اندازه‌گیری جریان سیالات

Flow Measurement

آموزش و بهسازی نیروی انسانی

نـام کتـــاب : اندازه‌گیری جریان سیالات

ترجمه و تنظیم : حمید ربانی

حروفچین : راهله اژگـان

نـــاشـــــر : آموزش و بهسازی نیروی انسانی شرکت ملی گاز ایـران

(آموزش فنی وتخصصی)

نـوبت چاپ : اوّل

تاریخ انتشار : زمستان ۱۳۸۳

چـــاپ از : چاپخانه شرکت ملّی گاز ایران

حق چـاپ بـرای نـاشر محفوظ است .

دیباچهٔ کتب آموزشی دورهٔ عمومی آموزش فنّی
(Common Course)
بدواستخدام

یکی از اهداف شایان کشورهای جهان سوم رشد و توسعهٔ اقتصادی در کوتاهترین زمان ممکن و با حفظ ارزشهای فرهنگی آن کشورها می‌باشد . جهت تحقق این اهداف و تعمیم مفاهیم جدید و تکنولوژیهای پیشرفته ، ناگریز آموزشهای عمومی و اختصاصی بطور مستمر ضرورت می‌یابد .

با تحول روزافزون جهان علم و رشد دائم التزاید دانش بشری دیگر نمی‌توان به شیوه‌های آموزشی " باری بهر جهت " یا " آزمون و خطا " بسنده نمود و می‌بایست به آموزش بعنوان یک فرآیند مستمر نگریسته ؛ با برنامه‌های آموزشی نظام‌مند ضمن پی‌ریزی ساختار دانش لازم و خلاق ، در نزد کارکنان انگیزش و توانایی لازم جهت خودآموزی و بهره‌مندی دائمی ایشان از منابع و مراجع علمی و اطلاعاتی بروز (انگلیسی و فارسی) را ایجاد نمود .

بدین منظور و به اتکاء تجارب آموزشی ، آموزش نیروی انسانی شرکت ملی گاز (ستاد) مبادرت به تدارک یک سلسله مباحث فنی و تخصصی پیرامون دانش ، اطلاعات و استانداردهای صنعت گاز نمود که بصورت کتب یا مجموعه‌هایی به زبان انگلیسی و فارسی تألیف و تدوین شدند بگونه‌ای که در قالب دوره‌های عمومی کارآموزی بدواستخدام در رسته‌های مختلف شغلی قابل تدریس می‌باشند . تا در فرآیندی کوتاه‌مدت ضمن ارائه دانشهای لازم کارکنان جدیدالاستخدام ، آمادگی کافی از لحاظ تسلط به " زبان انگلیسی " و آشنایی با " مفاهیم علمی کاربردی بنیادی صنعت " را در ایشان ایجاد نماید .

کتاب حاضر از مجموعه کتبی است که بدین منظور تـدوین گردیـده اسـت و در تدارک آن تلاش لازم جهت ارائه تفهیمی مطالب بنیادی شده است تا در جنب منابع انگلیسی به درک مفاهیم و واژه های کلیدی و اصطلاحات فنی رایج در صنعت یاری رساند .

در اینجا شایان ذکر است از کلیهٔ عزیزانی که در تهیه و تدوین این مجموعه‌هـای آموزشی همکاری نموده اند ، کمال تشکر و قدردانی گردد .

امید است با تأییدات الهی و همکاری و مساعدت مسؤولان ذیربط در جهت رشد نیروی انسانی کارآمد توفیق یابیم .

(آمـوزش و بهسازی نیـروی انسـانی)

« آموزش فنّی – تخصصی »

فهرست

۱- مقدمه ۱

۱-۱- فلومترهای جابجایی ۱

۱-۲- فلومترهای استنتاجی ۲

۲- فلومترهای جابجائی مثبت ۳

۳- اندازه‌گیری با اوریفیس ٤

۳-۱- صفحه اوریفیس ٥

۳-۲- تئوری برنولی ۸

۴- حاملهای سریع اوریفیس ۱۱

۴-۱- نگهداری از صفحه اوریفیس ۱٤

۴-۲- نصب اوریفیس ۱٤

۵- اندازه‌گیری اختلاف فشار ۱۷

۵-۱- ترانسمیتر اختلاف فشار ۱۷

۵-۲- اوریفیس متر ۱۹

۵-۳- توصیه‌های عمومی برای نصب ۲۲

۶- جذرگیر ۲۵

۶-۱- چارتهای جذری ۲۵

۷- محاسبه نرخ فلو ۲۷

۸- ضرایب فلو ۳۱

۸-۱- فشار ۳۳

۸-۲- دانسیته ۳۳

فهرست

۸-۳- ویسکوزیته	۳۳
۸-۴- سرعت	۳٤
۸-۵- عدد رینولد	۳٤
۹- اندازه‌گیری فلوی سیالات	۳۷
۱۰- اندازه‌گیری فلوی گازها	۳۹
۱۱- فلومتر توربینی	٤٤
۱۲- فلومتر سطح متغیر	٤۷
۱۳- پیوست	٤۹

۱- مقدمه

از آنجا که فروش بیشتر محصولات نفتی بر اساس حجم آنها صورت می گیرد ، خریداران و فروشندگان این محصولات می بایست از حجم محصول تحویل گرفته شده و تحویل داده شده مطمئن باشند. همچنین کیفیت بیشتر محصولات تولید شده در اکثر صنایع خصوصاً صنعت نفت ، به درصد ترکیب مواد اولیه با هم که متاثر از نرخ جریان است بستگی دارد، و چون این گونه پروسه ها (آمیخته شدن با ترکیب درصد مشخص ، واکنش و در نهایت تولید محصول) معمولاً به صورت مداوم[1] انجام می‌شود ، بنابراین دقت اندازه گیری فلو در اینجا دارای نقشی اساسی می‌باشد .

در صنعت ، تجهیزات مختلفی برای اندازه گیری فلوی سیالات استفاده می شوند که همگی آنها در دو دسته اساسی زیر طبقه بندی می شوند :

- جابجایی
- استنتاجی

۱-۱- فلومترهای جابجایی

این نوع فلومترها ، مقدار کل یک ماده را که در زمان معین از یک نقطه معین عبور کرده ، اندازه گیری می کنند . مقداری که این فلومترها نمایش می دهند مقـــدار کل فلوی عبوری می باشد . برای مثال ، عدد ۵۰۰۰۰ بشکه ، به کل فلوی عبوری تا زمان آخرین قرائت مربوط می شود نه به فلوی عبوری در هر لحظه . بنابراین اگر آخرین قرائت ۱۲ ساعت پیش بوده است ، می توان گفت در ۱۲ ساعت گذشته ، مقدار فلو عبوری ۵۰۰۰۰ بشکه بوده است .

1. Continuous

۱-۲- فلومترهای استنتاجی[1]

این فلومترها بر اساس این واقعیت عمل می کنند که نخست ، تعدادی پارامتر اندازه گیری شده ودر نهایت ، براساس مقدار این پارامترها ، نتیجه محاسبه و استنتاج می شود .

ابزارهای استنتاجی برای اندازه گیری نرخ فلوی سیالات (مایعات یا گازها) مورد استفاده قرار می گیرند . آنها مقدار لحظه ای فلوی مورد نظر را بر واحد زمان اندازه گیری می کنند . برای مثال لیتر بر دقیقه و یا میلیون فوت مکعب در روز و غیره . باید توجه داشت که عبارات مربوط به نرخ فلو را با عبارات مربوط به مقدار فلو اشتباه نکنیم . برای مثال عبارت ۵۰۰۰۰ فوت مکعب در ساعت به این معنی است که اگر جریانی از یک سیال با این نرخ عبور کند ، در مدت یک ساعت ، مقدار ۵۰۰۰۰ فوت مکعب از این سیال عبور خواهد کرد . چنانچه در نرخ فلو در مدت یک ساعت تغییراتی داده شود ، مقدار کل فلو بعد از یک ساعت نیز فرق خواهد کرد .

همانطوری که روشها و ابزار آلات مختلفی وجود دارد که می توانند برای معین کردن نرخ فلو و یا مقدار کل فلو استفاده شوند ، ما مطالعه خود را روی آنهایی که در حوزه های عملیاتی نفت وگاز کاربرد فراوان و رایجی دارند معطوف می کنیم .

انواع رایج فلومترها در صنعت نفت عبارتند از :

- فلومتر جابجایی مثبت[2]
- اریفیس [3]
- فلومتر توربینی[4]
- روتامتر [5]

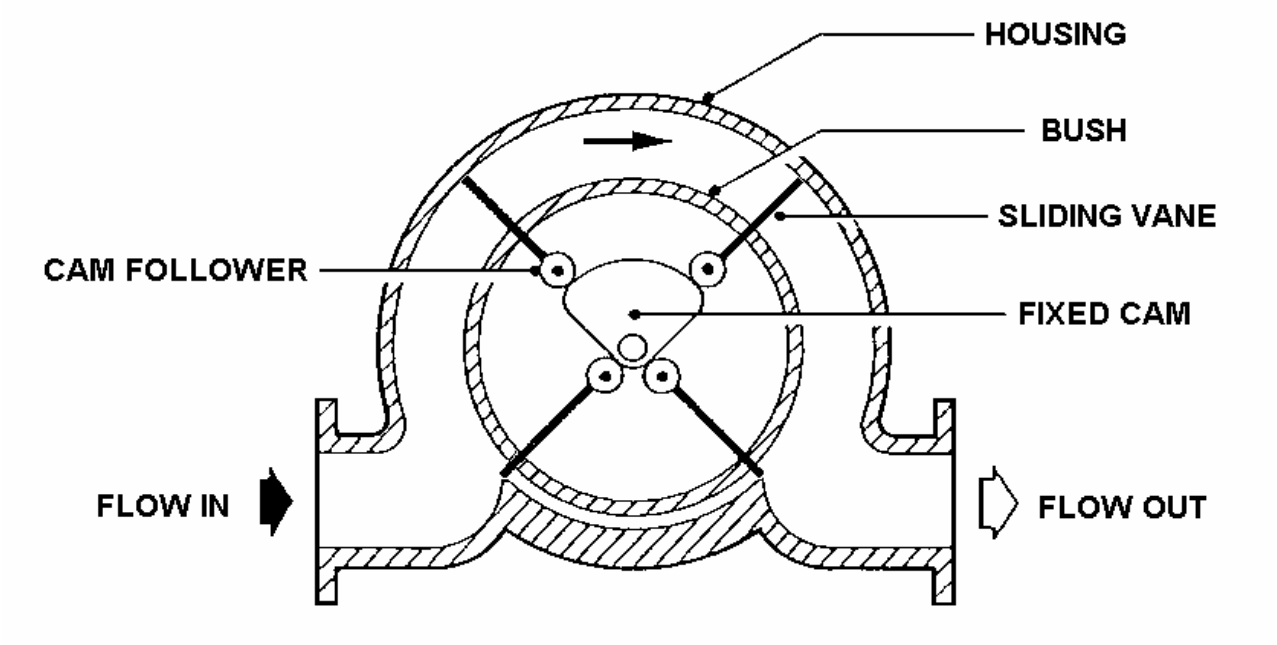
1. Inferential
2. The positive displacement meter
3. Orifice meter
4. Turbine meter
5. Rota meter

اوریفیس و روتامتر از نوع سیستم های استنتاجی می باشند .

۲- فلومترهای جابجائی مثبت[1]

وسایل اندازه گیری جابجایی مثبت با وارد شدن سیال به داخل یک محفظه[2] با حجم معین و سپس تخلیه[3] این حجم مشخص از سیال در طرف خروجی ، کار می کنند . تعداد دفعات پر شدن محفظه ها ، در فواصل زمانی مشخص شمرده می شوند . این وسائل معمولا شاملً دو محفظه و یا بیشتر می باشند . اگر فلومتر ما دارای چهار محفظه باشد ، مانند شکل ۲-۱ ، محفظه ها به گونه ای تنظیم می شوند که زمانی که یکی از آنها در حال پر شدن است ، یکی دیگر در حال خالی شدن ، دیگری کاملاً پر وآخری کاملاً خالی باشد . این عمل باعث به وجود آمدن یک فلوی ممتد و پیوسته در خط می شود . مقدار کل فلوی عبور داده شده برای یک فاصلهٔ زمانی را می توان با ضرب کردن تعداد دفعاتی که محفظه ها پر شده اند در حجم محفظه ها بدست آورد ، و مقدار میانگین نرخ فلوی عبوری را نیز می توان با تقسیم کردن مقدار کل فلو بر کل زمان عبور این فلو بدست آورد .

1. Positive displacement meter
2. Chamber
3. Discharge



شکل ۲-۱ : وسایل اندازه گیری جابجایی مثبت

۳- اندازه گیری با اورفیس

المان اولیهٔ فلومترهای نوع اوریفیس ، یک صفحهٔ فلزی تخت سوراخ شده به نام صفحه اوریفیس[1] می باشد . این صفحه یک محدودیت در مقابل عبور جریان در خط ایجاد می کند . همانطور که سیال در حال عبور از این سوراخ است ، سرعت آن زیاد شده و فشار آن در قسمت پایین دستی[2] کاهش می یابد . مقدار افت فشار بستگی به نرخ فلو و همچنین سایز سوراخ صفحه اوریفیس دارد . افت فشار در یک اوریفیس نشانگر یک اتلاف انرژی است .

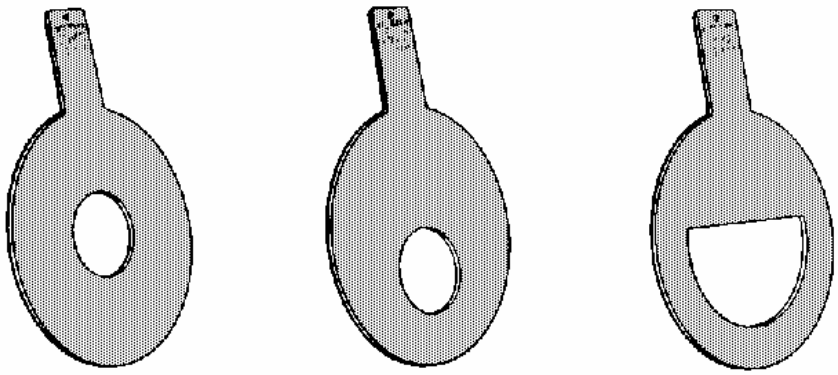
1. Orifice plate
2. Down Stream

۳-۱- صفحه اوریفیس

نصب یک صفحهٔ اوریفیس کاملاً ساده است . اما این صفحه بایستی دقیقاً به اندازهٔ ابعاد مورد نیاز برای کاربرد خاص سوراخ شود . صفحات اوریفیس با سوراخهای مختلف در جداول ارائه شده برای اندازه گیری موجود می باشند . برای استفاده از جداول و ضرایب با دقت قابل قبول ، صفحه ها بایستی مطابق با محدودیتهای زیر ماشین کاری (پرداخت) شوند .

- ضخامت : نباید بیشتر از ۱/۸ قطر سوراخ اوریفیس و یا بیشتر از ۱/۵۰ قطر لوله باشد .
- لبهٔ بالا دستی[1] : بایستی دایره ای وتیز باشد .
- سطح بالادستی : بایستی کاملاًصاف و تخت باشد .
- مرکزیت[2] : صفحه بایستی در حدود ۳٪ قطر داخلی لوله ، هم مرکز شود .

انواع مختلف صفحه اوریفیس در شکل ۳-۱ نشان داده شده است .



شکل ۳-۱ : انواع مختلف صفحه اوریفیس

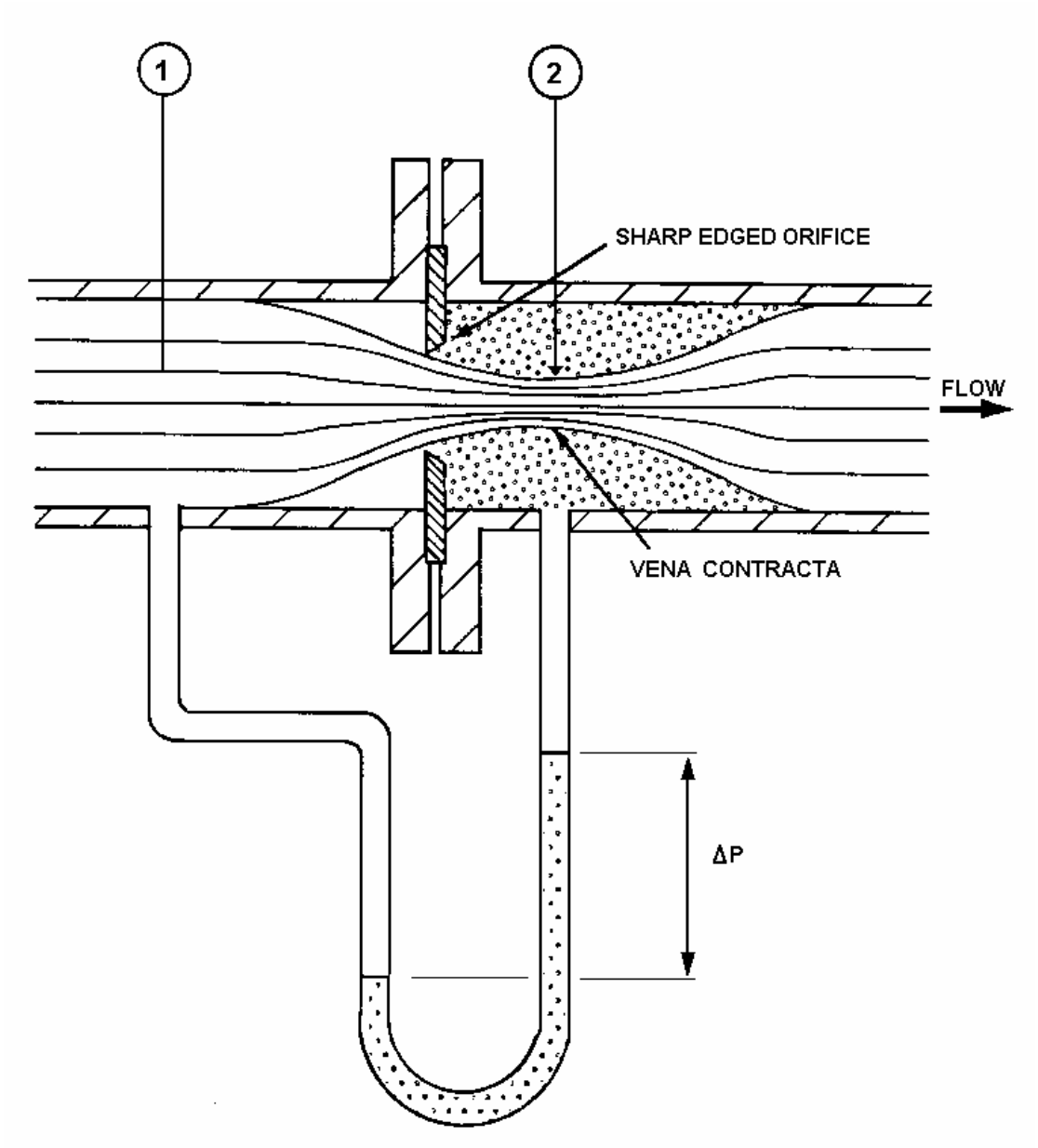
1. Upstream
2. Concentricity

مادامیکه برای جلوگیری از خم شدن و تغییر شکل صفحهٔ اوریفیس ناشی از فشار بیش از حد جریان مجبور به انتخاب صفحه با ضخامت بیشتر هستیم بایستی که قسمت بالا دستی مربوط به اوریفیس کاملاًدایره ای وتیز بوده و لبهٔ پایین دستی آن نیز تحت زاویه 45° برش خورده باشد .

