

است که در منحنی ها وجود دارد هر دو به هم نگاه می است  
 مختلف بوسیله دیتوین نسبت آمده است اتصال  
 توسط حل معادلات (۱) و (۲) و (۳) برای حالات  
 هم گفته شده اعداد لازم برای رسم این گراف ها  
 از (۱) تا (۴) داده شده است . همانطور که قبلا  
 افت فشار برای مایعات و گاز ها در گراف های

روش محاسبه

استفاده قرار داد .  
 از اوفرا می توان با اطمینان درصنایع مختلف مورد  
 می افتد بین دو حالت اخیر می باشد بنا بر این این  
 شیمیائی و نفت و پتروشیمی حالت های که اتفاق  
 بکار بردن می باشد و چون در عمل بخصوص در صنایع  
 بسیار زیاد تا جریان گاز ها با اوقات فشار بسیار زیاد قابل  
 این گراف برای جریان مایعات با لزجت

از حل مستقیم معادلات بالا بدست می آیند .  
 از گراف ها که در این نوشته به جویا می جویا بود که  
 مستقیماً استفاده شده و بنا بر این جویا می جویا آمده  
 فوق الذکر انجام نگرفته است و از خود معادلات  
 گراف ها استخراج فرجه های ساده کردن معادلات  
 بدست می آید که برای هر چه بود که برای تریست

$$\frac{V}{I} = -2.109 \times 10^8 \left( \frac{3.7D}{e} + \frac{NReV}{2.51} \right) \quad (3)$$

معادله کلنر وک

$$\Delta h = \frac{2g^c D}{fL V^2} \quad (8)$$

$$\Delta h = \frac{2g^c \rho D^2}{64L \mu_e V} \quad (1)$$

(۲ و ۱) می باشد (Friction Factor)

کلنر وک (Colebrook) برای ضریب اصطکاک

معادله دارسی (Darcy) برای افت فشار و معادله

منطقه این گراف ها - (Turbulentregion)

ترنسین (Region) است . برای ناحیه در هم

Laminar) برای ناحیه آرام (Poiseuille)

این گراف ها بر اساس معادله پوی سول

اندازه لوله و افت فشار در نظر در دست می باشد .

۲- محاسبه قطر حمل یک خط لوله است

۱- محاسبه قطر لوله با افت فشاری معین

عبارتند از :

این دو حالت است می کنند . این دو حالت

برای دو حالت که در محاسبات عادی اجتناب از

اصول مهندسی شیمی و هندوریک معمولاً بکار می رود

مندی بسیار طولانی و وقت کمی باشد (در کتاب

۴-۵ (Trial and Error) خطا و حدس و حدس

گراف های که در اینجا عرضه می گردد ، روش

که جنبه عمومی و کلی دارند .

در اغلب کارهای مهندسی و مهندسی است

برای محاسبه سرع افت فشار در خطوط لوله

که عدد رینولد معادل ۲۰۰۰ (آغاز انفصال) است که در معنی انفصال فاصله بین جریان آرام و جریان درهم میباید.

از معادله کلبروک در رسم گرافها هنگامیکه عدد رینولد بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ قرار گرفته باشد استفاده شده است که بطوریکه گفته شده این فاصله در حقیقت منطقه بحرانی (Critical zone) می باشد. در این فاصله یا منطقه بحرانی جریان داخل لوله تحت رژیم معینی نمیباشد یا بعبارت دیگر

نه جریان آرام است و نه درهم، بهمین جهت آنرا واسطه دو حالت مجزای ذکر شده در بالا باید در نظر گرفت. (Transition-region) در مورد جریان درهم همانطور که انتظار میرود افت فشار بیشتری تا جریان آرام برای يك حالت یکسان بدست میآید.

این گرافها برای لوله های فولادی تمیز و نو و لوله هایی که دارای ناصافی (Roughness) مطلق معادل با  $4-10 \times 1/5$  فوت می باشند قابل بکار بردن است. برای سایر لوله هایی که مقدار ناصافی آنها با مقدار گفته شده در بالا وفق نمیدهد میتوان ضریب تصحیح افت فشار را از دیاگرامهای (۵) و (۶) بدست آورد. افت فشار این نوع لولهها را بوسیله ضرب فاکتور تصحیح کننده در افت فشار مربوط به لوله های فولادی مشابه بدست میآورند. يك ناصافی مطلق معادل با  $6-10 \times 5$  فوت برای بسیاری از لوله های پلاستیکی و همچنین - لوله هایی که تحت عنوان لوله کشیده شده (Drawn pipe) معروف هستند مانند لوله های برنجی و سربی و لوله های صاف مانند شیشه ای صادق است بهر حال باید توجه داشت که این روش استفاده از يك فاکتور تصحیح کننده افت فشار دارای جواب

کاملاً دقیق نمیباشد، ولی از لحاظ عملی این اشتباه آنقدر ناچیز است که قابل صرف نظر کردن می باشد کاملاً واضح است که منحنی های (۱) تا (۴) را - می توان برای هر نوع لوله ای با هر اندازه ناصافی رسم کرد و مورد استفاده قرار داد.

