INSO
20330
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۳۳۰
چاپ اول
۱۳۹۴

اندازه‌گیری جریان سیال در مجاری بسته – واژگان و نمادها

Measurement of fluid flow in closed conduits -Vocabulary and Symbols

ICS:17.120.10;01.040.17

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد-کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اندازه‌گیری جریان سیال در مجاری بسته – واژگان و نمادها»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
رنجبر، سیدفرامرز (دکترا مهندسی مکانیک)	دانشگاه تبریز
دبیر:	
ترکمن، لیلا (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	ادارهٔ کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسدی، علی‌رضا (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت گاز استان آذربایجان‌شرقی
آذری، بهنام (کارشناس مهندسی مکانیک)	شرکت بازرسی مهندسی آراد پایا کیفیت
بهامین‌فر، آزیتا (کارشناس مهندسی متالورژی)	شرکت صنعت بهامین تبریز
حسن‌لی، مرضیه (کارشناس‌ارشد ابزار دقیق)	شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی
حسینی‌نسب، سیدعلی‌رضا (دکتری مهندسی شیمی)	شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران
حنیفی‌نسب، محمدباقر (کارشناس مهندسی مکانیک)	ادارهٔ کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
صاحب‌قرانی، نبی (کارشناسی‌ارشد ابزار دقیق)	شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌شرقی
طسوجی‌آذر، رضا (دکتری مهندسی مکانیک)	شرکت نفت و گاز پارس عسلویه

فلاح، هادی (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت سهند انرژی
فولادپنجه، اکبر (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	ادارۀ کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
قهرمانی، بهروز (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت گاز استان آذربایجان‌شرقی
گیسویی، مجید (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی
نجف‌زاده، حمید (دکتری شهرسازی)	شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی
نجفی بناب، یونس (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت گاز استان آذربایجان‌شرقی

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
مقدمه		و
پیش گفتار		ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	نمادها	۱
۳	پایین‌نویس‌ها	۴
۴	نمادهای عمومی در مکانیک سیالات	۴
۵	عدم قطعیت‌ها	۸
۶	نمادهای عمومی مربوط به دستگاه‌ها	۱۴
۷	دستگاه‌های اختلاف فشار	۱۶
۸	اندازه‌گیری جریان بحرانی	۲۲
۹	روش‌های سطح سرعت	۲۳
۱۰	روش‌های ردیابی	۲۵
۱۱	روش‌های الکترومغناطیس	۲۶
۱۲	روش‌های وزنی و حجمی	۲۷
۱۳	روش‌های ناپایداری	۳۲
۱۴	روش‌های سطح متغیر	۳۴
۱۵	روش‌های فراصوت	۳۹
۱۶	سایر روش‌ها	۴۲
۱۷	سنجه‌ها (روش‌های اندازه‌گیری حجم سیال)	۴۴
پیوست الف (اطلاعاتی) کتاب‌نامه		۴۸
پیوست ب (اطلاعاتی) ضمیمه الفبایی		۴۹

مقدمه

در تدوین این استاندارد اصول زیر در حد امکان رعایت شده‌اند:

- استانداردسازی اصطلاحات و نمادهای مناسب بدون حفظ نمادهای نامناسب صرفا به دلیل این‌که در گذشته استفاده شده‌اند.
- اجتناب از هر نمادی که با معنی متفاوت در کشورهای مختلف، یا توسط مردم مختلف، یا حتی توسط همان مردم در زمان‌های مختلف، به‌کار می‌رود و جایگزین کردن آن با یک عبارت یا نمادی که یک معنی غیرمبهم دارد.

پیش‌گفتار

استاندارد «اندازه‌گیری جریان سیال در مجاری بسته – واژگان و نمادها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و هشتاد و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۴/۱۲/۱۳ مورد تصویب قرار گرفت است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران درمواقع لزوم تجدیدنظرخواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی تدوین مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیراست:

ISO 4006:1991, Measurement of fluid flow in closed conduits -Vocabulary and Symbols

اندازه‌گیری جریان سیال در مجاری بسته – واژگان و نمادها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه واژگان و نمادهای مورد استفاده در اندازه‌گیری جریان سیال در مجاری بسته است.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد ندارد:

الف- نمادهایی که بدیهی هستند؛

ب- نمادهایی که به طور ویژه در این زمینه کاربرد ندارند، مخصوصاً آن‌هایی که به جریان در کانال‌های باز طور ویژه ارجاع دارند (به استاندارد ISO 772 مراجعه کنید)؛

پ- نمادهای مربوط به روش‌های ویژهٔ اندازه‌گیری که نمی‌توانند استانداردسازی شوند.

۲ نمادها

شماره بند	کمیت	نماد	ابعاد	یکای SI متناظر
۴-۱۰	مساحت سطح مقطع مجرا، برای شرایط عملیاتی	A	L^2	m^2
۳-۱۰	غلظت ردیاب	C	ML^{-3}	kg/m^3
۱۷-۷	ضریب تخلیه	C	[۴]	
۲-۸	تابع جریان بحرانی	C_*	[۴]	
۳-۸	ضریب جریان بحرانی گاز حقیقی	C_r	[۴]	
۱۶-۴	سرعت صوت	c	LT^{-1}	m/s
۳۱-۴	ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت	c_p	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	J/kg.K
۳۱-۴	ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت	c_v	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	J/kg.K
۱۶-۷	قطر، بسته به شرایط عملیاتی، برای مجرا با سطح مقطع دایروی - برای اندازه‌گیری بالادست مجرای یک صفحهٔ اریفیس یا شیپوره - برای سیلندر ورودی یک لولهٔ ونتوری کلاسیک	D	L	m
۹-۴	قطر هیدرولیکی	D_h	L	m
۱۶-۷	قطر اریفیس یا گلویی اولیه	d	L	m
۱۷-۷	المان، برای شرایط عملیاتی یا قطر لولهٔ پیتو			
۱۶-۷	سرعت فاکتور رویکرد عدم قطعیت نسبی عدم قطعیت مطلق	E E e	[۴] [۴] [۴]	

شماره بند	کمیت	نماد	ابعاد	یکای SI متناظر
۴-۱۷	بسامد شتاب جاذبه	f g	T^{-1} LT^{-2}	s^{-1} m/s^2
۴-۱۹	زبری یکنواخت معادل	k	L	m
۴-۱۵	طول	l	L	m
۴-۳۳	جرم مولی سیال	M	M	Kg/mol
۵-۹	میانگین جمعیت	m	۵)	
۴-۱۶	عدد ماخ	Ma	۴)	
۵-۹	اندازهٔ جمعیت	N	۴)	
۴-۱۰	نسبت رقیق‌سازی [آهنگ]	N	۴)	
۵-۵-۱	اندازهٔ نمونه	n	۴)	
۴-۱۱-۱	فشار استاتیک مطلق سیال	p	$ML^{-1}T^{-}_{2}$	Pa
۴-۲۰	افت فشار	Δp	$ML^{-1}T^{-}_{2}$	Pa
۴-۱-۱	دبی جرمی جریان	$q_{m,(q)}$	MT^{-1}	kg/s
۴-۱-۲	دبی حجمی جریان	$q_{v,(q)}$	L^3T^{-1}	m^3/s
۴-۳۳	ثابت مولی گاز شعاع	R R	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}$ L	J/(mol.K) m
۵-۲	نتیجه آزمون	R	۴)	
۴-۱۸	انحراف میانگین حسابی پروفیل (زبری)	R_a	L	m
۴-۹	شعاع هیدرولیکی	R_h	L	m
۴-۱۵	عدد رینولدز - مربوط به D - مربوط به d	 Re_D Re_d	۴)	
۴-۱۷	عدد اشتروهال	Sr	۴)	
۵-۹	انحراف استاندارد آزمایشی	s	۵)	
۵-۲۲	خطای استاندارد تخمینی دمای مطلق سیال	s_R T	۵) Θ	K
۵-۲۵	توزیع t استیودنت (student)	t	۴)	
۵-۲۶	عدم قطعیت	U	۴)	
۴-۷	سرعت میانگین محوری سیال	U	LT^{-1}	m/s
۵-۲۶-۱	عدم قطعیت تصادفی	U_r	۴)	
۵-۲۶-۲	عدم قطعیت سیستمی	U_s	۴)	
۲ شکل	حدود بالا و پایین یک عدم قطعیت غیرمتقارن	U^+,U^-	۴)	
۴-۲۱	سرعت اصطکاک	u^*	LT^{-1}	m/s

شماره بند	کمیت	نماد	بعد	یکای SI متناظر
۴-۱۷	سرعت موضعی سیال	v	LT^{-1}	m/s
۴-۸	سرعت (نسبی) بی‌بعد	v^*	۴)	
	مولفهٔ محوری سرعت موضعی	v_x	LT^{-1}	m/s
۵-۱۱	وزن اندازه‌گیری	w_i	۴)	
۷-۱۵	نسبت اکوستیک	X	۴)	
۷-۱۳	نسبت اختلاف فشار	x	۴)	
۵-۱	مقدار متوسط (متغیر x)	$\bar{x}$	۴)	
۵-۱۱-۱	میانگین وزنی حسابی؛ متوسط وزنی	$\bar{x}_w$	۴)	
۹-۱	شاخص عدم تقارن	Y	۴)	
	فاصلهٔ نقطهٔ اندازه‌گیری تا دیواره	y	L	m
	فاصلهٔ بی‌بعد نقطهٔ اندازه‌گیری تا دیواره	y^*	۴)	
۴-۳۳	فاکتور تراکم‌پذیری	Z	۴)	
۷-۱۸	ضریب جریان	α	۴)	
۴-۱۰	ضریب انرژی جنبشی	α	۴)	
۷-۴	نسبت قطر	β	۴)	
۴-۳۱	نسبت ظرفیت‌های گرمایی ویژه	γ	۴)	
۷-۱۹	فاکتور انبساط‌پذیری (انبساط)	ε	۴)	
	دمای سیال، برحسب درجه سلسیوس	θ	Θ	°C
۴-۶	زاویهٔ بین بردار سرعت موضعی و محور مجرا	θ		rad
۵-۲	ضریب (تأثیر) حساسیت	θ_x	۴)	
۴-۳۲	نمای ایزونتروپیک	κ	۴)	
۴-۲۰	ضریب افت هد کلی	λ	۴)	
	گرانروی دینامیکی سیال	μ (یا η)	$ML^{-1}T^{-}_{1}$	Pa.s
۴-۱۵	گرانروی سینماتیکی سیال	ν	L^2T^{-1}	m^2/s
۵-۷	تعداد درجه آزادی	ν	۴)	
۴-۳۲	چگالی سیال	ρ	ML^{-3}	kg/m^3
۷-۱۴	نسبت فشار	τ	۴)	
۴-۲۱	تنش برشی دیواره	τ_0	$ML^{-1}T^{-}_{2}$	Pa
	دهانهٔ واگرایی	φ		rad
	زاویهٔ بین بردار سرعت موضعی و محور دستگاه اندازه‌گیری	φ		rad

۱) نمادهای نشان داده شده در پرانتز غیرترجیحی هستند.

۲) جرم = M ، طول = L ، زمان = T ، دما = Θ.

۳) غلظت نیز می‌تواند به عنوان یک کمیت بدون‌بعد بیان شود.

۴) کمیت بدون‌بعد.

۵) ابعاد این پارامتر، ابعاد کمیتی است که آن را گزارش می‌کند.

۳ پایین‌نویس‌ها

معنی	نماد
بالادست	1
پایین‌دست	2
مؤثر	e
بیشینه	max
کمینه	min
اسمی	n
باقی مانده	R
تصادفی	r
در انتروپی ثابت	S
سیستمی	s
گذار	t

۴ نمادهای عمومی در مکانیک سیالات

۴-۱ آهنگ جریان: خارج قسمت کمیت سیال عبوری از سطح مقطع یک مجرا بر زمان طی شده است.

۴-۱-۱ آهنگ جرمی جریان، q_{m}: آهنگ جریان در حالتی که مقدار سیال به صورت جرمی بیان می‌شود.

۴-۱-۲ آهنگ حجمی جریان، q_{v}: آهنگ جریان در حالتی که مقدار سیال به صورت حجمی بیان می‌شود.

۴-۲ آهنگ متوسط جریان: مقدار متوسط آهنگ جریان در یک دورهٔ زمانی می‌باشد.

۴-۳ توزیع سرعت: الگوی بردارهای محوری سرعت‌های موضعی سیال در سطح مقطع یک مجراست.

۴-۳-۱ توزیع سرعت کاملاً توسعه یافته: توزیع سرعتی که، از سطح مقطع یک جریان سیال به سطح مقطع دیگر تغییر نمی‌کند. این اتفاق معمولاً در انتهای یک طول به اندازهٔ کافی بلند و مستقیمِ مجرا روی می‌دهد.

۴-۳-۲ توزیع سرعت منظم: توزیع سرعت‌هایی که به اندازهٔ کافی به توزیع سرعت کاملاً توسعه‌یافته نزدیک می‌شود تا امکان اندازه‌گیری دقیق آهنگ جریان را فراهم کند.

۴-۴ پروفیل جریان: نمایش گرافیکی توزیع سرعت است.

۴-۵ جریان چرخشی: جریانی که دارای مولفه‌های محیطی و محوری سرعت است.

۴-۶ زاویه چرخش، θ: زاویه بین بردار سرعت موضعی در یک نقطه مشخصِ سطح مقطع و محور مجرا. زاویهٔ چرخش در امتداد سطح مقطع تغییر می‌کند.

۴-۷ سرعت متوسط محوری سیال، U: نسبت آهنگ حجمی جریان (انتگرال روی سطح مقطع مجرای مولفه‌های محوریِ سرعت موضعی سیال) بر مساحت سطح مقطع اندازه‌گیری.

۴-۸ سرعت (نسبی) بی‌بعد، v^*: نسبت سرعت جریان در یک نقطه داده شده بر سرعت مرجع اندازه‌گیری شده در همان موقع که ممکن است سرعت در یک نقطهٔ خاص (برای مثال سرعت خط مرکزی) یا سرعت متوسط محوری سیال باشد.

۴-۹ قطر هیدرولیکی، D_h: چهار برابر خارج قسمت مساحت سطح مقطع ترشده بر محیط ترشده.

یادآوری۱- برای یک مجرا با سطح مقطع دایره که جریان به صورت کامل در آن جاری است، قطر هیدرولیکی برابر است با قطر داخلی مجرا.

یادآوری۲- شعاع هیدرولیکی،Rh، نیز استفاده می‌شود؛ مقدار آن برابر است با خارج قسمت مساحت سطح مقطع ترشده بر محیط ترشده ($D_h = 4R_h$).

۴-۱۰ ضریب انرژی جنبشی، α: این ضریب با فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha = \frac{1}{A}\iint_A \left(\frac{v}{U}\right)^3 dA$$

که در آن:

dA یک المان مساحت سطح مقطع؛

A مساحت سطح مقطع جریان؛

(در بسیاری از نصب‌های عملی، α به طور تقریبی بین ۱ و ۱٫۲ تغییر می‌کند)

۴-۱۱ فشار استاتیک: فشاری که توسط یک ناظر نقطه‌ای متحرک با یک جزء سیال اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۱۱-۱ فشار استاتیک مطلق سیال، p: فشار استاتیکی اندازه‌گیری‌شدهٔ سیال نسبت به یک خلأ کامل.

۴-۱۱-۲ فشار سنجه: اختلاف بین فشار استاتیکی مطلقِ سیال و فشار اتمسفری در مکان و زمانِ اندازه‌گیری.

۴-۱۲ فشار دینامیکی

۴-۱۲-۱ فشار دینامیکی المان سیال: برای یک خط جریان، افزایش فشار تا بالای فشار استاتیک که از تغییر ایزونتروپیک کاملِ انرژی جنبشیِ سیال به انرژی فشاری نتیجه می‌شود. اگر سیال غیرقابل تراکم باشد، مقدارش برابر با $\frac{1}{2}\rho v^2$ است.

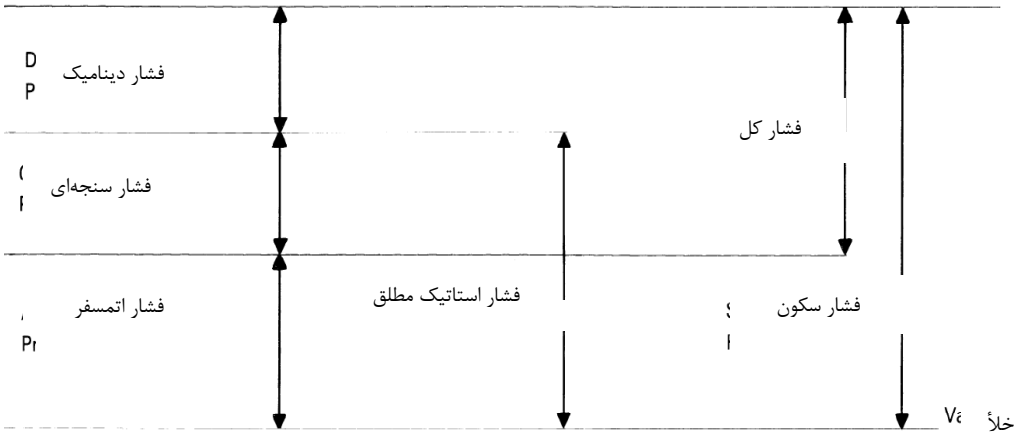
۴-۱۲-۲ فشار دینامیکی متوسط در یک سطح مقطع: نسبت توان سیال عبوری از سطح مقطع به شکل انرژی جنبشی بر آهنگ جریان حجمی. اگر سیال غیرقابل تراکم باشد، این فشار می‌تواند به صورت $\alpha \times \frac{1}{2}\rho U^2$ بیان شود

۴-۱۳ فشار کل: مجموع فشار سنجه و فشار دینامیکی.

یادآوری- برای یک المان سیال در حال سکون، فشار سنجه و فشار کل مقدار عددی یکسانی دارند.

۴-۱۴ فشار سکون: فشاری که بیانگر انرژی یک سیال است، هنگامی که انرژی جنبشی آن به طور کامل به انرژی فشاری تبدیل می‌شود. مقدار آن برابر با مجموع فشار استاتیک مطلق و فشار دینامیکی است.

یادآوری- در المان سیال در حال سکون، فشار استاتیک مطلق و فشار سکون عددی یکسانی دارند.



شکل ۱ - دیاگرام نشان‌گر نمادهای مربوط به فشار

۱۵-۴ عدد رینولدز، Re: پارامتر بی‌بعد بیانگر نسبت بین نیروهای اینرسی و ویسکوز است و با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\mathrm{Re} = \frac{Ul}{\nu}$$

که در آن:

U سرعت متوسط محوری سیال در سطح معین؛

l بُعد مشخصه سیستم در جهت جریان؛

ν گرانروی جنبشی سیال است.

یادآوری- هنگام تعیین یک عدد رینولدز،بهتر است بُعد مشخصه بر روی بعد معینی مبنا قرار داده شود (برای مثال، قطر مجرا، قطر اریفیس یک ابزار سنجش اختلاف فشار، قطر لولهٔ پیتو و غیره).

۱۶-۴ عدد ماخ، Ma: نسبت سرعت میانگین محوری سیال بر سرعت صوت در سیال در دما و فشار معین است. این عدد با فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$Ma = \frac{U}{c}$$

۱۷-۴ عدد اشتروهال، Sr: پارامتر بی‌بعد مربوط به بسامد f ریزش گردابه که توسط بدنه‌ای دارای بُعد مشخصهٔ l با سرعت جریان v تولید می‌شود. این عدد با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$Sr = \frac{fl}{v}$$

۱۸-۴ انحراف میانگین حسابیِ پروفیل (زبری)، Ra: میانگین حسابی مقادیر مطلق پروفیل در طول نمونه حرکت می‌کنند. این عبارت بُعد طول را دارد.

۱۹-۴ زبری یکنواخت معادل، k: قطر ذرات کرویِ کنار هم قرار گرفته در سطح داخلی یک مجرا که همان افت فشار را به ازاء هر واحد طول به عنوان سطح واقعی یک مجرای قطر معادل می‌دهد.

۴-۲۰ ضریب افت هد کلی، λ: نسبت افت فشار جریان، در امتداد طولی از مجرا برابر با قطر هیدرولیکی، بر فشار دینامیکی محاسبه شده از سرعت میانگین محوری سیال می‌باشد. این عدد با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\Delta p = \lambda \frac{1}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho U^2$$

۴-۲۱ سرعت اصطکاکی، u^*: ریشه دوم خارج قسمت تنش برشی دیواره τ_0 بر چگالی سیال عبوری؛ یعنی

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = U \sqrt{\frac{\lambda}{8}}$$

۴-۲۲ جریان پایا: جریانی که در آن پارامترهایی نظیر سرعت، فشار، چگالی و دما، به حدی که درستی لازم برای اندازه‌گیری را تحت تأثیر قرار دهند، با زمان تغییر نمی‌کنند.

یادآوری- جریان‌های پایای مشاهده شده در مجراها در عمل، جریان‌هایی هستند که این پارامترها با زمان نسبت به مقادیر متوسط مستقل از زمان تغییر می‌کنند؛ این جریان‌ها در عمل "جریان‌های متوسط پایا" می‌باشند.

۴-۲۳ جریان نوسانی با آهنگ متوسط ثابت: جریانی که آهنگ آن در بخش اندازه‌گیری تابعی از زمان است اما مقدار متوسط ثابتی دارد هنگامی که دوره زمانی به حد کافی بلندمدت است.

یادآوری- دو نوع جریان نوسانی یافت می‌شوند، یعنی:

- جریان نوسانی دوره‌ای؛
- جریان نوسانی تصادفی.

۴-۲۴ جریان ناپایا: جریانی که ممکن است آرام یا متلاطم باشد که در آن پارامترهایی نظیر سرعت، فشار، چگالی و دما با زمان تغییر می‌کنند.

یادآوری- فاصله زمانی در نظر گرفته شده باید به قدر کافی بزرگ باشد تا مولفه‌های تصادفی جریان متلاطم، بتوانند نادیده فرض شوند.

۴-۲۵ جریان آرام: جریان تحت شرایطی که نیروهای لزجی غالب بر نیروهای اینرسی هستند.

یادآوری- جریان آرام ممکن است ناپایا اما به طور کامل عاری از اختلاط متلاطم باشد. جریان پوازی[1] مثالی از جریان پایای آرام در مجرای دایروی است.

۴-۲۶ جریان متلاطم: جریان تحت شرایطی که نیروهای اینرسی در مقایسه با نیروهای لزجی غالب هستند.

یادآوری- جریان متلاطم جریانی است که نوسانات زمانی و مکانی سرعت بر سرعت متوسط افزوده می‌شوند.

۴-۲۷ جریان کاملاً متلاطم زبر: جریان در یک مجرا با زبری نسبی هنگامی اتفاق می‌افتد که ضریب عمومی افت هد λ مستقل از عدد رینولدز Re باشد.

۴-۲۸ جریان گذار: جریانی بین جریان آرام و جریان متلاطم است.

یادآوری- به عنوان راهنمایی، عدد رینولدز برای جریان گذار سیال نیوتنی، مربوط به قطر مجراست، که معمولاً حد پایین آن ۲۰۰۰ و حد بالا بین ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ است که حد بالا به زبری و سایر عوامل بستگی دارد.

1 - Poiseuille

۴-۲۹ اثرکواندا[1]: این اثر هنگامی اتفاق می‌افتد که جت سیال به سطح جامد مجاور می‌چسبد.

۴-۳۰ اثر داپلر[2]: تغییر آشکار در بسامد انتشار ناشی از حرکت نسبی بین منبع اولیه و ثانویه و ناظر است.