اوریفیس های خارج از مرکز[1] و قطعه ای[2] برای غلبه بر مشکلات مربوط به سیالاتی که حاوی ذرات جامد می باشند (سوسپانس) استفاده می شوند . ذرات جامد موجود در سیالات سوسپانس به تدریج در محل نصب صفحهٔ اوریفیس و پایین لوله ته نشین شده و به تدریج باعث کاهش قطر موثر لوله می شوند . با توجه به اینکه در محاسبهٔ مقدار فلو قطر داخلی موثر لوله لحاظ می شود ، در نتیجه در فلوی محاسبه شده ایجاد خطا می کند . استفاده از اوریفیس خارج از مرکز و یا قطعه ای به فلو اجازه می دهد که با سرعت قسمت پایین لوله را جاروب کرده ، مانع از رسوب کردن ذرات جامد در ته خط شود .

برای سایزهای مختلف صفحات اوریفیس یک رابطه مستقیم بین جریان عبوری از صفحهٔ اوریفیس و افت فشار ناشی از عبور فلو از صفحهٔ اوریفیس وجوددارد . حال بررسی می کنیم که در نقطه "۱" و"۲" شکل ۳-۲ چه اتفاقاتی می افتد .

1. Eccentric
2. Segmental



شکل ۳-۲ : نصب و عملکرد اوریفیس

در نقطه "۱" سیال به وسیله صفحهٔ اوریفیس آشفته می شود ، در این نقطه سرعت فلو برابر با V_1 و سطح مقطع A_1 می باشد . در نقطه "۲" سیال دارای بیشترین سرعت ممکن V_2 و سطح مقطع A_2 (A_2 کمتر از A_1) می باشد . نقطه "۲" به نام Vena Contracta نامیده می شود . Vena Contracta نقطه ای است که در آن سطح مقطع به حداقل و سرعت به حد اکثر می رسد .

۳-۲- تئوری برنولی[1]

با بکار بردن قانون برنولی در مورد شکل ۳-۲ خواهیم داشت :

$E_1 = E_2$ = انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی + انرژی فشاری

$$\frac{E_1}{m} = \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = \frac{E_2}{m} = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2 \qquad (۱)$$

پارامترهای موجود در فرمول بالا عبارتند از :

E_1=Energy before orifice..... انرژی قبل از اوریفیس

V_1=Velochty upstream of the orifice..... سرعت قبل از اوریفیس

P_1=Pressure before orifice..... فشار قبل از اوریفیس

Z_1=Elevation before orifice..... ارتفاع قبل از اوریفیس

ρ_1=Fluid density ..... دانسیته سیال

و

E_2=Energy after orifice..... انرژی بعد از اوریفیس

V_2=Velochty downstream of the orifice..... سرعت بعد از اوریفیس

P_2=Pressure after orifice..... فشار بعد از اوریفیس

1. Bernoulli's Theorem

ارتفاع بعد از اوریفیس .....Z_2=Elevation after orifice

دانسیته سیال .....ρ_2=Fluid density

که برای سیال $\rho_1 = \rho_2$ و برای لوله های افقی $Z_1 = Z_2$ است .

اگر $Z_1 = Z_2$ & $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ باشد ،

آنگاه با جاگذاری روابط بالا در معادلهٔ (۱) خواهیم داشت

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{P_1 - P_2}{\rho} \qquad (۲)$$

چون در معادله بالا مقدار فلوی عبوری برای هر دو سطح مقطع یکسان می باشد بنابراین :

$Q = Q_1 = Q_2$

$Q_1 = A_1 * V_1$ & $Q_2 = A_2 * V_2$

آنگاه با جاگذاری روابط بالا در معادلهٔ (۲) خواهیم داشت .

$$Q_{TH} = \frac{A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(P_1-P_2)}{\rho}}$$

در معادلهٔ بالا $\frac{A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$ ثابت و مقدار آن بستگی به طراحی و ابعاد لوله و همچنین بستگی به طراحی و ابعاد صفحهٔ اوریفیس دارد. بنابر این اگر آنرا با ضریب C نمایش دهیم خواهیم داشت

$$Q_{act} = C\sqrt{P_1 - P_2}$$

برای روشن شدن رابطهٔ بین ΔP و فلو در زیر یک مثال می آوریم .

مثال:

فرض کنید که یک صفحهٔ اوریفیس را روی یک خط نصب کرده ایم. با فلوی Q_1 یک افت فشار برابر با یک واحد فشار داریم . می خواهیم ببینیم اگر فلو دو برابر شود افت فشار چقدر می شود .

$$P_1 - P_2 = ۱$$

$$Q_1 = C\sqrt{P_1 - P_2} \quad \rightarrow \quad Q_1 = C\sqrt{1} = C$$

$$Q_2 = ۲\, Q_1 \quad \rightarrow \quad Q_2 = Q_1\sqrt{P'_1 - P'_2}$$

$$\rightarrow \quad 2Q_1 = Q_1\sqrt{P'_1 - P'_2}$$

$$\rightarrow \quad P'_1 - P'_2 = 4$$

همانطوریکه ملاحظه می شود با دو برابر شدن فلو ΔP چهار برابر می شود . در نتیجه می توان گفت ΔP با توان دوم فلو متناسب می باشد .

۴- حاملهای اوریفیس[1]

در مجتمع های نفت و گاز ، فلوهای مختلفی با نرخ خیلی کم از قبیل جریان بازدارنده شِیمیایی[2] و فلو های با نرخ بسیار بالا از قبیل فلوی گازِ فروشی وجود دارد . بدیهی است که یک صفحهٔ اوریفیس که برای سیالات با نرخ فلوی کم مناسب است نمی تواند برای سیالات با نرخ فلوی بالا مناسب باشد . فاکتور دیگری که برای تهیه و نصب صفحهٔ اوریفیس بایستی مد نظر قرار بگیرد ، مسئلهٔ افت انرژی در سیستم است . بنابراین لازم است برای داشتن کمترین افت انرژی ، افت فشار ناشی از صفحهٔ اوریفیس در کمترین حد ممکن حفظ شود . برای مثال صفحهٔ اوریفیس هایی با سوراخ بزرگتر برای فلوهای با نرخ بالا به کار برود .

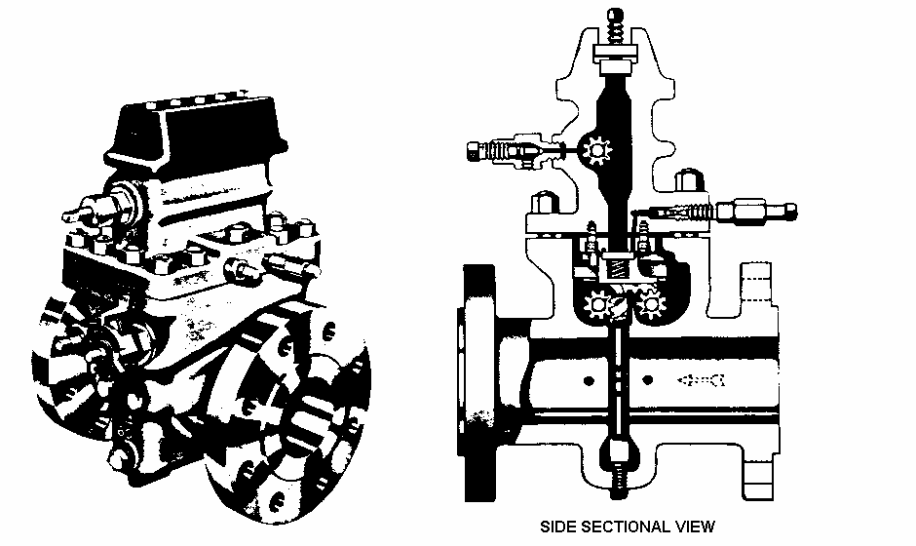
صفحات اوریفیس عموماً بین دو فلنج[3] روی خطوط لوله نصب می شوند . اوریفیس هایی که در این حالت نصب می شوند معمولاً برای اندازه گیری فلوهائی که دامنهٔ تغییرات آنها بسیار کم است بکار می روند . در مواردی که تغییرات فلو در سطح بسیار وسیع مورد انتظار است ، اوریفیس به گونه ای دیگر نیاز است .

از آنجائی که چاههای مختلف با نرخ جریانهای مختلف تست می شوند ، تجهیزات ابزار دقیق که برای اندازه گیری جریان سیال به کار می روند ، ابتدا به مشخصاتً معلومی کالیبره می گردند . وقتی که لازم است رنج جریان سیال مورد نظر تغییر کند ، المان اولیه[4] اندازه گیری ، صفحه اوریفیس ، یک صفحه با اوریفیسهای مختلف تغییر می کند . هر گاه تغییر پی در پی صفحات اوریفیس ، مورد نیاز باشد ، حامل های ویژه اوریفیس ، اپراتورها را قادر می سازند که صفحه اوریفیس را تحت شرایط جریان زنده تعویض کنند . اگر لازم است جریان خیلی کمی از سیال از خط عبور کند ، باید صفحهٔ اوریفیس را با یک نوع کوچکتر

1. Orifice Carriers
2. Chemical Inhibitor Flow
3. Flange
4. Primary element

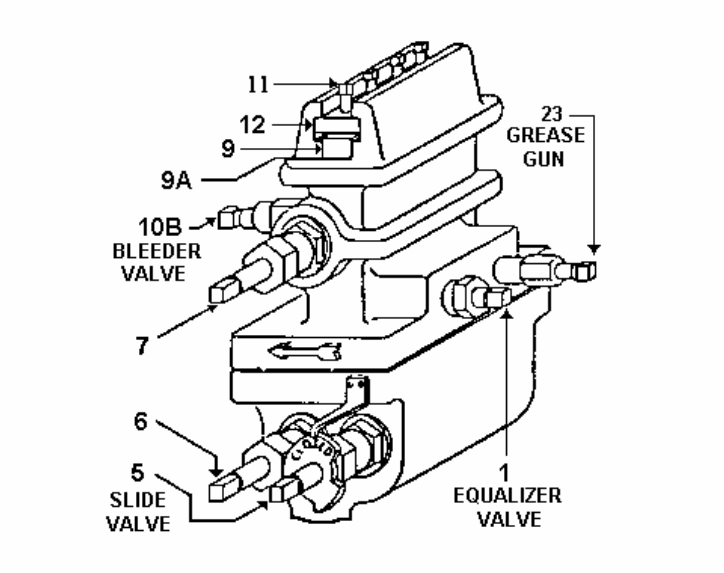
تعویض کرد . اگر DP بالایی در خط وجود دارد ، می توان صفحهٔ اوریفیس را با نوع بزرگتری تعویض کرد. این مانع تجاوز از محدوده و در نهایت خراب شدن وسیله اندازه گیری DP می شود .

دو کارخانه سازنده حامل های اوریفیس عبارتند از " Daniel " و " Peco " .



شکل ۴-۱ نگهداری از صفحه اوریفیس

توجه : هنگام تعویض صفحه اوریفیس ، با فشار خط سر و کار دارید . قبل از باز کردن و نصب صفحه اوریفیس ، با مطالعه دستورالعملهای سازنده ، با پروسه آن کاملا آشنا شوید .



٢-٤

TO REMOVE
ORIFICE PLATE

A) Open No 1 (Max 2 turns only)
B) Open No 5.
C) Rotate No 6.
D) Rotate No 7.
E) Close No 5.
F) Close No 1.
G) Open No 10B
H) Lubricate through No 23.
I) Loosen No 11.
DO NOT remove No 12.
J) Rotate No 7.
(To free Nos 9 and 9A)
K) Remove Nos 12, 9 and 9A.

TO REPLACE
ORIFICE PLATE

A) Close 10B
B) Rotate No.7 SLOWLY until plate carrier is clear of sealing bar and gasket level.
DO NOT lower plate carrier onto the slide valve.
C) Replace Nos 9, 9A & 12.
D) Tighten No 11.
E) Open No 1.
F) Open No 5.
G) Rotate No 7.
H) Rotate No 6.
I) Close No 5
J) Close No 1.
K) Open No 10B.
L) Lubricate through No 23.
M) Close No 10B

۴-۱- نگهداری از صفحه اوریفیس

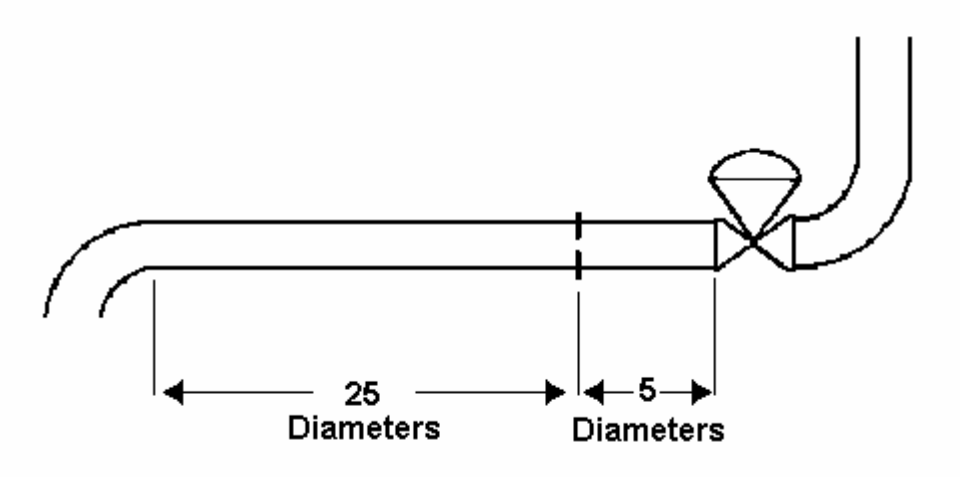
هرچند که طراحی و ساختن صفحهٔ اوریفیس خیلی ساده است اما بایستی با دقت پرداخت شوند . همانطوری که ملاحظه نمودید صفحات اوریفیس برای مشخصات معین ساخته میشوند . آنها باید کاملاً تخت و سوراخی با دقت لازم داشته باشند .

چون در عمل ، صفحات اوریفیس ها درمعرض سایش و خرابی هستند ، بنابراین لازم است هرچند وقت یک بار بازرسی شوند تا از تخت بود صفحه و سایز سوراخ اوریفیس در حد استاندارد تعیین شده برای مشخصات مورد نیاز اطمینان حاصل شود .

هنگامی که یک صفحه اوریفیس از سرویس خارج می شود ، باید تمیز شده ، در محل ذخیره‌سازی طراحی‌شده ، انبار گردد . هرگز آنرا روی سطح زمین قرار ندهید .

۴-۲- نصب اوریفیس

به منظور دقت در اندازه گیری جریان مایع و گاز توسط یک اوریفیس ، این اوریفیس باید در قسمتی از لوله که بصورت کاملاً مستقیم می باشد نصب شود تا خطای اندازه گیری بواسطهٔ وجود اتصالات و شیرها به وجود نیاید . طول قسمت مستقیم لوله به نوع اتصالات بعد و قبل از اوریفیس بستگی دارد . (شکل ٤-٣)



شکل ٤-٣ : طول قسمت مستقیم مورد نیاز

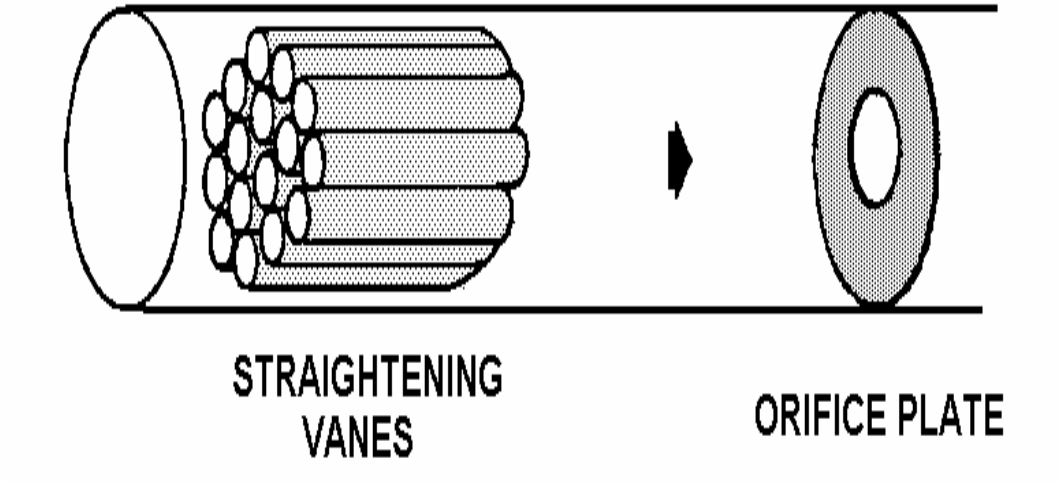
نسبت قطر اوریفیس به قطر لوله را نسبت بتا[1] گویند.

$$\text{Beta ratio} = \frac{\text{Orifice diameter}}{\text{Pipe diameter}}$$

برای تعیین طول قسمت مستقیم لوله مورد نیاز (بر حسب ضریبی از قطر لوله) از نسبت بتا استفاده می شود . (این ضریب همچنین برای تعیین فاکتورهای تصحیح محاسبات فلو نیز بکار می رود). در حالت کلی کافیست که قسمت مستقیم لوله در قسمت بالا دستی را ۲۵ برابر قطر لوله و در قسمت پایین دستی ، پنج برابر قطر لوله در نظر بگیریم . (شکل ٤-١)

1. Beta ratio

برای کاهش طول مسیر مستقیم لوله در قسمت بالا دستی (قبل از صفحه اوریفیس) می توان از پره های مستقیم کننده[1] جریان سیال استفاده کرد . یک نمونه از این پره ها در شکل زیر آمده است . این پره ها ، اغتشاش به وجود آمده در سیال که ناشی از اتصالات می باشد را از بین می برند .