گاهی از اوقات ممکن است بخواهیم افت فشار را برای لوله ای پیدا کنیم که اندازه آن خارج از اندازه های موجود در گراف باشد. در اینصورت میتوان از معادله تقریبی زیر استفاده کرد:

$$\Delta P_{Line2} (\text{Approx.}) = \Delta P_{Line1} (D_{Line2} / D_{Line1})^5 \quad (4)$$

معادله (۴) برای جریانهای درهم قابل استفاده است. شکل (۷) میزان ماگزیم خطای ایجاد شده در صورت استفاده از معادله (۴) را نشان میدهد برای جریان آرام بجای توان پنج لازم است نسبت قطرها به توان چهار برسد که در اینصورت جواب دارای دقت خیلی زیادی میباشد.

هنگامیکه گاز در داخل يك لوله جریان پیدا میکند دانسیته آن بتدریج با کم شدن فشار کم میگردد. این موضوع در اثر افزایش سرعت گاز و انرژی سینتیک نیز ایجاد میشود. بواسطه این انحراف برای جریان های با سرعت زیاد و جریانهای بافت فشار زیاد، مشخصات ترمودینامیکی گاز باید تصحیح در نظر گرفته شود، زیرا در غیر اینصورت معادله دارسی در چنین حالاتی بفرم نرمال انتگرال گرفته شده آن دیگر نمیتواند مورد استفاده قرار گیرد.

جریان با سرعت بالا بیشتر در لوله های خروجی که بعد از شیرهای اطمینان (Safety Valves) قرار دارند ایجاد میگردد. گراف شماره (۸) که در اینجا بطور مشروح از يك بولتن موسسه نفتی آمریکا (American Petroleum Institute) (۳) کپی گردیده است برای جریان ایزوترمال گازها قابل استفاده بوده و افت فشار را برای هنگامیکه

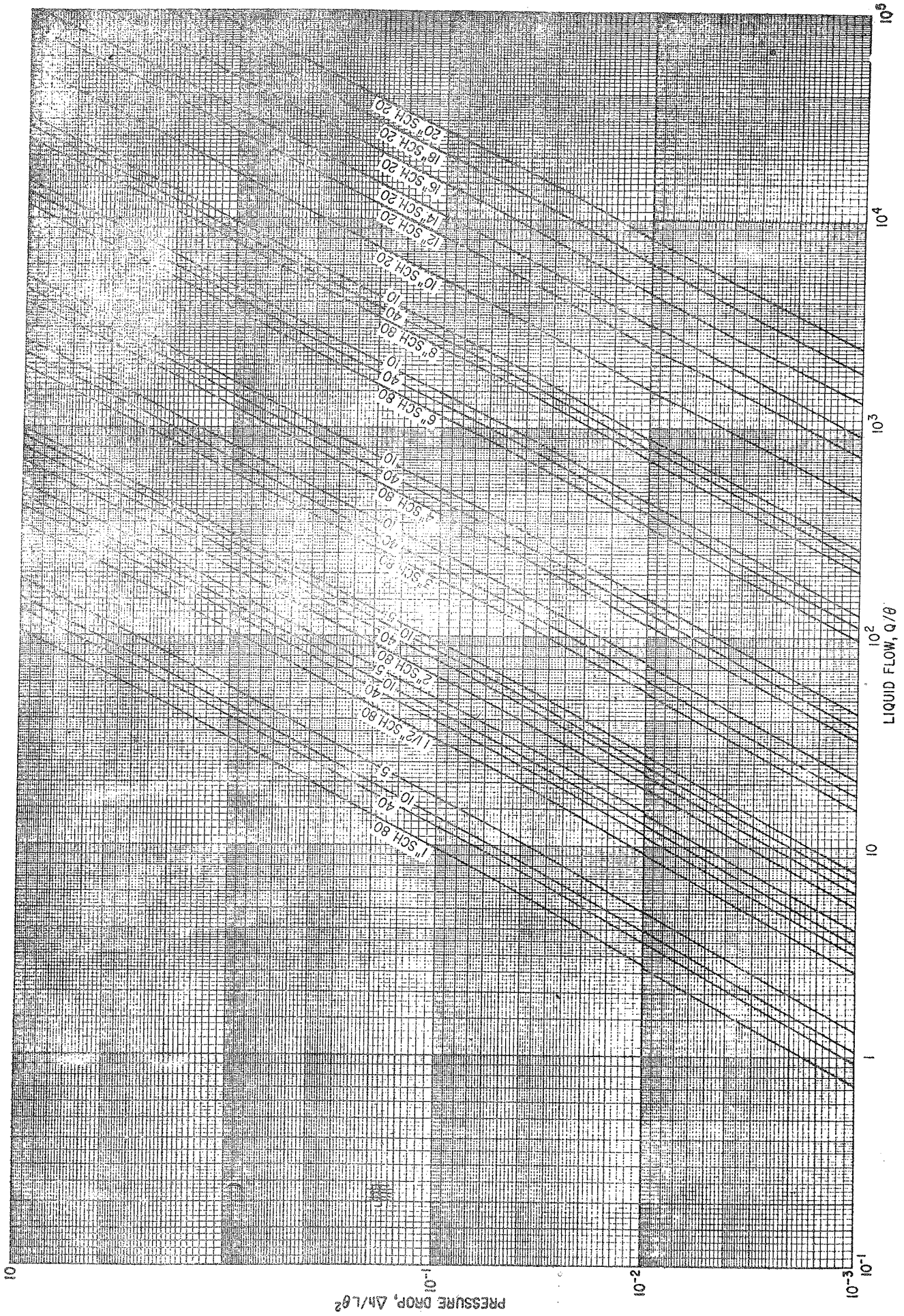


Fig. 1—Head loss for high liquid flow in steel pipe ( $\epsilon = 1.5 \times 10^{-4}$  ft).