۴-۳۱ نسبت ظرفیت‌های گرمایی ویژه، γ: نسبت ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت بر ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت است:

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V}$$

در حالت کلی این نسبت، زمانی که دما و/یا فشار گاز تغییر می‌کند، دچار تغییر می‌شود.

۴-۳۲ نمای ایزونتروپیک، κ: نسبت تغییر نسبی در فشار بر تغییر نسبی متناظر در چگالی تحت شرایط تغییر آدیاباتیک برگشت‌پذیر(ایزونتروپیک):

$$\kappa = \frac{\rho}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_S$$

برای گاز ایده‌آل، نمای ایزونتروپیک برابر است با نسبت ظرفیت‌های گرمایی ویژه، این نسبت در فاصله انتگرال‌گیری انتخاب شده به صورت ثابت در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری- اندیس S به معنی " آنتروپی ثابت" می‌باشد.

۴-۳۳ فاکتور تراکم‌پذیری، Z: فاکتور تصحیح به صورت عددی بیانگر انحراف از قانون گاز ایده‌آل درباره رفتار یک گاز واقعی در شرایط فشار و دمای معین است. این فاکتور با فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$Z = \frac{pM}{\rho R T}$$

که R، ثابت مولی گاز، برابر با ۸٫۳۱۴۳ J/(mol.K) است.

۵ عدم قطعیت‌ها

تعریف‌های ارائه شده در این بند براساس تعریف‌هایی از استانداردهای آماری است اما هنگام لزوم تعریف‌های آماری خیلی دقیق‌تر از نقطه‌نظر تفسیر عملی این تعاریف ارائه نمی‌شود. در هیچ حالتی تعاریف داده‌شده منجر به خطاهایی در فرمول به کار برده شده نمی‌شود. برای آگاهی از جزئیات بیشتر به استاندارد ISO 3534 و لغات اساسی و نمادهای عمومی در استانداردهای اندازه‌شناسی (BIPM/IEC/ISO/OIML) مراجعه کنید.

۵-۱ مقدار متوسط، $\bar{x}$: میانگین حسابی n خوانش کمیت x مقدار متوسط $\bar{x}$ با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

۵-۲ ضریب [تأثیر] حساسیت، θx: نسبت تغییر در نتیجهٔ R بر تغییر در پارامتر ورودی x:

1 - Coanda
2 - Doppler

$$\theta_x = \frac{\Delta R}{\Delta x}$$

در صورت استفاده از عبارت‌های نسبی، این رابطه تبدیل می‌شود به:

$$\theta'_x = \frac{\Delta R}{R} \Big/ \frac{\Delta x}{x}$$

۵-۳ توزیع بسامد: رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ یک متغیر و بسامدهای وقوع آن می‌باشد.

۵-۴ جمعیت: کلیه مواردِ در نظر گرفته شده است.

۵-۵ نمونه: یک یا چند مورد برداشته شده از جمعیت و به منظور فراهم‌کردن اطلاعات روی جمعیت و احتمالاً برای تأمین اساسی برای تصمیم‌گیری روی جمعیت یا فرایندی است که آن را تولید می‌کند.

۵-۵-۱ اندازهٔ نمونه، n: تعداد مواردی که باید حاوی نمونه باشند.

۵-۶ مقدار حقیقی: مقداری که مشخصات یک کمیت در شرایطی که وجود دارد به طور کامل تعریف‌شده، در شرایطی که کمیت در نظر گرفته شده است.

مقدار ایده‌آل مقداری است که تنها اگر تمام عوامل خطای اندازه‌گیری حذف شوند بتواند به دست آید.

۵-۷ تعداد درجات آزادی، ν:در حالت کلی، تعداد مشاهدات منهای تعداد پارامترهاست.

یادآوری- برای مثال، انحراف استاندارد (n-1) درجه آزادی دارد، زیرا برای تخمین میانگین، استفاده از یک درجه آزادی ضروری است.

۵-۸ انحراف: اختلاف بین مقدار یک کمیت با مقدار مرجع یا استاندارد است.

یادآوری- به ویژه در آمار، مقدار مرجع اغلب میانگین حسابیِ مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌هاست.

۵-۹ انحراف استاندارد آزمایشگاهی، s: برای n اندازه‌گیریِ همان اندازه‌ده[1]، توصیف پارامتر پراکندگی نتایج از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

که در آن:

x_i نتایج اندازه‌گیری iام می‌باشد؛

$\bar{x}$ میانگین حسابی n نتیجهٔ مورد نظر است.

یادآوری ۱- انحراف استاندارد آزمایشگاهی نباید با انحراف استاندارد جمعیت σ مربوط به جمعیت با اندازه N و میانگین m، که با فرمول زیر ارائه می‌شود، اشتباه شود:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - m)^2}{N}}$$

یادآوری۲- اگر n اندازه‌گیری به عنوان نمونه‌ای از یک جمعیت در نظر گرفته شود، s تخمینی از انحراف استاندارد جمعیت است.

1 - Measurand

۵-۹-۱ انحراف استاندارد آزمایشگاهی میانگین، $s(\bar{x})$: تخمین انحراف استاندارد میانگین حسابی $\bar{x}$ نسبت به میانگین m مربوط به جمعیت کل می‌باشد. این مقدار با فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

۵-۹-۲ انحراف استاندارد باقی‌مانده، s_R

به بند ۵-۲۲، خطای استاندارد تخمینی رجوع کنید.

۵-۱۰ واریانس آزمایشگاهی، s^2: اندازه‌گیری پخش یا نشر یک توزیع است. این مقدار با محاسبه مجموع مربعات انحرافات اندازه‌گیری‌ها حول مقدار میانگین، تقسیم بر تعداد درجات آزادی تخمین زده می‌شود:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - x)^2}{n-1}$$

۵-۱۰-۱ واریانس باقی‌مانده، s_R^2: مربع انحراف استاندارد باقی مانده می‌باشد.

۵-۱۱ وزن اندازه‌گیری، w_i: عددی که درجه اطمینان را در نتیجه اندازه‌گیری یک کمیت معین در مقایسه با نتیجه اندازه‌گیری دیگر همان کمیت بیان می‌کند.

۵-۱۱-۱ متوسط وزنی حسابی، $\bar{x}_w$: متوسط وزنی، $\bar{x}_w$: مجموع حاصل‌ضرب‌های هر مقدار در وزن اندازه‌گیری آن (که می‌تواند مثبت یا صفر باشد) تقسیم بر مجموع وزن‌های اندازه‌گیری است که از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

۵-۱۲ کالیبراسیون: مجموعه عملیاتی که تحت شرایط مشخص، ارتباطی بین مقادیر نشان داده‌شده توسط وسیلهٔ اندازه‌گیری و مقادیر مشخص متناظرِ به‌دست‌آمده، با استفاده از استاندارد اندازه‌گیری مناسب برای آهنگ‌های اندازه‌گیری‌شده جریان ایجاد می‌کند.

۵-۱۲-۱ سلسله‌مراتب کالیبراسیون

۵-۱۲-۱-۱ قابلیت ردیابی: ویژگی یک نتیجه اندازه‌گیری که وسیله می‌تواند به استانداردهای مناسب بین‌المللی یا ملی، از طریق یک زنجیرهٔ متوالی مقایسه‌ها، ارتباط یابد.

۵-۱۳ توزیع نرمال؛ توزیع لاپلاس-گاوس: توزیع احتمال یک متغیر تصادفی پیوسته x به طوری که چگالی احتمال به صورت زیر می‌باشد:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2\right]$$

یادآوری- m میانگین حسابی و σ انحراف استاندارد توزیع نرمال می‌باشد.

۵-۱۴ روش حداقل مربعات: تکنیک مورد استفاده برای محاسبه ضرایب معادله هنگامی که یک شکل مشخص معادله برای برازش یک منحنی با داده انتخاب می‌شود. اصل روش حداقل مربعات، کمینه‌سازی مجموع مربعات انحرافات اطلاعات از منحنی است.

۵-۱۵ رگرسیون: فرایند تعیین وابستگی یک متغیر به یک یا چند متغیر دیگر است. رگرسیون رویه‌ای است برای تعیین ثابت‌های مجهول یک مدل پیشنهادی به شکلی که پیشگویی‌ها از مدل به طریقی حدالامکان نزدیک به اطلاعات باشند. اغلب "حدالامکان نزدیک"چنین معنی می‌شود که مجموع مربعات انحرافات کمینه باشد. بسیاری از برنامه‌های کامپیوتری در دسترس که برای برازش منحنی مناسب هستند، در عنوان خود، عبارت "رگرسیون" را دارند. برای اهداف این استاندارد، رگرسیون و حداقل مربعات ممکن است به عنوان مترادف در نظر گرفته شود.

۵-۱۶ خطای (مطلق) اندازه‌گیری: نتیجه یک اندازه‌گیری منهای مقدار حقیقی (مرسوم) اندازه‌ده

یادآوری۱- عبارت به طور معادل مربوط می‌شود به:

- شاخص،
- نتیجه نادرست،
- نتیجه درست.

یادآوری۲- قسمت‌های مشخص خطای اندازه‌گیری می‌توانند با به کارگیری تصحیحات مناسب جبران شوند. خطای نتیجه درست فقط می‌تواند با عدم قطعیت مشخص شود.

یادآوری۳- "خطای مطلق"، که دارای نشانه هستند ، نباید با "مقدار مطلق خطا" که مدول خطا است، اشتباه نشود.

۵-۱۷ داده‌های پرت[1]: مقدار مشاهده‌شده که با بقیهٔ مجموعه اطلاعات متناقض است.

۵-۱۸ خطاهای کاذب: خطاهایی که یک اندازه‌گیری را باطل می‌کنند. آن‌ها معمولاً یک علت منفرد دارند مثل ثبت ناصحیح یک یا چند رقم مهم یا بد کار کردن تجهیزات.

۵-۱۹ خطای تصادفی: مولفه‌های خطای اندازه‌گیری که، در طی تعداد اندازه‌گیری‌های همان مؤلفه اندازه‌گیری، به شکلی غیرقابل پیش‌بینی تغییر می‌کنند.

یادآوری - تصحیح خطای تصادفی غیرممکن است.

۵-۲۰ خطای سیستمی: مولفه‌های خطای اندازه‌گیری که در طی چند اندازه‌گیری همان مؤلفه، ثابت باقی می‌ماند یا به شکل قابل پیش‌بینی تغییر می‌کند.

یادآوری ۱- خطاهای سیستمی و علت‌های آن ممکن است شناخته یا ناشناخته باشند.

یادآوری ۲- بخش شناخته‌شده یک خطای سیستمی نباید مشمول بودجه عدم قطعیت برای وسیلهٔ مورد کالیبراسیون باشد (بهتر است، به عنوان یک خطای اریبی، قبلاً کم شود).

1 - Outlier

۵-۲۱ خطای المنتال: خطای تصادفی یا سیستمی مرتبط با یک منبع یا فرایند تکی در زنجیره منابع یا فرایندها.

۵-۲۲ خطای تخمینی استاندارد، S_R: اندازه‌گیری پراکندگی متغیر وابسته (خروجی) حول خط حداقل مربعات به دست‌آمده با برازش منحنی یا آنالیز رگرسیون. برای یک منحنی مبتنی بر n نقاط داده‌ای[1] و در معادلاتی که ضریب k دارند، خطای تخمینی استاندارد به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}}$$

یادآوری ۱- این معادله شبیه بیان انحراف استاندارد است با این تفاوت که مقدار برازش منحنی $\hat{y}_i$ جایگزین مقدار متوسط $\bar{y}$ و k جایگزین ۱ می‌شود.

یادآوری ۲- این بند اغلب به "انحراف استاندارد باقی مانده" ارجاع داده می‌شود.

۵-۲۳ حدود اطمینان: حدود بالا و پایین در محدوده‌ای که مقدار مورد انتظار حقیقی با احتمال معین و فرض خطای سیستمی قابل چشم‌پوشی واقع شود.

۵-۲۴ سطح اطمینان: احتمال این که مقدار حقیقی، با فرض خطای سیستمی کم بین حدود معین واقع شود. این امر معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود، مثلاً ٪۹۵.

۵-۲۵ توزیع t استیودنت[2]: توزیع انحراف مقادیر متوسط نمونه از متوسط جمعیت بیان‌شده به صورت بخشی از انحراف استاندارد نمونه (نمونه‌ها از توزیع نرمال گرفته شده‌اند). این روش برای تنظیم حدود اطمینان متوسط جمعیت به کار برده می‌شود، به ویژه در حالاتی که مقدار متوسط از نمونه‌های کوچک تخمین زده می‌شود. مقدار t از جداول درجات آزادی و سطح اطمینان به دست می‌آید.

$$t = \frac{\bar{x} - m}{s/\sqrt{n}}$$

که m میانگین جمعیت است.

مثال:

$(U_r)_{95} = t_{95}s$

که در آن:

$(U_r)_{95}$ عدم قطعیت تصادفی در سطح اطمینان ٪۹۵ می‌باشد؛

t_{95} مقدار مناسب t استیودنت است.

۵-۲۶ عدم قطعیت، U( ): مشخص‌کردن تخمینی گستره مقادیر در محدوده‌ای که مقدار حقیقی اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۱- نماد e گاهی به جای U برای نشان دادن عدم قطعیت به کار می‌رود.

1 - Data point
2 - Student's t distribution

یادآوری ۲- عدم قطعیت اندازه‌گیری، در حالت کلی، مولفه‌های بسیاری را دربردارد. برخی از این مولفه‌ها مجاز هستند براساس توزیع آماری نتایج سری اندازه‌گیری‌ها تخمین زده شوند و می‌توانند با انحراف استانداردهای آزمایشگاهی توصیف شوند. تخمین سایر مولفه‌ها فقط می‌توانند مبتنی بر تجربه یا سایر اطلاعات باشند.

۵-۲۶-۱ عدم قطعیت تصادفی، ( )Ur: مولفهٔ عدم قطعیت مرتبط با خطای تصادفی. تأثیر آن بر روی مقدار متوسط می‌تواند با انجام اندازه‌گیری‌های بسیار،کاهش یابد.

یادآوری- نماد e گاهی به جای U برای نشان دادن عدم قطعیت به کار می‌رود.

۵-۲۶-۲ عدم قطعیت سیستمی، ( )Us: مولفهٔ عدم قطعیت مرتبط با خطای سیستمی است. تأثیر آن نمی‌تواند با انجام اندازه‌گیری‌های زیاد، کاهش یابد.

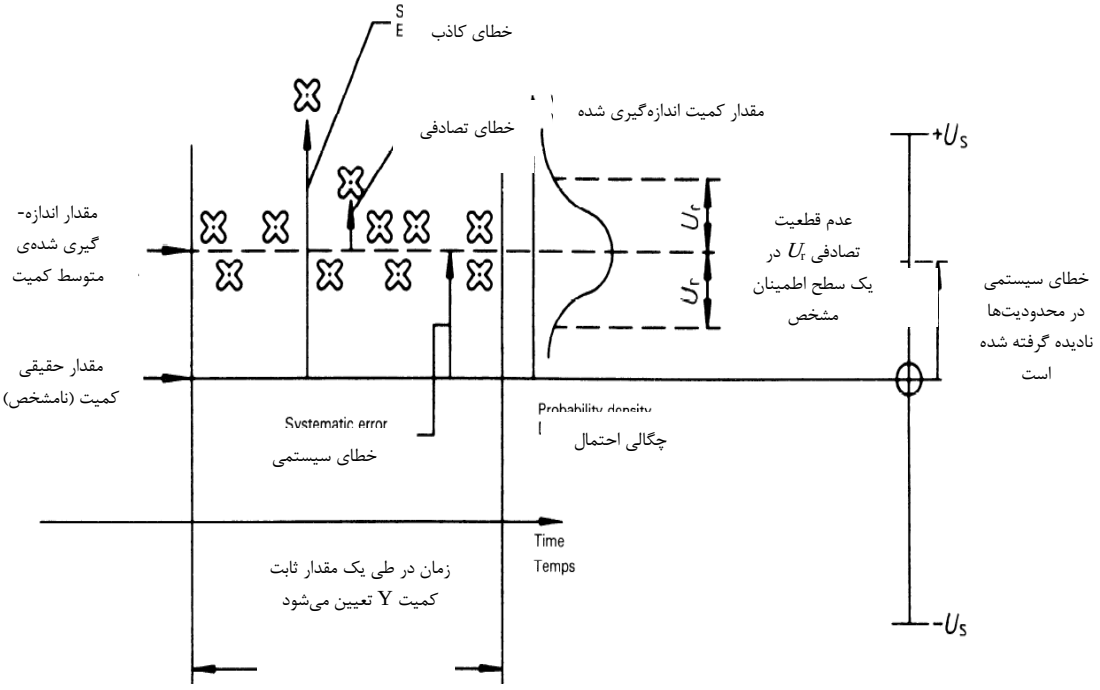
یادآوری- نماد e گاهی به جای U برای نشان دادن عدم قطعیت به کار می‌رود.

۵-۲۷ درستی: نزدیکی توافقی بین نتایج اندازه‌گیری و مقدار حقیقی (مرسوم) اندازه‌گیری است. توصیه می‌شود بیان کمّی درستی بر حسب عدم قطعیت باشد. درستی خوب اشاره به خطاهای تصادفی و سیستمی کم دارد.

یادآوری - از استفادهٔ عبارت دقت[1] به جای درستی[2] اجتناب شود.

۵-۲۸ اندازه‌ده: کمیت اندازه‌گیری‌شونده است.

یادآوری - در صورت مناسب بودن، این مؤلفه ممکن است کمیت اندازه‌گیری‌شده یا کمیتی برای اندازه‌گیری باشد.



شکل ۲ - دیاگرام نشان‌دهندهٔ نمادهای مربوط به خطاها و عدم قطعیت‌ها

1 - Precision
2 - Accuracy

۶ نمادهای عمومی مربوط به دستگاه‌ها

۶-۱ جریان‌سنج: وسیلهٔ اندازه‌گیری جریان که آهنگ جریان اندازه‌گیری‌شده را نشان می‌دهد.

یادآوری – عبارت "جریان‌سنج" برای دستگاهی که مقدار کل سیال عبوری را در فاصله زمانی مشخص نشان می‌دهد نیز به کار می‌رود.

۶-۲ تیوب اندازه‌گیر: قسمتی از مجرا که مطابق با همهٔ اشکال تصحیح‌شده در استاندارد و به منظور تعامل با یک دستگاه اندازه‌گیری جریان، به صورت ویژه ساخته شده است.

یادآوری – برای مثال، در جریان‌سنج الکترومغناطیسی، تیوب اندازه‌گیر بخشی است که عایق‌کاری الکتریکی مجرا را تأمین می‌کند یا در جریان‌سنج اریفیسی، یک مکانیزم حامل را جانمایی می‌کند به‌طوری‌که به صفحه اریفیس امکان می‌دهد که اطلاعاتی از مجرا برداشته شود.

۶-۳ وسیلهٔ اولیه: وسیله‌ای که برای تعیین آهنگ جریان سیگنال تولید می‌کند. طبق اصل به کار رفته، دستگاه اولیه می‌تواند داخل یا خارج مجرا باشد (به بندهای ۷-۲، ۱۱-۱-۱ و ۱۵-۲ مراجعه کنید).

۶-۴ وسیلهٔ ثانویه: وسیله‌ای که سیگنال را از دستگاه اولیه دریافت می‌کند و آن را نمایش می‌دهد، ثبت می‌کند، تبدیل می‌کند و/یا انتقال می‌دهد تا مقدار آهنگ جریان را به دست آورد (به بند ۱۱-۱-۲ مراجعه کنید).

۶-۵ سیگنال خروجی: خروجیِ وسیلهٔ ثانویه که تابعی از آهنگ جریان است.

۶-۶ فاکتور کالیبراسیون وسیلهٔ اولیه: خارج قسمت آهنگ جریان بر مقدار سیگنال متناظر پخش‌شده توسط دستگاه اولیه و تحت شرایط مرجع تعریف شده می‌باشد.

۶-۷ بیشینه آهنگ جریان: مقدار آهنگ جریان متناظر با حد بالای گسترهٔ آهنگ جریان (به بند۶-۹ مراجعه کنید). این مقدار، بیشترین مقدار آهنگ جریان برای دستگاه‌هایی است که طی یک فاصله زمانی محدود یا از پیش‌تعیین‌شده، برای تامین اطلاعاتی که به یک خطای بزرگ‌تر از بیشترین خطای مجاز مرتبط نیستند، مورد نیازند.

یادآوری – برای کنتورهای آب، بیشترین آهنگ جریان، آهنگ جریان اضافه‌بار نامیده می‌شود.

۶-۸ کمینه آهنگ جریان: مقدار آهنگ جریان متناظر با حد پایین گسترهٔ آهنگ جریان (به بند ۶-۹ مراجعه کنید).

۶-۹ گستره آهنگ جریان: گستره‌ای، با بیشترین آهنگ جریان و کمترین آهنگ جریان تعریف‌شده در شاخص‌های دستگاه که نباید به خطایی بزرگ‌تر از بیشینه خطای مجاز مرتبط باشد.

۶-۱۰ آهنگ جریان انتقالی: مقدار آهنگ جریان که در گستره آهنگ جریان بین بیشینه و کمینه مقدار واقع شده است. گستره آهنگ جریان معمولاً به دو ناحیه تقسیم می‌شود، "ناحیهٔ بالایی" و "ناحیه پایینی" که هریک با خطای مجاز بیشینهٔ مجزا توصیف می‌شوند.

۶-۱۱ آهنگ جریان اسمی: مقدار آهنگ جریان تعریف شده به عنوان نصف بیشینه آهنگ جریان است. در آهنگ جریان اسمی، دستگاه باید تحت شرایط عادی استفاده، به صورت پیوسته و متناوب، بدون تجاوز از بیشینه خطای مجاز قادر به عملیات باشد.

یادآوری – برای کنتورهای آب، آهنگ جریان اسمی، آهنگ جریان پایدار نامیده می‌شود.

۶-۱۲ آهنگ جریان تمام‌مقیاس[1]: آهنگ جریان متناظر با بیشترین سیگنال خروجی می‌باشد.

۶-۱۳ افت فشار (مرتبط با دستگاه اولیه): افت فشار برگشت‌ناپذیر به علت وجود دستگاه اولیه در مجراست.

۶-۱۴ شرایط کاری: مقادیر لحظه‌ای ویژگی‌های فیزیکی سیال عبوری در یک وسیله که مطابق با مشخصات وسیلهٔ اولیه مورد نظر اندازه‌گیری شده است.

۶-۱۴-۱ دمای کاری: دمای استاتیکی سیال عبوری از وسیلهٔ اولیه که مطابق با مشخصات وسیلهٔ اولیه اندازه‌گیری شده است.

۶-۱۴-۲ فشار کاری: فشار استاتیک مطلق سیال عبوری از وسیلهٔ اولیه که مطابق با مشخصات وسیلهٔ اولیه اندازه‌گیری شده است.

۶-۱۵ شرایط نصب: شرایط عمومی محیط فیزیکی در وسیلهٔ اندازه‌گیری جریان که ممکن است به کار رود.

یادآوری– شرایط عبارت است از شرایط محیط، حالت سیال و گستره مقادیر ویژگی‌های فیزیکی آن، شکل هندسی مجرا و اتصالات مربوط به آن.

۶-۱۶ طول مستقیم: بخشی از یک مجرا که محورش مستقیم است و مساحت سطح مقطع و شکل آن ثابت است؛ شکل سطح مقطع معمولاً دایره یا مستطیل است، اما ممکن است حلقوی یا هر شکل منتظم دیگری نیز باشد.

۶-۱۷ بی‌نظمی: هر جزء یا پیکربندی یک مجرا که آن را از یک طول مستقیم متمایز می‌کند یا تغییر قابل ملاحظه در زبری دیوار به وجود می‌آورد.

۶-۱۸ شرایط‌ده جریان (مستقیم‌کننده): وسیلهٔ قرار داده شده در یک مجرا برای کاهش طول مستقیم مورد نیاز برای به دست آوردن توزیع منظم سرعت می‌باشد.