شکل ٤-٤ : پره های مستقیم کنندهٔ جریان

اگر صفحه اوریفیس در مسیر جریان گاز نصب شود و جریان گازی فوق حاوی مقداری مایع باشد ، مقدار قرائت شدهٔ جریان توسط فلومتر بیشتر از مقدار واقعی می باشد . بنابراین مایع موجود در گاز بایستی کاملاً تخلیه شود . همچنین اگر در یک خط جریانی از مایع وجود داشته باشد و همراه این جریان ، بخار[2] وجود داشته باشد ، این بخارات در پشت صفحه اوریفیس تشکیل حباب می دهند . این عمل باعث ایجاد خطا در اندازه گیری شده ، بایستی گازها و بخارات موجود همراه سیال مایع کاملاً تخلیه شوند .

1. Straightening Vanes
2. Vapor

۵ – اندازه گیری اختلاف فشار

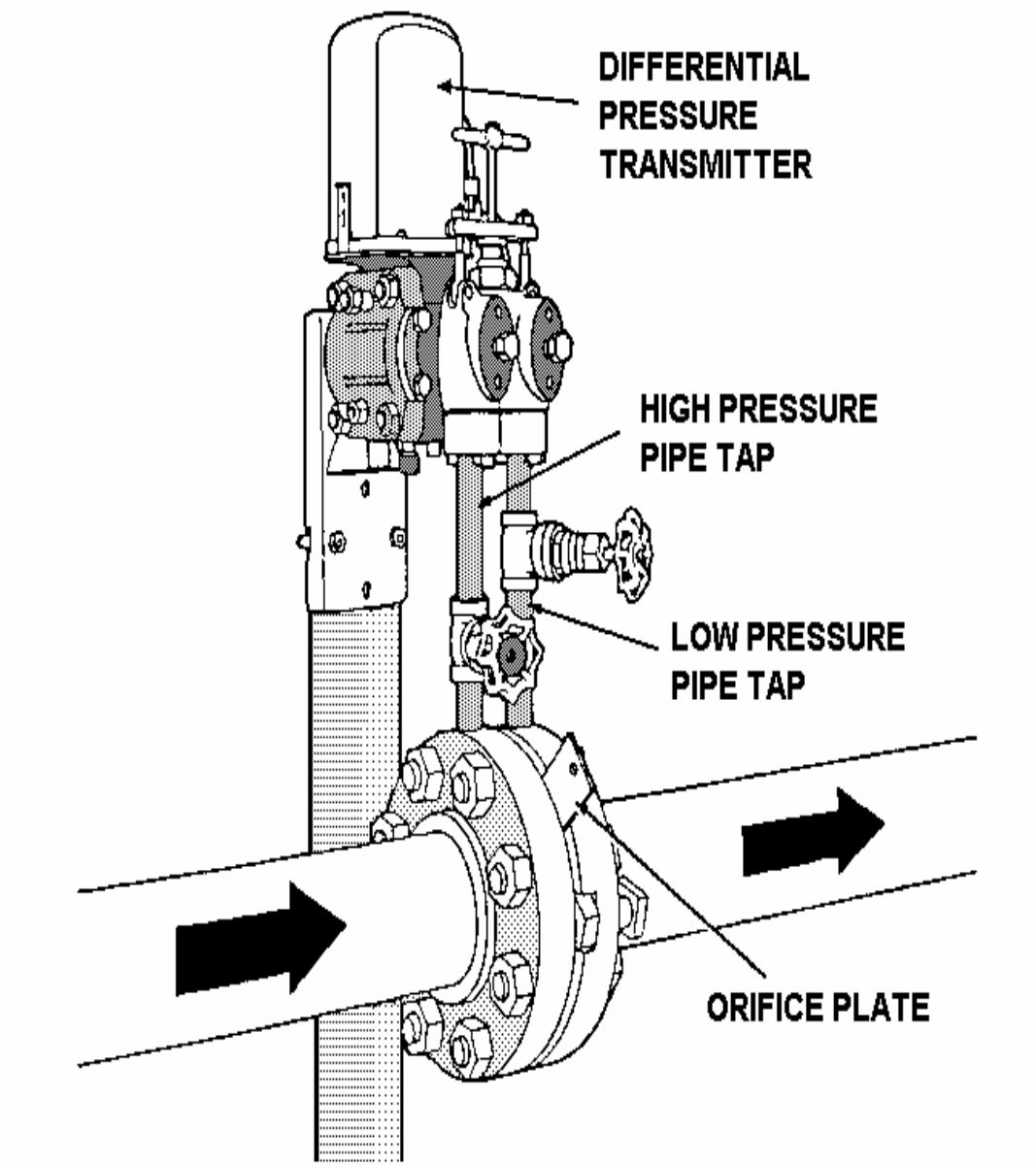
ابزارهایی که برای اندازه‌گیری اختلاف فشار ایجاد شده ناشی‌از صفحه اوریفیس بکار می‌روند،معمولا دررنج‌های(۰ - ۱۰۰ inch of Water) ۰ - ۲۵۰۰ mm of Water و (۰ – ۲۰۰ inch of Water)۰ – ۵۰۰۰ mm of Water کالیبره می شوند .

دو گونه از ابزارهائی که در پهنهٔ وسیعی برای اندازه گیری اختلاف فشار ناشی از صفحه اوریفیس به کار می روند عبارتند از ترانسمیتر اختلاف فشار و اورفیس متر .

۵-۱- ترانسمیتر اختلاف فشار[1]

ترانسمیترهای اختلاف فشار ، افت فشار ناشی از صفحه اوریفیس را به سیگنال نیوماتیکی (۰،۲-۱،۰ bar) و یا سیگنال الکترونیکی (۴-۲۰ mAmp) تبدیل می کنند تا توسط دیگر تجهیزات ابزار دقیق مانند ثباتها[2] ، کنترلرها[3] ، نشان دهنده ها[4] و غیره قابل استفاده باشد . در شکل ۵-۱ یک نمونه از ترانسمیتر های قدیمی همراه با نصب اوریفیس نشان داده می شود .

1. Differential pressure Transmitter
2. Recorders
3. Controllers
4. Indicators



شکل۵-۱ : نصب اوریفیس با ترانسمیتر اختلاف فشار

۵-۲- اوریفیس متر

تجهیزات اندازه گیری فلو نوع اوریفیس ممکن است مجهز به ثبات[1] های یک ، دو یا سه قلمه باشند . در مواقعی که لازم است فلوی یک جریان مایع اندازه گیری شود ، تنها به یک قلم برای ثبت Δp (که متناسب با فلو است) نیاز می باشد . اما در جائیکه لازم است فلوی گازها اندازه گیری شود به بیش از یک قلم ثبات برای ثبت فلو نیاز است چون همانطوری که می دانیم فلوی گازها تحت تأثیر دما و فشار گاز تغییر می کند ، بنا براین برای سنجش استاندارد فلوی گازها نیاز است دما و فشار آنها نیز اندازه گیری شود . برای تشخیص اینکه کدام قلم مربوط به کدام کمیت است ، معمولا جوهر قرمز برای اختلاف فشار و جوهر آبی یا مشکی برای فشار استاتیک به کار می رود . رنج های استاندارد اختلاف فشار که معمولا به کار می روند عبارتند از ۵۰۰۰-۰ ، ۲۵۰۰-۰ ، ۱۲۵۰-۰ ، ۵۰۰-۰ .

یکی از عمومی ترین اندازه گیرهای فلو بکار رفته درحوضه های نفتی ثبات های با چارت دایره ای[2] می باشد که از یک وسیله ابزاردقیق نوع بیلوز استفاده می کند . بیلوزها مستقیماً اختلاف فشار بوجود آمده توسط اوریفس را گرفته ، باعث حرکت قلم روی چارت فلومتر متناسب با فلوی اندازه گیری شده می شوند .

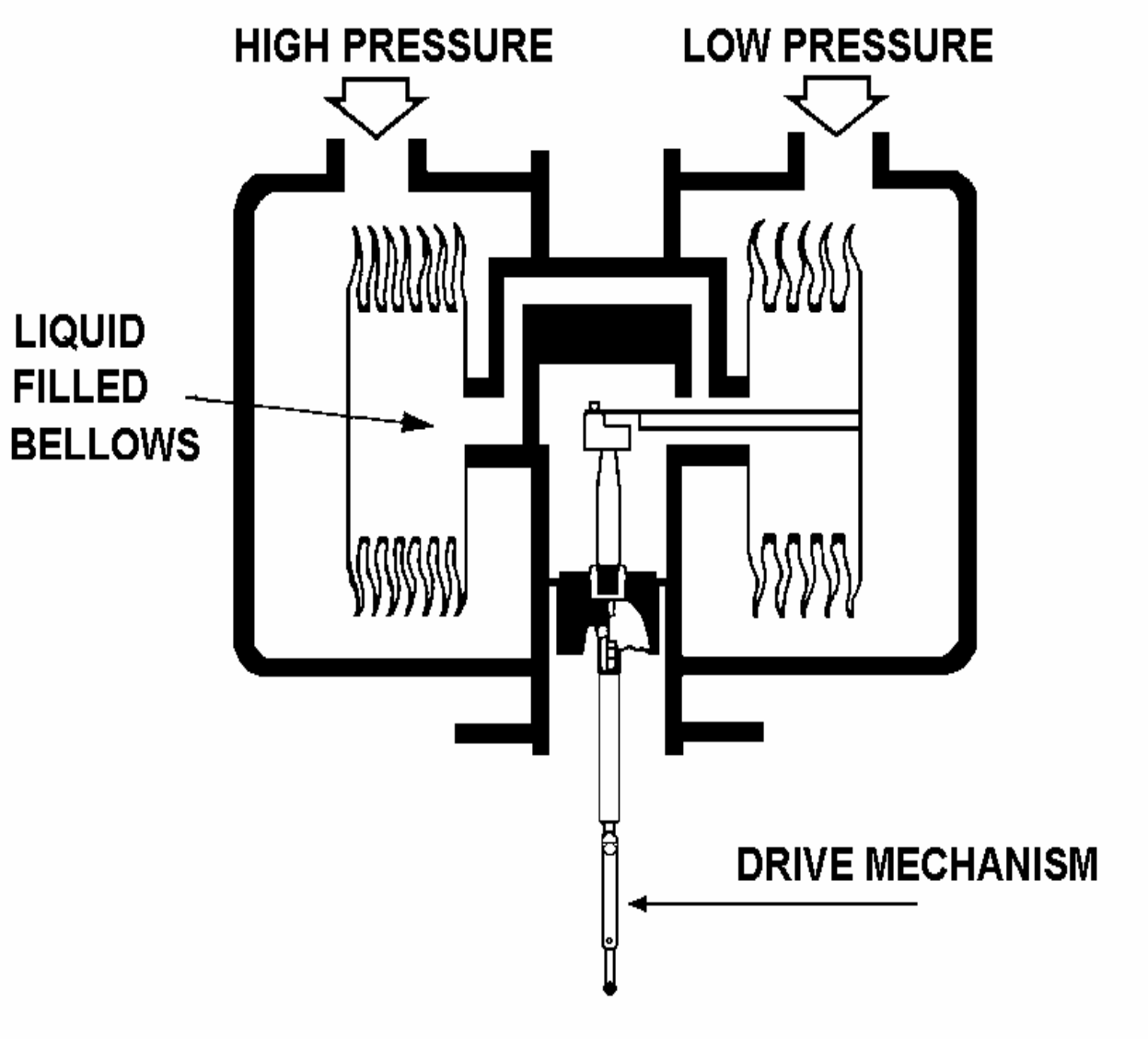
بیلوزها دارای دو محفظه می باشند ، یکی مخصوص فشار بالا[3] و دیگری فشار پائین[4] .

داخل هرکدام از این قسمتها یک بیلوز وجود دارد . این بیلوزها از طریق یک مسیر به یکدیگر متصل شده ، پر ازمایع می باشند . این بیلوزها به وسیلهٔ یک مکانیزم مکانیکی به هم مرتبط شده اند که اشاره گر[5] یا قلم را روی چارت مذکور به حرکت در می آورد (شکل ۳-۵).

1. Recorder
2. Round chart Recorder
3. High pressure
4. Low pressure
5. Pointer

در حالت کاری وقتی که جریان یک سیال که از صفحه اوریفیس عبور می کند افزایش یابد ، فشار طرف پائین دستی کاهش می یابد ، این عامل باعث کاهش فشار در قسمت فشار پایین می شود . اگر فشار در قسمت فشار پایین افت کند ، این اجازه را می دهد که قسمت فشار بالا برای از بین بردن نامتعادلی[1] بوجود آمده ، مایع موجود در داخل دو بیلوز را به طرف فشار پایین رانده و باعث حرکت محور مکانیکی بین ایندو شود و بالعکس . بر اساس بیشترین و کمترین حرکت این محور مکانیکی (متناسب با ΔP) ، می توان چارت را بر حسب پارامتر مورد نیاز مدرج کرد .

1. Unbalance



شکل ۵-۳ :دیاگرام ساده شده فلومتر نوع بیلوز

۵-۳- توصیه های عمومی برای نصب :

- مینفولد[1] روی لوله موردنظر برای نصب فلومتر و کالیبرلسیون آن و حفاظت عنصر تفاضلی در مقابل تجاوز از رنج کاری حتماً باید نصب شود .
- فلومتر بایستی تا حد امکان نزدیک به اتصالات اوریفیس باشد .
- لوله هائی که از اتصالات اوریفیس به سمت اندازه گیر وصل می شوند ، بایستی دارای شیب ملایمی باشند . این عمل از بوجود آمدن نقاط بالا و پائین (از نظر ارتفاع) در مسیر مورد نظرجلوگیری می کند .
- بکار بردن محفظه های میعانات[2] و تله های هوا[3] که اولی برای حذف میعانات بوجود آمده در خطوط مینفولد فلوهای گازی و دومی برای به دام انداختن بخارات و هوای موجود در فلوهای مایع شکل در لوله های مینفولد است ، با داشتن چندین نقطهٔ بالائی و پائینی در مسیر لوله‌ها ، غیر قابل اجتناب می‌باشد .

خیلی مهم است که هنگام در سرویس قرار دادن و یا از سرویس خارج کردن ترانسمیترهای تفاضلی دقت شود که فشار روی طرف High و طرف Low به طور مساوی برداشته شود . زیرا در غیر اینصورت ممکن است دیافراگمهای dp به شدت آسیب ببینند . برای جلوگیری از این مشکل پروسه زیر با در نظر گرفتن شکل ۵-٤ توصیه می شود .

پروسه در سرویس قرار دادن :

الف) از بسته بودن شیرهای ۱ و ۲ مطمئن شوید

ب) شیرهای ۳ و ٤ و ۵ و ٦ را باز کرده و شیر ۷ را ببندید

ج) شیرهای ۱ و ۲ را به آهستگی باز کنید

د) شیرهای ۵ و ٦ را بسته، ولو۷ را باز کنید

1. Manifold
2. Condensate Chambers
3. Air Traps

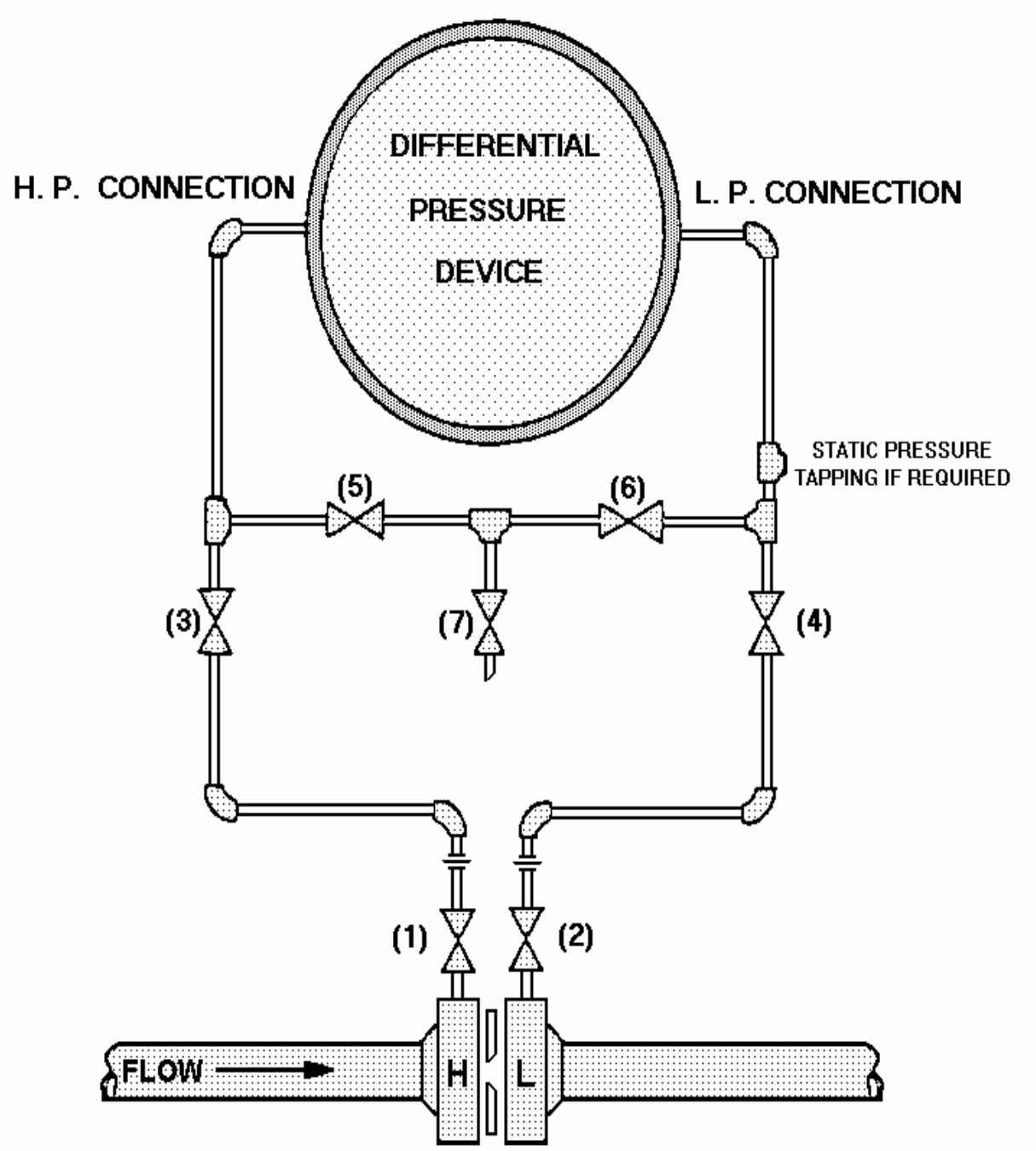
پروسه از سرویس خارج کردن :

الف) شیر ۷ را ببندید

ب) شیرهای ۵ و ٦ را باز کنید

ج) شیرهای ۱ و ۲ را ببندید ، و اگر می خواهید نشتی را تست کنید ، شیر ۳ و ٤ را ببندید

د) به آهستگی شیر شماره ۷ را باز کنید. این عمل باعث افت فشار محفظه های High و Low مربوط به اختلاف فشار می شود .