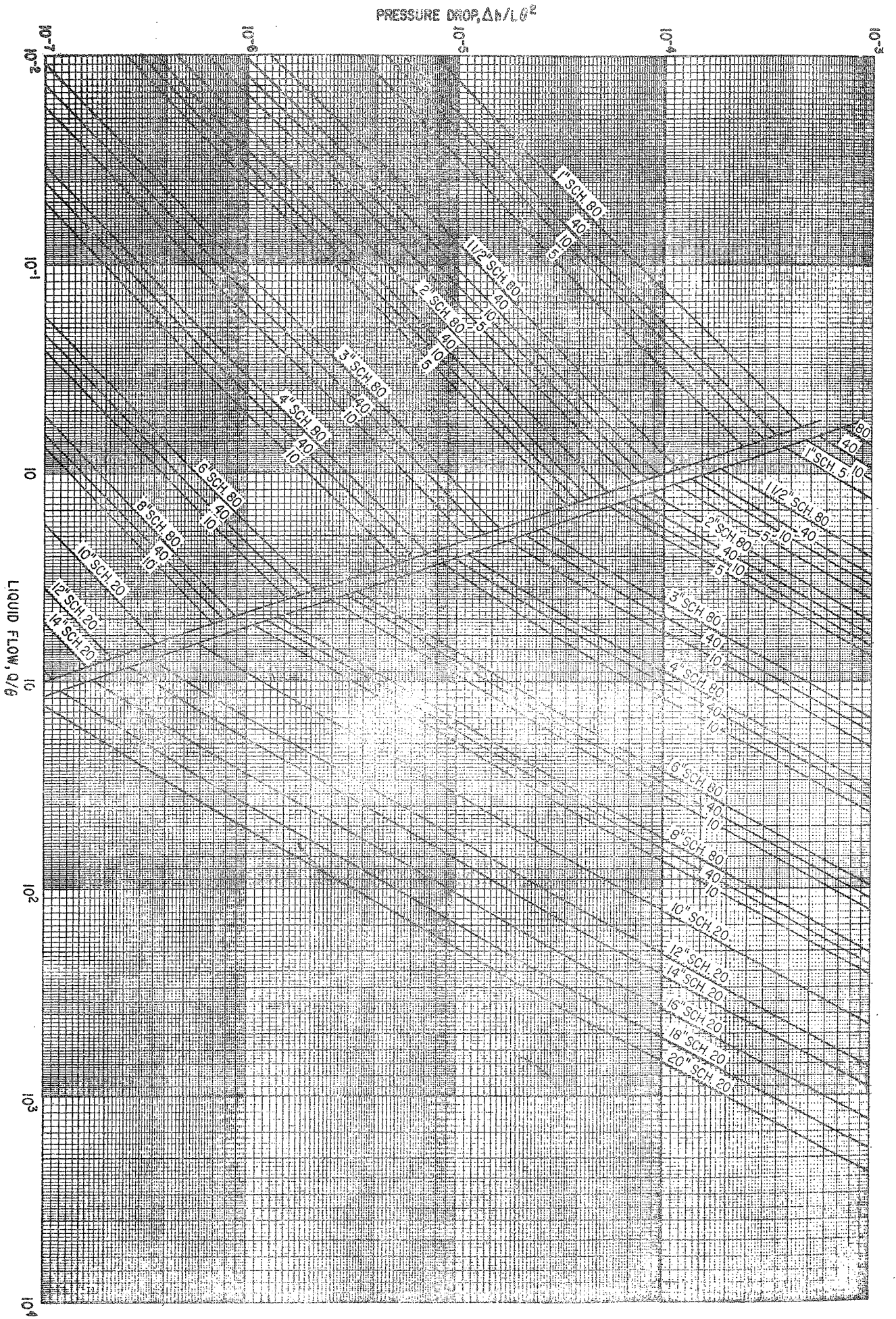


Fig. 2—Head loss for low liquid flow in steel pipe.