۶-۱۹ کاهنده چرخشی: وسیلهٔ قرار داده شده در مجرا برای حذف یا کاهش مولفه‌های محیطی سرعت است.

۶-۲۰ پایدارساز جریان: وسیلهٔ نصب‌شده در سیستم اندازه‌گیری برای اطمینان از آهنگ جریان پایا در سیستم می‌باشد.

۶-۲۰-۱ مخزن بالایی سطح ثابت: مخزن پایدارساز جریان، که سطح مایع در آن کنترل می‌شود، برای مثال با سرریز طولی از آن، که باید حدالامکان بلند باشد تا از شرایط جریان پایا در مدار تغذیه شده با مایع اطمینان حاصل شود.

1 - Full-scale flow-rate

۶-۲۱ شیر (فشار) دیواره: سوراخ دایروی یا حلقوی سوراخ‌کاری شده در دیواره یک مجرا به صورتی که لبه سوراخ با سطح داخلی مجرا تراز شود. شیر چنان که فشار داخل سوراخ، فشار استاتیک در آن نقطه در مجرا باشد کار می‌کند.

۶-۲۲ سوراخ‌های آبگذر[1]: سوراخ‌های ایجاد شده در دیواره مجرا برای امکان جداسازی سیال مورد اندازه‌گیری از ذرات جامد نامطلوب یا سیالاتی با چگالی بزرگ‌تر از چگالی سیال مورد اندازه‌گیری است.

۶-۲۳ سوراخ‌های تهویه: سوراخ‌های ایجاد شده در دیواره مجرا برای امکان جداسازی سیال مورد اندازه‌گیری از سیالات نامطلوب با چگالی‌های کمتر از چگالی سیال مورد اندازه‌گیری است.

۷ دستگاه‌های اختلاف فشار

۷-۱ وسیلهٔ اختلاف فشار: دستگاهی که در یک مجرا به منظور ایجاد فشار تفاضلی اندازه‌گیری قرار داده می‌شود که همراه با شناسایی شرایط سیال و هندسهٔ دستگاه و مجرا، محاسبهٔ آهنگ جریان را امکان‌پذیر می‌کند (به بندهای ۷-۹، ۷-۱۰ و ۷-۱۱ مراجعه کنید).

یادآوری – دستگاه‌های فشار تفاضلی استاندارد در استاندارد ISO 5167-1 توصیف شده‌اند.

۷-۲ دستگاه اولیه (از یک دستگاه فشار تفاضلی): ترکیب مجرا و دستگاه فشار تفاضلی نصب شده در آن است، مانند شیرهای فشار آن. برای استانداردسازی دستگاه‌های اولیه، به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

۷-۳ اریفیس، گلویی: دهانهٔ کمترین مساحت سطح مقطع دستگاه اولیه می‌باشد.

۷-۴ نسبت قطر (مربوط به دستگاه اولیه به کار رفته در یک مجرای داده شده)، β: نسبت قطر اریفیس (گلویی) دستگاه اولیه بر قطر داخلی بالادست مجرای دستگاه اولیه.

۷-۵ شیرهای فشار

۷-۵-۱ شیرهای فشار گوشه‌ای: یک یا چند جفت شیر فشار دیواری، سوراخ‌کاری‌شده در هر طرف صفحه اریفیس یا شیپوره، در فضای بین محورهای شیرهای فشار و سطوح مربوط به صفحه یا شیپوره برابر با نصف قطر خود شیرهاست؛ سوراخ‌های شیر، دیواره مجرا را هم‌تراز با سطوح صفحه یا شیپوره سوراخ می‌کنند.

۷-۵-۲ شیرهای فشار فلنجی: یک یا چند جفت شیر فشار دیواری که در هر طرف صفحهٔ اریفیس سوراخ‌کاری شده است. محورهای شیرها در فاصلهٔ ۲۵٫۴ mm از سطوح بالادست و پایین‌دست صفحه می‌باشند.

۷-۵-۳ شیرهای فشارمقطع منقبض[2]: یک یا چند جفت شیر فشار دیواری سوراخ‌کاری شده در هر طرف صفحهٔ اریفیس، شیر بالادستی در فاصلهٔ D (D قطر داخلی مجرا است) از سطح بالادستی صفحه و شیر پایین‌دستی در سطح مقطع کمترین فشار استاتیک واقع شده و بنابراین در فاصله پایین‌دست سطح بالادست صفحه که با نسبت قطر تغییر می‌کند.

1 - Drain
2 - Vena contracta

۷-۵-۴ شیرهای فشار *D* و *D/2*: یک یا چند جفت شیر فشار دیواری سوراخ‌کاری‌شده روی هر طرف صفحه اریفیس است، که شیرهای بالادستی و پایین‌دستی در فاصله D و $0{,}5\ D$ به ترتیب از سطح بالادستی صفحه قرار گرفته است.

۷-۶ حلقهٔ پیزومتر: محفظه متعادل‌کننده فشار مرتبط با دو یا چند شیر فشار نصب شده در همان سطح مقطع که دستگاه ثانویه می‌تواند به آن متصل شود.

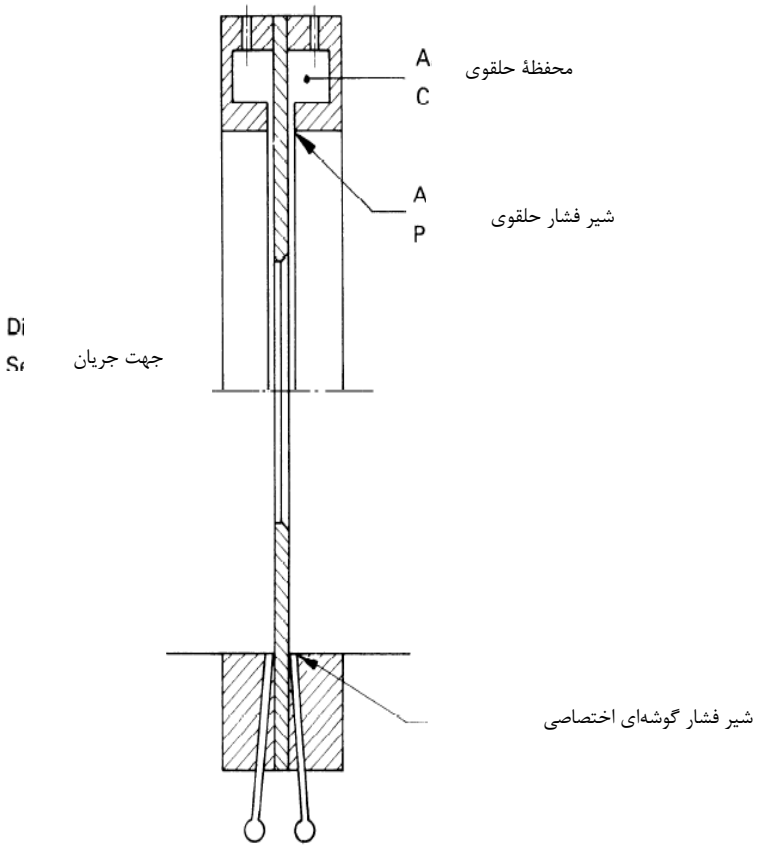
یادآوری – حلقه پیزومتر می‌تواند بیرون قرار گیرد یا یکپارچه با مجرا یا دستگاه اولیه باشد.

۷-۷ حلقهٔ حامل: یک حلقهٔ تکی یا یک جفت حلقه داخل یا بین یک صفحه اریفیس یا شیپوره‌ای که می‌تواند نصب شود. مونتاژ کامل بین فلنج‌های لوله نصب می‌شود و هم‌مرکز با محور مجرا می‌باشد.
حلقه‌های حامل، شیرهای فشار یا محفظه‌های حلقوی را ترکیب می‌کنند، شیرهای فشار معمولاً شیرهای گوشه‌ای یا شیرهای فلنجی می‌باشند.

۷-۸ محفظهٔ حلقوی: حلقه پیزومتر یکپارچه با مجرا یا دستگاه اولیه است. فرض می‌شود که شیرهای فشار حلقوی استفاده می‌شوند.

۷-۹ صفحه اریفیس: صفحه با یک سوراخ درون آن، مطابق با مشخصه‌های معین است.

۷-۹-۱ صفحه اریفیس نازک: صفحه اریفیس در حالتی که طول قسمت استوانه‌ای اریفیس در مقایسه با قطر داخلی مجرا کوچک است (به شکل ۳ مراجعه کنید).



شکل ۳ – صفحهٔ اریفیس لبه مربعی با حلقهٔ پیزومتر

۷-۹-۲ صفحهٔ اریفیس هم‌مرکز: صفحهٔ اریفیسی نازک که دایروی و هم‌محور با مجرا است.

۷-۹-۲-۱ صفحه اریفیس لبه مربعی: صفحه اریفیسی نازک که دایروی، هم‌محور با مجرا که در لبه بالادستی تیز و مربعی شکل می‌باشد.

یادآوری- برای اندازه‌گیری آهنگ جریان چه در صفحهٔ اریفیس مستقیم و چه متقارن می‌تواند در هر دو لبه اریفیسی که منطبق با مشخصه‌های لبه بالادستی صفحهٔ اریفیس لبه مربعی است و برای کل ضخامت صفحه‌ای که از ضخامت اریفیس تجاوز نکند به کار برده شود.

۷-۹-۲-۲ صفحه اریفیس با ورودی مخروطی: صفحه اریفیس نازک سطح بالادستی که به اریفیس استوانه‌ای هم‌محور با مجرا با یک مخروط ناقص دایروی مستقیم وصل می‌شود.

۷-۹-۲-۳ صفحه اریفیس ربع دایره‌ای: صفحه اریفیس نازک پروفیلی از سطح بالادستی تا اریفیس استوانه-ای هم‌محور با مجرا، ربع یک دایره است.

۷-۹-۳ صفحه اریفیس خارج از مرکز: صفحه اریفیس نازک که با یک صفحه اریفیس لبه مربعی منطبق است، با این تفاوت که این صفحهٔ اریفیس نسبت به محور مجرا خارج از مرکزی دارد (به شکل ۴ الف مراجعه کنید).

یادآوری- دایره اریفیس معمولاً به بالا یا پایین مجرای افقی مماس است.

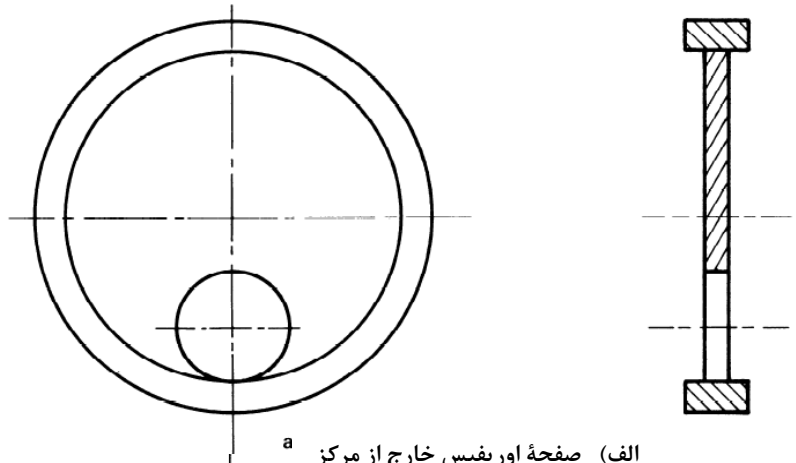
۷-۹-۴ صفحه اریفیس قطعه‌قطعه[1]: صفحه اریفیس نازک اریفیسی به شکل قسمتی از یک وتر دایره است که به صورت افقی است (به شکل ۴ ب مراجعه کنید).

۷-۱۰ شیپوره: وسیلهٔ همگرای هم‌محور با مجراست که دارای یک پروفیل منحنی بدون ناپیوستگی می‌باشد که هم‌محوری و مماسی را با یک گلویی استوانه‌ای هم‌محور ترکیب می‌کند.

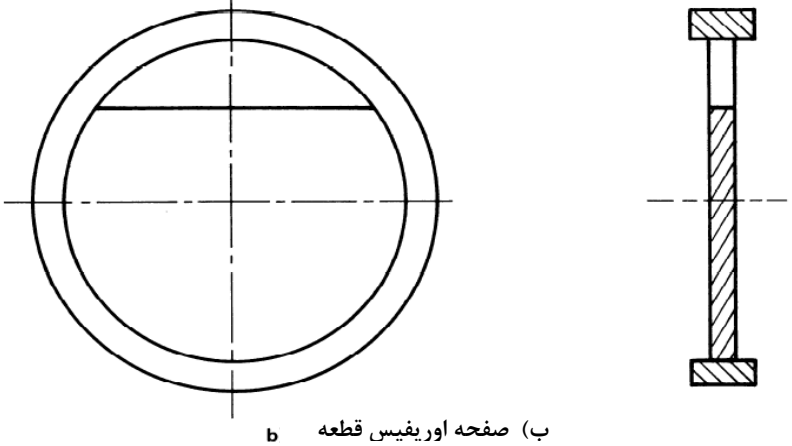
۷-۱۰-۱ شیپوره ISA 1932: شیپوره دارای یک سطح بالادست که شامل یک سطح صاف عمود به محور شیپوره، پروفیل یک قسمت همگراست که با دو کمان محیطی تعریف می‌شود، یک گلویی استوانه‌ای و یک شیار می‌باشد (به شکل ۵ الف مراجعه کنید).

یادآوری - شیپوره‌های ISA 1932 همیشه شیرهای فشار گوشه‌ای دارند.

1 - Segmental orifice plate



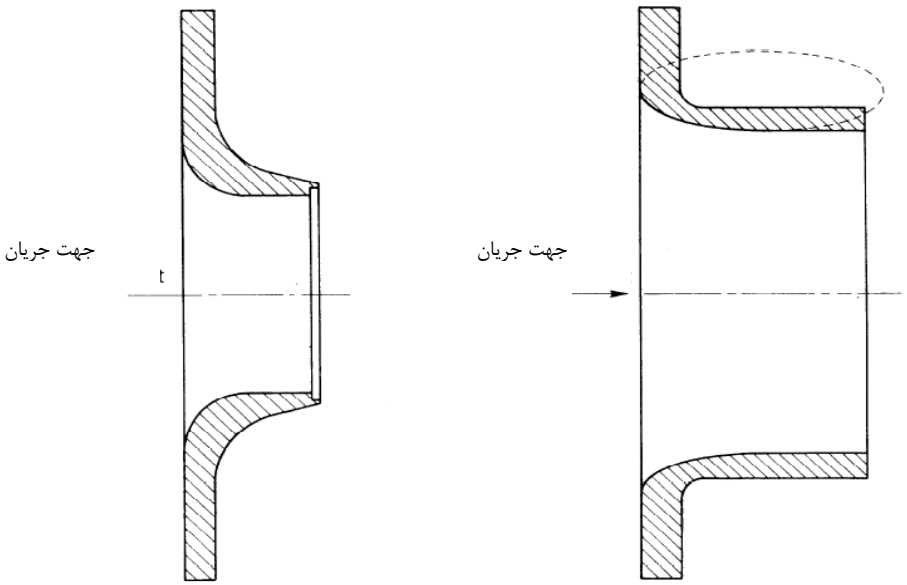
الف) صفحهٔ اوریفیس خارج از مرکز [a]



ب) صفحه اوریفیس قطعه [b]

شکل ۴ - صفحات اریفیس

۷-۱۰-۲ شیپوره‌های شعاع بزرگ: شیپوره‌های دارای یک سطح بالادستی که شامل یک سطح صاف عمود بر محور شیپوره، یک قسمت همگرا که شکل آن یک ربع بیضی است، یک گلویی استوانه‌ای و احتمالاً یک شیار یا یک پخ می‌باشد (به شکل ۵-ب مراجعه کنید).



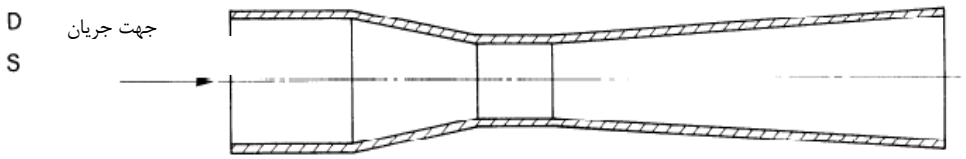
الف) شیپوره ISA 1932 **ب) شیپوره شعاع بزرگ**

شکل ۵ - شیپوره‌ها

۷-۱۱ لوله ونتوری: دستگاه شامل:

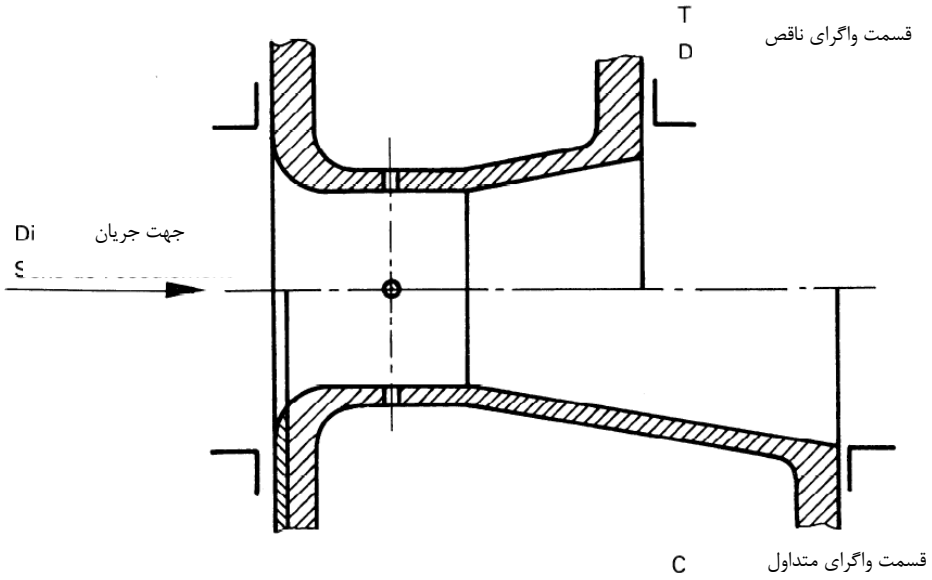
- یک همگرایی (قسمت همگرایی)؛
- یک گلویی (قسمت استوانه‌ای)؛
- یک واگرایی (پخش‌کننده (دفیوزر) یا بخش انبساط)، معمولاً شامل یک مخروط ناقص است.

۷-۱۱-۱ لوله ونتوری کلاسیک: لوله ونتوری دارای یک همگرایی مخروطی است که قبل از بخش استوانه‌ای می‌باشد. شیرهای فشار در سیلندر ورودی و در گلویی قرار می‌گیرند (به شکل ۶ مراجعه کنید).



شکل ۶ - لولهٔ ونتوری کلاسیک

۷-۱۱-۲ شیپوره ونتوری: همگرایی لولهٔ ونتوری که یک شیپوره است (به شکل ۷ مراجعه کنید).



شکل ۷ - شیپوره ونتوری مرسوم و ناقص

۷-۱۱-۳ لوله ونتوری ناقص: لوله ونتوری که قطر بیرونی واگرایی کمتر از قطر مجرا در محل نصب است.

۷-۱۲ فشار تفاضلی، Δp: اختلاف فشار ایجادشده با دستگاه اولیه زمانی که هر اختلافی در سطح آزاد بین شیرهای فشار بالادست و پایین‌دست در نظر گرفته می‌شود.

۷-۱۳ نسبت فشار تفاضلی ، x: نسبت فشار تفاضلی بر فشار استاتیک مطلق در مرکز قسمت مستقیم مجرا شامل محور شیر بالادست است.

۷-۱۴ نسبت فشار، τ: نسبت فشار استاتیک مطلق در شیر فشار پایین‌دست بر فشار استاتیک مطلق در شیر فشار بالادست است.

۷-۱۵ نسبت اکوستیک، X: نسبت آهنگ فشار تفاضلی بر نمای ایزونتروپیک κ (سیال تراکم‌پذیر).

۷-۱۶ سرعت فاکتور رویکرد، E: ضریب داده شده با فرمول زیر:

$$E = \left(1 - \beta^4\right)^{-1/2} = \frac{D^2}{\left(D^4 - d^4\right)^{1/2}}$$

۷-۱۷ ضریب تخلیه، C: ضریبی که برای یک جریان سیال تراکم ناپذیر تعریف شده است و آهنگ جریان حقیقی را به آهنگ جریان تئوریک از طریق یک دستگاه مرتبط می‌کند و با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{q_m \left(1 - \beta^4\right)^{1/2}}{\frac{\pi}{4} d^2 \left(2 \Delta p \, \rho_1\right)^{1/2}}$$

۷-۱۸ ضریب جریان، α: ضریب داده شده با فرمول زیر:

$$\alpha = CE$$

۷-۱۹ فاکتور انبساط‌پذیری [انبساط]، ε: ضریب به‌کار برده‌شده برای در نظر گرفتن تراکم‌پذیری سیال. با فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$\varepsilon = \frac{q_m \left(1 - \beta^4\right)^{1/2}}{\frac{\pi}{4} d^2 C \left(2 \Delta p \rho_1\right)^{1/2}}$$

۸ اندازه‌گیری جریان بحرانی

اندازه‌گیری جریان بحرانی روشی است که به وسیلهٔ آن جریان بحرانی با استفاده از یک دستگاه فشار تفاضلی مناسب به وجود می‌آید (با سرعت صوت در گلویی).

یادآوری- صفحات اریفیس نمی‌توانند برای این روش به کار روند.

آگاهی از شرایط سیال بالادست دستگاه اولیه و آگاهی از مشخصه‌های هندسی دستگاه و مجرا، محاسبه آهنگ جریان را ممکن می‌سازد (که تحت تأثیر شرایط پایین‌دست نیست).
تمام مشخصات در استانداردهای مربوطه ارائه می‌شوند.

۸-۱ جریان بحرانی: جریان در دستگاه فشار تفاضلی مناسب چنان‌که نسبت فشار مطلق پایین‌دست به بالادست کمتر از یک مقدار بحرانی باشد هنگامی که شرایط سیال بالادست (توزیع سرعت، چگالی و دما) بدون تغییر است، آهنگ جریان جرم ثابت باقی می‌ماند.

۸-۲ تابع جریان بحرانی، C^*: تابع بی‌بعد که ویژگی‌های جریان ترمودینامیک را در یک مسیر ایزونتروپیک و یک‌بعدی بین ورودی و گلویی دستگاه تعیین می‌کند. این امر تابعی از ماهیت گاز و شرایط سکون است.

۸-۳ ضریب جریان بحرانی گاز حقیقی، C_r: شکل جایگزین تابع جریان بحرانی، بسیار راحت‌تر برای ترکیبات گازی. این ضریب مربوط به تابع جریان بحرانی است که به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$C_r = C^* \sqrt{Z}$$

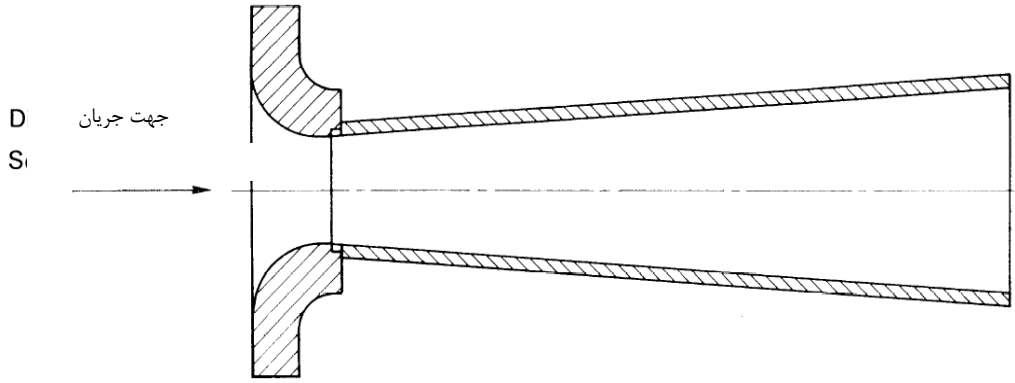
۸-۴ نسبت فشار بحرانی: نسبت فشار استاتیک مطلق در گلویی شیپوره بر فشار سکون مطلق، برای شرایطی که آهنگ جریان گاز از شیپوره، بیشینه است.