شکل ٥-٤ : اندازه گیر تفاضلی با ساختار ٥ شیر

٦- جذرگیر[1]

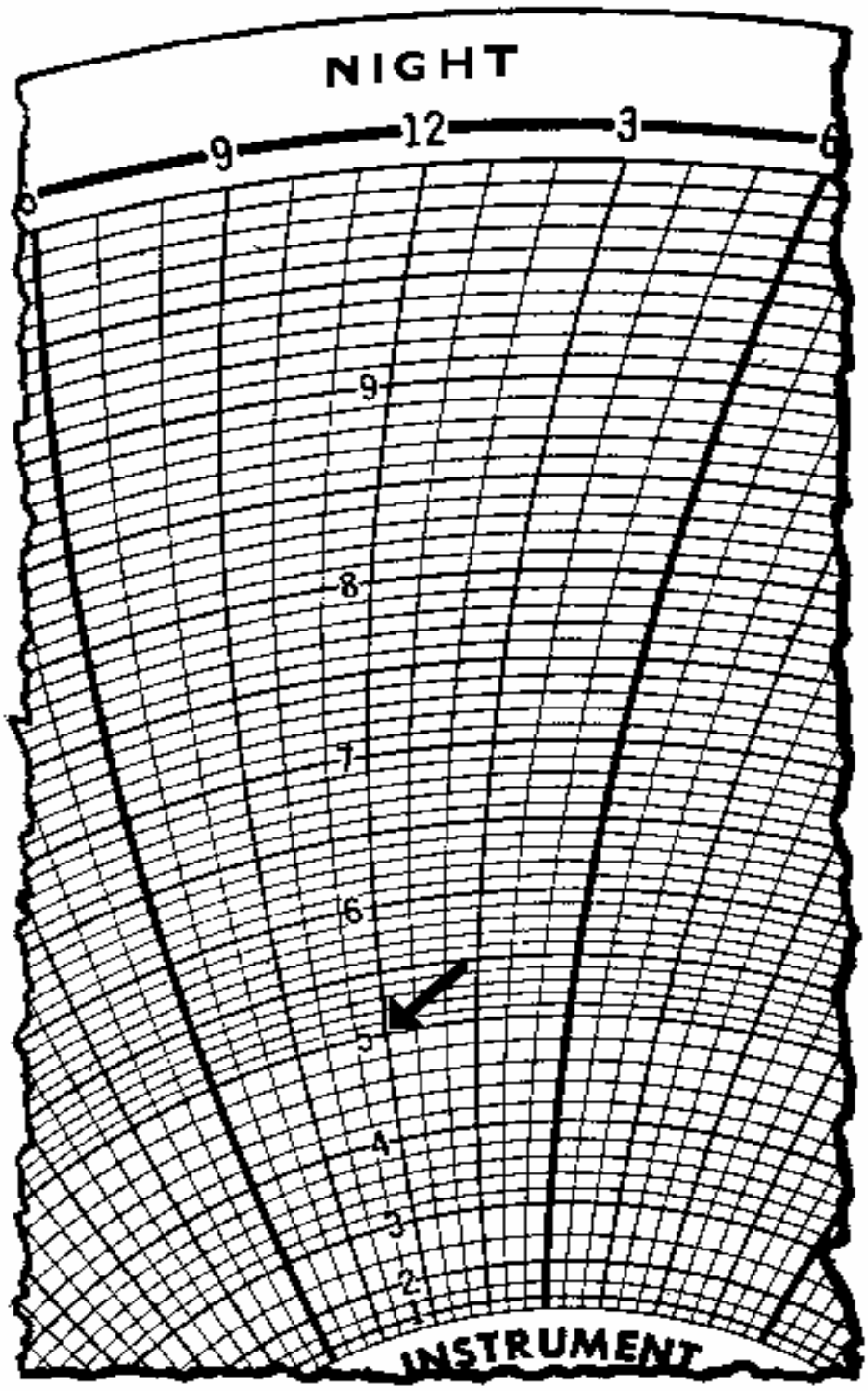
بیشتر سیستمهای اندازه گیری فلوی سیالات ، تمام اتوماتیک می باشند . در این سیستمها ، فلو به صورت اتوماتیک محاسبه شده ، برای داشتن یک کنترل بهینه ، این سیستمها به تجهیزات دیگری از قبیل نشان دهنده ها مجهز می باشند . این سیستم که ΔP اندازه گیری شده را گرفته و به صورتی تبدیل می کند که به وسیله دیگر ابزارهای دقیق قابل استفاده باشد "جذرگیر " نامیده می شود .

٦-١- چارت های جذری

اگر به چارت ثبات های فلو در اتاق کنترل واحدهائی که هنوز هم با سیستمهای نیوماتیک[2] کنترل می شوند نگاه کنیم ، متوجه می شویم که این چارت ها به صورت خطی مدرج نشده اند بلکه بر اساس ریشه دوم یک پارامتر مدرج گشته اند . همانطوری که در شکل ٦-١ می بیند قلم این ثبات ها[3] برای حرکت بین مقادیر ٠٪ تا ١٠٠٪ متناسب با ΔP کالیبره می شوند. چارت نیز بر همین اساس مدرج گشته ولی فاصله بین دو عدد متوالی در نقاط مختلف چارت با هم یکی نیست .

اگر در شکل ٦-١ نقطه ای که علامت پیکان نشان داده را ملاحظه کنید ، می بینید عدد ٥ دقیقاً ٥٠٪ ماکزیمم فلو می باشد ، در صورتیکه فاصله ٠ تا ٥ تنها ٢٥٪ از کل درجه بندی[4] می باشد .

1. Square root Extraction
2. Pneumatic
3. Recorders
4. Scale



شکل ٦-١ : چارت جذری

۷- محاسبه نرخ فلو

از آنجا که اختلاف فشار متناسب است با فلو جریان ، بنابراین می توان با استفاده از پارامترهای زیر ، فلوی یک سیال پروسسی را محاسبه کرد . این پارامترها عبارتند از :

الف) بیشترین نرخ فلویی که تحت شرایط پروسسی می تواند از آن خط عبور کند. این مقـدار معمولاً در Data sheet ها داده می شود .

ب) بیشترین اختلاف فشاری که در حالت داشتن بیشترین نرخ فلو بوجود می آید . این مقدار نیز معمولا در Data sheet ها داده می شود .

ج) اختلاف فشار اندازه گیری شده که یا به طور مستقیم روی ترانسمیتر تفاضلی نمایش داده می شود یا از سیگنال خروجی ترانسمیتر تعیین می شود .

حال با فرمول زیر میتوان نرخ فلو را محاسبه کرد .

$$F = \sqrt{\frac{\Delta P\,Measured}{\Delta P\,Maximum}} \times Maximum\ flow$$

که در آن :

F = نرخ فلوی محاسبه شده

$\Delta P\,Measured$ =اختلاف فشار اندازه گیری شده

$\Delta P\,Maximum$ = بیشترین اختلاف فشار

Maximum flow = بیشترین نرخ فلو

توجه :علامت Δ در ریاضی برای بیان " اختلاف بین " یا " تغییر در " اندازه به کار می رود .

معمولا رنج عملکرد ترانسمیترهای تفاضلی روی پلاک[1] آنها نوشته می شود . چنانچه رنج ΔP داده شده برای یک ترانسمیتر تفاضلی بر حسب واحد اینچ آب و یا میلیمتر آب باشد ، امکان محاسبه سیگنال خروجی این ترانسمیترها بر حسب bar و یا psi توسط جدول هائی شبیه جـــدول ۷-۱ وجود دارد .

Mm Water	Signal Output – Bar
0	0.2
250	0.28
500	0.36
750	0.44
1000	0.52
1250	0.6
1500	0.68
1750	0.76
2000	0.84
2250	0.92
2500	1.0

A

Inches Water	Signal Output – Psi
0	3.0
10	4.2
20	5.4
30	6.6
40	7.8
50	9.0
60	10.2
70	11.4
80	12.6
90	13.8
100	15.0

B

جداول ۷-۱

1. Name Plate

نحوه بدست آوردن جداول ۷-۱ به صورت زیر است:

اگر بیشترین اختلاف فشار برابر با mm of Water ۲۵۰۰ باشد آنگاه رنج ترانسمیتر مورد نیاز برای این لوپ بایستی mm of Water ۰-۲۵۰۰ باشد . حال اگر سیگنال خروجی ترانسمیتر بر حسب بار باشد ، (bar ۱،۰ – ۰،۲) برای بدست آوردن سیگنال خروجی بر حسب مقادیر مختلف ΔP ، نخست ۱۰٪ رنج ترانسمیتر را محاسبه می کنیم (mm of Water ۲۵۰) سپس ۱۰ درصد Span که در اینجا ۰/۰۸ می باشد را محاسبه می کنیم . حال برای محاسبهٔ سیگنال خروجی به ازای هر ۱۰ درصد افزایش ΔP ، می توان ۱۰ درصد Span را به خروجی قبلی اضافه کرد .

حال برای محاسبهٔ مقدار نرخ فلو در این مثال ، فرض می کنیم سیگنال خروجی ترانسمیتر برابرbar ۰،٤ باشد . این سیگنال متناسب با اختلاف فشار تقریباً mm water ٦۲٥ می باشد . همچنین فرض کنیم که ماکزیمم نرخ فلو در این حالت ، Liter/min ۲۵۰ باشد .

در این مثال یک فاکتور که بایستی در محاسبات دخالت داده شود ، صفر زنده[1] می باشد . هر وقت که سیگنال خروجی یک ترانسمیتر برای محاسبه فلو مورد استفاده قرار بگیرد ، باید صفر زنده از آن کم شود .

در مورد یک ترانسمیتر فلو ، چنانچه نرخ فلو صفر باشد ، سیگنال خروجی ترانسمیتر در این حالت " صفر زنده " نامیده می شود که مقدار آن برای سیستمهای کنترلی نیوماتیکی برابر با bar ۰،۲ یا psi ۳،۰ و برای سیستم های الکترونیکی برابر با mAmp ٤،۰ می باشد .

1. Live Zero

برای محاسبه مقدار فلو داریم :

$$F = \sqrt{\frac{\Delta P\,Measured}{\Delta P\,Maximum}} \times Maximum\ flow$$

$$F = \sqrt{\frac{0.2\,bar}{0.8\,bar}} \times 250\ \ Liters$$

محاسبات بالا میتوانند به صورت زیر نیز نوشته شوند .

$$F\ =\ \sqrt{\frac{\Delta P\ Measured\ -\ live\ zero}{\Delta P\ Maximum\ -\ live\ zero}}\ x\ Maximum\ flow$$

$$F\ =\ \sqrt{\frac{0.4\ bar\ -\ 0.2\ bar}{1\ bar\ -\ 0.2\ bar}}\ x\ 250\ \ liters$$

$$F\ =\ \sqrt{\frac{0.2\ bar}{0.8\ bar}} x\ 250\ \ Liters = 125\ liters$$

در مثال بالا اگر اختلاف فشار اندازه گیری شده (۰،۲ bar) برابر با ٪۲۵ ماکزیمم اختلاف فشار (۰،۸ bar) باشد ، در این صورت دبی سیال برابر با ٪۵۰ ماکزیمم فلو (۲۵۰ Lit/min) یعنی ۱۲۵ Lit/min می شود . به این مقادیر بایستی توجه شود زیرا یک رابطهٔ ریاضی بین اختلاف فشار و نرخ فلو وجود دارد . این رابطه میتواند یک راه حل عملی برای چک کردن حلقه های کنترلی فلو باشد . چنانچه اپراتورهای پروسس و یا تکنیسین های ابزار دقیق در یک حلقه کنترلی فلو یک ناسازگاری بین این دو مشاهده کنند ، حلقه فوق نیاز به بازرسی خواهدداشت .

۸- ضرایب فلو[1]

آزمایشگاه ها با آزمایشات زیاد از سالهای پیش فرمول دقیقی متناسب با اندازه لوله ، اندازه اوریفیس ، نرخ فلو و افت فشار به دست آورده اند . از این فرمول برای هر اندازه از صفحه اوریفیس و هر اندازه از لوله یک ضریب محاسبه شده است . ضریب عبارت است از مقدار فلویی که اگر از یک لوله عبور کند ، باعث افت فشاری برابر با واحد فشار شود ، به عبارت دیگر اگر ضریب یک صفحه اوریفیس با اندازه مشخص در یک لوله مشخص ، برابر با ۱۳۰ باشد ، آنگاه اگر افت فشار در طی صفحه اوریفیس برابر با یک واحد فشار باشد ، نرخ فلو ۱۳۰ می باشد . یک واحد فشار ، یک سانتی متر آب یا اینچ آب است . در جداول ۱A و ۱B در ضمیمه ضرایب فلوی مایعات نشان داده شده اند .

مثال

یک صفحه اوریفیس دارای سوراخی به قطر ۲۵mm می باشد که در یک خط به قطر ۱۱٤,۳mm نصب شده ، ضریب فلو چقدر است ؟

اندازه لوله	۱۱٤,۳mm
اندازه اوریفیس	۲۵mm
ضریب مایع (جدول ۱A)	۷,۷۵

با توجه به مقادیر جدول بالا ، چنانچه یک فلو داشته باشیم که بر اثر عبور آن از یک صفحه اوریفیس ، افت فشاری به اندازهٔ یک سانتی متر آب بوجود آید ، نرخ فلو مورد نظر برابر ۷/۷۵ لیتر در دقیقه می باشد .

چنانچه شما مقادیر داده شده در جدول ۱A و ۱B را با هم مقایسه کنید متوجه خواهید شد که کوچکترین رنج صفحه اوریفیس حدود ۱۰٪ قطر لوله و بزرگترین

1. Flow Coefficients

اندازه صفحه اوریفیس برابر ۷۵٪ قطر لوله می باشد . بنابراین یک محدودیت در دقت اندازه گیری با صفحه اوریفیس وجود دارد . به عبارت دیگر اندازه گیری فلو با یک صفحه اوریفیس با اندازه کمتر از ۱۰٪ اندازه لوله و یا بیشتر از ۷۵٪ اندازه لوله دارای دقت زیادی نخواهد بود .

همان طوری که پیشتر گفته شد ضریب اوریفیس برابر با مقدار فلویی می باشد که در نتیجه عبور آن از اوریفیس ، افت فشاری برابر با یک سانتی متر (اینچ) آب بوجود بیاید . هر چند ما به ندرت نرخ فلویی خواهیم داشت که افت فشاری دقیقاً برابر با یک سانتی متر (اینچ آب) داشته باشد . در عمل ، صفحات اوریفیس معمولاً در اندازه هایی ساخته می شوند که ضمن عبور فلو از آنها ، افت فشار برابر با ۱۲۵۰mm (۵۰inch) آب باشد .

بنابراین برای محاسبهٔ نرخ فلو می بایست ریشهٔ دوم افت فشار را در مقدار ضریب ، ضرب کنیم . سمبل به کار رفته برای افت فشار ΔP است . بنابراین فرمول محاسبهٔ فلو برابر است با :

$$\text{نرخ فلو مایع} = (\text{ضریب}) \times \sqrt{\Delta P}$$

همانطوری که قبلاً اشاره شد ، دستگاههای اندازه گیری فلو ، دقیقاً افت فشار در صفحه اوریفیس را اندازه گیری می کنند . در بیشتر دستگاهها ، مقیاس[1] جذری استفاده می شود . در چنین شرایطی فلومتر مقدار $\sqrt{\Delta P}$ را اندازه می گیرد . با ضرب این مقدار در ضریب ، مقدار نرخ فلو محاسبه می شود .

مثال :

نرخ فلو که از یک لوله با مشخصات زیر عبور می کند چقدر است ؟

Pipe size = 114.3 mm
Orifice size = 25 mm
ΔP = 1210 mm water

1. Scale

حل:

از جدول A۱ خواهیم داشت :

ضریب = 7.75

نرخ فلو مایع = (ضریب) × $\sqrt{\Delta P}$

نرخ فلو مایع = (۷،۷۵) × $\sqrt{121}$ = 85.2 L/min

توجه : واحد فشار در سیستم متریک ، سانتی‌متر آب می باشد ، بنابراین ۱۲۱۰ mm آب به ۱۲۱cm آب تغییر می کند . قبل از اینکه به بررسی فرمول کامل فلو بپردازیم ، بایستی در مورد پارامترهای فیزیکی که در اندازه گیری فلو مهم هستند ، یک باز نگری داشته باشیم . این پارامترها ، عبارتند از : فشار ، چگالی، ویسکوزیته و سرعت .

۸-۱- فشار:

برابر است با نیروی وارد شده بر واحد سطح .

۸-۲- دانسیته[1] (چگالی):

برابر با وزن واحد حجم یک ماده است که بر حسب واحدهای lb/ft^3 و یا kgf/m^3 بیان می شود .

۸-۳- ویسکوزیته[2] :

ویسکوزیته یک سیال به مقاومت فیزیکی آن در برابر روان بودن ، مربوط می شود . مثلاً سوختهای نفتی ، خیلی لزجتر از آب هستند. واحد های مختلفی برای

1. Density
2. Viscosity

اندازه گیری ویسکوزیته وجود دارد که در صنعت نفت و گاز به کار می روند . ویسکوزیته مایعات با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد در صورتیکه در مورد گازها عکس این نکته صحیح است .