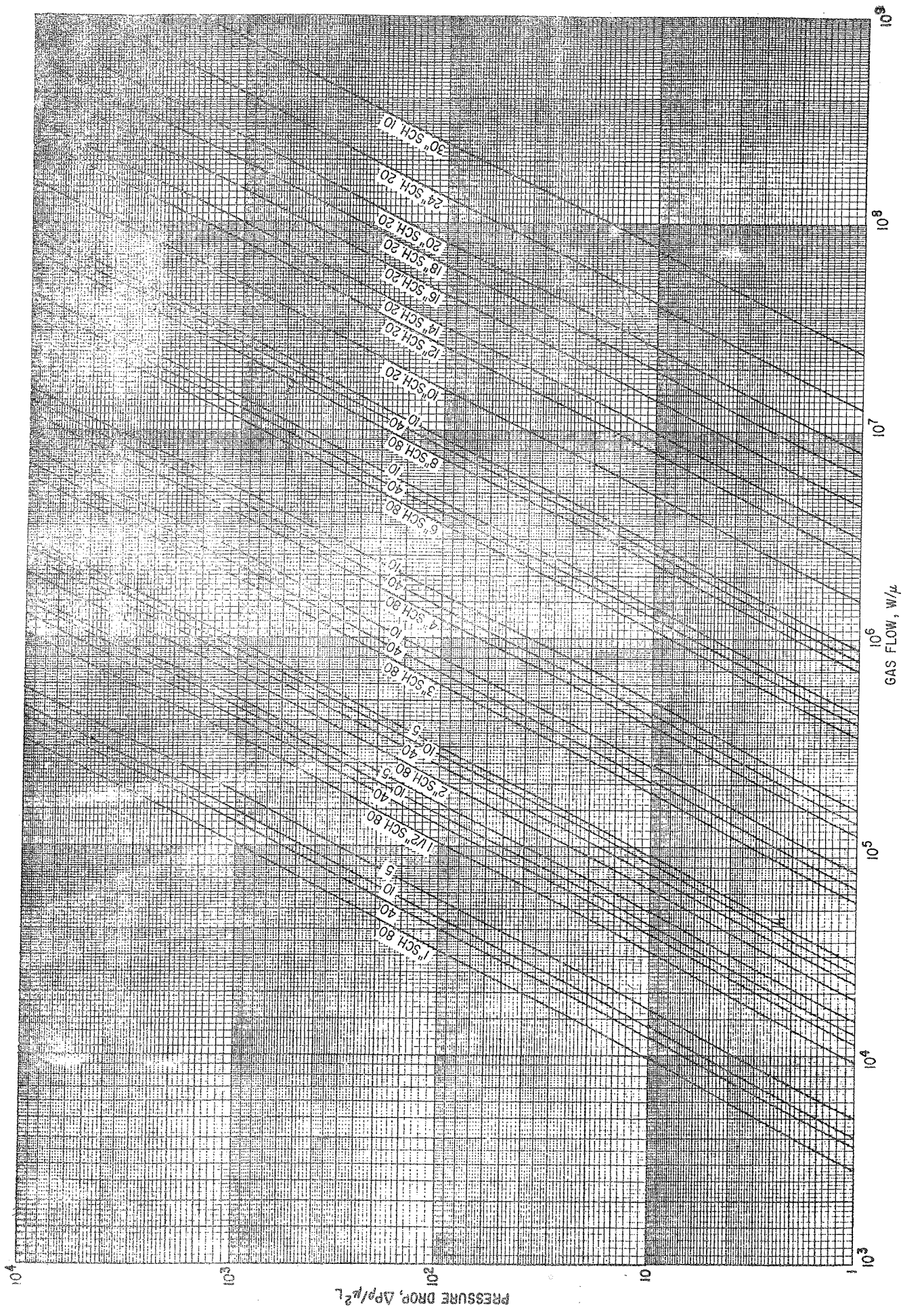


Fig. 3—Pressure drop for high gas flow in steel pipe ( $\epsilon = 1.5 \times 10^{-4}$  ft).