۸-۵ شیپوره صوتی: شیپوره‌هایی که پیکربندی هندسی و شرایط استفاده از آن‌ها چنان است که جریان بحرانی تولید می‌کنند.

۸-۶ شیپوره ونتوری [بحرانی] صوتی: شیپوره صوتی تنظیم‌شده با قسمت واگرا، به طوری که افت فشار در دستگاه کاهش می‌یابد.

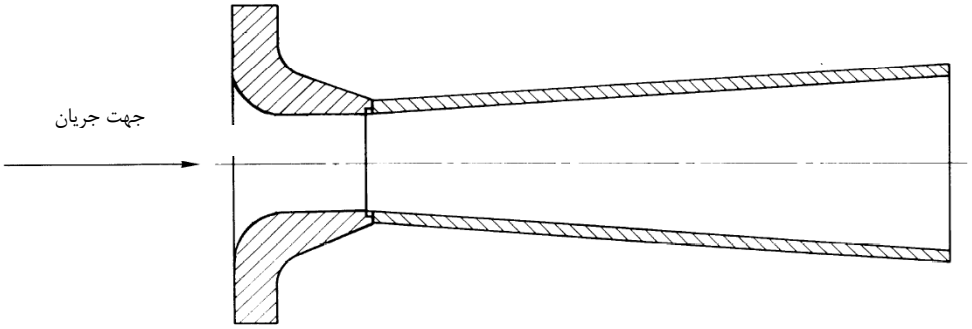
۸-۶-۱ شیپوره ونتوری گلویی چنبره‌ای: دستگاه شامل یک همگرایی چنبره‌ای متصل به یک واگرایی مخروطی (این دستگاه با نام شیپوره ونتوری اسمیت و ماتز[1] نیز شناخته می‌شود) (به شکل ۸ مراجعه کنید).

1 - Smith and Matz



شکل ۸ – شیپوره ونتوری گلویی چنبره‌ای

۸-۶-۲ شیپوره ونتوری گلویی استوانه‌ای: دستگاه شامل یک همگرایی با پروفیل دایره‌ای، گلویی استوانه‌ای و واگرایی مخروطی (این دستگاه با نام شیپوره ونتوری LMEF نیز شناخته می‌شود) (به شکل ۹ مراجعه کنید).



شکل ۹ – شیپوره ونتوری گلویی استوانه‌ای

۹ روش‌های سطح سرعت

روش‌های سطح سرعت، روش‌هایی هستند که به آهنگ جریان امکان می‌دهند تا از اندازه‌گیری سرعت‌های سیال موضعی در یک سطح مقطع مجرا با انتگرال‌گیری از توزیع سرعت بر روی آن سطح مقطع نتیجه شود.

۹-۱ نمایه عدم تقارن، Y: عدد بدون بعد به کار رفته برای توصیف عدم تقارن محوری توزیع سرعت در یک سطح مقطع دایروی یا حلقوی، که مقدار آن با فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$Y = \frac{1}{U}\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(U_i - U)^2}{n-1}\right]^{1/2}$$

که در آن:

Ui سرعت متوسط در امتداد شعاع iام می‌باشد، محاسبه‌شده از اندازه‌گیری سرعت موضعی در این شعاع؛

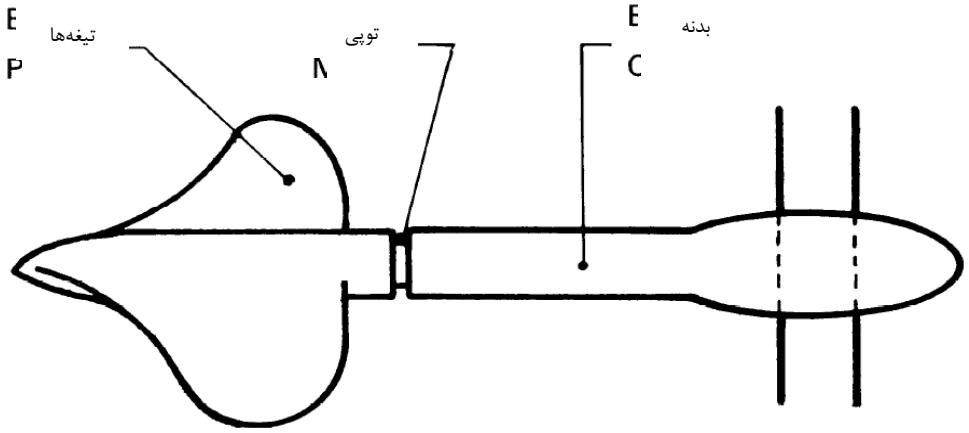
N تعداد شعاع‌های اندازه‌گیری است.

۹-۲ نقاط سرعت متوسط محوری سیال: نقاطی از سطح مقطع مجرا که سرعت موضعی جریان برابر با سرعت متوسط محوری سیال می‌باشد.

۹-۳ آهنگ جریان محیطی: آهنگ جریان سیال در ناحیه‌ای بین دیواره مجرا و شمارشگر تعریف شده با نقاط اندازه‌گیر سرعت که به دیواره نزدیک‌تر هستند.

۹-۴ جریان‌سنج: دستگاه منطبق با یک روتور، که اندازهٔ آن در مقایسه با اندازه مجرا کوچک است و بسامد چرخشی آن تابعی از سرعت موضعی سیالی است که در آن غوطه‌ور است.

۹-۵ جریان‌سنج نوع پروانه‌ای: جریان‌سنجی، که روتور آن پروانه در حال چرخش دور یک محورِ تقریباً موازی با جریان است (به شکل ۱۰ مراجعه کنید).



شکل ۱۰ - جریان‌سنج نوع پروانه‌ای

۹-۶ پروانه خودجبران‌ساز: پروانه جریان‌سنج طراحی شده به شکلی که سرعت چرخشی آن متناسب با مولفهٔ سرعت سیال در امتداد محور جریان‌سنج در سراسر گستره بزرگ زاویه‌های ورودی بردار سرعت نسبت به محور جریان‌سنج است.

۹-۷ آزمون چرخش (از یک جریان‌سنج): آزمون در حالتی که روتور یک جریان‌سنج هم با انگشتان و هم با دمیدن در محور آن می‌چرخد برای بررسی این‌که آن آزادانه و به طور یکنواخت می‌چرخد.

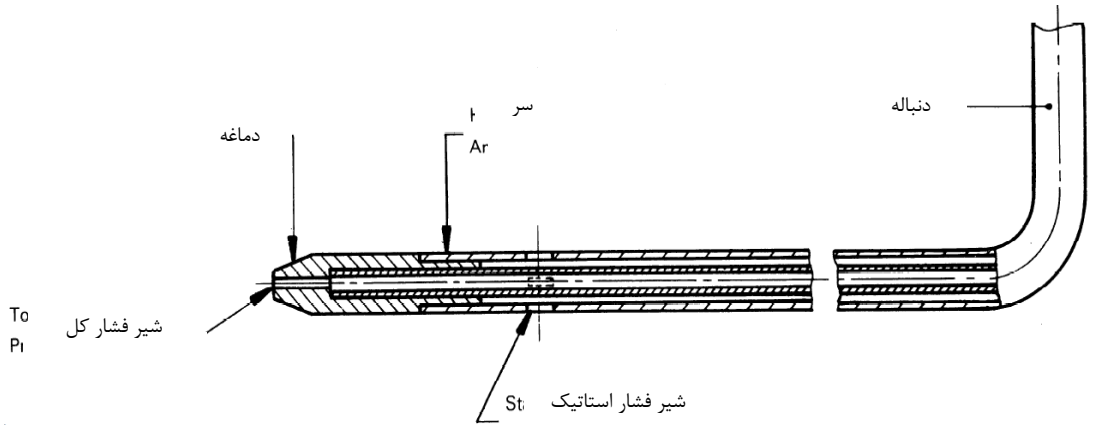
۹-۸ پراب انحراف: پراب، مجهز شده به چند شیر فشار، که می‌تواند در جریان غوطه‌ور شود تا جهت سرعت سیال را تعیین کند.

یادآوری- این دستگاه هم‌چنین تعیین اندازه سرعت سیال موضعی تحت شرایط معین را ممکن می‌سازد.

۹-۹ لوله پیتو: دستگاه لوله‌ای غوطه‌ور در سیال عبوری که شامل یک سرِ استوانه‌ای است که به صورت عمودی متصل به یک تنه می‌باشد و یک یا چند سوراخ شیر فشار دارد.

۹-۹-۱ لوله استاتیک پیتو: لوله پیتو با شیرهای فشار استاتیک سوراخ‌کاری شده به صورت یکنواخت دور محیط مقابل یک یا چند سطح مقطع و با یک شیر فشار کلی است که در مقابل جهت جریان، در بالای دماغه متقارن محوری نوک قرار گرفته است (به شکل ۱۱ مراجعه کنید).

یادآوری – هنگامی که امکان اغتشاش وجود ندارد، عبارت "لوله پیتو" بدون دقت بیشتر مجاز است به جای شناسهٔ "لولهٔ استاتیک پیتو" مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱۱ – مثالی از لولهٔ استاتیک پیتو

۹-۹-۲ لوله پیتوی فشار کل: لوله پیتوی دارای فقط یک شیر فشار کل.

یادآوری- یک لوله پیتوی فشار کل عموماً با یک شیر فشار دیواری استاتیک جداگانه مرتبط است.

۹-۱۰ شیر فشار استاتیک: مجموعه سوراخ‌های یک لوله پیتو که اندازه‌گیری فشار استاتیک در سیال را ممکن می‌سازد. در عمل، فشار سنجه اندازه‌گیری می‌شود.

۹-۱۱ شیر فشار کل: سوراخ در یک لوله پیتو که فشار کل در یک نقطه در یک سیال را برای اندازه‌گیری ممکن می‌سازد.

۹-۱۲ فشار تفاضلی (یک لولهٔ پیتو): اختلاف بین فشار اندازه‌گیری شده در شیرهای فشار کل و استاتیک یک لوله استاتیک پیتو یا بین فشار کل اندازه‌گیری شده در شیر فشار یک لوله پیتوی فشار کل و فشار استاتیک اندازه‌گیری شده در یک شیر فشار دیواره مجراست.

۹-۱۳ آرایه ساکن: مجموعه حس‌گرهای سرعت موضعی نصب‌شده بر روی یک یا چند میله ثابت و به طور هم‌زمان نمونه‌کل سطح مقطع اندازه‌گیری می‌باشد.

۱۰ روش‌های ردیابی

روش‌های ردیابی روش‌های اندازه‌گیری آهنگ جریان هستند که شامل تزریق و آشکارسازی یک ردیاب (برای مثال، یک ماده شیمیایی یا رادیواکتیو) در جریان می‌شوند.

۱۰-۱ روش‌های رقیق‌سازی: این روش‌ها در حالتی که آهنگ جریان از تعیین نسبت غلظت ردیاب در نقطه تزریق و در سطح مقطع نمونه‌گیری به دست می‌آید (به بند ۱۰-۴ مراجعه کنید).

۱۰-۱-۱ روش تزریق با آهنگ ثابت: روش اندازه‌گیری آهنگ جریان در حالتی که یک ردیاب با غلظت مشخص در یک آهنگ جریان مشخص و ثابت در یک سطح مقطع مجرا تزریق می‌شود و میزان رقیق سازی آن در پایین‌دست سطح مقطع دیگر در جایی که یک سطح معین ترکیب واقع می‌شود، اندازه‌گیری می‌شود.

۱۰-۱-۲ روش انتگرال‌گیری: روش اندازه‌گیری آهنگ جریان در حالتی که یک مقدار مشخص از یک ردیاب در یک فاصله زمانی کوتاه در یک سطح مقطع مجرا تزریق می‌شود و میزان رقیق سازی آن در سطح مقطع دیگری که به قدر کافی دور از پایین‌دست است اندازه‌گیری می‌شود تا این‌که یک سطح معین ترکیب واقع می‌شود. دوره اندازه‌گیری به اندازهٔ کافی بلند است تا به همه ردیاب اجازه دهد تا از آن سطح مقطع اندازه‌گیری عبور کنند به طوری که غلظت متوسط ردیاب در طی زمان نمونه‌گیری می‌تواند تعیین شود.

۱۰-۲ روش زمان گذار: این روش در حالتی که آهنگ جریان از اندازه‌گیری زمان گرفته شده توسط ردیاب برای جاری شدن بین دو سطح مقطع اندازه‌گیری به دست می‌آید.

۱۰-۳ غلظت ردیاب، C: جرم ردیاب به ازاء حجم واحد یا به ازاء جرم واحد سیال است.

۱۰-۴ نسبت [آهنگ] میزان رقیق‌سازی، N: نسبت غلظت ردیاب در محلول تزریق‌شده به غلظت ردیاب در سطح مقطع نمونه است.

۱۰-۵ [ایستگاه] سطح مقطع تزریق: سطح مقطع مجرا در حالتی که ردیاب برای اهداف اندازه‌گیری تزریق می‌شود.

۱۰-۶ [ایستگاه] سطح مقطع نمونه‌گیری: سطح مقطع مجرا، واقع شده در پایین‌دست سطح مقطع تزریق، در نمونه‌هایی که گرفته شده‌اند یا در غلظتی که مستقیماً اندازه‌گیری می‌شود.

۱۰-۷ مقطع اندازه‌گیری: طول مجرا بین دو سطح مقطع اندازه‌گیری یا بین یک سطح مقطع تزریق و یک سطح مقطع نمونه‌گیری است.

۱۰-۸ طول اختلاط: کمترین فاصله پایین‌دست سطح مقطع تزریق بیش از آن‌چه که محلول تزریق‌شده به قدر کافی در یک سطح مقطع پخش شود تا امکان دهد که آهنگ جریان تا درستی مورد نیاز اندازه‌گیری شود.

۱۰-۹ زمان عبور ابر ردیاب: زمانی که بین آشکارسازی اولین و آخرین جزء یک ابر ردیاب عبوری از یک سطح مقطع داده شده طول می‌کشد.

۱۰-۱۰ آهنگ شمارش: برای یک ردیاب رادیواکتیو، تعداد ایمپالس‌ها به ازاء واحد زمان است.

۱۱ روش‌های الکترومغناطیس

۱۱-۱ جریان‌سنج الکترومغناطیسی: جریان‌سنجی که یک میدان مغناطیسی عمود بر جریان را تولید می‌کند تا به آهنگ جریان این امکان را بدهد که از نیروی الکتروموتوری القاشدهٔ (e.m.f) تولید شده با حرکت سیال هادی در میدان مغناطیسی به دست آید. جریان‌سنج الکترومغناطیسی شامل یک دستگاه اولیه و یک یا چند دستگاه ثانویه است.

۱۱-۱-۱ دستگاه اولیه (از یک جریان‌سنج الکترومغناطیس): دستگاه شامل عناصر زیر است:

- یک لوله سنجه‌ایِ عایق الکتریکی در درون سیال رسانا برای اندازه‌گیری جریان؛
- یک یا چند جفت الکترودهای سنجه، در امتداد قطر مقابل یکدیگر، در میان سیگنال تولید شده در سیالی که اندازه‌گیری می‌شود؛

- یک آهنربای الکتریکی برای تولید یک میدان مغناطیسی در لوله سنجه‌ای.

دستگاه اولیه یک سیگنال متناسب با آهنگ جریان و در برخی حالت‌ها سیگنال مرجع را تولید می‌کند.

۱۱-۱-۲ دستگاه ثانویه (از یک جریان‌سنج الکترومغناطیس): تجهیزاتی که شامل مداری هستند که سیگنال جریان را از سیگنال الکترود استخراج می‌کند آن را به یک سیگنال خروجی استاندارد که مستقیماً با آهنگ جریان متناسب است، تبدیل می‌کند. این تجهیزات مجاز هستند بر روی دستگاه اولیه نصب شوند.

۱۱-۲ لوله سنجه‌ای (از یک جریان‌سنج الکترومغناطیس): بخش لوله‌ای دستگاه اولیه در درون سیالی که جریان آن اندازه‌گیری می‌شود؛ سطح داخلی آن معمولاً از نظر الکتریکی عایق است.

۱۱-۳ الکترودهای سنجه: یک یا چند جفت اتصالات که با آن‌ها ولتاژ القاشده آشکار می‌شود.

۱۱-۴ میدان مغناطیسی: شار مغناطیسی که توسط آهنربای الکتریکی در دستگاه اولیه، که از لوله سنجه و سیال عبور می‌کند، تولید شده است.

۱۱-۵ سیگنال الکترود: اختلاف پتانسیل کل بین الکترودها، شامل سیگنال جریان و سیگنال‌های نامربوط به جریان مثل ولتاژهای مود هم‌فاز، کوادراتور و مود معمولی است.

۱۱-۵-۱ سیگنال جریان: بخشی از سیگنال الکترود که متناسب با آهنگ جریان و توان میدان مغناطیسی و هندسهٔ لوله سنجه و الکترودها است.

۱۱-۵-۲ ولتاژ هم‌فاز: بخشی از سیگنال الکترودی هم‌فاز با سیگنال جریان که با آهنگ جریان تغییر نمی‌کند.

۱۱-۵-۳ ولتاژ کوادراتور: بخشی از سیگنال الکترود که 90° خارج از فاز با سیگنال جریان است و با آهنگ جریان تغییر نمی‌کند.

یادآوری – این تعریف فقط به دستگاه‌های اولیه‌ای که با جریان متناوب تغذیه می‌شوند، مربوط است.

۱۱-۵-۴ ولتاژ مود معمول: ولتاژی که به طور مساوی بین هر الکترود و یک پتانسیل مرجع وجود دارد.

۱۱-۵-۵ سیگنال مرجع: سیگنالی که متناسب با شار مغناطیسی تولید شده در دستگاه اولیه است و با شار تولید شده در دستگاه ثانویه با سیگنال جریان مقایسه می‌شود.

۱۲ روش‌های وزنی و حجمی

۱۲-۱ روش وزنی: این روش اندازه‌گیری، عموماً برای مایعات قابل استفاده است، به طوری که جریان سیال به طور متناوب یا به طور پیوسته به یک مخزن وزنی یا مخزنی که بر روی ترازو قرار گرفته هدایت می‌شود. آهنگ جریان با اندازه‌گیری جرم سیال که در یک زمان اندازه‌گیری جمع می‌شود، به دست می‌آید.

۱۲-۱-۱ وزن‌کشی استاتیک: روش وزن‌کشی در حالتی که جرم خالص سیال جمع‌آوری‌شده از وزن خالص و ناخالص تعیین شده به ترتیب قبل و بعد از این‌که سیال از یک فاصلهٔ زمانی اندازه‌گیری شده به مخزن وزن‌کشی منحرف می‌شود، به دست می‌آید.

۱۲-۱-۲ وزن‌کشی دینامیکی: روش وزن‌کشی در حالتی که جرم خالص سیال جمع شده از اندازه‌گیری وزن انجام شده زمانی که جریان سیال به مخزن وزن‌کشی هدایت می‌شود، به دست می‌آید.

یادآوری – با این روش نیازی به مبدل نیست.

۱۲-۲ روش حجمی: روش اندازه‌گیری در حالتی که آهنگ جریان از تغییر در حجم اشغال شده توسط سیال در یک مخزن اندازه‌گیری کالیبره در طی یک زمان اندازه‌گیری شده نتیجه می‌شود.

۱۲-۲-۱ سنجش استاتیکی: این تکنیک در حالتی که حجم خالص سیال جمع‌آوری شده از اندازه‌گیری سطوح مایع انجام‌شده به ترتیب قبل و بعد از این‌که سیال برای یک فاصله زمانی اندازه‌گیری شده به مخزن اندازه‌گیری کالیبره شده منحرف می‌شود، نتیجه می‌شود.

۱۲-۲-۲ سنجش دینامیکی: این تکنیک در حالتی که حجم خالص سیال جمع‌آوری شده از سنجه انجام شده هنگامی که جریان سیال به مخزن اندازه‌گیری کالیبره شده تحویل داده می‌شود، به دست می‌آید.

یادآوری– با این روش نیازی به مبدل نیست.

۱۲-۳ دایورتر: دستگاهی که جریان را یا به یک مخزن وزن‌کشی (یا یک مخزن حجمی) یا به کنارگذر آن بدون متلاطم کردن آهنگ جریان در مدار هدایت می‌کند.

یادآوری – حرکت آن بهتر است خیلی سریع باشد یا در غیر این‌صورت بهتر است مطابق با یک قانون مشخص باشد.

۱۲-۴ مخزن [حجمی] اندازه‌گیری کالیبره شده: مخزن در حالتی که ارتباط بین حجم، برای یک مایع مشخص در یک دمای داده شده، و سطح مایع با یک روش کالیبراسیون مستقل به درستی شناخته می‌شود.

۱۲-۵ تصحیح شناوری: تصحیحی که برای خوانش یک ماشین وزن‌کشی برای به حساب آوردن اختلاف بین بار محوری رو به بالا اعمال شده توسط اتمسفر بر روی سیال وزن شده و آن‌چه که بر روی وزن‌های مرجع به کار برده شده در طی کالیبراسیون ماشین وزن‌کشی اعمال می‌شود، باید انجام شود.

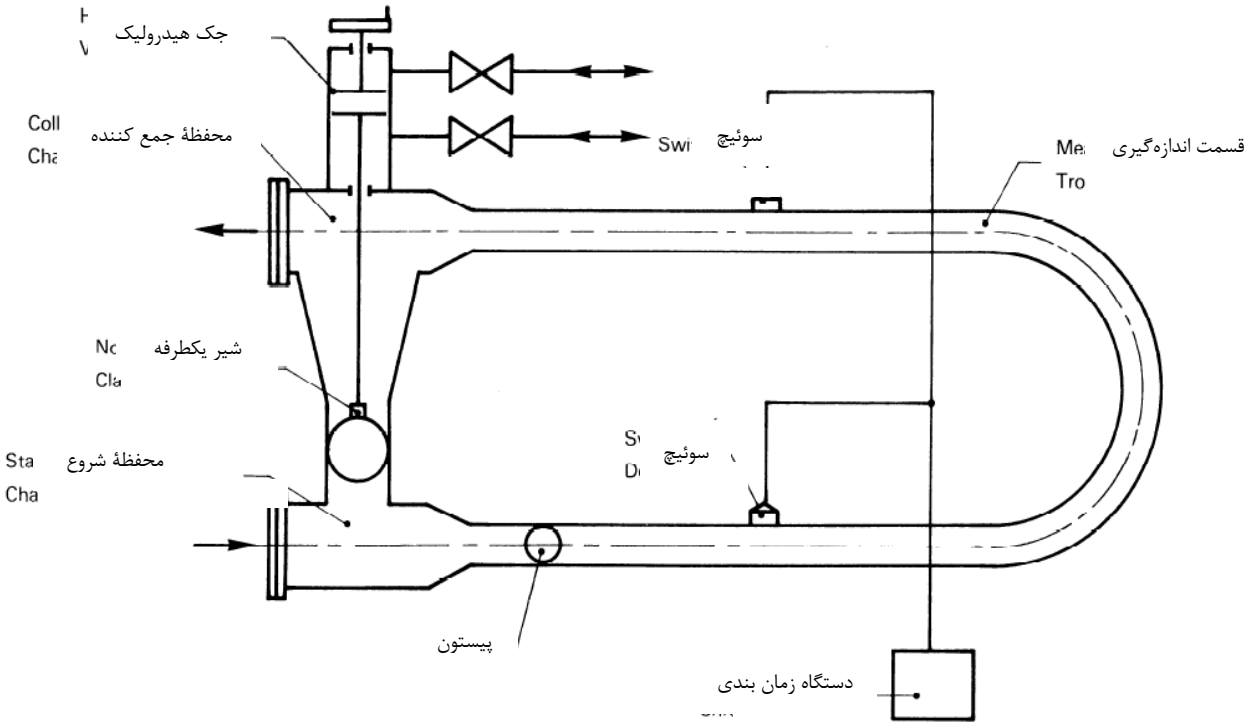
۱۲-۶ نمونه‌گیر پیستونی: دستگاه سنجش حجمی شامل یک قسمت لوله‌ای با یک سطح مقطع ثابت و با حجم مشخص. آهنگ جریان از زمان گرفته شده با یک پیستون، با جابجایی اجباری یا آزاد، برای حرکت در این قسمت نتیجه می‌شود (به شکل‌های ۱۲الف و ۱۲ب مراجعه کنید).