۸-٤- سرعت[1] :

منظور از سرعت یک سیال ، سرعت در جهت جریان فلو می باشد . این ، یک فاکتور مهم در اندازه گیری فلو می باشد ، زیرا مشخص کنندهٔ رفتار سیال می باشد . وقتی که سرعت متوسط کم است ، فلو بدون تلاطم و آرام حرکت می کند . به این معنی که لایه هایی از فلو که از مرکز لوله حرکت می کنند ، دارای سرعت بالا هستند و لایه های نزدیک به لبه های لوله ، دارای حرکت کند هستند . همچنانکه سرعت فلو افزایش می یابد فلو دچار آشفتگی و اغتشاش می شود ، لایه های فلو از بین رفته حرکت سیال نا همگون و نا مشخص می شود . بنابراین سرعت برابر با :

$$\text{سرعت} = \frac{\text{نرخ فلو}}{\text{سطح مقطع لوله}}$$

۸-۵- عدد رینولد

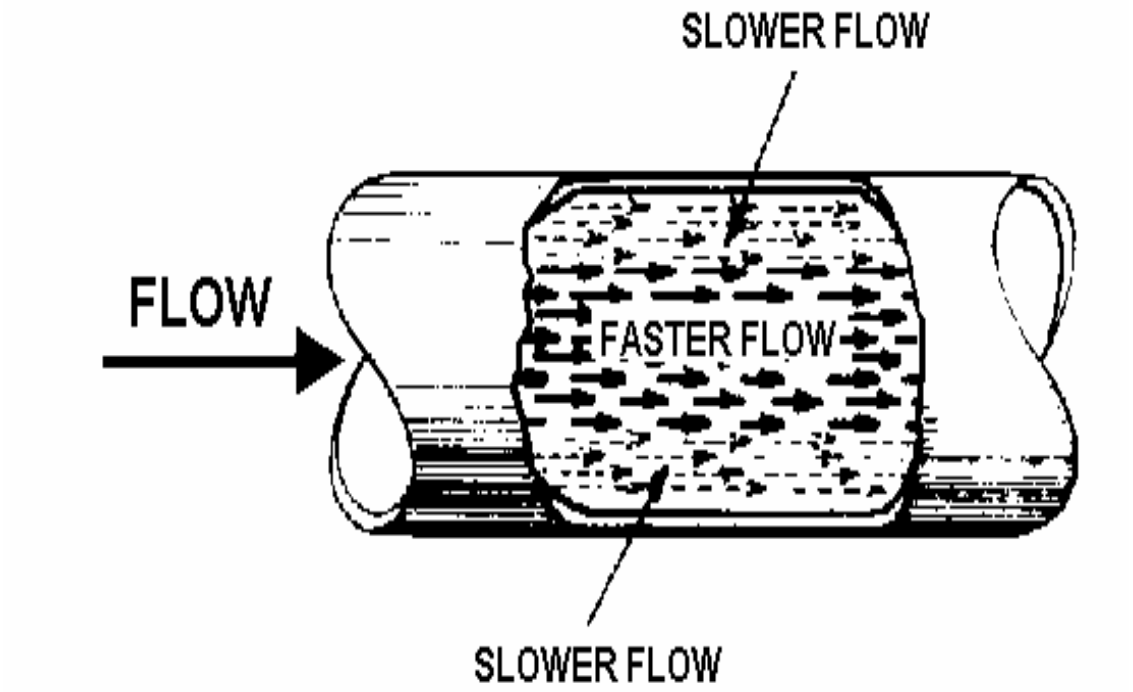
در اندازه گیری فلو ، رفتار فلو می تواند بوسیلهٔ عدد رینولد توضیح داده شود .
عدد رینولد عبارت است از سرعت متوسط فلو (v) × وزن مخصوص سیال (ρ) × قطر داخلی لوله (D) تقسیم بر ویسکوزیته (μ).

$$\text{عدد رینولد} = \frac{v \times \rho \times \mathrm{D}}{\mu}$$

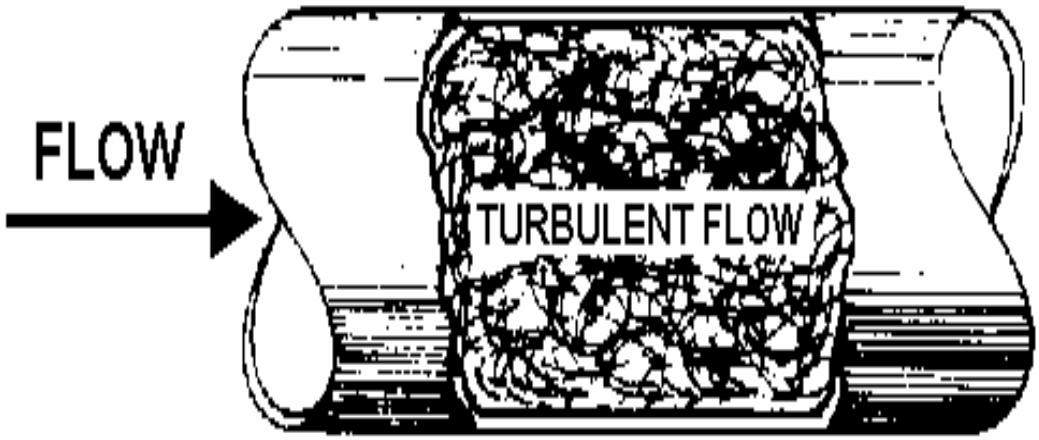
1. Velocity

هر چند عدد رینولد دارای بعد نیست اما برای محاسبهٔ آن باید دقت شود تمام پارامترها یا متریک باشند یا انگلیسی[1] و غیره . با استفاده از عدد رینولد می توان مشخص کرد که حرکت فلو آرام[2] است (شکل ۸-۱) و یا درهم و متلاطم[3] (شکل ۸-۲). چنانچه عدد رینولد کمتر از ۲۰۰۰ باشد می توان گفت فلو آرام است . اگر عدد رینولد از ٤۰۰۰ بیشتر باشد آنگاه فلو متلاطم است . بین این دو مقدار رفتار فلو غیر قابل پیش بینی می باشد . هرچند اندازه گیری فلو می تواند بدون در نظر گرفتن عدد رینولد انجام شود ، اما داشتن دقت بالا در صورتی ممکن است که این اصلاح صورت پذیرد . در بیشتر کاربردهای صنعتی فلو متلاطم می باشد .

1.Imperial
2. Laminar
3. Turbulent



شکل ۸-۱ : فلوی آرام



شکل ۸-۲ : فلوی متلاطم

۹- اندازه گیری فلوی سیالات

ضرایب داده شده در جداول پیوست ۱A و ۱B با استفاده از آب بدست آمده اند . می دانیم که بیشتر تولیدات صنایع نفت از آب سبکتر بوده ، چون دارای چگالی نسبی کمتری هستند ، افت فشار کمتری نسبت به آب دارند . نهایتاً ضرائب جداول ۱A و ۱B بایستی برای مایعاتی که دارای چگالی نسبی مخالف با آب هستند تصحیح شوند .

می دانیم مایعات وقتی که گرم می شوند ، منبسط و زمانی که سرد می شوند منقبض می گردند . اگر ما بخواهیم نرخ فلوی یک سیال گرم را اندازه گیری کنیم ، نرخ فلوی این سیال را بسیار بیشتر از زمانی که در درجه حرارت پایین تر محاسبه می کنیم ، خواهیم یافت . نهایتاً تصمیم بر این گرفته شد که برای ثبت وتوسعه ضرایب فلو ، دمای (٦٠F°) ١٥ °C به عنوان دمای استاندارد در نظر گرفته شود . از اینرو یک ضریب اصلاح نیز برای محاسبهٔ فلو وقتیکه دمای فلو ، متفاوت با دمای استاندارد است بایستی در نظر گرفته شود .

جداول پیوست ۲B و ۲A ، برای اصلاح ضریب اوریفیس باتوجه به چگالی نسبی و دمای سیال به کار می روند . برای اصلاح ضریب اوریفیس از فرمول زیر استفاده می شود :

$$\text{ضریب اصلاح شده} = \text{ضریب} \times \frac{\text{دما}}{\text{چگالی نسبی}}$$

مثال :

فرض می کنیم دانسیته نسبی ۰،۷۵ و دمای سیال برابر با ۱۰°c باشد . مطلوب است نرخ فلوی مثال قبلی با فرض ΔP یکسان .

١/١٦٤ = ضریب تصحیح دما / چگالی نسبی

ضریب اصلاح شده $= 1.164 \times 7.75 = 9.02$

معادله فلو : نرخ فلو $= \text{ضریب} \times \sqrt{\Delta P} = 9.02 \times \sqrt{121} = 99.2$ L/min

قبلاً دیدیم که چگونه فلوی مایع عبوری از اریفیس یک خط محاسبه می شود. حال فرض می کنیم که می خواهیم یک صفحه اوریفیس روی یک خط برای اندازه گیری فلو نصب کنیم . ما تقریباً می دانیم نرخ فلو در چه حدودی است اما نمی دانیم اندازه صفحه اوریفیس چقدر باید باشد . فرمول زیر ما را برای رسیدن به این خواسته هدایت میکند .

$$\text{ضریب اصلاح شده} = \frac{\text{نرخ فلو}}{\sqrt{\Delta P}}$$

معمولاً بهتر است که عدد قرائت شده توسط فلومتر در حالت نرمال در Mid-Point یعنی وسط درجه بندی باشد ، برای این منظور افت فشار را برابر Cm ۱۲۱ آب انتخاب می کنیم . بنابراین با این فرض ، خواهیم داشت :

$$\text{ضریب اصلاح شده} = \frac{\text{نرخ فلو}}{\sqrt{121}}$$

$$= \frac{\text{نرخ فلو}}{11}$$

فرمول بالا را برای بدست آوردن مقدار تقریبی ضریب صفحه اوریفیسی که می خواهیم نصب کنیم بکار می بریم . پس با مشاهدهٔ جدول ۱A یا ۱B سایز صفحه اوریفیسی که به مقدار محاسبه شده نزدیکتر است ، را پیدا می کنیم .

۱۰– اندازه گیری فلوی گازها

اصول اندازه گیری فلوی گازها شبیه به اصول اندازه گیری فلوی مایعات می باشد . اما اندازه گیری گازها خیلی پیچیده تر از اندازه گیری مایعات است و این پیچیدگی ناشی از خاصیت تراکم پذیری آنهاست . به عبارت دیگر ، همانطوری که می دانیم با تغییر فشار گازها حجم گازها نیز تغییر می کند . مثلاً چهار لیتر بنزین در فشار kpa ۱۰۰۰ همان حجمی را اشغال میکند که در یک ظرف رو باز و فشار اتمسفر اشغال می کند . در صورتی که اگر یک ظرف از یک گاز پر شده ، سپس تا kpa ۹۰۰ فشرده شود ، حجم جدید فقط ۱/۱۰ حجم اولی می باشد . چنانچه ما فلوی یک گاز را در فشارهای بالا و پایین اندازه گیری کنیم ، به دو عدد کاملا ًمتفاوت می رسیم . این اختلاف به این علت است که فلو در فشار بالا بر اثر کاهش حجم ، بسیار کمتر از فلو در فشار پایین است .

فروشندگان گاز دوست دارند گازها را در فشار کم اندازه گیری و به فروش برسانند زیرا در فشار کم ، گاز دارای حجم بالایی می باشد . از طرفی خریداران ترجیح می‌دهند که اندازه گیری فلو گاز خریداری شده را در فشار بالا انجام بدهند . زیرا در آن صورت همان گاز دارای حجم کمتری می باشد . در اینجا باز هم لزوم تعریف یک فشار استاندارد برای اندازه گیری فلو گازها لازم می نماید .

استاندارد فوق موافق است که گازها در فشار اتمسفر اندازه گیری شوند ، فشار اتمسفر همان فشار صفر گیج می باشد . درجه حرارت استاندارد برای اندازه گیری فلو (۶۰°f) ۱۵°c می باشد . لازم به ذکر است که فلومترهای گاز ، حجم واقعی گاز عبوری را نشان نمی دهند ، بلکه حجم نظری گاز در فشار اتمسفریک و دمای (۶۰°f) ۱۵°c را نشان می دهند .

ضرایب فلو ، برای اندازه های مختلف صفحات اوریفیس و لوله به روشی مشابه آنچه برای فلوی مایعات انجام شد ، توسعه یافتند . برای بسط این ضرایب ،

هوا به عنوان گاز استاندارد انتخاب شده است. می توان فلوی گازها را از ضرب فرمول محاسبه مایعات در جذر فشار سیال عبوری محاسبه کرد . فشار باید به صورت مطلق باشد .

در سیستم متریک (SI) فشار مطلق بر حسب kpa(a) برابر است با

Gauge pressure + ۱۰۱kpa

در سیستم انگلیسی فشار مطلق بر حسب psi(a) برابر است با

Gauge pressure +۱٤،۷psi

بنابراین فرمول محاسبه فلو گاز برابر است با :

$$\text{Gas flow} = (\text{Coefficient}) \times \sqrt{\Delta P} \times \sqrt{\text{Absolute pressure}} \quad (۱)$$

با تر کیب کردن دو رادیکال در معادله (۱) خواهیم داشت :

$$\text{Gas flow} = (\text{Coefficient}) \times \sqrt{\Delta P \times P_a}$$

ضرایب مربوط به فلوی گاز بر مبنای استفاده از هوا در درجه حرارت استاندارد(۱۵°C) و فشار استاندارد (فشار اتمسفر) می باشد . این ضرایب ، در جدولهای پیوست ۳A و ۳B نشان داده شده اند .

هوا دارای چگالی نسبی برابر با ۱،۰ می باشد . ضرایب می بایست برای مقدار واقعی چگالی نسبی ودمای گازهای عبوری اصلاح شوند . فاکتورهای تصحیح در جداول ٤A و ٤B و ٥ در پیوست آمده اند .

در بعضی شرایط حجم اشغال شده بوسیلهٔ گاز تحت فشار با حجم محاسبه شده متفاوت است . این اختلاف " تراکم پذیری بالا[1] " نامیده می شود . ضریب فلو همچنین بایستی این اختلاف تراکم پذیری بالا را نیز اصلاح کند . ضرایب اصلاح مربوط به این اختلاف در جداول پیوست A۵ و B۵ آورده شده اند .

بنابراین :

(فاکتور تراکم پذیری بالا) × (فاکتورچگالی نسبی) × = ضرایب اصلاح شده (فاکتوردما) × (ضریب)

حال خواهیم داشت :

$\sqrt{\Delta P \times P_a}$ × (ضرایب اصلاح شده) = فلوی گاز

واحد فلوی گاز m^3/d (Mcf/d) است .

تمام چیزی که برای اندازه گیری فلوی مایعات نیاز است ، افت فشار (ΔP) ناشی از صفحه اوریفیس می باشد . در صورتی که برای محاسبهٔ فلوی گازها علاوه بر ΔP ، لازم است فشار داخل لوله را نیز داشته باشیم . نهایتاً فلومترهای گاز معمولاً دارای دو نشان دهنده می باشند ، یکی برای نمایش افت فشار ناشی از صفحه اوریفیس و دیگری برای نمایش فشار خط ، که معمولاً فشار طرف بالا دستی صفحه اوریفیس می باشد . فلوی گاز در فشار اتمسفر ، یک اندازه گیری تئوری می باشد . مقدار واقعی حجم جریان گازی در یک خط ، معمولاً کسری از نرخ فلوی محاسبه شده می باشد زیرا آن حجم ، متراکم شده می باشد .

اگر شما ۱۰۰ حجم گاز داخل اتاقتان را گرفته و از طریق یک لوله آنرا داخل یک فلومتر بدمید ، فلومتر عدد ۱۰۰ حجم را نشان می دهد . اگر شما همان حجم را تا فشار (۱۳۰psi) ۹۰۰kpa متراکم کرده ، سپس داخل یک فلومتر بدمید ، فقط ۱۰

1. Super Compressibility

حجم هوای فشرده شده را خواهید داشت . شما همان وزن از هوا را دارید در صورتی که حجم آن کمتر شده است .

اگر شما در این شرایط فرمول محاسبهٔ جریان گاز را بکار برده ، جریان گاز را اندازه بگیرید ، باز هم به همان ۱۰۰ حجم خواهید رسید . حتی در فشار ۹۰۰kpa که فقط ۱۰ حجم از گاز در حال جریان باشد .

متاسفانه فاکتورهای زیادی می توانند در دقت اندازه گیری فلوی سیالات تاثیر گذار باشند . هرچند لازم نیست همگی این فاکتورها در اندازه گیری فلو دخالت داده شوند . این بستگی به شرایط و تجهیزات استفاده شده برای اندازه گیری پارامترهای فلوی گازهای مختلف دارد . برای محاسبه فلوی گازها یک فرمول عمومی توسط انجمن گاز آمریکا American Gas Association(AGA) توسعه داده شد که توسط دیگر تولید کنندگان گاز پذیرفته و مورد استفاده قرار گرفت . این فرمول را می توان در گزارش شماره ۳ سال ۱۹۸۵ این انجمن پیدا کرد که به صورت زیر است :

$$Q_h = C' \sqrt{h_w P}$$

که در آن

Q_h = نرخ فلوی گاز در شرایط مبنا بر حسب (Ft^3/ hr) $m^3 / hour$

h_w = افت فشار در اوریفیس بر حسب mm (inch) آب

P = فشار مطلق استاتیک در اوریفیس بر حسب kpa(a) (psia)

$\sqrt{h_w P}$ = گسترش فشار[1]

C´ ثابت اوریفیس بوده و از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$C' = F_b \times Fr \times Y \times F_{yb} \times F_{tb} \times F_{tf} \times F_{gr} \times F_{pv} \times F_m \times F_a \times F_l$$

1. Pressure extension

یا در بسیاری از شرایط به صورت ساده زیر بیان می شود .

$$C' = F_b \times Fr \times Y \times F_{yb} \times F_{tb} \times F_{tf} \times F_{gr} \times F_{pv}$$

که در آن

C' = فاکتور پایه اوریفیس که به قطر لوله ، قطر اوریفیس و نوع وسیله اندازه گیر بستگی دارد

"b" عدد ثابت است، $Fr = 1 + \frac{b}{\sqrt{hw\ P}}$ = فاکتور عدد رینولد

Y = فاکتور انبساط

F_{pb} = فاکتور فشار مبنا = $\frac{14.73}{Pb}$

F_{tb} = فاکتور دمای مبنا = $\left(\frac{T_b}{519.67°R}\right)$

T_f دمای جاری سیال است ، F = فاکتور دمای جاری = $\left(\sqrt{\frac{519.67}{T_f °R}}\right)$

Fgr = فاکتور جاذبه گاز = $\left(\sqrt{\frac{1}{G}}\right)$

F_{pv} = فاکتور تراکم پذیری بالا

F_m = فاکتور فشارسنج

F_a = فاکتور توسعه حرارتی (زمانی استفاده می شود که درجه حرارت ، خارج *از* حد ۰ تا $۱۲۰^\circ F$ است)

F_l = فاکتور مکان گیج (زمانی استفاده می شود که گیج ها درجایی قرار دارند که جاذبه ، متفاوت با جاذبه استاندارد است)

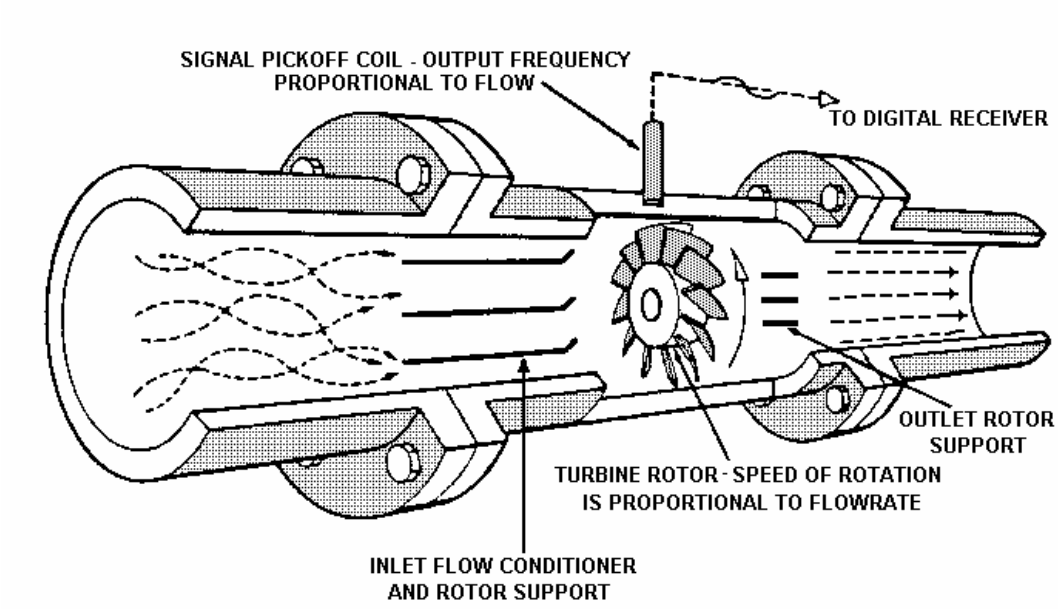
۱۱- فلومتر توربینی[1]

فلومترهای نوع توربینی در حال جایگزین شدن به جای انواع اندازه گیرهای اوریفیسی در بیشتر کاربردهای صنایع نفت و گاز می باشند . اندازه گیرهای توربینی نام خود را از اصل کارکرد خود گرفته اند . چرخ توربین که روتور[2] نامیده می شود ، در مسیر عبور سیال قرار می گیرد . همانطوری که سیال وارد فضاهای خالی بین پره های این چرخ می شود ، به علت زاویه ای که این پره ها دارند ، سیال از مسیر خود منحرف شده ، نیرویی به پره ها وارد می کند که باعث چرخیدن روتور می شود . سرعتی که در آن روتور می چرخد ، در یک محدوده معین ، بطور خطی با نرخ فلو متناسب است .