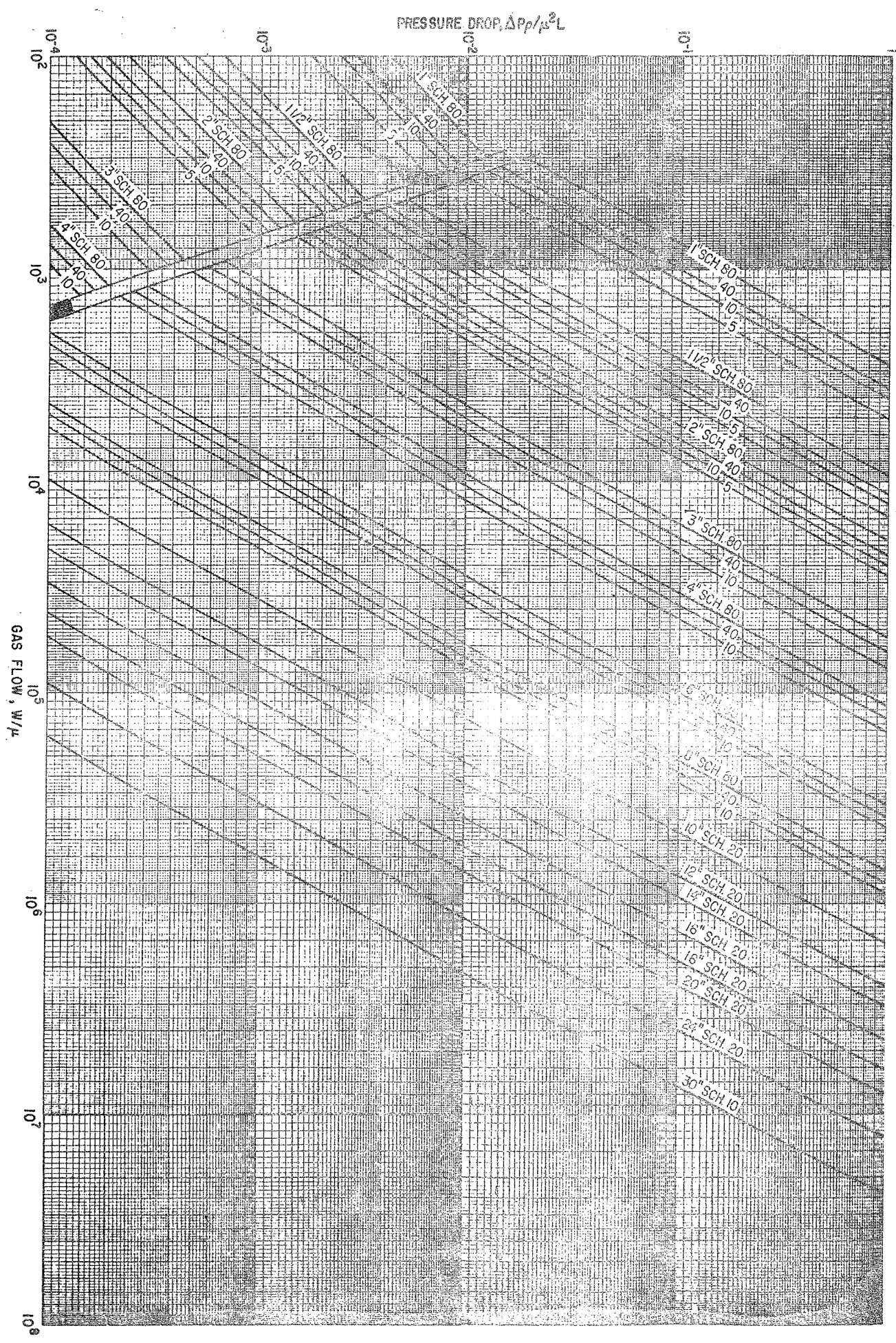


Fig. 4—Pressure drop for low gas flow in steel pipe.

اگر برای فشار کمتر از ۱۰ درصد فشار اولیه این مسئله نشان میدهد که در جریان کارها

$$\Delta P = (1.3)(87) = 11.3 \text{ PSI}$$

حال با استفاده از شکل (۸)

$$ck = 1.3$$

$$\Delta P/P_1 = 8.7/100 = 0.087$$

$$(v/v_0)^2 = (180/1181)^2 = 0.166$$

$$v_c = 68 \sqrt{100/0.333} = 1181 \text{ ft/sec}$$

تصحیح جریان فشاری استفاده کرد.

از آنجا که سرعت زیاد است باید از جریان

$$= 87 \text{ PSI}$$

$$\Delta P = (145)(0.02)(0.333)$$

از کف (۳)

$$\Delta P/P_1 L = 145$$

$$W/\mu = 20000/0.2 = 1 \times 10^7$$

$$= 480 \text{ ft/sec}$$

$$v = (0.0509)(20000)/(0.333)(7.981) = 21.0 \text{ مایل}$$

مطلوبست محاسبه سرعت و افت فشار در لوله A

$$L = 50 \text{ ft}$$

$$W = 20000 \text{ lbs/hr}$$

باستفاده از

مسئله ۴: تمام شرایط مانند مسئله اول -

بیاورد.  
همین اجزای تصحیح جریان فشاری استفاده بعمل  
از آنجا که افت سرعت و فشار و خود کوچک

$$\Delta P_B = (0.81)(0.287) = 0.232 \text{ PSI}$$

$$\frac{\Delta P_B}{\Delta P_A} = 0.81$$

برای لوله B:

$$E = 5 \times 10^{-6} \text{ از شکل (۶)}$$

برای لوله B در  $1 \times 10^6$  و  $W/\mu$

$$= 0.287 \text{ PSI}$$

برای لوله A

$$\Delta P = (1.6)(0.02)/0.333$$

$$\Delta P/P_1 L = 1.6$$

با استفاده از کف (۳)

$$W/\mu = 20000/0.02 = 1 \times 10^6$$

$$= 48 \text{ ft/sec}$$

$$v = (0.0509)(20000)/(0.333)(7.981)^2$$

$$= 0.333 \text{ lbs/cu.ft}$$

$$p = (100)(20)/(10.73)(1)(560)(7)$$

این جریان گاز در لوله های A و B.