۱۲-۷ نمونه‌گیر زنگوله‌ای: دستگاه سنجش حجمی، استفاده شده برای گازها، شامل یک مخزن ثابت و یک مخزن هم‌محور قابل حرکت (زنگوله). حجم حفرهٔ گازبندی شده تولیدشده بالای مایع آب‌بندی شده ممکن است از موقعیت مخزن قابل حرکت به دست آید (به شکل ۱۳ مراجعه کنید).

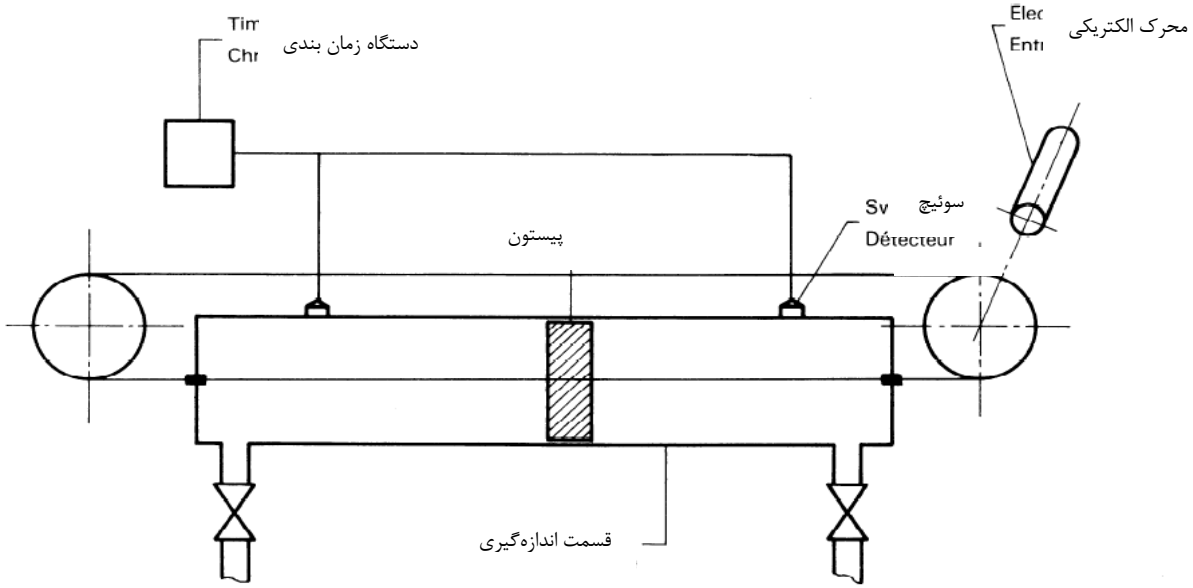
۱۲-۸ سیستم جابه‌جایی مایع: دستگاه سنجش حجمی، استفاده شده برای گازها، در حجمی از گاز که با همان مقدار حجم مایع در یک مخزن کالیبره شده جابجا می‌شود (به شکل ۱۴ مراجعه کنید).

۱۲-۹ بورت غشا صابونی: دستگاه سنجش حجمی، استفاده شده برای جریان‌های گازی با آهنگ کم، مشابه با اصل مربوط به نمونه‌گیر پیستونی. پیستون در این حالت با یک غشای صابونی که با گازِ در امتداد یک بورت با حجم مشخص حمل می‌شود، جابجا می‌شود (به شکل ۱۵ مراجعه کنید).

۱۲-۱۰ توازن حلقه: دستگاه سنجش حجمی که برای جریان‌های گازی با آهنگ کم استفاده می‌شود، به طوری که حجم مشخصی از گاز همراه با مایع آب‌بندی که تا حدودی یک حفره حلقوی را می‌پوشاند و موجب چرخش ساعتگرد می‌شود (به شکل ۱۶ مراجعه کنید).

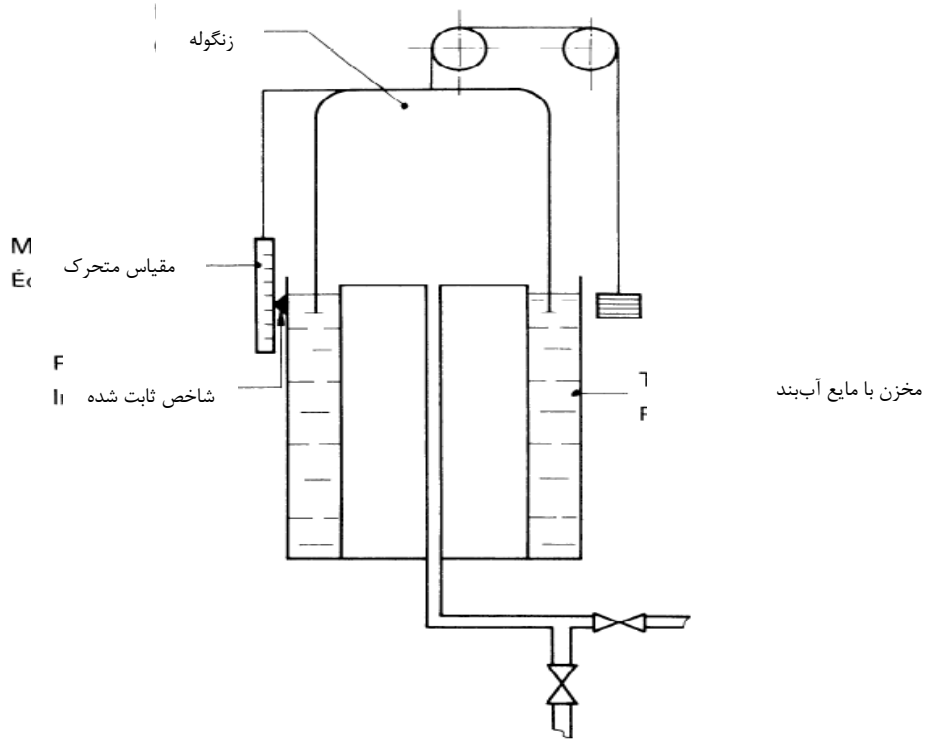


الف) نمونه‌گیر پیستونی آزاد تک‌جهته

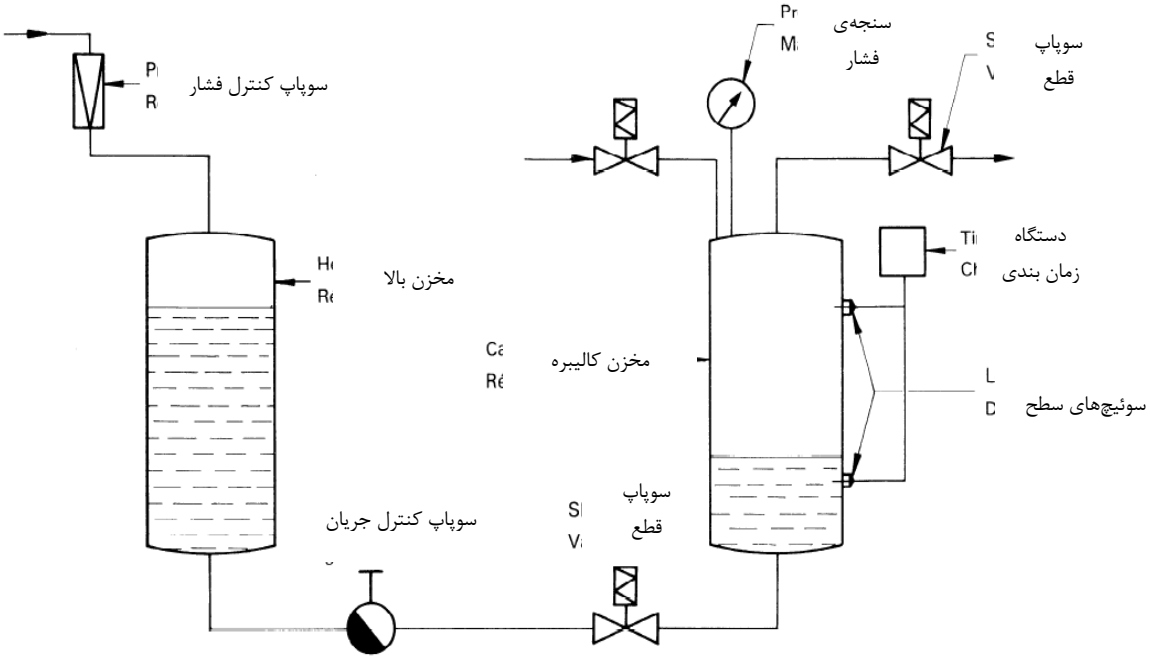


ب) نمونه‌گیر پیستونی اجباری

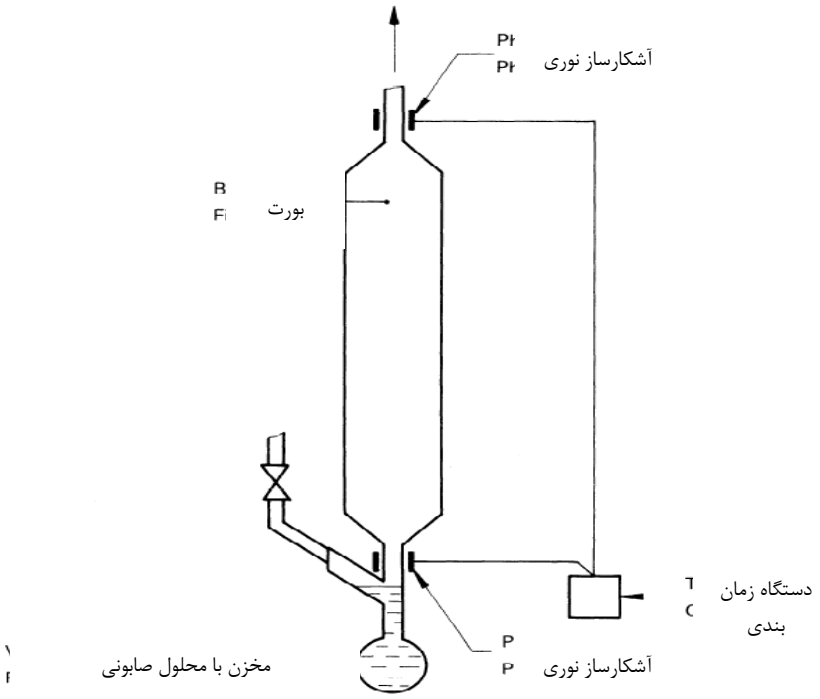
شکل ۱۲ - نمونه‌گیر پیستونی



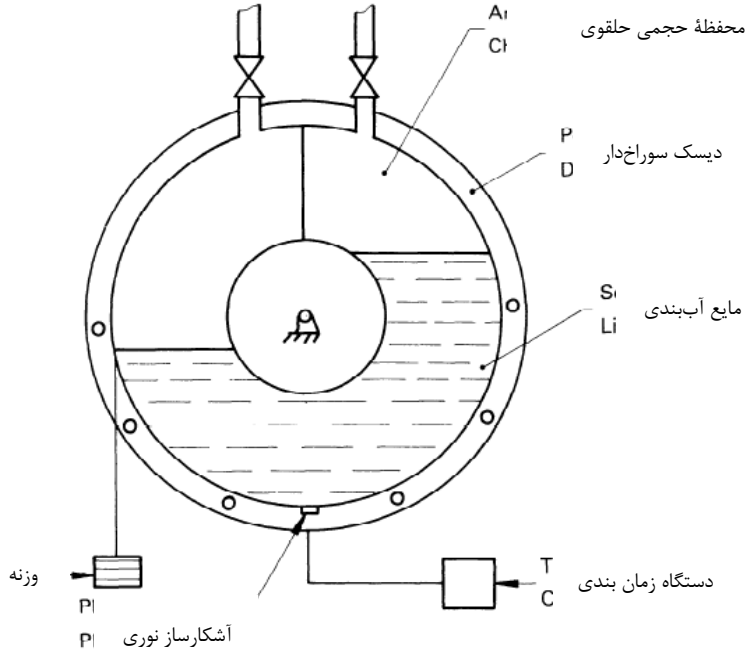
شکل ۱۳ - نمونه‌گیر زنگوله‌ای



شکل ۱۴ - سیستم جابه‌جایی مایع



شکل ۱۵ - بورت غشا صابونی

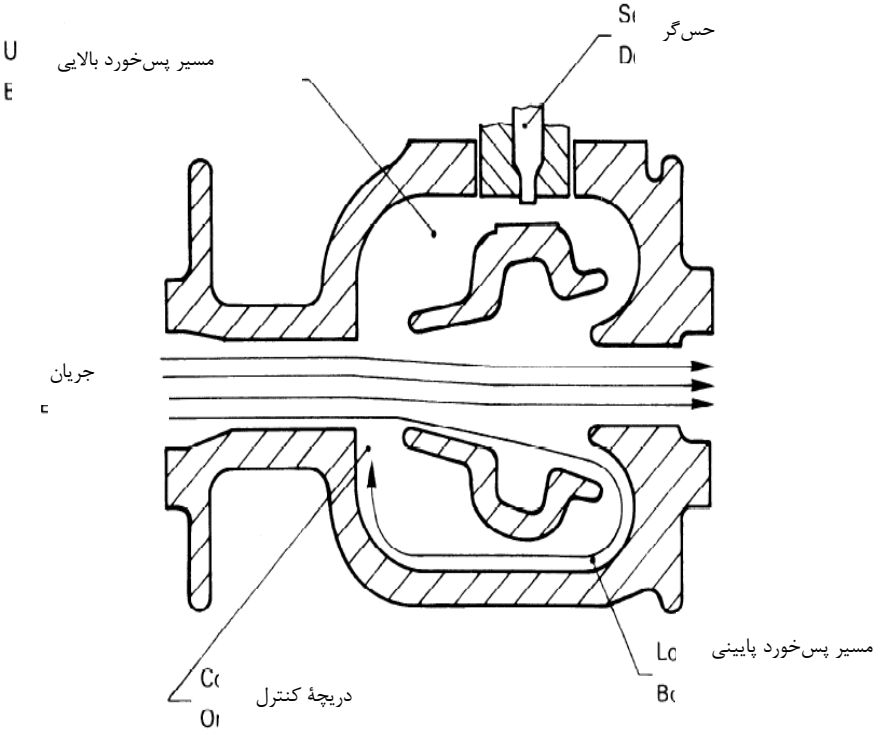


شکل ۱۶ – توازن حلقه

۱۳ روش‌های ناپایداری

روش‌های ناپایداری، روش‌هایی هستند که ناپایداری به طور عمدی در جریان با یک مانع بدون قسمت‌های متحرک تولید می‌شود. ناپایداری بسامد منظم دارد که به سرعت سیال و حس‌گر اندازه‌گیری وابسته است.

۱۳-۱ جریان‌سنج سیالی؛ جریان‌سنج گردشی: جریان‌سنجی که جت سیال بین دو موقعیت جایگزین نوسان کند، به طوری که بتواند تحت فعالیت یک سیستم بازخورد ادامه دهد (به شکل ۱۷ مراجعه کنید).



شکل ۱۷ - اصل عملیات جریان‌سنج سیالی، نشان داده شده با جریان در یکی از دو مود جایگزین

۱۳-۲ جریان‌سنج گردابه‌ای: جریان‌سنجی که از وضعیت پایین‌دست یک مسیر گردابی یک مانع استفاده می‌کند.

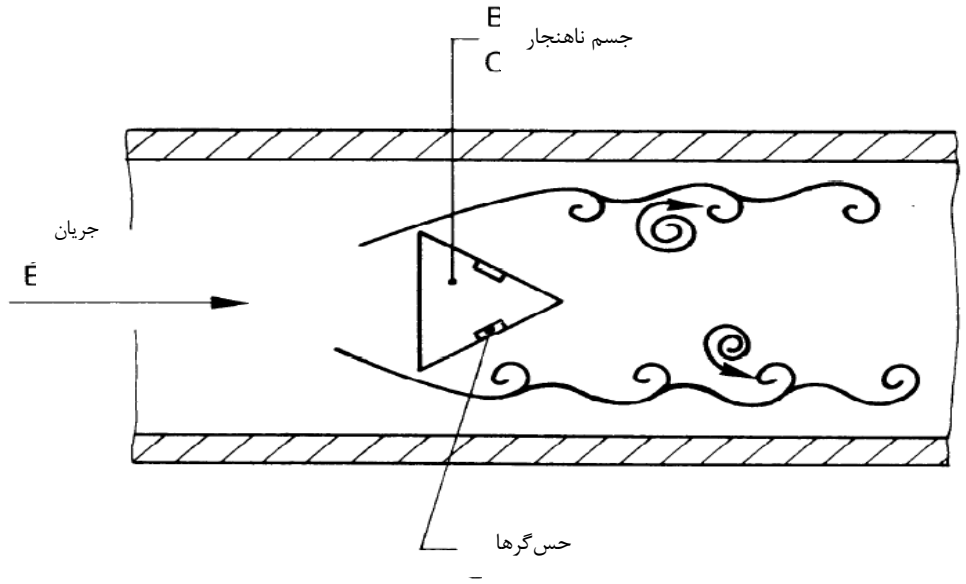
۱۳-۲-۱ جریان‌سنج گرداب[1]: جریان‌سنجی که شامل یک جسم ناهنجار می‌باشد که توسط آن گردابه‌هایی به صورت متوالی تولید و از اطراف این جسم جاری می‌شود. در یک محدودهٔ معین از آهنگ جریان، بسامدی که در آن گردابه‌ها جاری می‌شوند، متناسب با آهنگ جریان بوده و با استفاده از حسگرهای با تنوع وسیع قابل شمارش می‌باشد (به شکل ۱۸ مراجعه کنید).

۱۳-۲-۲ جریان‌سنج انحراف گرداب[2]: جریان‌سنجی که در آن سیال ورودی حول خط مرکز چرخش توسط تیغه‌های هادی به چرخش واداشته می‌شود. سطح مقطع کانال جریان برای شتاب دادن به جریان منقبض و

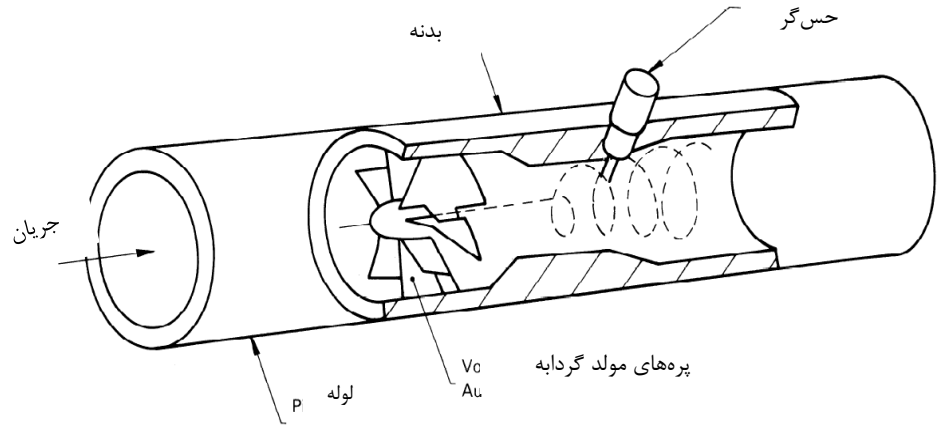
1 - Vortex-shedding meter
2 - Vortex precession meter

سپس منبسط می‌شود و محور آن برای شکل‌گیری انحراف گرداب تغییر می‌کند. گرداب از یک نقطهٔ معین با بسامدی که مستقیماً متناسب با آهنگ حجمی جریان است عبور می‌کند (به شکل ۱۹ مراجعه کنید).

۱۳-۳ نوسان‌ساز موج: دستگاهی که به صورت هم‌مرکز با لوله قرار گرفته است و شامل یک بدنه نیمه‌هنجار[1] و یک دیسک در پایین‌دست است، که باعث نوسانِ به طور متناوبِ دنباله در موقعیتی بین بدنهٔ نیمه‌هنجار و دیسک و یک موقعیت پایین‌دست دیسک می‌شود (به شکل ۲۰ مراجعه کنید).

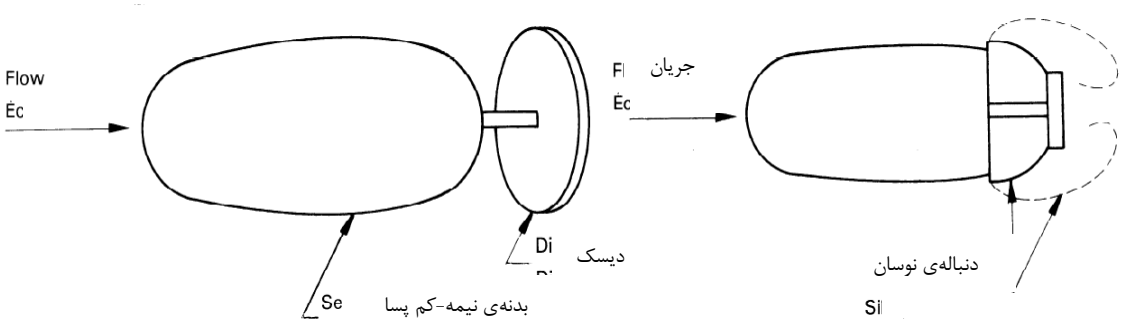


شکل ۱۸ - اصل کارکرد جریان‌سنج گرداب



شکل ۱۹ - اصل کارکرد جریان‌سنج انحراف گرداب

1 - Semi-streamlined



شکل ۲۰ - دیاگرام یک نوسان‌ساز موج

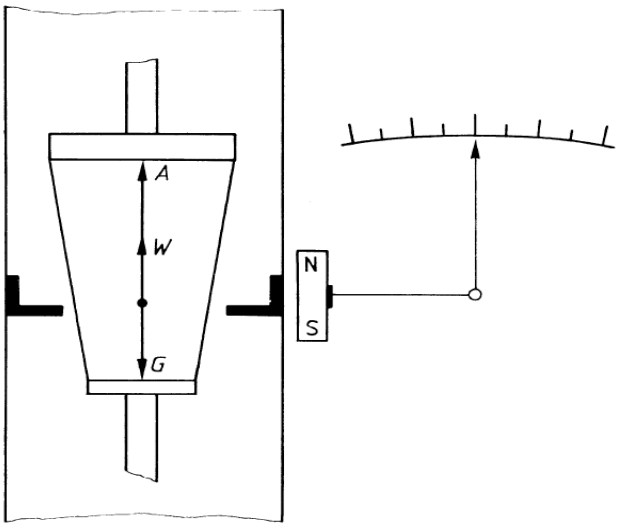
۱۳-۴ بدنهٔ ناهنجار: بدنه ناهنجار استفاده‌شده در جریان‌سنج‌های گردابی برای پخش گرداب‌ها. بدنه ممکن است منشوری، نیمه‌بیضی اصلاح‌شده به سهمی، استوانهٔ نیمه‌هنجار یا مثلث اصلاح‌شده، یا هر ترکیبی از این اشکال باشد.