روش های مختلفی برای تبدیل این چرخش به سیگنال قابل قرائت وجود دارد . در بعضی از کاربردها به وسیله یک اهرم مکانیکی ، چرخش روتور مستقیماً برای ثبت و یا نمایش ، به یک نمایش دهنده[3] که به فلومتر وصل شده ، منتقل می شود . اما در اکثر مواقع از روشهای الکتریکی جهت این کار استفاده می شود . در شکل ۱۱-۱ برشی از یک فلومتر نوع توربینی نشان داده شده است . یک روتور چند پره ای در مرکز لوله و در مسیر حرکت سیال نصب شده است . پره ها روی یک شافت با زاویه ثابت به صورت شعاعی نصب شده اند . همچنین یک سیم پیچ[4] با آهنربای دائمی روی قسمت بیرونی بدنه نصب شده است . روش کار به این صورت است که پره های چرخ توربین که فلزی هستند بر اثر فلوی سیال به حرکت در می آیند ، عبور نوک هر پره از جلوی کویل ، باعث تغییر فلوی مغناطیسی کویل شده ، در نهایت پالس[5] تولید می کند . از آنجا که سرعت چرخش چرخ توربین ،

1. Turbine
2. Rotor
3. Indicator
4. Coil
5. Pulse

بستگی به وزن سیال دارد ، بنابراین فلومتر نوع توربینی ، وزن سیال عبوری از خط را اندازه می گیرد .



شکل ۱۱-۱ : برشی از فلومتر نوع توربینی

در صنعت از فلومترهای نوع توربینی بیشتر برای اندازه گیری حجم سیالات استفاده می شود تا وزن آنها و این در حالی است که این فلومترها ، وزن سیالات را اندازه گیری می کنند . در عمل برای حل این مشکل ، از فاکتور چگالی سیالات برای تبدیل وزن به حجم استفاده می شود .

اندازه گیری حجم سیال با استفاده از این فلومترها تا زمانی که چگالی سیال عبوری از خط ثابت بماند ، دقیق است .

در این فلومترها ، تعداد کل پالسهای تولید شده ، بیانگر مجموع حجم سیال عبوری و همچنین نرخ تولید این پالسها ، بیانگر نرخ فلوی سیال می باشد .

بعضی از فلومترهای نوع توربینی که برای اندازه گیری حجم به کار می روند ، مجهز به یک چگالی سنج و یک میکرو کامپیوتر می باشند . با استفاده از مقدار قرائت چگالی سنج و وزن فلوی فلومتر توربینی ، میکروکامپیوتر حجم فلوی عبوری را محاسبه می کند .

در بعضی از نقاط دنیا نفت خام و بعضی از فراورده های آن بر اساس وزن فروخته می شوند . در این شرایط فلومتر توربینی که مستقیما فلوی جرمی را اندازه گیری می کند ، یک وسیله ایده ال برای این منظور می باشد .

مزایای فلومترهای توربینی شامل دقت بالا ، قیمت کم و رنج وسیع اندازه گیری فلو می باشند . این فلومترها روی لوله هائی با قطر ۱cm تا ۷۵cm نصب می شوند . همچنین می توانند جهت ارسال سیگنال خود به اتاق کنترل و قرائت از راه دور ، به ترانسمیتر و جهت نمایش در سایت ، به نشاندهنده های محلی مجهز شوند .

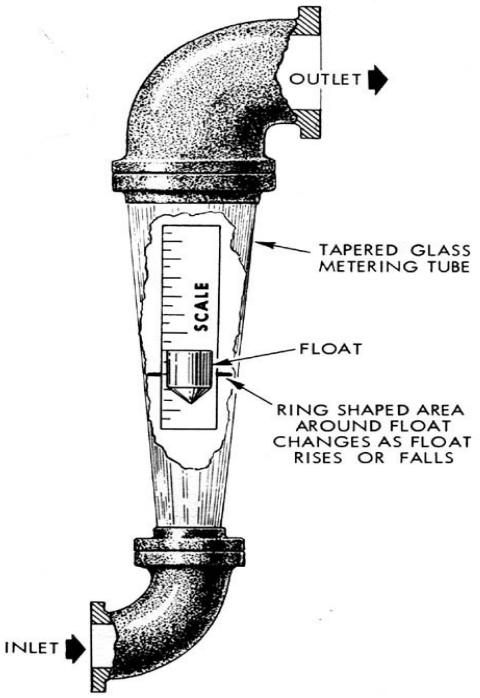
بیشتر اندازه گیرهای توربینی ، برای اندازه گیری مایعات به کار می روند و این مهم است که برای جلوگیری از آسیب دیدن پره های توربین ، سیال بایستی کاملاً عاری از ذرات جامد باشد . برای جلوگیری از ورود ذرات جامد احتمالی همراه سیال از یک فیلتر یا صافی[1] در قسمت ورودی اندازه گیر توربینی استفاده می شود . نکته دیگری که باید به آن توجه شود این است که باید فشار مایع ورودی به اندازه گیر ، به اندازه کافی بالا باشد تا از تبخیر جلوگیری کند . در صورتیکه همراه سیال ، بخار و یا گاز باشد ، عدد قرائت شده از دقت لازم بر خوردار نیست .

1. Strainer

۱۲- فلومترهای سطح متغیر[1]

این فلومتر ، یک نوع وسیله اندازه گیری اختلاف فشار می باشد . شامل یک تیوب شیشه ای است که بین اتصالات ورودی و خروجی قرار دارد و از قسمت پایین باریک می شود . این فلومتر به صورت عمودی بین دو فلنج روی لوله مورد نظر نصب می شود .

یک شناور داخل تیوب وجود دارد که با تغییرات فلو به سمت بالا و پایین حرکت می کند . جهت قرائت فلوی اندازه گیری شده در سایت ، معمولاً یک درجه بندی که براساس تغییرات فلو مدرج گشته ، روی این لوله شیشه ای نصب می شود .



A typical rotameter, showing the principal of operation.

شکل ۱۲-۱ : فلومتر سطح متغیر

1. Variable Area Meter

اختلاف این نوع فلومترها با انواع اوریفیسی در این است که در اوریفیس ، سطح مقطع سوراخ صفحه ثابت است و اختلاف فشار متناسب با نرخ فلوی خط متغیر است ، در صورتی که در فلومتر سطح متغیر ، اختلاف فشار ثابت است اما سطح مقطع داخلی در تیوب شیشه ای ، از نقطه ای به نقطه ای دیگر تغییر می کند . (شکل ۱۲-۱)

فلومترهای با سطح متغیر ، روتامتر[1] نیز نامیده می شود .

روتامترهایی که لوله شیشه ای دارند ، برای سیالات تمیز استفاده می شوند و نمی توانند برای سیالات سیاه یا کثیف بکار روند .

فلومترهای با سطح متغیر فلزی (شکل ۱۲-۱) ، برای کارهای سنگین و سیالات تمیز و کثیف بکار می روند .

1. Rota meter

جدول A۱

ضرائب فلوی مایعات در سیستم متریک **(SI)**

Orifice Diameter (mm)	COEFFICIENT FOR PIPE SIZE										
	60.325 mm (2 in.)	88.9 mm (3 in.)	114.3 mm (4 in.)	168.275 mm (6 in.)	219.075 mm (8 in.)	273.05 mm (10 in.)	323.85 mm (12 in.)	406.4 mm (16 in.)	508 mm (20 in.)	609.6 mm (24 in.)	762 mm (30 in.)
10	1.24	1.24	1.24	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
15	2.80	2.78	2.77	2.76	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	5.02	4.96	4.93	4.92	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
25	8.06	7.81	7.75	7.71	7.68	.....	.....	.....	.....	.....	.....
30	12.2	11.4	11.2	11.1	11.1	11.1	11.1	.....	.....	.....	.....
35	17.2	15.6	15.3	15.2	15.1	15.1	15.1	.....	.....	.....	.....
40	.....	20.9	20.2	19.9	19.8	19.8	19.7	19.7	.....	.....	.....
45	.....	26.9	25.7	25.2	25.1	25.0	25.0	24.9	.....	.....	.....
50	.....	34.8	32.3	31.3	31.0	31.0	30.9	30.8	30.7	.....	.....
55	.....	43.3	39.5	37.9	37.6	37.5	37.4	37.3	37.3	.....	.....
60	.....	.....	48.3	45.4	44.8	44.6	44.5	44.4	44.3	44.3	.....
65	.....	.....	57.5	53.5	52.7	52.6	52.4	52.1	52.0	51.9	.....
70	.....	.....	69.5	62.5	61.3	60.9	60.7	60.5	60.4	60.3	.....
75	.....	.....	84.2	72.6	70.7	70.1	69.8	69.6	69.4	69.3	69.2
80	.....	.....	.....	83.1	80.6	79.8	79.5	79.2	79.0	78.9	78.7
85	.....	.....	.....	95.3	91.5	90.4	89.9	89.5	89.3	89.1	88.9
90	.....	.....	.....	107.8	102.0	101.5	100.9	100.4	100.1	99.9	99.7
100	.....	.....	.....	139.2	129.0	126.2	125.1	124.3	123.8	123.5	123.2
110	.....	.....	.....	173.4	157.7	153.4	151.8	150.6	149.9	149.6	149.2
120	.....	.....	.....	.....	192.4	184.4	181.5	179.7	178.7	178.2	177.8
130	.....	.....	.....	.....	231.5	217.5	212.7	209.8	208.3	207.6	207.0
140	.....	.....	.....	.....	276.5	256.8	250.1	246.1	244.1	243.1	242.4
150	.....	.....	.....	.....	334.0	301.0	290.9	283.9	280.9	279.6	278.6
160	.....	.....	.....	.....	.....	346.8	332.3	324.0	320.0	318.3	317.1
170	.....	.....	.....	.....	.....	403.2	382.0	368.3	362.3	360.0	358.4
180	.....	.....	.....	.....	.....	459.7	430.7	414.5	406.9	404.0	402.0
190	.....	.....	.....	.....	.....	533.5	489.9	466.1	455.2	451.1	448.5
200	.....	.....	.....	.....	.....	.....	552.6	518.7	503.4	499.7	494.4
210	.....	.....	.....	.....	.....	.....	621.7	579.1	560.0	553.2	549.0
220	.....	.....	.....	.....	.....	.....	698.4	639.2	613.2	603.9	598.5
230	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	710.0	677.9	666.6	660.1
240	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	786.8	743.5	728.5	720.0
250	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	862.2	810.0	792.1	782.0
260	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	953.1	884.0	860.5	847.5
280	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1149	1042	1006	986.3
300	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1219	1165	1137
320	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1419	1341	1299
340	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1661	1541	1478
360	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1904	1746	1664
380	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1993	1873
400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2239	2088
420	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2548	2332
440	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2849	2600
460	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2867
480	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3185
500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3493

واحد اندازه گیری ***ضریب*** ، لیتر بر دقیقه می باشد(L/min) .

با ضرب کردن مقدار ***ضریب*** در ۱،٤٤ ، واحد آن به متر مکعب بر روز (m³/day) تبدیل می شود .

جدول **B**۱

ضرائب فلوی مایعات در سیستم انگلیسی (IMPERIAL)

Orifice Diameter	COEFFICIENT FOR PIPE SIZE										
(Inches)	2 in.	3 in.	4 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.	16 in.	20 in.	24 in.	30 in.
0.25	0.212	0.212	0.211	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0.50	0.842	0.836	0.836	0.836	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0.75	1.90	1.90	1.89	1.88	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.00	3.50	3.39	3.37	3.35	3.34	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.25	5.89	5.37	5.29	5.25	5.23	5.22	5.21	.....	.....	.....	.....
1.50	9.04	7.88	7.68	7.58	7.54	7.53	7.52	7.51	.....	.....	.....
1.75	.....	11.06	10.57	10.35	10.29	10.26	10.25	10.23	.....	.....	.....
2.00	.....	15.10	14.04	13.57	13.47	13.43	13.40	13.38	13.36	.....	.....
2.25	.....	19.13	18.17	17.27	17.09	17.02	16.97	16.95	16.92	.....	.....
2.50	.....	.....	23.12	21.47	21.16	21.06	21.00	20.94	20.91	20.87	.....
2.75	.....	.....	29.11	26.21	25.70	25.52	25.44	25.37	25.32	25.28	.....
3.0	.....	.....	36.58	31.53	30.71	30.44	30.32	30.23	30.16	30.11	30.06
3.25	.....	.....	.....	37.51	36.22	35.84	35.66	35.52	35.42	35.36	35.30
3.50	.....	.....	.....	44.25	42.25	41.65	41.41	41.24	41.11	41.04	40.96
3.75	.....	.....	.....	51.85	48.85	47.97	47.72	47.40	47.14	47.05	47.05
4.0	.....	.....	.....	60.47	56.05	54.78	54.31	53.99	53.79	53.67	53.56
4.25	.....	.....	.....	70.28	63.90	62.11	61.45	61.03	60.77	60.63	60.50
4.50	.....	.....	.....	81.68	72.48	69.99	69.09	68.50	68.19	68.02	67.86
4.75	.....	.....	.....	.....	81.87	78.44	77.22	76.43	76.04	75.83	75.65
5.0	.....	.....	.....	.....	92.16	87.49	85.87	84.83	84.35	84.09	83.86
5.5	.....	.....	.....	.....	115.9	107.6	104.8	103.1	102.3	101.9	101.6
6.0	.....	.....	.....	.....	145.1	130.8	126.1	123.2	122.0	121.5	121.0
6.5	.....	.....	.....	.....	.....	157.5	150.0	145.6	143.6	142.8	142.2
7.0	.....	.....	.....	.....	.....	188.8	176.9	169.9	167.1	165.9	165.1
7.5	.....	.....	.....	.....	.....	225.7	207.2	196.7	192.6	190.8	189.7
8.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	241.6	226.8	220.1	217.7	216.2
8.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	280.8	259.3	249.8	246.5	244.4
9.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	326.1	295.2	281.9	277.2	274.4
9.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	334.8	316.3	309.9	306.3
10.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	378.6	353.4	344.9	340.1
11.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	481.7	436.6	421.5	413.3
12.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	533.6	508.1	494.6
13.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	647.0	605.9	584.5
14.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	782.0	716.9	683.5
15.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	843.2	792.6
16.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	987.5	912.8
17.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1155.	1045.
18.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1192.
19.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1354.
20.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1536.
21.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1738.

واحد اندازه گیری ***ضریب*** ، گالن بر دقیقه می باشد(gpm) .

با ضرب کردن مقدار ***ضریب*** در ۳٤،۲۹ ، واحد آن به بشکه (barrels) بر روز تبدیل می شود.