مطلوبست محاسبه سرعت و افت فشار برای

$$E_{\text{pipe A steel}} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ ft}$$

$$E_{\text{pipe B smooth}} = 5 \times 10^{-6} \text{ ft}$$

$$L = 150 \text{ ft}$$

$$d = 7.981 \text{ in (8 in Schedule 40)}$$

$$z = 1$$

$$T_1 = 100^\circ F = 560^\circ R$$

$$P_1 = 100 \text{ PSI}$$

$$M = 20$$

$$\mu_1 = 0.02 \text{ Cp}$$

$$W = 20000 \text{ lbs/hr.}$$

مسئله ۱: جریان گاز

میتوانند در محاسبات مورد استفاده قرار گیرند.  
آنها با یکدیگر تفاوت داشته باشد ولی بر صورت  
مختلف دادها (۱۰) که ممکن است شکل ظاهری  
جدول های وجود دارد که اندازه هندسی لوله های  
معمول در کتاب اصول مهندسی شیمی

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{\text{Gas}} &= (3.4 \times 10^{-5})(L \mu W/pd^4) \quad (12) \\ \Delta P_{\text{liquid}} &= (6.3 \times 10^{-4})(L \rho Q/pd^4) \quad (11) \end{aligned} \right\}$$

در جریان آلام:

$$V_{\text{Gas}} = 0.0509 W/pd^2 \quad (10)$$

$$V_{\text{liquid}} = 0.408 Q/pd^2 \quad (9)$$

سرعت وزنی گاز: (۸)  $W = pq$

$$p = \frac{10.73 Z T}{P M} \quad (7)$$

دانسیته گاز: (۷)

واقع میشود عبارتند از:  
سایر معادلات افت فشار مفید

$$v_c = 68 \sqrt{\frac{p}{P_1}} \quad (5)$$

(سرعت بحرانی): داده شده است: (۵) داده شده است  
صوت در یک گاز از آنجا که مقدار آن توسط  
معادله (۸) در شکل (۸) معادل سرعت اینترمال  
میدان.

از این سیتیستیک افت فشار را کمتر نشان  
چنین مشکلات است بلکه بخاطر صرف نظر کردن  
دانسیته متوسط گاز نه تنها به روش حدی و خطا  
دانسیته و سرعت گاز تعیین کنند بدست میدهند.

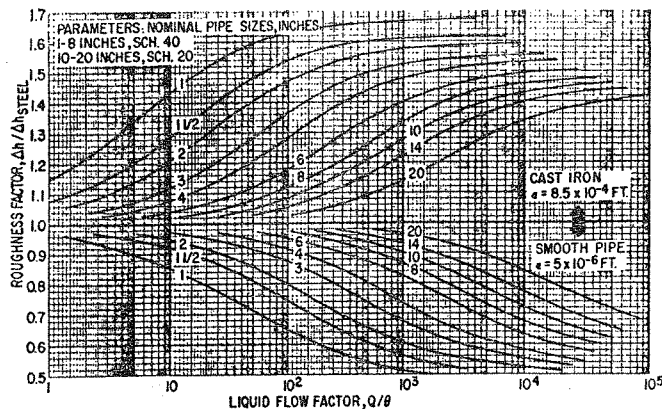


Fig. 5—Wall roughness factor for liquids.

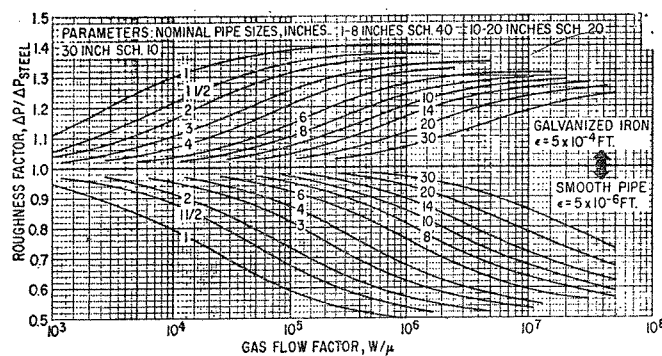


Fig. 6—Wall roughness factor for gases.

ناهمواری ( ناصافی ) دیواره های لوله ها را  
 میتوان اغلب از مراجع استاندارد بدست آورد . (۷)  
 در ناحیه جریان آرام افت فشار مستقل از ناصافی  
 دیواره ها می باشد .

افت فشار در خطوط لوله اولاً با ایجاد خوردگی  
 در جدار لوله ، ثانیاً با کم شدن قطر داخلی لوله  
 ( بعلت تشکیل جرم ) افزایش می یابد . اما افت فشار  
 در مقابل تغییرات قطر حساسیت بیشتری را دارا  
 می باشد ، برای روشن شدن مطلب باید توجه داشت  
 که تجربه نشان می دهد که چنانچه ناصافی درون  
 يك خط لوله ۱۰ برابر شود مقدار ماکزیمم افت  
 فشار دو برابر مقدار اولیه خواهد شد ، در حالیکه  
 مشاهده شده است برای يك لوله با ناصافی ثابت  
 هنگامی افت فشار در مقابل تغییرات قطر دو برابر

فرض غیر قابل فشرده بودن را صادق فرض کنیم ،  
 عمل منجر به يك اشتباه عظیم در جواب مسئله میگردد  
 این اختلاف موجود بین دو حالت مربوط به سرعت  
 زیاد گاز در خط لوله است .