۱۴ روش‌های سطح متغیر

روش‌های سطح متغیر، روش‌هایی هستند که جریان از یک فضا (معمولاً یک فضای حلقوی، اما نه همیشه) بین دو المان عبور می‌کند. این المان‌ها چنان آرایش یافته‌اند که نیروهای دینامیکی سیال یک المان مربوط به بقیه را برخلاف عمل نیروی بازدارنده (گرانشی، یا الاستیک) حرکت می‌دهد به شکلی که مساحت سطح مقطع فضا افزایش می‌یابد به طوری‌که آهنگ جریان افزایش می‌یابد. خوانش ابزار، یا اندازه‌گیری جابجایی المان قابل حرکت از موقعیت بدون جریان است یا یک اندازه‌گیری فشار تفاضلی در سطح متغیر (به شکل ۲۱ مراجعه کنید).

۱۴-۱ سنجه با هد ثابت: جریان‌سنجی که فشار تفاضلی ثابت نگه داشته می‌شود و سطح فضای حلقوی می‌تواند تغییر کند.

۱۴-۲ سنجه با هد متغیر: جریان‌سنجی که هم فشار تفاضلی و هم سطح فضای حلقوی می‌توانند تغییر کنند، تا یک گستره وسیع اندازه‌گیری را فراهم کنند.



راهنما:

A بار محوری شناوری

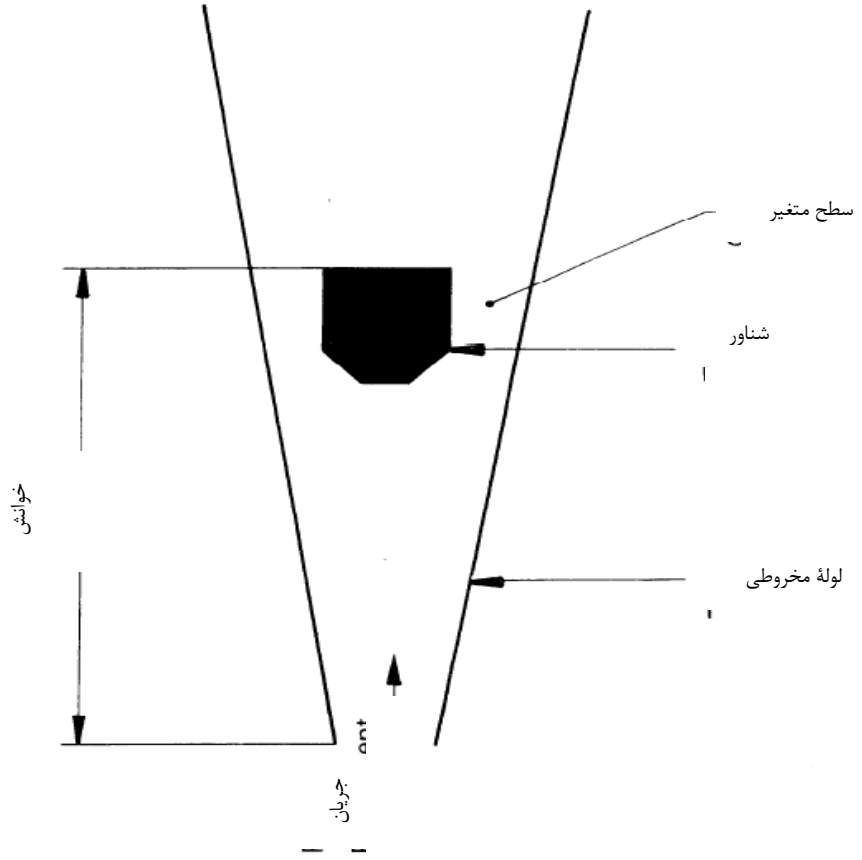
W بار محوری دینامیکی

G وزن

شکل ۲۱ - سنجه با سطح متغیر

۱۴-۳ سنجهٔ مخروطی شناور[1]: جریان‌سنجی که شناور با سطح مقطع دایروی می‌تواند آزادانه در یک لولهٔ مخروطی عمودی تحت نیروهای دینامیکی سیال و گرانش حرکت کند. سطح متغیر شامل فضای حلقوی بین شناور و لوله است. جریان همواره در جهت عمودی است. خوانش به شکل جابه‌جایی عمودی شناور است (به شکل ۲۲ مراجعه کنید).

1 - Cone-and-float meter



شکل ۲۲ - اصل کارکرد مخروطی شناور

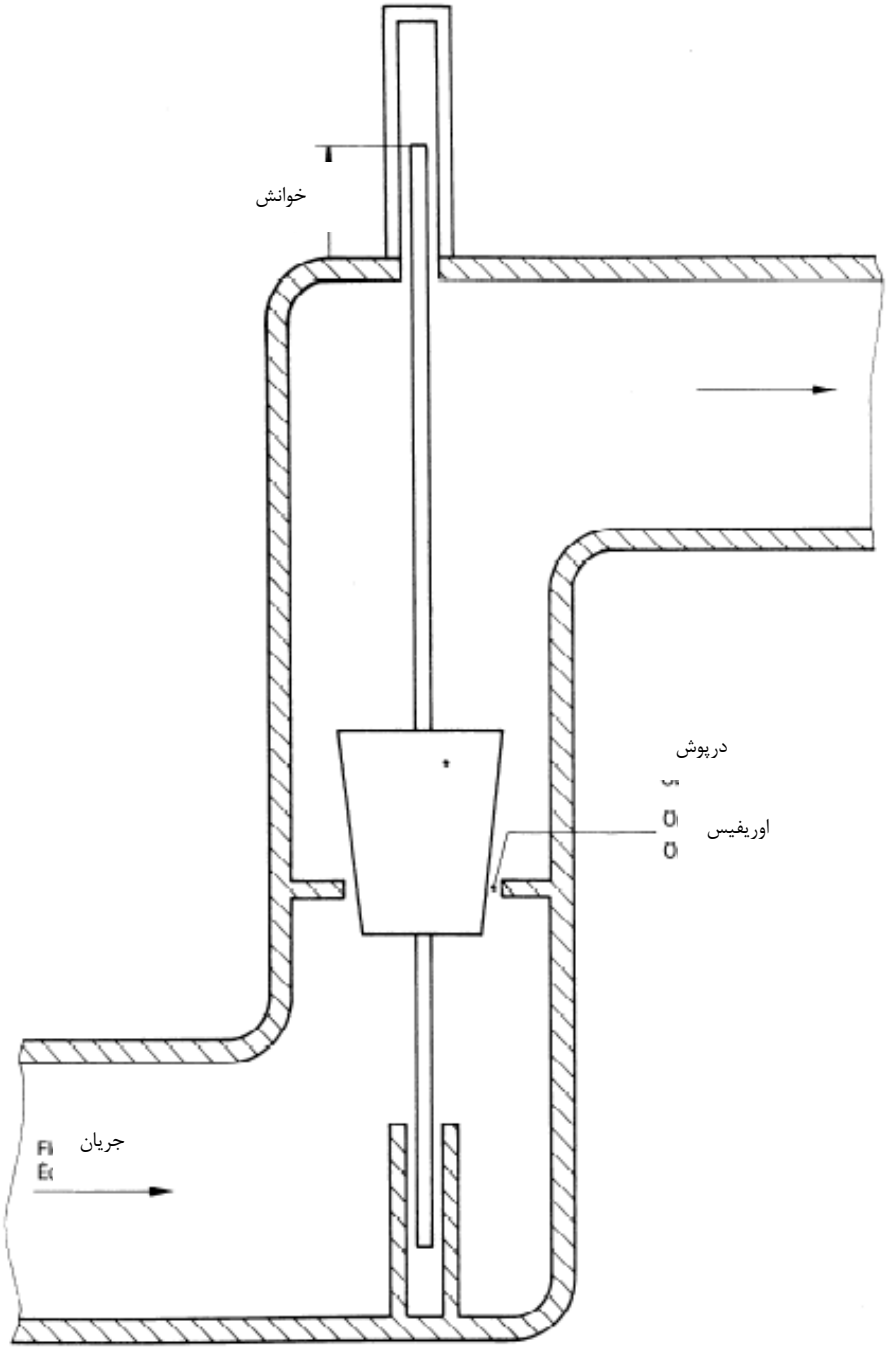
۱۴-۴ سنجه اریفیس و درپوش[1]: جریان‌سنجی که در آن یک درپوش مخروطی با یک اریفیس دایروی به سطح فضای حلقوی متناسب با بالا رفتن درپوش، تنظیم می‌شود (به شکل ۲۳ مراجعه کنید).

۱۴-۵ سنجه دیسک و مخروط[2]: تغییر سنجه اریفیس و درپوش به صورتی که درپوش با یک دیسک که در یک لوله مخروطی قرار گرفته است، جایگزین شده باشد؛ این پیکربندی تأثیر تغییرات در گرانروی سیال را کاهش می‌دهد.

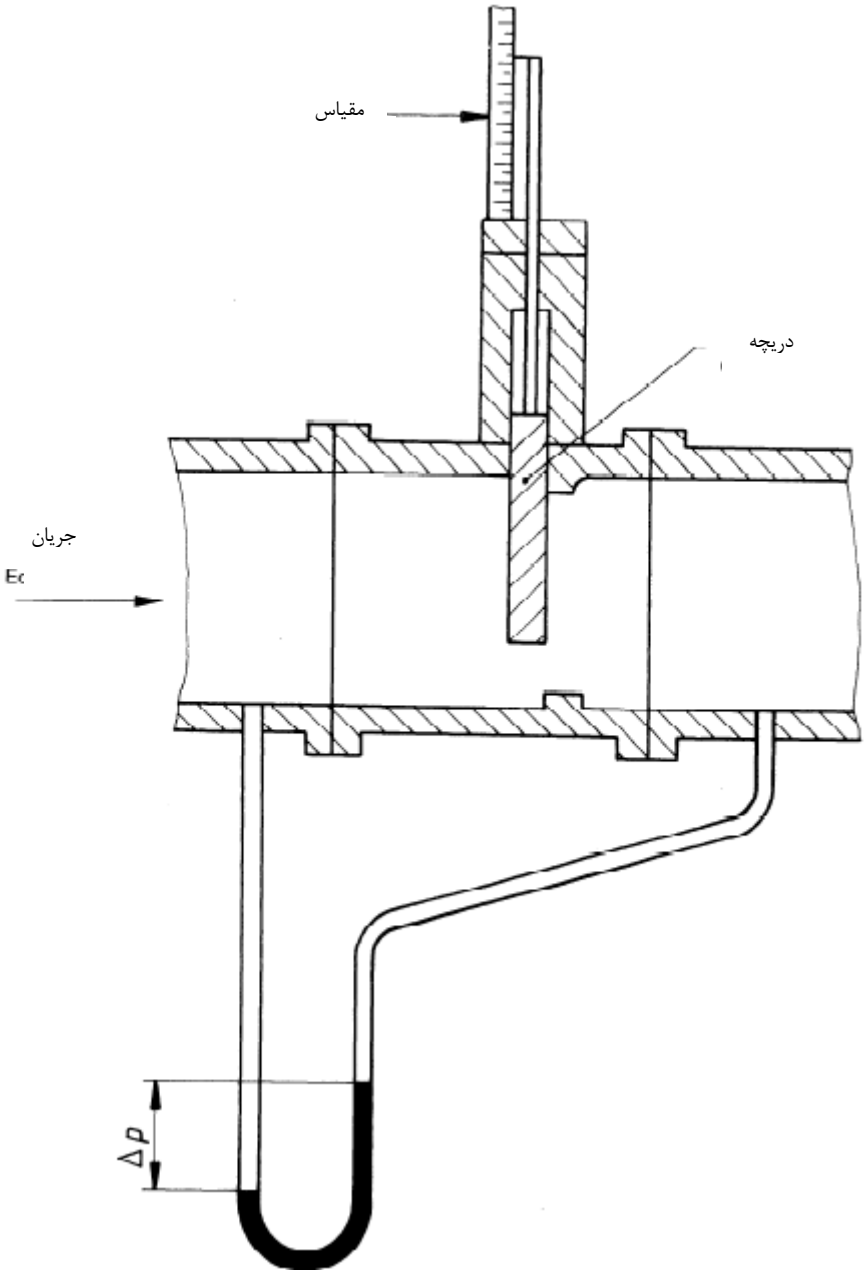
۱۴-۶ سنجه دریچه‌ای[3]: جریان‌سنجی که به منظور حفظ افت فشار ثابت در دستگاه، دریچه‌ای متحرک دارد.

۱۴-۷ سنجه با سرِ متغیر فنری[4]: جریان‌سنجی که به نیروهای مایل به بستن اریفیس با یک فنر به جای گرانش مجهز شده‌اند، تا این‌که جریان‌سنج بتواند با محور آن به صورت افقی نصب شود، در بعضی از مدل‌ها جابه‌جایی درپوش، خوانش را فراهم می‌کند و در بقیه، خوانش فشار تفاضلی است (به شکل ۲۵ مراجعه کنید).

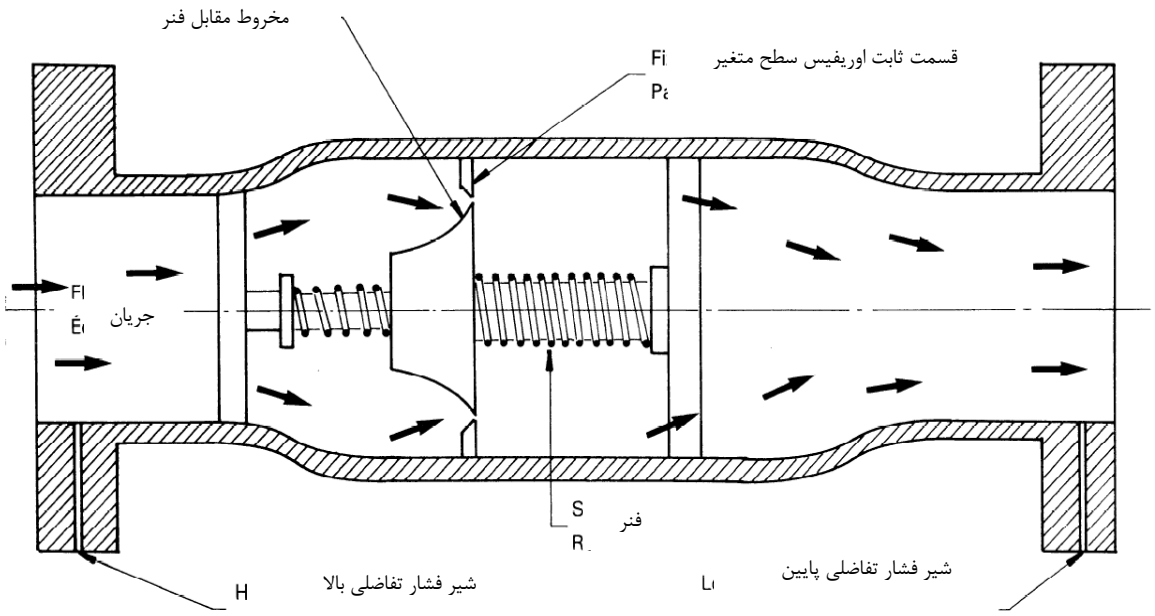
1 - Orifice-and-plug
2 - Cone-and-disc
3- Gate-type meter
4 - Spring-loaded variable-head meter



شکل ۲۳ - سنجهٔ اریفیس و درپوش



شکل ۲۴ - سنجهٔ دریچه‌ای



شکل ۲۵ - سنجه با سرِ متغیر و سطح متغیر فنری

۱۴-۸ فضای حلقوی: ناحیهٔ بین لوله مخروطی و شناور، که معمولاً در صورت بالا آمدن شناور، افزایش می‌یابد.

۱۴-۹ شناور؛ وزنه: المانِ به طور آزاد متحرکِ یک سنجه با سطح متغیر، که از ماده‌ای چگال‌تر از سیال مورد اندازه‌گیری ساخته شده است و با تغییر در آهنگ جریان بلند می‌شود یا افت می‌کند.

۱۵ روش‌های فراصوت

روش‌های فراصوت روش‌هایی هستند که در آن تأثیر جریان سیال بر روی یک پرتو (یا پالس) فراصوت اندازه‌گیری می‌شود و به آهنگ جریان مربوط است.

۱۵-۱ جریان‌سنج فراصوت: جریان‌سنجی که سیگنال‌های فراصوت تولید می‌کند و دوباره آن‌ها را بعد از این‌که از جریان متأثر شدند دریافت می‌کند به شکلی که نتایج مشاهده شده می‌توانند به عنوان اندازه‌گیری آهنگ جریان به کار روند.

جریان‌سنج فراصوت معمولاً شامل یک یا چند مبدل فراصوت و تجهیزاتی است که آهنگ جریان را از سیگنال‌های فراصوت تولید شده و دریافتی اندازه می‌گیرد و آن را به یک سیگنال خروجی استاندارد متناسب با آهنگ جریان تبدیل می‌کند.

۱۵-۲ دستگاه اولیه (از یک جریان‌سنج فراصوت)**:** دستگاه شامل موارد زیر است:

- یک لوله سنجه‌ای درون سیالی که جریان آن اندازه‌گیری می‌شود، و
- مجموعه‌ای از مبدل‌های فراصوت به کار برده شده برای اندازه‌گیری آهنگ جریان.

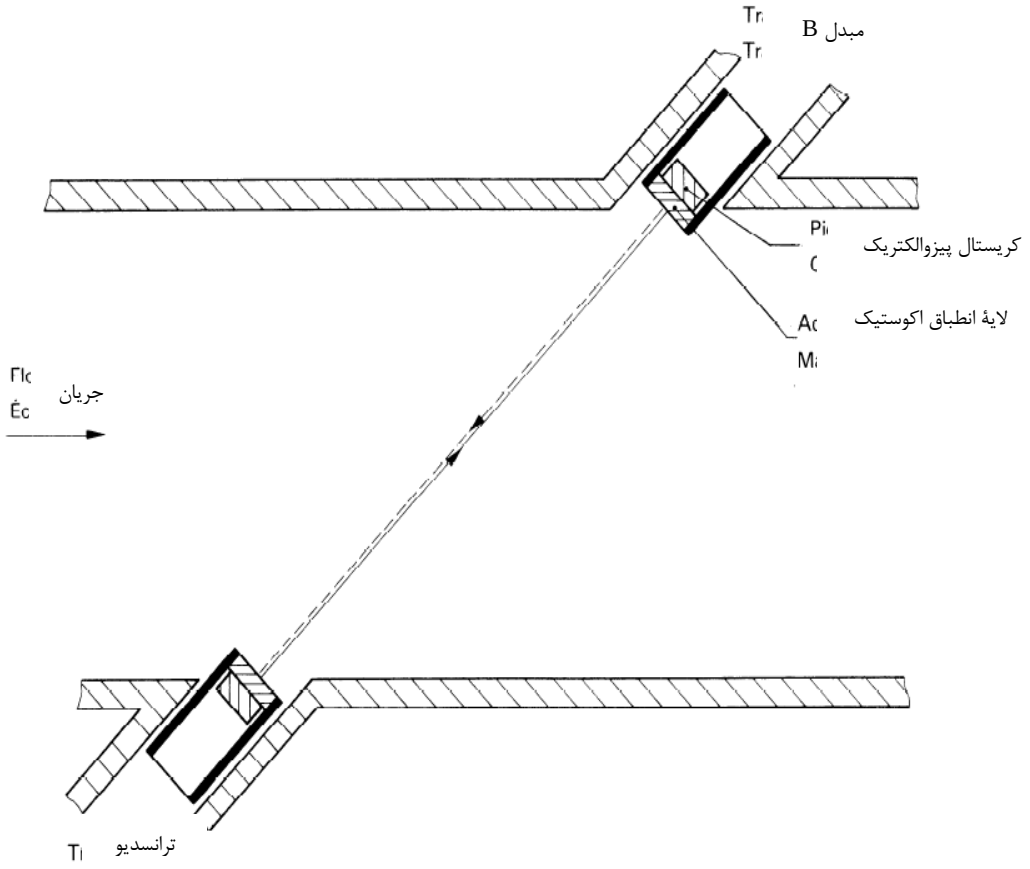
۱۵-۳ ترانسدیوسر فراصوت: یک منبع یا گیرنده انرژی فراصوت می‌باشد.

یادآوری- این عبارت فقط برای اندازه‌گیری‌های جریان فراصوت معتبر است.

۱۵-۴ سنجه بستی: جریان‌سنجی که ترانسدیوسرها بر روی قسمت بیرونی مجرا در محلی که آهنگ جریان که اندازه‌گیری می‌شود، ثابت شده‌اند.

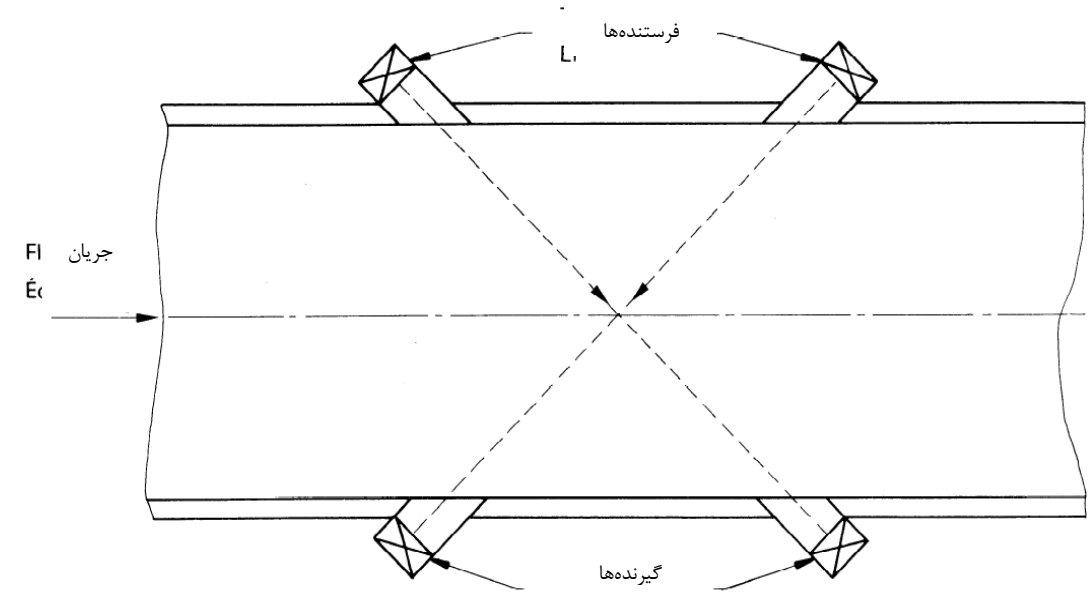
۱۵-۵ پرتو قطری: مسیر دنبال شده با یک پرتو فراصوت هنگامی که یک ترانسدیوسر و گیرنده فراصوت چنان قرار گرفته باشند که سیگنال فراصوت به صورت قطری از میان مجرا انتقال داده شود.

۱۵-۶ سنجه پرتو قطری تک‌مسیره: جریان‌سنج فراصوتی که سیگنال فراصوت بین دو ترانسدیوسر می‌فرستد و با جابه‌جایی فاز یا اختلاف در زمان حرکت بین پرتوهای منتشر شده در بالادست و پایین‌دست اندازه‌گیری می‌شود و برای محاسبه آهنگ جریان به کار می‌رود (به شکل ۲۶ مراجعه کنید).