جدول **A**۲

فاکتور چگالی نسبی و دما برای تصحیح **ضریب** فلوی مایعات در سیستم متریک **(SI)**

Liquid Rel Dens	CORRECTION FACTOR AT °C FLOWING TEMPERATURE														
at 15°C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	50°C	60°C
0.50	1.494	1.484	1.474	1.464	1.454	1.444	1.433	1.423	1.412	1.402	1.392	1.381	1.370	1.348	1.325
0.51	1.475	1.466	1.457	1.447	1.438	1.429	1.419	1.409	1.399	1.389	1.379	1.370	1.359	1.338	1.317
0.52	1.459	1.449	1.440	1.431	1.423	1.414	1.405	1.396	1.384	1.377	1.367	1.358	1.349	1.329	1.309
0.53	1.442	1.433	1.424	1.416	1.408	1.399	1.390	1.382	1.373	1.365	1.356	1.347	1.338	1.320	1.301
0.54	1.424	1.417	1.409	1.401	1.293	1.387	1.377	1.370	1.361	1.353	1.345	1.337	1.328	1.310	1.293
0.55	1.408	1.401	1.392	1.387	1.279	1.372	1.364	1.357	1.349	1.341	1.334	1.326	1.318	1.302	1.285
0.56	1.393	1.386	1.380	1.375	1.366	1.359	1.352	1.345	1.338	1.330	1.323	1.315	1.307	1.291	1.276
0.57	1.379	1.373	1.366	1.359	1.353	1.346	1.339	1.333	1.326	1.319	1.312	1.305	1.299	1.284	1.270
0.58	1.365	1.358	1.351	1.346	1.341	1.335	1.328	1.322	1.315	1.308	1.302	1.295	1.289	1.275	1.261
0.59	1.351	1.344	1.339	1.333	1.328	1.322	1.316	1.310	1.303	1.298	1.292	1.285	1.279	1.267	1.254
0.60	1.337	1.333	1.327	1.321	1.316	1.310	1.304	1.299	1.293	1.288	1.282	1.276	1.271	1.258	1.246
0.61	1.325	1.320	1.315	1.309	1.304	1.299	1.294	1.289	1.283	1.278	1.272	1.266	1.261	1.249	1.237
0.62	1.313	1.308	1.303	1.298	1.292	1.286	1.282	1.278	1.272	1.268	1.262	1.257	1.252	1.241	1.230
0.63	1.301	1.296	1.292	1.287	1.282	1.277	1.272	1.268	1.262	1.258	1.252	1.247	1.243	1.232	1.222
0.64	1.290	1.285	1.281	1.276	1.272	1.267	1.262	1.258	1.252	1.249	1.243	1.238	1.234	1.224	1.214
0.65	1.279	1.274	1.270	1.265	1.262	1.256	1.252	1.248	1.243	1.239	1.234	1.229	1.225	1.216	1.206
0.66	1.268	1.263	1.259	1.256	1.252	1.246	1.241	1.239	1.233	1.229	1.225	1.220	1.216	1.207	1.198
0.67	1.258	1.254	1.250	1.246	1.243	1.237	1.233	1.229	1.223	1.220	1.216	1.212	1.208	1.199	1.190
0.68	1.248	1.244	1.240	1.236	1.233	1.228	1.224	1.220	1.216	1.212	1.208	1.203	1.199	1.191	1.183
0.69	1.232	1.234	1.230	1.227	1.223	1.219	1.215	1.211	1.207	1.203	1.200	1.195	1.191	1.183	1.175
0.70	1.229	1.225	1.221	1.218	1.214	1.210	1.206	1.202	1.199	1.195	1.192	1.188	1.184	1.176	1.168
0.71	1.219	1.215	1.212	1.209	1.205	1.203	1.200	1.194	1.190	1.186	1.183	1.179	1.175	1.168	1.160
0.72	1.210	1.206	1.203	1.200	1.196	1.193	1.189	1.185	1.182	1.178	1.175	1.171	1.168	1.161	1.153
0.73	1.201	1.197	1.194	1.191	1.187	1.185	1.181	1.177	1.174	1.171	1.167	1.164	1.160	1.153	1.147
0.74	1.193	1.189	1.185	1.182	1.178	1.176	1.173	1.169	1.166	1.163	1.160	1.156	1.153	1.146	1.140
0.75	1.184	1.180	1.177	1.174	1.170	1.168	1.164	1.161	1.158	1.155	1.152	1.148	1.145	1.139	1.133
0.76	1.174	1.172	1.169	1.166	1.163	1.160	1.157	1.154	1.151	1.148	1.145	1.141	1.139	1.132	1.126
0.77	1.166	1.161	1.160	1.158	1.155	1.153	1.149	1.146	1.144	1.141	1.138	1.135	1.132	1.126	1.120
0.78	1.158	1.155	1.153	1.150	1.147	1.145	1.142	1.139	1.137	1.134	1.131	1.127	1.125	1.119	1.114
0.79	1.150	1.148	1.145	1.142	1.139	1.137	1.135	1.132	1.129	1.127	1.124	1.122	1.119	1.113	1.108
0.80	1.142	1.140	1.137	1.135	1.132	1.130	1.127	1.124	1.122	1.120	1.117	1.115	1.112	1.106	1.101
0.81	1.135	1.133	1.130	1.127	1.124	1.123	1.120	1.117	1.115	1.113	1.110	1.108	1.100	1.100	1.095
0.82	1.127	1.125	1.122	1.120	1.117	1.116	1.113	1.111	1.109	1.106	1.103	1.101	1.099	1.094	1.089
0.83	1.120	1.118	1.115	1.113	1.110	1.109	1.106	1.104	1.102	1.100	1.097	1.095	1.093	1.089	1.084
0.84	1.113	1.111	1.108	1.106	1.104	1.102	1.099	1.097	1.095	1.093	1.090	1.087	1.085	1.083	1.079
0.85	1.106	1.104	1.100	1.102	1.098	1.096	1.093	1.091	1.089	1.087	1.084	1.082	1.080	1.076	1.071
0.86	1.100	1.098	1.095	1.093	1.091	1.089	1.087	1.085	1.083	1.081	1.078	1.076	1.074	1.070	1.065
0.87	1.093	1.091	1.090	1.087	1.085	1.083	1.080	1.078	1.075	1.072	1.070	1.072	1.068	1.064	1.059
0.88	1.087	1.085	1.082	1.080	1.079	1.075	1.075	1.072	1.070	1.069	1.066	1.064	1.062	1.059	1.054
0.89	1.080	1.078	1.076	1.074	1.073	1.071	1.068	1.066	1.064	1.063	1.060	1.058	1.056	1.053	1.048
0.90	1.074	1.072	1.070	1.068	1.066	1.064	1.062	1.060	1.058	1.057	1.054	1.052	1.050	1.047	1.043
0.91			1.064	1.062	1.061	1.059	1.056	1.054	1.052	1.051	1.049	1.047	1.045	1.042	1.037
0.92	1.068	1.066	1.058	1.057	1.055	1.053	1.051	1.049	1.046	1.045	1.043	1.041	1.039	1.036	1.032
0.93	1.062	1.060	1.052	1.050	1.049	1.047	1.045	1.043	1.041	1.040	1.038	1.036	1.034	1.031	1.027
0.94	1.056	1.054	1.046	1.044	1.043	1.041	1.039	1.037	1.035	1.034	1.032	1.030	1.028	1.028	1.021
	1.051	1.049													
0.95	1.045	1.043	1.041	1.039	1.038	1.036	1.034	1.032	1.030	1.029	1.027	1.025	1.023	1.020	1.016
0.96	1.039	1.037	1.035	1.033	1.032	1.030	1.028	1.026	1.024	1.023	1.021	1.020	1.018	1.015	1.011
0.97	1.034	1.032	1.030	1.028	1.027	1.025	1.023	1.021	1.019	1.018	1.016	1.015	1.013	1.010	1.006
0.98	1.027	1.026	1.025	1.023	1.022	1.020	1.018	1.016	1.014	1.013	1.011	1.009	1.007	1.004	1.001
0.99	1.022	1.021	1.019	1.017	1.016	1.015	1.013	1.011	1.009	1.008	1.006	1.004	1.002	0.999	0.996
1.00	1.017	1.016	1.014	1.012	1.011	1.009	1.007	1.006	1.004	1.003	1.001	0.999	0.997	0.995	0.992
1.01	1.012	1.011	1.009	1.007	1.006	1.004	1.002	1.001	0.999	0.998	0.996	0.995	0.993	0.990	0.987
1.02	1.006	1.005	1.003	1.002	1.001	0.999	0.997	0.996	0.994	0.993	0.991	0.989	0.988	0.985	0.982
1.03	1.001	1.000	0.999	0.998	0.996	0.994	0.992	0.991	0.990	0.989	0.987	0.985	0.982	0.980	0.977
1.04	0.996	0.995	0.994	0.992	0.991	0.990	0.988	0.986	0.984	0.983	0.982	0.980	0.978	0.976	0.972
1.05	0.991	0.990	0.989	0.987	0.986	0.985	0.983	0.981	0.979	0.978	0.976	0.975	0.973	0.971	0.968
1.06	0.986	0.985	0.984	0.983	0.981	0.980	0.978	0.976	0.974	0.973	0.971	0.970	0.969	0.967	0.963
1.07	0.981	0.980	0.979	0.977	0.976	0.975	0.973	0.971	0.969	0.968	0.967	0.965	0.963	0.962	0.959
1.08	0.976	0.975	0.974	0.972	0.971	0.970	0.968	0.966	0.964	0.963	0.962	0.960	0.959	0.958	0.954
1.09	0.971	0.970	0.969	0.967	0.966	0.965	0.963	0.961	0.959	0.958	0.957	0.955	0.954	0.953	0.949
1.10	0.966	0.965	0.964	0.962	0.961	0.960	0.958	0.956	0.954	0.953	0.952	0.950	0.949	0.948	0.946

جدول **B**۲

فاکتور چگالی نسبی و دما برای تصحیح **ضریب** فلوی مایعات در سیستم انگلیسی (IMPERIAL)

Liquid Rel Dens	Degrees API	CORRECTION FACTOR AT °F FLOWING TEMPERATURE															
at 60°F	at 60°F	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°
0.50	.....	1.489	1.478	1.467	1.456	1.445	1.433	1.422	1.410	1.3991.386	1.387	1.375	1.363	1.350	1.338	1.325	1.313
0.51	.....	1.471	1.461	1.450	1.440	1.430	1.419	1.408	1.397	1.374	1.375	1.364	1.352	1.340	1.329	1.317	1.305
0.52	.....	1.454	1.444	1.434	1.425	1.415	1.405	1.395	1.384	1.362	1.363	1.353	1.342	1.331	1.320	1.309	1.298
0.53	.....	1.437	1.428	1.419	1.410	1.400	1.390	1.381	1.371	1.350	1.352	1.342	1.332	1.322	1.311	1.301	1.291
0.54	.....	1.421	1.413	1.404	1.395	1.386	1.377	1.369	1.359		1.341	1.332	1.322	1.312	1.303	1.293	1.283
0.55	125.8	1.405	1.397	1.389	1.381	1.373	1.364	1.356	1.347	1.339	1.330	1.322	1.313	1.304	1.294	1.285	1.276
0.56	121.2	1.390	1.383	1.375	1.367	1.360	1.352	1.344	1.336	1.328	1.319	1.311	1.302	1.293	1.285	1.276	1.267
0.57	116.7	1.376	1.369	1.361	1.355	1.347	1.339	1.332	1.324	1.317	1.309	1.302	1.294	1.286	1.278	1.270	1.262
0.58	112.5	1.362	1.355	1.348	1.342	1.336	1.328	1.321	1.313	1.306	1.299	1.292	1.284	1.277	1.269	1.261	1.254
0.59	108.3	1.348	1.341	1.335	1.329	1.323	1.316	1.309	1.302	1.296	1.289	1.282	1.275	1.268	1.261	1.254	1.247
0.60	104.3	1.335	1.329	1.323	1.317	1.311	1.304	1.298	1.292	1.286	1.279	1.273	1.266	1.259	1.253	1.246	1.239
0.61	100.5	1.323	1.317	1.311	1.305	1.300	1.294	1.288	1.282	1.276	1.269	1.263	1.257	1.250	1.244	1.237	1.231
0.62	96.7	1.311	1.305	1.300	1.293	1.287	1.282	1.277	1.271	1.266	1.260	1.254	1.248	1.242	1.236	1.230	1.224
0.63	93.1	1.299	1.294	1.289	1.283	1.272	1.278	1.267	1.261	1.256	1.250	1.245	1.239	1.233	1.228	1.222	1.216
0.64	89.6	1.288	1.283	1.278	1.273	1.268	1.262	1.257	1.252	1.247	1.241	1.236	1.230	1.225	1.219	1.214	1.208
0.65	86.2	1.277	1.272	1.267	1.263	1.257	1.252	1.247	1.242	1.237	1.232	1.227	1.222	1.217	1.211	1.206	1.201
0.66	82.9	1.266	1.261	1.257	1.253	1.247	1.243	1.238	1.232	1.228	1.223	1.218	1.213	1.208	1.203	1.198	1.193
0.67	79.7	1.256	1.252	1.247	1.244	1.238	1.233	1.229	1.222	1.219	1.214	1.210	1.205	1.200	1.195	1.190	1.185
0.68	76.6	1.246	1.242	1.237	1.234	1.229	1.224	1.220	1.215	1.211	1.206	1.201	1.196	1.192	1.187	1.183	1.178
0.69	73.6	1.236	1.232	1.227	1.224	1.219	1.215	1.211	1.206	1.202	1.198	1.193	1.189	1.184	1.180	1.175	1.171
0.70	70.6	1.227	1.223	1.219	1.215	1.210	1.206	1.202	1.198	1.194	1.190	1.186	1.182	1.177	1.173	1.168	1.164
0.71	67.8	1.217	1.213	1.210	1.206	1.203	1.200	1.194	1.189	1.185	1.181	1.177	1.173	1.169	1.164	1.160	1.156
0.72	65.0	1.208	1.204	1.201	1.197	1.193	1.189	1.185	1.181	1.177	1.173	1.170	1.166	1.162	1.157	1.153	1.149
0.73	62.3	1.199	1.195	1.192	1.188	1.185	1.181	1.177	1.173	1.170	1.166	1.162	1.158	1.154	1.151	1.147	1.143
0.74	59.7	1.191	1.187	1.183	1.179	1.176	1.173	1.169	1.165	1.162	1.158	1.155	1.151	1.147	1.144	1.140	1.136
0.75	57.2	1.182	1.178	1.175	1.171	1.168	1.164	1.161	1.157	1.154	1.150	1.147	1.143	1.140	1.136	1.133	1.129
0.76	54.7	1.173	1.170	1.167	1.164	1.160	1.157	1.154	1.150	1.147	1.143	1.140	1.137	1.133	1.130	1.126	1.123
0.77	52.3	1.165	1.162	1.159	1.156	1.153	1.149	1.146	1.143	1.140	1.137	1.133	1.130	1.127	1.123	1.120	1.117
0.78	49.9	1.157	1.154	1.151	1.148	1.145	1.142	1.139	1.136	1.133	1.129	1.126	1.123	1.120	1.117	1.114	1.111
0.79	47.6	1.149	1.146	1.143	1.140	1.137	1.135	1.132	1.129	1.126	1.123	1.120	1.117	1.114	1.111	1.108	1.105
0.80	45.4	1.141	1.138	1.136	1.133	1.130	1.127	1.124	1.121	1.119	1.116	1.113	1.110	1.106	1.104	1.101	1.099
0.81	43.2	1.134	1.131	1.128	1.125	1.123	1.120	1.117	1.115	1.112	1.109	1.106	1.103	1.100	1.109	1.095	1.092
0.82	41.1	1.126	1.123	1.121	1.118	1.116	1.113	1.111	1.108	1.105	1.102	1.100	1.097	1.094	1.092	1.089	1.086
0.83	39.0	1.119	1.116	1.113	1.111	1.108	1.105	1.102	1.100	1.097	1.094	1.092	1.089	1.089	1.086	1.084	1.081
0.84	37.0	1.112	1.109	1.107	1.105	1.102	1.099	1.097	1.095	1.092	1.089	1.087	1.085	1.083	1.081	1.079	1.075
0.85	35.0	1.105	1.103	1.101	1.098	1.096	1.093	1.091	1.088	1.086	1.083	1.081	1.079	1.077	1.074	1.071	1.069
0.86	33.0	1.099	1.096	1.094	1.091	1.089	1.087	1.085	1.082	1.080	1.077	1.075	1.073	1.070	1.068	1.065	1.063
0.87	31.1	1.092	1.090	1.088	1.085	1.083	1.080	1.078	1.076	1.074	1.071	1.069	1.067	1.064	1.062	1.059	1.057
0.88	29.3	1.086	1.084	1.082	1.079	1.077	1.074	1.072	1.070	1.068	1.065	1.063	1.061	1.059	1.056	1.054	1.052
0.89	27.5	1.079	1.077	1.075	1.073	1.071	1.068	1.066	1.064	1.062	1.059	1.057	1.055	1.053	1.050	1.048	1.046
0.90	25.7	1.073	1.071	1.069	1.066	1.064	1.062	1.060	1.058	1.056	1.053	1.051	1.049	1.047	1.045	1.043	1.041
0.91	24.0	1.067	1.065	1.063	1.061	1.059	1.056	1.054	1.052	1.050	1.048	1.046	1.044	1.042	1.039	1.037	1.035
0.92	22.3	1.061	1.059	1.057	1.055	1.053	1.051	1.049	1.046	1.044	1.042	1.040	1.038	1.036	1.034	1.032	1.030
0.93	20.7	1.055	1.053	1.051	1.049	1.047	1.045	1.043	1.041	1.039	1.037	1.035	1.033	1.031	1.029	1.027	1.025
0.94	19.0	1.050	1.047	1.045	1.043	1.041	1.039	1.037	1.035	1.033	1.031	1.029	1.027	1.025	1.023	1.021	1.019
0.95	17.4	1.044	1.042	1.040	1.038	1.036	1.034	1.032	1.030	1.028	1.026	1.024	1.022	1.020	1.018	1.016	1.014
0.96	15.9	1.038	1.036	1.034	1.032	1.030	1.028	1.026	1.024	1.023	1.021	1.019	1.017	1.015	1.013	1.011	1.009
0.97	14.4	1.033	1.031	1.029	1.027	1.025	1.023	1.021	1..019	1.017	1.015	1.014	1.012	1.011	1.008	1.006	1.004
0.98	12.9	1.027	1.026	1.024	1.022	1.020	1.018	1.016	1.014	1.012	1.010	1.008	1.006	1.004	1.002	1.001	0.999
0.99	11.4	1.022	1.022	1.018	1.016	1.015	1.013	1.011	1.009	1.007	1.005	1.003	1.001	0.999	0.998	0.996	0.994
1.00	10.0	1.017	1.015	1.013	1.011	1.009	1.007	1.006	1.004	1.002	1.000	0.998	0.996	0.995	0.994	0.992	0.990
1.01	8.6	1.012	1.010	1.008	1.006	1.004	1.002	1.001	0.099	0.997	0.995	0.994	0.992	0.990	0.989	0.987	0.985
1.02	7.2	1.006	1.004	1.002	1.001	0.099	0.997	0.995	0.994	0.992	0.990	0.989	0.987	0.985	0.984	0.982	0.980
1.03	5.9	1.001	1.000	0.099	0.996	0.994	0.992	0.991	0.990	0.988	0.986	0.984	0.982	0.980	0.979	0.977	0.975
1.04	4.6	0.996	0.995	0.993	0.991	0.990	0.988	0.986	0.984	0.983	0.981	0.979	0.977	0.976	0.974	0.973	0.971
1.05	3.3	0.991	0.990	0.988	0.986	0.985	0.983	0.981	0.979	0.977	0.976	0.974	0.972	0.971	0.969	0.968	0.966
1.06	2.0	0.986	0.985	0.984	0.981	0.980	0.978	0.976	0.974	0.972	0.971	0.969	0.968	0.967	0.965	0.963	0.961
1.07	0.7	0.981	0.980	0.978	0.976	0.975	0.973	0.971	0.969	0.968	0.966	0.964	0.963	0.962	0.960	0.959	0.957
1.08	.....	0.976	0.975	0.973	0.971	0.970	0.968	0.966	0.964	0.963	0.961	0.960	0.959	0.958	0.956	0.954	0.952
1.09	.....	0.971	0.970	0.968	0.966	0.965	0.963	0.961	0.960	0.959	0.958	0.956	0.955	0.954	0.953	0.951	0.948
1.10	.....	0.966	0.965	0.963	0.961	0.960	0.958	0.956	0.954	0.953	0.951	0.950	0.949	0.948	0.947	0.946	0.944