مسئله ۳ : جریان مایع

$$Q = 120 \text{ gpm}$$

$$\theta = 0.4 \text{ cs}$$

$$\Delta h/L = 0.04 \text{ ft/ft} \text{ لوله نو}$$

$$\epsilon_{\text{pipe A steel}} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ ft}$$

$$\epsilon_{\text{pipe B smooth}} = 5 \times 10^{-6} \text{ ft}$$

با فرض اینکه لوله ردیف (۴۰) بکار برده -

خواهد شد برای هر کدام از لوله های A و B اندازه  
 قطر را تعیین کنید .

$$Q/\theta = 120/0.4 = 30$$

$$\Delta h/L\theta^2 = 0.04/(0.4)^2 = 0.25 \text{ max}$$

از شکل (۱) برای لوله ردیف (۴۰) جوار

زیر برای A بدست می آید .

$$\Delta h/L\theta^2 = 1.4 \text{ برای لوله ۲ اینچ}$$

$$\Delta h/L\theta^2 = 0.2 \text{ برای لوله ۳ اینچ}$$

برای لوله B از شکل (۵)

$$\Delta h_B/\Delta h_A = 0.7 \text{ برای لوله ۲ اینچ}$$

$$\Delta h_B/\Delta h_A = 0.78 \text{ برای لوله ۳ اینچ}$$

بنابراین برای لوله B

$$\Delta h/L\theta^2 = (0.7)(1.4)$$

$$= 0.98 \text{ برای لوله ۲ اینچ}$$

$$\Delta h/L\theta^2 = (0.78)(0.2)$$

$$= 0.16 \text{ برای لوله ۳ اینچ}$$

بنا بر این مشاهده میگردد خواه لوله از نوع  
 A یا B باشد بر آنکه افت فشار پائین تر از حد مجاز  
 باشد باید از لوله (۳) اینچ استفاده کرد .

ملاحظات دیگر:

ضریب اصطكاکی که از فرمول کلبروك محاسبه  
 میشود برای لوله های تمیز و نو بوده و دارای دقتی  
 در حدود  $\pm 10\%$  درصدمیباشد . این فاصله دقت بیشتر  
 بعلت تورانس هنگام ساخت لوله هاست .





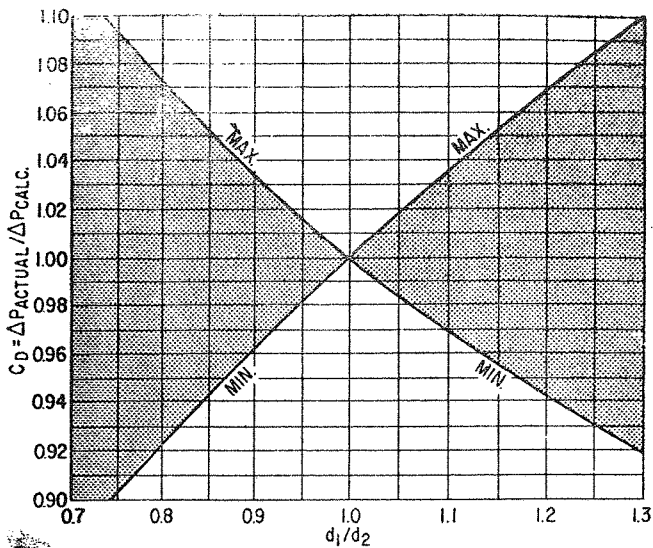


Fig. 7—Possible error in Equation 4.

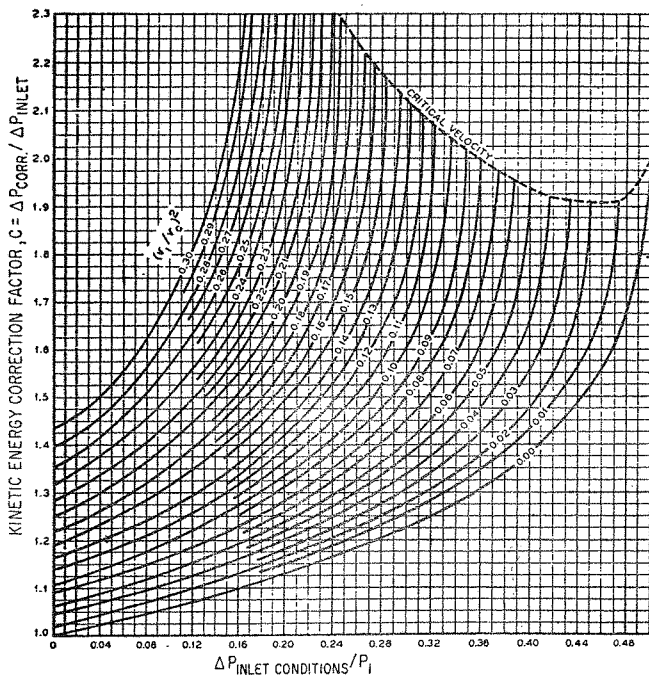


Fig. 8—Correction for isothermal flow of gases.