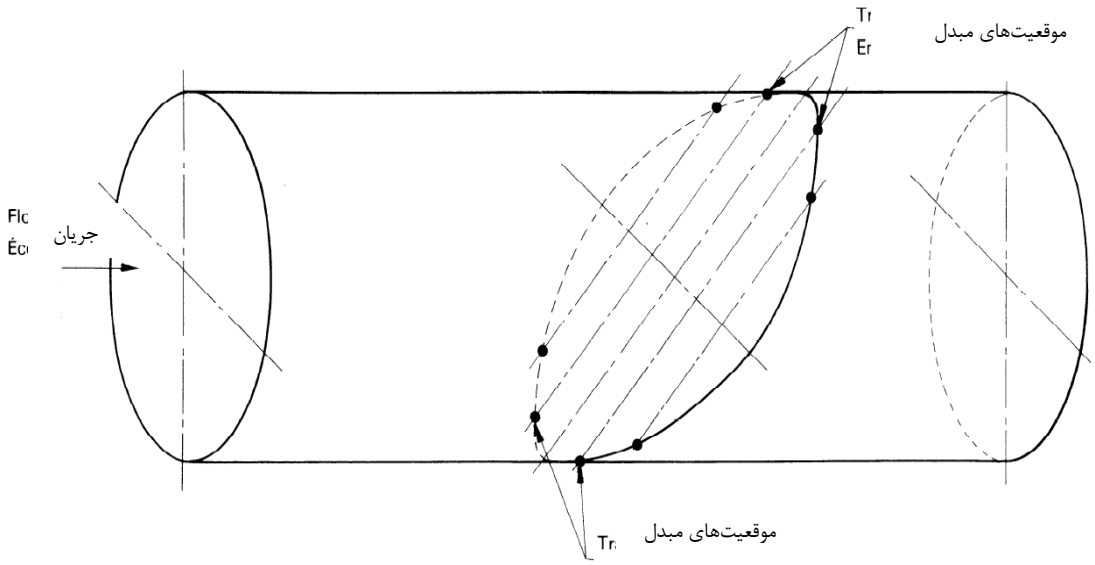


شکل ۲۶ - اصل کارکرد سنجهٔ پرتو محوری تک‌مسیره

۱۵-۷ سنجهٔ پرتو قطری چندمسیره: جریان‌سنج فراصوتی که با همان اصول مقیاس پرتو قطری تک‌مسیره کار می‌کند با این تفاوت که چندین پرتو را منتشر می‌کند (اغلب چهار) تا نوسان‌ها را در توزیع سرعت جبران کند (به شکل‌های ۲۷ و ۲۸ مراجعه کنید).



شکل ۲۷ - اصل کارکرد سنجهٔ پرتو قطری چندمسیره



شکل ۲۸ - آرایش مبدل‌ها در یک سنجهٔ پرتو قطری چهارمسیره

۸-۱۵ زمان حرکت سنجه فراصوت؛ سنجه زمان گذر: جریان‌سنج فراصوتی که اختلاف زمانی بین عبور یک سیگنال فراصوت از بالادست و پایین‌دست را برای محاسبه آهنگ جریان استفاده می‌کند. چنین جریان‌سنج‌هایی رایج‌ترین نوع پرتو قطری می‌باشند اما اگر خطوط لولهٔ جریان‌سنج، تغییری در جهت جریان در هر انتهای جریان‌سنج وارد کند، می‌تواند از نوع پرتو طولی باشد.

۱۵-۹ سنجه‌انحراف پرتو: جریان‌سنجی که یک پرتو منتشر شده در جهتی عمود بر جریان به مقداری که به طور تقریبی متناسب با آهنگ جریان است بازتابیده می‌شود.

۱۵-۱۰ سنجه تغییر فاز: جریان‌سنجی که تغییر فازی را که هنگامی که صوت یک واسطه متحرک را طی می‌کند، آشکار می‌کند.

۱۵-۱۱ روش انتگرال‌گیری گوسی: روش تعریف موقعیت‌های بهینه برای مسیرهای اندازه‌گیری و محاسبه آهنگ جریان از سرعت‌های مسیر اختصاصی در یک جریان‌سنج فراصوت چندمسیره می‌باشد.

۱۵-۱۲ لبهٔ حمله:

الف- اولین لبه یک پالس فراصوت.

ب- روش به‌کار رفته در جریان‌سنج‌های فراصوت مبتنی بر عبور پالس‌های فراصوت منتشر شده در دو جهت در امتداد یک یا چند مسیر قطری در طول لوله و اندازه‌گیری مستقیم زمان‌های حرکت آنهاست.

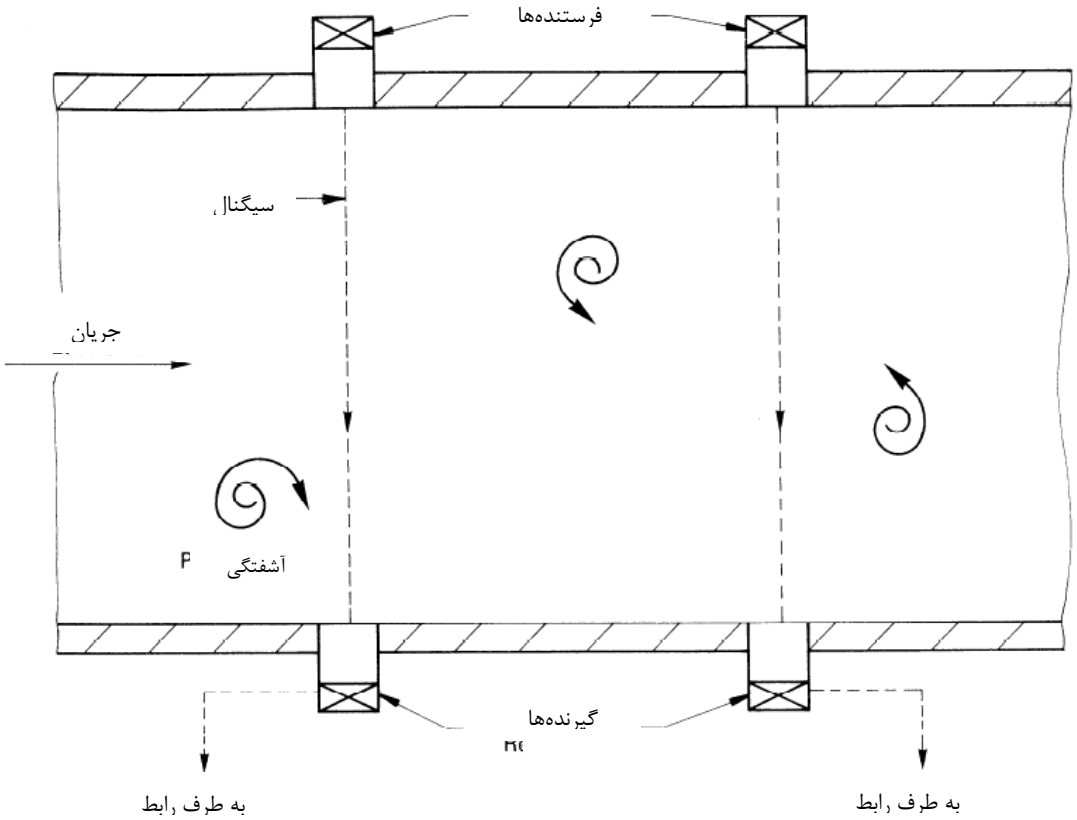
۱۵-۱۳ روش صوت پیرامونی[1]: روش به کار رفته در جریان‌سنج‌های فراصوت که به وسیله آن دو جریان مستقل، پالس را در جهت‌های مخالف انتقال می‌دهند. هر پالس بلافاصله پس از آشکارسازی پالس قبلی در جریان منتشر می‌شود. اختلاف بین بسامد تکرار پالس در دو جهت اندازه‌گیری می‌شود و تابعی از سرعت سیال است.

۱۵-۱۴ لایه تطبیق اکوستیک: ماده شامل یک یا چند لایه که برای بیشینه‌سازی ضریب اتصال اکوستیک بین دو وسیله استفاده می‌شود.

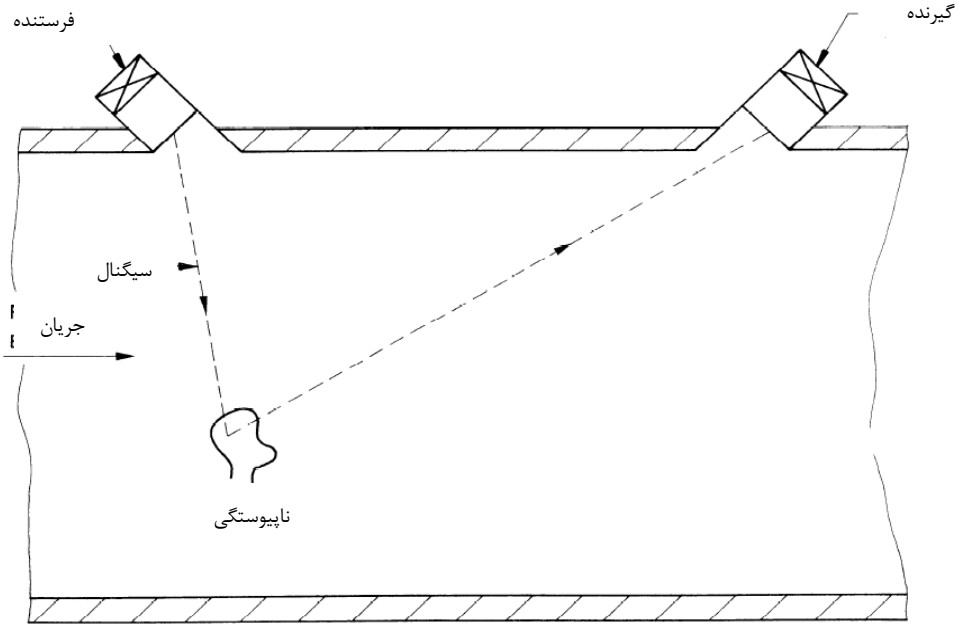
۱۶ سایر روش‌ها

۱۶-۱ سنجهٔ همبستگی متقابل: جریان‌سنجی که دو سیگنال، با فاصله مشخص مجزا، با آشفتگی‌های جریان سیال مدوله می‌شوند. این سیگنال‌ها با یک رابط مقایسه می‌شوند، زمان اندازه‌گیری‌شده برای آشفتگی در حرکت بین دو گیرنده مشخص می‌شود و بنابراین آهنگ جریان محاسبه می‌شود (به شکل ۲۹ مراجعه کنید). اصل همبستگی متقابل می‌تواند برای انواع مختلف سیگنال‌های موجود یا تزریق‌شده استفاده شود (مثلاً سیگنال‌های فراصوت، حرارتی و رادیواکتیو).

1 - Sing around



شکل ۲۹ - اصل کارکرد سنجهٔ فراصوت همبستگی مقطع



شکل ۳۰ - اصل کارکرد سنجهٔ فراصوت داپلر

۱۶-۲ سنجهٔ داپلر: جریان‌سنجی که با اصل اثر داپلر برای سیگنال منتشرشده داخل لوله عمل می‌کند. سپس سیگنال توسط ناپیوستگی‌های سیال بازتاب و توسط یک گیرنده جمع می‌شود. با مقایسهٔ بسامد سیگنال بازتاب‌شده با بسامد سیگنال اصلی، محاسبهٔ سرعت امکان‌پذیر می‌شود (به شکل ۳۰ مراجعه کنید). روش داپلر می‌تواند با انواع مختلف سیگنال‌ها به کار رود (مثلاً سیگنال‌های نوری یا فراصوتی).

۱۶-۳ همبستگی مقطع چندکاناله: این روش برای کمینه مقدار برای انتقال سه پرتو سیگنال انتقال به کار می‌روند تا حداقل دو مجموعهٔ ترکیبی داده‌های همبستگی مقطع را تولید کنند.

۱۶-۴ همبستگی مقطع با چند حس‌گر: این روش برای حداقل دو نوع حس‌گر برای ارائهٔ داده‌ها (روی آهنگ جریان یا یک مشخصهٔ فیزیکی) به کار می‌روند. سپس این داده‌ها ترکیب یا پردازش می‌شوند تا آهنگ جریان جرم، انرژی و غیره را ارائه دهند.

۱۶-۵ جریان‌سنج توربین: جریان‌سنجی که جریان سیال یک روتور با چندین تیغه هم‌محور با مجرا را به حرکت درمی‌آورد. آهنگ جریان متناسب با سرعت چرخشیِ روتور می‌باشد، که با دستگاهی اندازه‌گیری می‌شود که ممکن است مکانیکی، نوری، مغناطیسی و غیره باشد.

۱۷ سنجه‌ها (برای اندازه‌گیری حجم سیال)

سنجه‌ها ابزارهای اندازه‌گیری یکپارچه‌ای هستند که به طور پیوسته حجم سیال عبوری از آن‌ها را با استفاده از فرایند مکانیکی مستقیم شامل استفاده از محفظه‌های حجمی با دیواره‌های متحرک (شناخته شده با عنوان سنجه‌های حجمی) یا کارکرد سرعت سیال بر روی چرخش یک قسمت متحرک (شناخته شده با عنوان سنجه‌های سرعت) تعیین می‌کنند.

۱۷-۱ تعاریف قابل استفاده برای همه سنجه‌ها

۱۷-۱-۱ آهنگ جریان سنجه: خارج قسمت حجم سیال عبوری از سنجه بر زمان طی شده است.

۱۷-۱-۲ جریان حجمی: حجم آب عبوری از کنتور آب، بدون توجه به زمان است.

۱۷-۱-۳ دستگاه نشان‌گر: دستگاه نشان‌دهندهٔ جریان حجمی است.

۱۷-۱-۴ دستگاه کنترلی: المانِ دستگاه نشان‌دهنده‌ای که ارقام کمترین مقیاس را نشان می‌دهد. اختلاف کوچک‌ترین مقیاس آن "فاصلهٔ مقیاس تایید" نامیده می‌شود.

۱۷-۱-۵ دستگاه تنظیم: دستگاه استفاده شده برای تنظیم رابطهٔ بین جریان حجمی نشان داده شده با سنجه و جریان حجمی واقعی است.

۱۷-۱-۶ دستگاه محافظتی: دستگاه به کار برده شده برای حفاظت از بی‌عیب بودن سنجه، شامل دستگاه نشان‌گر، بعد از کالیبراسیون است.

۱۷-۱-۷ عبور گاز ثبت‌نشده[1] (PUG): گازی که از سنجه عبور می‌کند، بدون این که توسط وسیلهٔ نشان‌گر گر ثبت شود. این امر معمولاً به نشت داخلی نسبت داده می‌شود.

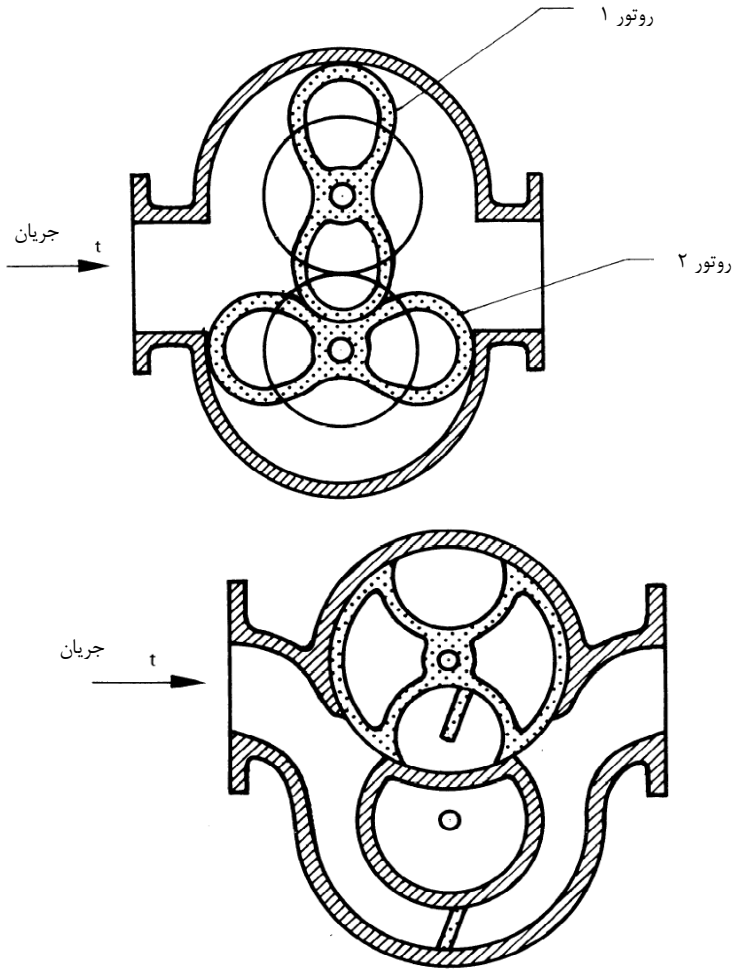
1 - Passing Unregistered Gas

۱۷-۱-۸ سنجه شانت (موازی): سنجه‌ای که در آن، جریان سیال به دو قسمت تقسیم می‌شود که نسبت حجمی داده‌شده به یکدیگر تقسیم شده است. حجم کل از اندازه‌گیری جریان کوچک‌تر به دست می‌آید.

۱۷-۲ سنجه‌های سیال

۱۷-۲-۱ سنجهٔ جابه‌جایی چرخشی[1]: سنجه‌ای که در آن، محفظه اندازه‌گیری بین دیواره‌های یک محفظه ثابت و یک(یا چند) المان است که با جریان سیال می‌چرخد. نشت بین المان(های) چرخشی و دیواره در مقایسه با جریان در گستره کاری ترجیحی، قابل چشم‌پوشی است. چرخش المان(ها) به صورت مکانیکی یا با یک دستگاه نشان‌گر که آهنگ جریان را ثبت می‌کند انتقال داده می‌شود (به شکل ۳۱ مراجعه کنید).

۱۷-۲-۲ کنارگذر: سیستم لوله‌ها و شیرها که به وسیله آن‌ها سیال ممکن است به جای عبور از سنجه از کنار آن عبور کند.



شکل ۳۱ - مثال‌هایی از سنجه‌های جابه‌جایی چرخشی

1 - "Rotary" displacement meter

۱۷-۳ سنجه‌های آبی

۱۷-۳-۱ سنجه حجمی: دستگاه، ثابت‌شده یک مجرای بسته، که شامل محفظه‌های با حجم مشخص و مکانیزم حرکت با جریان می‌باشد، که به وسیله آن این محفظه‌ها متوالیاً با آب پر می‌شوند و سپس خالی می‌شوند. با شمارش مقدار این حجم‌های عبوری از دستگاه، مجموع جریان حجمی را نشان می‌دهد.

۱۷-۳-۲ سنجه سرعت: دستگاه، مجهز به مجرای بسته می‌باشد، که شامل مجموعه دستگاه اولیه‌ای است که توسط سرعت آب در حرکت می‌باشد. حرکت المان متحرک به صورت مکانیکی یا سایر روش‌ها برای نشان‌داده مجموع جریان حجمی به دستگاه نشانگر انتقال داده می‌شود.

۱۷-۳-۳ سنجه ولتمن[1]: وسیله‌ای که سنجه یک پروانه را در محور چرخشی که با محور جریان منطبق است، در خود جای می‌دهد.

۱۷-۳-۴ سنجه جت تکی؛ سنجه با چند جت: دستگاهی که سنجهٔ توربین را در خود جای می‌دهد، به طوری که محور چرخشی عمود بر محور جریان است.

۱۷-۴ سنجه‌های گازی:

۱۷-۴-۱ سنجهٔ گاز خشک: سنجهٔ جابه‌جایی که حجم گاز را با پر و خالی شدن‌های متوالی دمنده اندازه می‌گیرد. متداول‌ترین سنجهٔ گازی به کار برده شده، سنجهٔ دیافراگمی است.

۱۷-۴-۲ سنجه گاز مرطوب: سنجه‌ای که در آن حجم گاز از طریق عبور گاز به درام[2] دارای قسمت‌های با حجم مشخصی که با آب یا سایر مایعات آب‌بندی می‌شوند، اندازه‌گیری می‌شود. درام تحت تأثیر اختلاف فشار گاز می‌چرخد و گاز از توسط مایع آب‌بندی جابجا می‌شود.

۱۷-۵ جریان‌سنج استنتاجی: دستگاهی که حجم سیال عبوری از خود را با انتگرال‌گیری در دوره زمانی سیگنال خروجی جریان‌سنج که متناسب با سرعت سیال یا آهنگ جریان است، اندازه می‌گیرد.

یادآوری- یکی از اصول اندازه‌گیری توضیح داده شده در بندهای ۷ تا ۱۶ معمولاً به عنوان اساس جریان‌سنج استنتاجی به کار می‌رود.

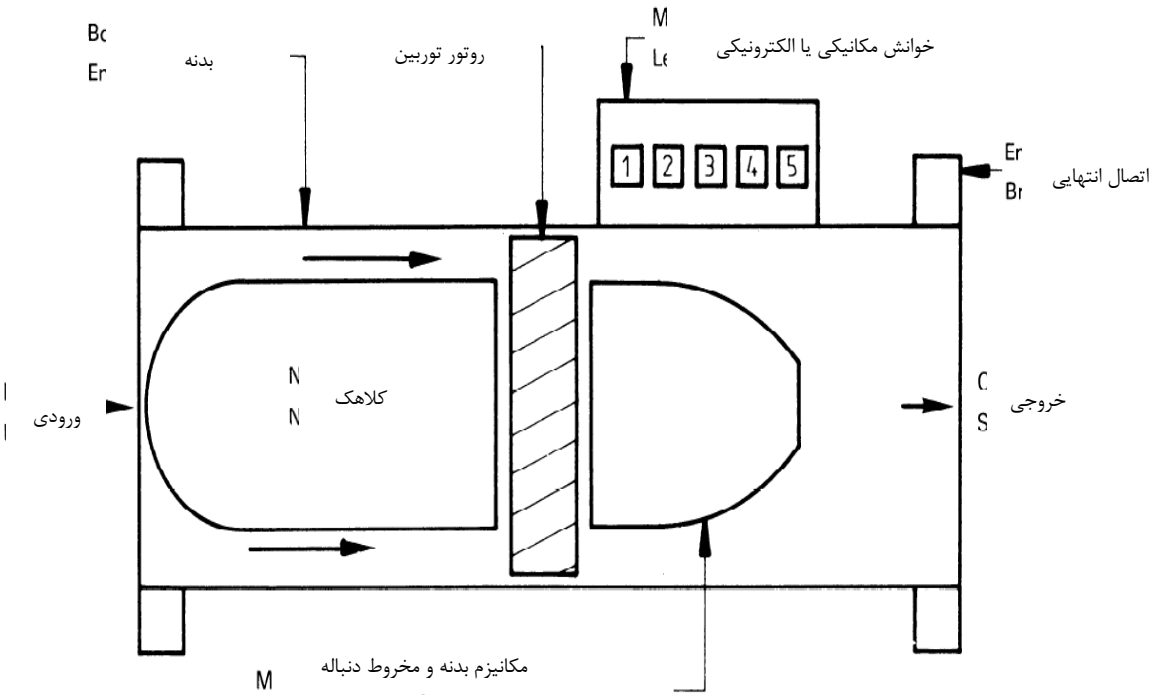
۱۷-۵-۱ سنجه توربین: جریان‌سنج استنتاجی است، به طوری که جریان سیال، روتور توربینی که به صورت مکانیکی یا به اشکال دیگر متصل به یک دستگاه نشان‌گر است، به حرکت در می‌آورد و حجم سیال عبوری را ثبت می‌کند (به شکل ۳۲ مراجعه کنید).

۱۷-۵-۲ سنجه دوار: جریان‌سنج استنتاجی دارای یک بادسنج از نوع پره‌ای است که در جریان سیال قرار می‌گیرد.

