پیوستگي

$h_f = \frac{\left(\frac{V_2}{C_c} - V_2\right)^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g}\ (\frac{1}{C_c} - 1)^2 \Big| \Rightarrow K = (\frac{1}{C_c} - 1)^2$: بنابراین

$h_f = K\frac{V_2^2}{2g}$: از طرفي

که در این حالت K را ضریب همگرایی گویند .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)