که در آن  $F(\dots)$  بمعنی تابع ... است.  
در جریان آرام برای هر مقدار ناصافی جدار  
لوله معادلاتی معین بصورت زیر وجود دارند:

$$\frac{\Delta h}{L\theta^2} = (6.3 \times 10^{-4}) \left( \frac{Q}{\theta d^4} \right)$$

$$\frac{\Delta P_p}{L\mu^2} = (3.4 \times 10^{-5}) \left( \frac{W}{\mu d^4} \right)$$

واحد اندازه گیری

بدون بعد

اینج

ویژه معادل (۱/۸) (که بزرگتر از نسبت گرمای  
ویژه هر گاز شناخته شده تحت درجه حرارت و فشار  
های عادی میباشد) و یک لوله فرضی که طول آن  
صفر باشد، ظرفیت حمل جریان آدیاباتیک کمتر از  
۲۰ درصد، از ظرفیت حمل جریان ایزوترمال تجاوز  
میکند. (این حالت فرضی ما کزیمم اختلاف دو حالت  
فوق را نشان میدهد) حال هر چه طول لوله افزایش  
پیدا کند، این اختلاف بین دو حالت کمتر میشود.  
بعنوان مثال اگر طول لوله ۵۰۰ فوت و لوله فولادی  
۱۶ اینچ باشد ما کزیمم اختلاف به ۵ درصد تنزل خواهد  
کرد.

برای حالتیکه بخواهند روی جریان آدیابا-  
تیک تحقیقات و بررسی‌هایی بعمل بیاورند، روش  
محاسبه در منابع اطلاعات (۵ و ۶) ذکر گردیده است  
در منبع اطلاعات شماره (۵) معادلاتی داده شده که از  
آنها یک فاکتور تصحیح کننده انرژی سینتیک شبیه  
بآنچه که در مورد جریان ایزوترمال وجود دارد بدست  
میآید،

### معادلات فرعی

یک بررسی از معادلات (۲) و (۳) نشان میدهد  
که امکان ایجاد یک رابطه جبری بین افت فشار و سایر  
متغیرها وجود ندارد. بهر حال برای هر لوله که  
دارای قطر و ناصافی ثابتی باشد یک رابطه بصورت  
تابع میتوان بدست آورد این روابط بر اساس شکل‌های  
از (۱) تا (۴) می‌باشند و عبارتند از:

$$\frac{\Delta h}{L\theta^2} = F \left( \frac{Q}{\theta} \right)$$

$$\frac{\Delta P_p}{L\mu^2} = F \left( \frac{W}{\mu} \right)$$

معانی حروف

$C_D$  = فاکتور قطر در شکل

$d$  = قطر داخلی لوله

1. Moody, L.F., Transactions of ASME 66, PP 671-684, November 19 44.  
 2. Colebrook, C.F., J. Inst. Civil Engineers (London) 11. PP 133-156 1938-1939  
 3. American Petroleum Institute Bulletin API RP 520, Recommended

4. Lobo, W.E., Friend L. and Skaperdas G.T., Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 34 No. 2, PP 821-832, July 1942.  
 5. Chesler, S., Jesser, B.W., Tr- ended Practice. for the Design and Installation of Pressure-Relieving Systems in Refineries, 3rd edition, 1967.

منابع اطلاعات

ساختمان استوار	ساختمان استوار
بازای برافش بر تانیه	بازای برافش بر تانیه
ساختمان بوزان	ساختمان بوزان
بازای برافش در مخزن	بازای برافش در مخزن
فوت	فوت
بندون بند	بندون بند
بازای برافش	بازای برافش
فوت بر تانیه	فوت بر تانیه
فوت بر تانیه	فوت بر تانیه
دانگتن	دانگتن
کالی بر دقیقه	کالی بر دقیقه
فوت مخزن در ساعت	فوت مخزن در ساعت
بازای برافش در مخزن	بازای برافش در مخزن
بازای برافش در مخزن	بازای برافش در مخزن
بندون بند	بندون بند
-	-
فوت	فوت
فوت سال در حال جریان	فوت سال در حال جریان
(مختصر تانیه) (بازای برافش) (فوت) (بازای برافش)	(مختصر تانیه) (بازای برافش) (فوت) (بازای برافش)
بندون بند	بندون بند
فوت	فوت

- $\theta$  = ویسکوزیته سینتتیک سیال
- $\mu_e$  = ویسکوزیته مطلق سیال
- $\mu$  = ویسکوزیته مطلق سیال
- $\rho$  = دانسیته سیال
- $z$  = ارتفاع مطلق جدار داخلی لوله
- $z$  = ارتفاع مطلق جدار خارجی لوله
- $W$  = سرعت وزنی جریان
- $v_e$  = سرعت بحرانی سیال
- $v$  = سرعت سیال
- $T$  = درجه حرارت مطلق
- $O$  = سرعت جریان
- $q$  = سرعت جریان
- $\Delta P$  = افت فشار در لوله
- $P$  = فشار مطلق
- $NRe$  = عدد رینولد
- $M$  = وزن مولکولی سیال
- $L$  = طول لوله
- $\Delta h$  = افت فشار
- $g_c$  = ثابت جاذبه = 32.2
- $f$  = ضریب اصطکاک
- $D$  = قطر داخلی لوله

- ansaction of SAME 74, PP 229-246, February 1952.
6. Lapple, C. E. Transactions of American Institute of Chemical Engineers, PP 385-432 1945 .
  7. Perry, J.H. , Chemical Engineers, Handbook, 4th Edition, 1963 Mc Graw Hill .
  8. Colebrook C.F. and White C.M., J. Inst. Civil Engineers (London) 7, PP 99, 1937-1938
  9. Fairbank Morse and Co., 3rd Edition, Hydraulic Handbook, 1659
  10. Crane Technical Paper No. 410, Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe, Crane. Co. 1957 .