۱۷-۵-۳ سنجه فشار تفاضلی: مونتاژ جریان‌سنج استنتاجی است که شامل یک دستگاه اولیه مانند صفحه اریفیس، شیپوره یا لوله ونتوری نصب شده در یک مجرا و دستگاه ثانویه لازم برای تعیین آهنگ جریان یا جریان حجمی است.

---

1 - Woltmann meter:
2 - Drum



شکل ۳۲ – سنجهٔ توربین گاز

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتاب‌نامه

[1] ISO 772: 1988, L iquid flo w measuremen t in open channels- Vocabulary and symbols.C21

[2] ISO 3534-1 : - 11, Statistics - Vocabulary and Symbols- Part 7 : Probability and general sta tistical terms.

[3] ISO 5167-1 : - 21, A4 easurement of fluid flow by means ofpressure differential devices - Part 7 : Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular Cross-section conduitsrunning full.

[4] ISO 5168: - 3) I A4 easuremen t of fluid flow - Evaluationof uncertain ties.

[5] International vocabulary of basic and general terms inmetrology, BIPM/IEC/ISO/OIML, 1984.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

فهرست الفبایی

فارسی	لاتین	بند
اثر داپلر	Doppler effect	۳۰-۴
اثر کواندا	Coanda effect	۲۹-۴
اثرپذیری	Traceability	۱-۱-۱۲-۵
تصحیح بویانسی (شناوری)	Buoyancy correction	۵-۱۲
افت فشار (به علت یک دستگاه اولیه)	Pressure loss (caused by a primarydevice)	۱۳-۶
الکترودهای سنجه	Meter electrodes	۳-۱۱
انحراف	Deviation	۸-۵
انحراف استاندارد آزمایشگاهی	Experimental Standard deviation, s	۹-۵
انحراف استاندارد آزمایشگاهی متوسط	Experimental Standard deviationof the mean, $S(\overline{X})$	۱-۹-۵
انحراف استاندارد باقی‌مانده	Residual Standard deviation, s_R	۲-۹-۵
انحراف متوسط حسابی پروفیل (زبری)	Arithmetical mean deviation of the(Roughness) Profile, R_a	۱۸-۴
اندازه‌گیری جریان بحرانی	Critical flow measurement	۸
اندازه جمعیت	Population size, N	یادآوری ۱ تا ۹-۵
اندازه نمونه	Sample size, n	۱-۵-۵
اریفیس، گلویی	Orifice; throat	۳-۷
اریفیس، گلویی	Throat; orifice	۳-۷
آرایه ساکن	Stationary array	۱۳-۹
بالانس حلقه	Ring balance	۱۰-۱۲
کنارگذر	Bypass	۲-۲-۱۷
بخش خروجی	Outlier	۱۷-۵
بدنهٔ ناهنجار	Bluff body	۴-۱۳
بورت غشا صابونی	Soap-film burette	۹-۱۲
بی‌نظمی	Irregularity	۱۷-۶
بیشترین آهنگ جریان	Maximum flow-rate	۷-۶
پایدارساز جریان	Flow stabilizer	۲۰-۶
پرتو قطری	Diagonal beam	۵-۱۵

۶-۹	Self-compensating Propeller	پروانهٔ خودجبران‌ساز
۴-۴	Flow Profile	پروفیل جریان
۲-۸	Critical flow function, C_*	تابع جریان بحرانی
۳-۱۰	Concentration of the tracer, C	غلظت ردیاب
۷-۹	Spin test (of a current-meter)	تست اسپین چرخش (ِ یک جریان‌سنج)
۱۸-۶	Flow straightener [conditioner]	مستقیم‌کنندهٔ [صاف‌کننده] جریان
۷-۵	Number of degrees of freedom, v	تعداد درجهٔ آزادی
۳۲-۴	Isentropic exponent, K	نمای ایزونتروپیک
۲۵-۵	Student's / distribution	توزیع t استیودنت
۳-۴	Velocity distribution	توزیع سرعت
۱-۳-۴	Fully developed velocity distribution	توزیع سرعت کاملاً توسعه‌یافته
۲-۳-۴	Regular velocity distribution	توزیع سرعت منظم
۳-۵	Frequency distribution	توزیع بسامد
۱۳-۵	Laplace-Gauss distribution;normal distribution	توزیع نرمال: توزیع لاپلاس-گاؤس
۱۳-۵	Normal distribution; Laplace-Gaussdistribution	توزیع نرمال: توزیع لاپلاس-گاؤس
۳۳-۴	Molar gas constant, R	ثابت مولی گاز
۵-۱۰	Injection Cross-section [Station]	جایگاه سطح مقطع تزریق
۶-۱۰	Sampling Cross-section [Station]	[جایگاه] سطح مقطع نمونه‌گیری
۴-۹	Current-meter	جریان‌سنج
۲-۱۷	Flow meters	جریان‌سنج
۵-۱۷	Inferential flowmeter	جریان‌سنج استنتاجی
۱-۱۱	Electromagnetic flowmeter	جریان‌سنج الکترومغناطیس
۵-۱۶	Turbine flowmeter	جریان‌سنج توربین
۱-۱۳	Fluidic flowmeter; nutating flowmeter	جریان‌سنج سیالی؛ جریان‌سنج گردشی
۱-۱۳	Nutating flowmeter; fluidic flowmeter	جریان‌سنج سیالی؛ جریان‌سنج گردشی
۱-۱۵	Ultrasonic flowmeter	جریان‌سنج فراصوت
۲-۱۳	Vortex flowmeter	جریان‌سنج گردابی
۵-۹	Propeller-type current-meter	جریان‌سنج نوع پروانه‌ای
۲۵-۴	Laminar flow	جریان آرام
۲۲-۴	Steady flow	جریان پایا
۵-۴	Swirling flow	جریان چرخشی
۲-۱-۱۷	Volume flow	جریان حجمی

۲۷-۴	Fully rough turbulent flow	جریان کاملاً متلاطم زبر
۲۸-۴	Transition flow	جریان گذار
۲۶-۴	Turbulent flow	جریان متلاطم
۲۴-۴	Unsteady flow	جریان ناپایا
۲۳-۴	Pulsating flow of mean constant flow-rate	جریان نوسانی آهنگ جریان متوسط ثابت
۴-۵	Population	جمعیت
۶-۷	Piezometer ring	حلقه پیزومتر
۷-۷	Carrier ring	حلقه حامل
۱۸-۵	Spurious errors	خطاهای کاذب
۱۶-۵	(Absolute) error of measurement	خطای (مطلق) اندازه‌گیری
۲۲-۵	Standard error of estimate, s_R	خطای استانداردِ تخمین
۱۶-۵	Error of measurement	خطای اندازه‌گیری
۱۹-۵	Random error	خطای تصادفی
۲۰-۵	Systematic error	خطای سیستمی
۲۱-۵	Elemental error	خطای مقدماتی
۳-۱۲	Diverter	مبدل
۲۷-۵	Accuracy	درستی
۳-۶	Primary device	دستگاه اولیه
۱-۱-۱۱	Primary device (of an electromagneticflowmeter)	دستگاه اولیه (یِک جریان‌سنج الکترومغناطیس)
۲-۱۵	Primary device (of an ultrasonic flowmeter)	دستگاه اولیه (یِک جریان‌سنج فراصوت)
۲-۷	Primary device (of a differential pressure device)	دستگاه اولیه (مربوط به دستگاه اختلاف فشار)
۵-۱-۱۷	Adjustment device	دستگاه تنظیم
۴-۶	Secondary device	دستگاه ثانویه
۲-۱-۱۱	Secondary device (of an electromagnetic flowmeter)	دستگاه ثانویه (یِک جریان‌سنج الکترومغناطیس)
۱-۷	Differential pressure device	دستگاه فشار تفاضلی
۴-۱-۱۷	Control device	دستگاه کنترلی
۶-۱-۱۷	Protective device	دستگاه محافظتی
۳-۱-۱۷	Indicating device	دستگاه نشان‌گر
۱-۱۴-۶	Working temperature	دمای کاری
۳-۱۳	Wake oscillator	نوسان‌ساز موج
۱۵-۵	Regression	رگرسیون
۱۱	Electromagnetic methods	روش‌های الکترومغناطیس

روش‌های ردیابی	Tracer methods	۱۰
روش‌های رقیق‌سازی	Dilution methods	۱-۱۰
روش‌های سطح-سرعت	Velocity-area methods	۹
روش‌های سطح-متغیر	Variable-area methods	۱۴
روش‌های فراصوت	Ultrasonic methods	۱۵
روش صوت پیرامونی	Sing around method	۱۳-۱۵
روش انتگرال‌گیری	Integration method	۲-۱-۱۰
روش انتگرال‌گیری گؤسی	Gaussian integration method	۱۱-۱۵
روش تزریق آهنگ ثابت	Constant-rate injection method	۱-۱-۱۰
روش حجمی	Volumetric method	۲-۱۲
روش حداقل مربعات	Method of least squares	۱۴-۵
روش زمان گذار	Transit time method	۲-۱۰
روش وزنی	Weighing method	۱-۱۲
روش‌های ناپایداری	Instability methods	۱۳
زاویه چرخش	Swirl angle, θ	۶-۴
زبری یکنواخت معادل	Equivalent uniform roughness, k	۱۹-۴
زمان حرکت سنجهٔ فراصوت؛ سنجهٔ زمان گذر	Time-of-flight ultrasonic meter;transit time meter.	۸-۱۵
زمان حرکت سنجهٔ فراصوت؛ سنجهٔ زمان گذر	Transit time meter; time-of-flight ultrasonic meter	۸-۱۵
زمان عبور ابر ردیاب	Time of passage of the tracer cloud	۹-۱۰
سرعت (بی‌بعد)نسبی	Relative [non-dimensional]velocity, v^*	۲-۳-۴
سرعت (نسبی) بی‌بعد	Non-dimensional [relative]velocity, v^*	۸-۴
سرعت اصطکاکی	Friction velocity, u^*	۲۱-۴
سرعت فاکتور رویکرد	velocity of approach factor, E	۱۶-۷
سرعت متوسط محوری سیال	Mean axial fluid velocity, U	۷-۴
سطح اطمینان	Confidence level	۲۴-۵
ترتیب کالیبراسیون	Calibration hierarchy	۱-۱۲-۵
سنجه‌ها (برای اندازه‌گیری حجم سیال)	Meters (for the measurement of thevolume of fluids)	۱۷
سنجه‌های آبی	Water meters	۳-۱۷
سنجه‌های سیال	Fluid meters	۲-۱۷
سنجه‌های گازی	Gas meters	۴-۱۷
سنجه انحراف پرتو	Beam-deflection meter	۹-۱۵
سنجه اریفیس و درپوش	Orifice-and-plug meter	۴-۱۴

۴-۳-۱۷	Multiple-jet meter	سنجه با چند جت
۷-۱۴	Spring-loaded variable-head meter	سنجه با سرِ متغیر دارای حالت فنری
۴-۱۵	Clamp-on meter	سنجه بستی
۱-۲-۱۳	Vortex-shedding meter	سنجه پخش گرداب
۶-۱۵	Single-path diagonal-beam meter	سنجه پرتو-قطری تک مسیره
۱۰-۱۵	Phase-shift meter	سنجه تغییر فاز
۲-۲-۱۳	Vortex precession meter	سنجه تقدم گرداب
۱-۵-۱۷	Turbine meter	سنجه توربین
۱-۲-۱۷	Rotary displacement meter	سنجه جابجایی چرخشی
۴-۳-۱۷	Single-jet meter	سنجه جت منفرد
۱-۳-۱۷	Volumetric” meter	سنجه حجمی
۲-۱۶	Doppler meter	سنجه داپلر
۲-۵-۱۷	Rotary meter	سنجه دوار
۵-۱۴	Cone-and-disc meter	سنجه دیسک و مخروط
۲-۳-۱۷	Velocity meter	سنجه سرعت
۸-۱-۱۷	Shunt meter	سنجه شانت (موازی)
۳-۵-۱۷	Differential pressure meter	سنجه اختلاف فشار
۱-۴-۱۷	Dry gas meter	سنجه گاز خشک
۲-۴-۱۷	Wet gas meter.	سنجه گاز مرطوب
۳-۱۴	Cone-and-float meter	سنجه مخروط و شناور
۶-۱۴	Gate-type meter	سنجه نوع دریچه‌ای
۱-۱۴	Constant-head meter	سنجه هد ثابت
۲-۱۴	Variable-head meter	سنجه هد متغیر
۳-۳-۱۷	Woltmann meter	سنجه ولتمان
۲۲-۶	Drain holes	سوراخ‌های آبگذر
۲۳-۶	Vent holes	سوراخ‌های هواکش
۸-۱۲	Liquid displacement System	سیستم جابجایی مایع
۵-۱۱	Electrode Signal	سیگنال الکترود
۱-۵-۱۱	Flow Signal	سیگنال جریان
۵-۶	Output Signal	سیگنال خروجی
۵-۵-۱۱	Reference Signal	سیگنال مرجع
۱۴-۶	Working conditions	شرایط کارکرد

۱۵-۶	Installation conditions	شرایط نصب
یادآوری ۲ تا ۹-۴	Hydraulic radius, R_h	شعاع هیدرولیکی
۹-۱۴	Float; sinker	شناور، وزنه
۹-۱۴	Sinker; float	شناور؛ وزنه
۲۱-۶	Wall (pressure) tapping	شیر (فشار) دیواره
۱۰-۹	Static pressure tapping	شیر فشار استاتیک
۱۱-۹	Total pressure tapping	شیر فشار کل
۵-۷	Pressure tappings; pressure taps	شیرهای فشار
۴-۵-۷	D and 0/2 pressure tappings	شیرهای فشار D و D/2
۳-۵-۷	Vena contracta pressure tappings	شیرهای فشار مقطع منقبض
۲-۵-۷	Flange pressure tappings	شیرهای فشار فلنجی
۱-۵-۷	Corner pressure tappings	شیرهای فشار گوشه‌ای
۱۸-۶	Flow conditioner (straightener)	(مستقیم‌کننده) شرایط‌ده جریان
۹-۷	Orifice plate	صفحهٔ اریفیس
۲-۲-۹-۷	Conical entrance orifice plate	صفحه اریفیس با ورودی مخروطی
۳-۹-۷	Eccentric orifice plate	صفحه اریفیس خارج از مرکز
۳-۲-۹-۷	Quadrant-edge orifice plate; quartercircle orifice plate	صفحه اریفیس ربع دایروی
۳-۲-۹-۷	Quarter-circle orifice plate; quadrantedgeorifice plate	صفحه اریفیس ربع دایروی
۴-۹-۷	Segmental orifice plate	صفحه اریفیس قطعه‌قطعه
۱-۲-۹-۷	Square-edged orifice plate	صفحه اریفیس لبه مربعی
۱-۹-۷	Thin orifice plate	صفحه اریفیس نازک
۲-۹-۷	Concentric orifice plate	صفحه‌ی اریفیس هم‌مرکز
۲-۵	Sensitivity [influence] coefficient, θ_x	ضریب [تأثیر] حساسیت
۲۰-۴	Universal head loss coefficient, λ	ضریب افت هد کلی
۱۰-۴	Kinetic energy coefficient, a	ضریب انرژی جنبشی
۲-۵	Influence [sensitivityl coefficient, θ_x	ضریب تأثیر حساسیت
۱۷-۷	Discharge coefficient, C	ضریب تخلیه
۱۸-۷	Flow coefficient, a	ضریب جریان
۳-۸	Real gas critical flow coefficient, C_r	ضریب جریان بحرانی گاز حقیقی
۸-۱۰	Mixing length	طول اختلاط
۱۶-۶	Straight length	طول مستقیم

۷-۱-۱۷	Passing unregistered gas (PUG)	عبور گاز ثبت‌نشده
۱۷-۴	Strouhal number, *Sr*	عدد اشتروهال
۱۵-۴	Reynolds number, *Re*	عدد رینولدز
۱۶-۴	Mach number, M_a	عدد ماخ
۲۶-۵	Uncertainty, *U( )*	عدم قطعیت
۱-۲۶-۵	Random uncertainty, *Ur()*	عدم قطعیت تصادفی
۲-۲۶-۵	Systematic uncertainty, *Us*	عدم قطعیت سیستمی
۱۹-۷	Expansion [expansibilityl factor], □	فاکتور انبساط [انبساط‌پذیری]
۱۹-۷	Expansibility [expansionl factor], , □	فاکتور انبساط‌پذیری [انبساط]
۳۳-۴	Compressibility factor, z	فاکتور تراکم‌پذیری
۶-۶	Calibration factor of the Primarydevice	فاکتور کالیبراسیون دستگاه اولیه
۱۷-۴	Frequency,*f*	بسامد
۱۱-۴	Static pressure	فشار استاتیک
۱-۱۱-۴	Absolute static pressure of thefluid,*p*	فشار استاتیک مطلق سیال
۱۲-۷	Differential pressure, Δp	اختلاف فشار
۱۲-۹	Differential pressure (of a Pitot tube)	فشار تفاضلی (یک لولهٔ پیتو)
۱۲-۴	Dynamic pressure	فشار دینامیکی
۱-۱۲-۴	Dynamic pressure of a fluid element	فشار دینامیکی یک المان سیالی
۲-۱۲-۴	Mean dynamic pressure in a crosssection	فشار دینامیکی متوسط در یک سطح مقطع
۱۲-۴	Stagnation pressure	فشار سکون
۲-۱۱-۴	Gauge pressure	فشار سنجه
۲-۱۴-۶	Working pressure	فشار کارکرد
۱۳-۴	Total pressure	فشار کل
۸-۱۴	Annular space	فضای حلقوی
۷-۱۰	Measuring section	مقطع اندازه‌گیری
۹-۴	Hydraulic diameter, D_h	قطر هیدرولیکی
۱۲-۵	Calibration	کالیبراسیون
۱۹-۶	Swirl reducer	کاهنده‌ی چرخشی
۸-۹	Yaw probe	پراب انحراف
۸-۶	Minimum flow-rate	کمترین آهنگ جریان
۹-۶	Flow-rate range	گستره آهنگ جریان
۱۴-۱۵	Acoustic matching layer	لایه تطبیق اکوستیک

۱۲-۱۵	Leading edge	لبه حمله
۱-۹-۹	Pitot static tube	لولهٔ استاتیک پیتو
۲-۶	Meter tube	لولهٔ اندازه‌گیر
۹-۹	Pitot tube	لولهٔ پیتو
۲-۹-۹	Total pressure Pitot tube	لولهٔ پیتوی فشار کل
۲-۶	Meter tube (of an electromagnetic flowmeter)	لولهٔ سنجه‌ای (ِ یک جریان‌سنج الکترومغناطیس)
۱۱-۷	Venturi tube	لوله ونتوری
۱-۱۱-۷	Classical Venturi tube	لوله ونتوری کلاسیک
۳-۱۱-۷	Truncated Venturi tube	لوله ونتوری ناقص
۳-۱۵	Ultrasonic transducer	مبدل فراصوت
یادآوری۱ تا ۹-۵	Population mean, m	متوسط جمعیت
۱-۱۱-۵	Weighted average; arithmetic , weighted mean, $\bar{x}_w$	متوسط وزنی حسابی
۱۸-۴	Arithmetic weighted mean; weightedaverage, R_a	متوسط وزنی حسابی، میانگین وزنی
۲۴-۵	Confidence limits	حدود اطمینان
۸-۱۴	annular chamber	محفظهٔ حلقوی
۴-۱۲	Calibrated volumetric [measuring]tank	مخزن [اندازه‌گیری]حجمی کالیبره شده
۴-۱۲	Calibrated measuring [volumetric]tank	مخزن [حجمی] اندازه‌گیری کالیبره شده
۱-۲۰-۶	Constant-level head tank	مخزن بالایی سطح ثابت
۶-۵	True value	مقدار حقیقی
۱-۵	Average value, $\bar{x}$	مقدار متوسط
۱-۲-۱۲	Static gauging	سنجش استاتیک
۷-۱۵	Multi-path diagonal-beam meter	سنجهٔ پرتو قطری چندمسیره
۲-۲-۱۲	Dynamic gauging	سنجش دینامیکی
۱-۱۶	Cross-correlation meter	سنجهٔ همبستگی مقطع
۲۸-۵	Measurand	مؤلفهٔ مورد اندازه‌گیری
۴-۱۱	Magnetic field	میدان مغناطیسی
۱۰-۷	Nozzle	شیپوره
۲-۱۰-۷	Long-radius nozzle	شیپوره‌های شعاع بزرگ
۱-۱۰-۷	ISA1932nozzle	شیپوره ISA 1932
۵-۸	Sonic nozzle	شیپوره صوتی
۲-۱۱-۷	Venturi nozzle	شیپوره ونتوری

۶-۸	Sonic [critical] Venturi nozzle	شیپوره ونتوری [بحرانی] صوتی
۶-۸	Critical [sonic] Venturi nozzle	شیپوره ونتوری [صوتی] بحرانی
۲-۶-۸	Cylindrical throat Venturi nozzle	شیپوره ونتوری گلویی استوانه‌ای
۱-۶-۸	Toroidal throat Venturi nozzle	شیپوره ونتوری گلویی چنبره‌ای
۲-۵	Test result, R	نتیجهٔ آزمون
۱-۴	Flow-rate	آهنگ جریان
۱-۱۳	Nominal flow-rate	آهنگ جریان اسمی
۱۰-۶	Transitional flow-rate	آهنگ جریان انتقالی
۱۲-۶	Full-scale flow-rate	آهنگ جریان تمام مقیاس
۱-۱-۴	Mass flow-rate, q_m	آهنگ جریان جرمی
۲-۱-۴	Volume flow-rate, q_v	آهنگ جریان حجمی
۱-۱-۱۷	Meter flow-rate	آهنگ جریان سنجه
۲-۴	Mean flow-rate	آهنگ جریان متوسط
۳-۹	Peripheral flow-rate	آهنگ جریان محیطی
۴-۱۰	Dilution rate [ratiol, N	آهنگ رقیق‌سازی
۴-۱۰	Dilution ratio [rate], N	آهنگ رقیق‌سازی
۱۰-۱۰	Counting rate	آهنگ شمارش
۱۵-۷	Acoustic ratio, X	نسبت اکوستیک
۳۱-۴	Ratio of the specific heatcapacities, y	نسبت ظرفیت‌های گرمایی ویژه
۱۴-۷	Pressure ratio, τ	نسبت فشار
۴-۸	Critical pressure ratio	نسبت فشار بحرانی
۱۳-۷	Differential pressure ratio, x	نسبت فشار تفاضلی
۴-۷	Diameter ratio (of a primary device used in given conduit), β	نسبت قطر (مربوط به دستگاه اولیه به کار رفته در مجرای داده‌شده)
۲-۹	Points of mean axial fluid velocity	نقاط سرعت میانگین محوری سیال
۱-۹	Index of asymmetry, Y	نمایهٔ عدم تقارن
۵-۵	Sample	نمونه
۶-۱۲	Piston prover	نمونه‌گیر پیستونی
۷-۱۲	Bell prover	نمونه‌گیر زنگوله‌ای
۴-۱۶	Multiple-Sensor Cross-correlation	همبستگی مقطع چند حس‌گره
۳-۱۶	Multichannel Cross-correlation	همبستگی مقطع چندکاناله
۱۰-۵	Experimental variance, s^2	واریانس آزمایشگاهی
۱-۱۰-۵	Residual variance, s_R^2	واریانس باقی‌مانده

۱-۱-۱۲	Static weig hing	وزن‌کشی استاتیکی
۲-۱-۱۲	Dynamic weighing	وزن‌کشی دینامیکی
۱۱-۵	Weight of measurement, w_i	وزن اندازه‌گیری
۳-۵-۱۱	Quadrature voltage	ولتاژ کوادراتور
۲-۵-۱۱	In-Phase voltage	ولتاژ هم‌فاز
۴-۵-۱۱	Common mode voltage	ولتاژ مود معمول