جدول **A**۳

ضرایب فلوی گاز در سیستم متریک **(SI)**

Orifice Diameter (mm)	COEFFICIENT FOR PIPE SIZE										
	60.325 mm (2 in.)	88.9 mm (3 in.)	114.3 mm (4 in.)	168.275 mm (6 in.)	219.075 mm (8 in.)	273.05 mm (10 in.)	323.85 mm (12 in.)	408.4 mm (16 in.)	508 mm (20 in.)	609.6 mm (24 in.)	762 mm (30 in.)
10	5.09	5.08	5.07	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
15	11.50	11.40	11.37	11.35	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	20.61	20.33	20.25	20.18	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
25	33.08	32.03	31.79	31.61	31.53	.....	.....	.....	.....	.....	.....
30	49.35	46.80	45.91	45.59	45.47	45.40	.....	.....	.....	.....	.....
35	70.72	64.13	62.89	62.21	61.99	61.87	61.79	.....	.....	.....	.....
40	.....	85.21	84.91	81.45	81.09	80.90	80.77	80.62	.....	.....	.....
45	.....	110.4	105.6	103.4	102.8	102.5	102.4	102.2	.....	.....	.....
50	.....	142.6	132.5	128.2	127.2	126.8	126.5	126.30	126.1	.....	.....
55	.....	177.5	162.0	155.5	154.1	153.5	153.2	152.9	152.7	.....	.....
60	.....	.....	197.9	186.1	183.9	183.0	182.6	182.2	181.8	181.6	.....
65	.....	.....	238.3	219.6	216.1	215.0	214.3	213.8	213.4	213.1	.....
70	.....	.....	284.9	256.5	251.5	249.8	249.0	248.4	247.8	247.4	.....
75	.....	.....	345.4	297.7	289.9	287.4	286.3	285.4	284.7	282.5	282.1
80	.....	.....	.....	340.9	330.6	327.0	325.7	324.6	323.7	323.2	322.8
85	.....	.....	.....	390.8	375.8	371.0	369.0	367.6	366.6	365.6	365.0
90	.....	.....	.....	442.0	422.0	416.0	413.7	411.9	410.7	409.9	409.2
95	.....	.....	.....	502.7	473.6	465.0	461.8	459.5	457.9	457.0	456.2
100	.....	.....	.....	570.9	529.2	517.2	512.8	509.7	507.8	506.7	505.8
110	.....	.....	.....	716.9	651.8	630.5	623.0	618.1	615.2	613.7	612.4
120	.....	.....	.....	.....	789.3	756.1	744.3	737.1	733.1	731.1	729.2
130	.....	.....	.....	.....	950.0	896.9	878.7	867.7	861.9	859.0	856.6
140	.....	.....	.....	.....	1134	1053	1025	1009	1001	997.4	994.3
150	.....	.....	.....	.....	1356	1222	1178	1152	1140	1134	1131
160	.....	.....	.....	.....	.....	1588	1363	1329	1313	1306	1301
170	.....	.....	.....	.....	.....	1654	1562	1511	1486	1477	1470
180	.....	.....	.....	.....	.....	1886	1767	1700	1669	1657	1649
190	.....	.....	.....	.....	.....	2188	2009	1912	1867	1850	1840
200	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2205	2071	2019	1998	1984
210	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2550	2375	2297	2269	2252
220	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2865	2846	2532	2496	2474
230	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3217	2912	2781	2735	2708
240	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3227	3050	2988	2953
250	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3555	3330	3253	3209
260	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3909	3625	3529	3476
280	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4714	4273	4126	4056
300	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	5000	4780	4633
320	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	5820	5500	5331
340	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6750	6291	6052
360	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	7203	6844
380	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	8175	7685
400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	9254	8591
420	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10450	9568
440	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10623
460	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	11729
480	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13018
500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	14276

واحد ***ضریب*** در اندازه گیری متر مکعب بر روز (m^3/d) می باشد.

جدول **B۳**

ضرایب فلوی گاز در سیستم انگلیسی **(Imperial)**

Orifice Diameter (Inches)	COEFFICIENT FOR PIPE SIZE										
	2 in.	**3 in.**	**4 in.**	**6 in.**	**8 in.**	**10 in.**	**12 in.**	**16 in.**	**20 in.**	**24 in.**	**30 in.**
0.25	0.31	0.31	0.30	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0.50	1.21	1.21	1.21	1.20	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0.75	2.76	2.73	2.71	2.71	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.00	5.05	4.88	4.85	4.82	4.81	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.25	8.28	7.73	7.55	7.53	7.52	7.51	.....	.....	.....	.....	.....
1.50	13.0	11.35	11.06	10.91	10.87	10.85	10.83	10.81	.....	.....	.....
1.75	.....	15.92	15.23	14.90	14.82	14.76	14.76	14.73	.....	.....	.....
2.00	.....	21.74	20.21	19.55	19.45	19.34	19.30	19.26	19.23	.....	.....
2.25	.....	29.36	26.16	24.86	24.61	24.51	24.46	24.41	24.36	.....	.....
2.50	.....	.....	33.29	30.91	30.48	30.31	30.24	30.17	30.10	30.06	.....
2.75	.....	.....	41.93	37.73	37.01	36.74	36.64	36.53	36.46	36.40	.....
3.00	.....	.....	52.68	45.40	44.21	43.82	43.66	43.54	43.42	43.35	42.28
3.25	.....	.....	.....	54.02	52.15	51.58	51.34	51.14	51.00	50.92	50.83
3.50	.....	.....	.....	63.72	60.84	59.98	59.64	59.38	59.20	59.09	58.98
3.75	.....	.....	.....	74.66	70.34	69.07	68.59	68.26	68.02	67.87	67.75
4.00	.....	.....	.....	87.07	80.71	78.89	78.26	77.73	77.45	77.28	77.14
4.25	.....	.....	.....	101.2	92.02	89.45	88.51	87.89	87.50	87.31	87.12
4.50	.....	.....	.....	117.6	104.4	100.8	99.49	98.68	98.21	97.94	97.70
4.75	.....	.....	.....	.....	117.9	112.9	111.2	110.1	109.5	109.2	108.9
5.00	.....	.....	.....	.....	132.7	126.0	123.6	122.2	121.5	121.1	120.8
5.50	.....	.....	.....	.....	166.9	154.9	150.9	148.5	147.3	146.7	146.3
6.00	.....	.....	.....	.....	209.0	188.3	181.6	177.6	175.7	174.9	174.3
6.50	.....	.....	.....	.....	.....	226.9	216.0	209.8	206.8	205.6	204.7
7.00	.....	.....	.....	.....	.....	271.8	254.7	245.1	240.6	238.9	237.7
7.50	.....	.....	.....	.....	.....	325.0	298.4	283.9	277.3	274.8	237.3
8.00	.....	.....	.....	.....	.....	.....	348.0	326.6	317.0	313.5	311.3
8.50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	404.3	373.4	359.8	354.9	352.0
9.00	.....	.....	.....	.....	.....	.....	469.6	425.1	405.9	399.1	395.2
9.50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	482.0	455.5	466.3	441.1
10.00	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	545.1	508.9	496.6	489.7
11.00	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	693.6	628.5	607.0	595.2
12.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	768.0	731.6	712.2
13.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	931.6	848.6	841.6
14.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1126	1032	984.3
15.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1214	1141
16.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1422	1314
17.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1663	1505
18.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1717
19.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1951
20.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2211
21.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2503

واحد ***ضریب*** در اندازه گیری ، هزار فوت مکعب بر روز می باشد.

جدول **A**٤

فاکتور دما برای تصحیح **ضریب** فلوی گاز در سیستم متریک (SI)

Temperature ℃	Correction Factor	Temperature ℃	Correction Factor	Temperature ℃	Correction Factor	Temperature ℃	Correction Factor
-5	1.04	25	0.98	55	0.94	125	0.85
-4	1.04	26	0.98	56	0.94	130	0.85
-3	1.04	27	0.98	57	0.93	135	0.84
-2	1.03	28	0.98	58	0.93	140	0.84
-1	1.03	29	0.98	59	0.93	145	0.83
0	1.03	30	0.98	60	0.93	150	0.83
1	1.03	31	0.97	61	0.93	155	0.82
2	1.03	32	0.97	62	0.93	160	0.82
3	1.02	33	0.97	63	0.93	165	0.81
4	1.02	34	0.97	64	0.92	170	0.81
5	1.02	35	0.97	65	0.92	175	0.80
6	1.02	36	0.96	66	0.92	180	0.80
7	1.01	37	0.96	67	0.92	185	0.79
8	1.01	38	0.96	68	0.92	190	0.79
9	1.01	39	0.96	69	0.92	195	0.78
10	1.01	40	0.96	70	0.92	200	0.78
11	1.01	41	0.96	71	0.91	205	0.77
12	1.01	42	0.95	72	0.91	210	0.77
13	1.00	43	0.95	73	0.91	215	0.77
14	1.00	44	0.95	74	0.91	220	0.76
15	1.00	45	0.95	75	0.91	225	0.76
16	1.00	46	0.95	80	0.90	230	0.76
17	1.00	47	0.95	85	0.90	235	0.75
18	1.00	48	0.95	90	0.89	240	0.75
19	0.99	49	0.95	95	0.88	245	0.75
20	0.99	50	0.94	100	0.88	250	0.74
21	0.99	51	0.94	105	0.87	255	0.74
22	0.99	52	0.94	110	0.87	260	0.74
23	0.99	53	0.94	115	0.86	265	0.73
24	0.99	54	0.94	120	0.86	270	0.73

جدول **B**٤

فاکتور دما برای تصحیح **ضریب** فلوی گاز در سیستم انگلیسی (Imperial)

Temperature °C	Correction Factor	Temperature °C	Correction Factor	Temperature °C	Correction Factor	Temperature °C	Correction Factor
1	1.06	31	1.03	61	1.00	91	0.97
2	1.06	32	1.03	62	1.00	92	0.97
3	1.06	33	1.03	63	1.00	93	0.97
4	1.06	34	1.03	64	1.00	94	0.97
5	1.06	35	1.02	65	1.00	95	0.97
6	1.06	36	1.02	66	0.99	96	0.97
7	1.06	37	1.02	67	0.99	97	0.97
8	1.06	38	1.02	68	0.99	98	0.97
9	1.05	39	1.02	69	0.99	99	0.96
10	1.05	40	1.02	70	0.99	100	0.96
11	1.05	41	1.02	71	0.99	105	0.96
12	1.05	42	1.02	72	0.99	110	0.96
13	1.05	43	1.02	73	0.99	115	0.95
14	1.05	44	1.02	74	0.99	120	0.95
15	1.05	45	1.01	75	0.99	125	0.94
16	1.05	46	1.01	76	0.99	130	0.94
17	1.04	47	1.01	77	0.98	135	0.93
18	1.04	48	1.01	78	0.98	140	0.93
19	1.04	49	1.01	79	0.98	145	0.93
20	1.04	50	1.01	80	0.98	150	0.92
21	1.04	51	1.01	81	0.98	155	0.92
22	1.04	52	1.01	82	0.98	160	0.92
23	1.04	53	1.01	83	0.98	165	0.91
24	1.04	54	1.01	84	0.98	170	0.91
25	1.04	55	1.01	85	0.98	175	0.90
26	1.03	56	1.01	86	0.98	180	0.90
27	1.03	57	1.01	87	0.98	190	0.89
28	1.03	58	1.00	88	0.97	200	0.89
29	1.03	59	1.00	89	0.97	250	0.86
30	1.03	60	1.00	90	0.97	300	0.83

جدول ٥

فاکتور چگالی نسبی برای تصحیح **ضریب** فلوی گازها

Gas Relative Density	Correction Factor	Gas Relative Density	Correction Factor	Gas Relative Density	Correction Factor	Gas Relative Density	Correction Factor
0.500	1.4142	0.675	1.2172	0.850	1.0847	1.05	0.9759
0.505	1.4072	0.680	1.2127	0.855	1.0815	1.06	0.9713
0.510	1.4003	0.685	1.2082	0.860	1.0783	1.07	0.9667
0.515	1.3935	0.690	1.2039	0.865	1.0752	1.08	0.9623
0.520	1.3868	0.695	1.1995	0.870	1.0721	1.09	0.9578
0.525	1.3801	0.700	1.1952	0.875	1.0690	1.10	0.9535
0.530	1.3736	0.705	1.1910	0.880	1.0660	1.11	0.9492
0.535	1.3672	0.710	1.1868	0.885	1.0630	1.12	0.9449
0.540	1.3608	0.715	1.1826	0.890	1.0600	1.13	0.9407
0.545	1.3546	0.720	1.1785	0.895	1.0570	1.14	0.9366
0.550	1.3484	0.725	1.1744	0.900	1.0541	1.15	0.9325
0.555	1.3423	0.730	1.1704	0.905	1.0512	1.16	0.9285
0.560	1.3363	0.735	1.1664	0.910	1.0483	1.17	0.9245
0.565	1.3304	0.740	1.1625	0.915	1.0454	1.18	0.9206
0.570	1.3245	0.745	1.1586	0.920	1.0426	1.19	0.9167
0.575	1.3188	0.750	1.1547	0.925	1.0398	1.20	0.9129
0.580	1.3131	0.755	1.1509	0.930	1.0370	1.21	0.9091
0.585	1.3074	0.760	1.1471	0.935	1.0342	1.22	0.9054
0.590	1.3019	0.765	1.1433	0.940	1.0314	1.23	0.9017
0.595	1.2964	0.770	1.1396	0.945	1.0287	1.24	0.8980
0.600	1.2910	0.775	1.1359	0.950	1.0260	1.25	0.8944
0.605	1.2856	0.780	1.1323	0.955	1.0233	1.26	0.8909
0.610	1.2804	0.785	1.1287	0.960	1.0206	1.27	0.8874
0.615	1.2752	0.790	1.1251	0.965	1.0180	1.28	0.8839
0.620	1.2700	0.795	1.1215	0.970	1.0153	1.29	0.8805
0.625	1.2649	0.800	1.1180	0.975	1.0127	1.30	0.8771
0.630	1.2599	0.805	1.1146	0.980	1.0102	1.31	0.8737
0.635	1.2549	0.810	1.1111	0.985	1.0076	1.32	0.8704
0.640	1.2500	0.815	1.1077	0.990	1.0050	1.33	0.8671
0.645	1.2451	0.820	1.1043	0.995	1.0025	1.34	0.8639
0.650	1.2403	0.825	1.1010	1.00	1.0000	1.35	0.8607
0.655	1.2356	0.830	1.0976	1.01	0.9950	1.36	0.8575
0.660	1.2309	0.835	1.0944	1.02	0.9901	1.37	0.8544
0.665	1.2263	0.840	1.0911	1.03	0.9853	1.38	0.8513
0.670	1.2217	0.845	1.0879	1.04	0.9806	1.39	0.8482

جدول **A**٦

فاکتور تراکم پذیری بالا برای تصحیح **ضریب** فلو گاز در سیستم متریک (SI)

Flowing	SUPERCOMPRESSIBILITY FACTOR AT MPA OF FLOWING PRESSURE																			
Temp ℃	0.5 MPa	1.0 MPa	1.5 MPa	2.0 MPa	2.5 MPa	3.0 MPa	3.5 MPa	4.0 MPa	4.5 MPa	5.0 MPa	6.0 MPa	7.0 MPa	8.0 MPa	9.0 MPA	10.0 MPa	11.0 MPa	12.0 MPA	13.0 MPa	14.0 MPa	15.0 MPa
-20	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.80	0.76	0.73	0.69	0.64	0.60	0.58	0.56	0.55	0.56	0.56	0.56
-15	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.68	0.64	0.61	0.60	0.58	0.58	0.58	0.57
-10	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59
-5	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88	0.85	0.82	0.79	0.77	0.75	0.72	0.69	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61
0	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	0.77	0.74	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
5	0.99	0.97	0.95	0.94	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.76	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
10	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.84	082.	0.81	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69
15	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
20	0.99	0.98	0.96	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
25	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.84	0.82	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74
30	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.90	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
35	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76
40	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77
45	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79
50	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81
55	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83
60	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.84
65	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.85	0.85
70	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.88	0.87	0.87	0.86	0.85	0.86
75	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.87	0.87
80	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.87
85	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.88
90	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89
95	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90
100	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90
105	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91
110	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92
115	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92
120	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
125	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93
150	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94

جدول **B**٦

فاکتور تراکم پذیری بالا برای تصحیح **ضریب** فلو گاز در سیستم انگلیسی

(Imperial)

Flowing	SUERCOMPRESSIBILITY FACTOR AT PSI OF FLOWING PRESSURE																			
Temp °F	100 psi	200 psi	300 psi	400 psi	500 psi	600 psi	700 psi	800 psi	900 psi	1000 psi	1100 psi	1200 psi	1300 psi	1400 psi	1500 psi	1600 psi	1700 psi	1800 psi	1900 psi	2000 psi
0	0.98	0.95	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.57	0.56	0.56	0.56	0.57
10	0.98	0.95	0.92	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78	0.76	0.74	0.70	0.67	0.65	0.63	0.61	0.60	0.59	0.59	0.59	0.60
20	0.98	0.95	0.93	0.91	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77	0.76	0.73	0.70	0.67	0.66	0.64	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62
30	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.86	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65
40	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.67
50	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82	0.81	0.80	0.77	0.76	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.69
60	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
70	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.85	0.84	0.83	0.81	0.80	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73
80	0.99	0.96	0.96	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75
90	0.99	0.97	0.96	0.94	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77
100	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79
110	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.86	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80
120	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82
130	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83
140	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.84	0.84
150	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.86	0.85	0.85
160	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.86	0.86
170	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87
180	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
190	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
200	1.00	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
210	1.00	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.91
220	1.00	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90	0.91	0.91
230	1.00	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
240	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92
250	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93
260	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93
270	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93
280	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
290	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
300	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94