

INSO

19435

1st.Edition

2014

جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۱۹۴۳۵

چاپ اول

۱۳۹۳

خلاسنچ‌ها - کالیبراسیون بوسیله مقایسه  
مستقیم با خلاسنچ مرجع

Vacuum gauges — Calibration by direct  
comparison with a reference gauge

ICS: 23.160

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشتہ طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهای ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازهٔ شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیستمحیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه 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 ناظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاه، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Métrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

**کمیسیون فنی تدوین استاندارد**  
**«خلأسنچ‌ها - کالیبراسیون بوسیله مقایسه مستقیم با خلاسنچ‌مرجع»**

**سمت و / یا نمایندگی**

هیئت علمی دانشگاه شهرکرد

**رئیس :**

قادری، نوشین

(دکتری برق)

**دبیر :**

شرکت اندیشه فاخر شهرکرد

نوریزاده دهکردی ، اشکان

(فوق لیسانس مکانیک)

**اعضاء :** ( اسامی به ترتیب حروف الفبا )

وزارت نیرو

احمدی مطلق، رضا

فوق لیسانس عمران

اداره کل استاندارد استان اصفهان

پایان، معصومه

لیسانس فیزیک

اداره کل استاندارد استان اصفهان

پوری رحیم، حسین

فوق لیسانس متالورژی

شرکت آریا کیفیت پارس

جعفرپور، احسان

فوق لیسانس صنایع

اداره کل استاندارد استان چهارمحال و

دایی جواد، حسین

بختیاری

لیسانس متالورژی

شرکت نانو واحد صنعت پرشیا

دشتگرد، مجتبی

لیسانس صنایع

دانشگاه صنعت و معدن

صنایعی، سهراب

فوق لیسانس متالورژی

کارخانه صایران اصفهان

قادری، مسعود

فوق لیسانس الکترونیک

کارخانه مس کرمان

محمودی نیا، مهدی  
فوق لیسانس متالورژی

شرکت عمران سنجش

محوری، محمد  
لیسانس صنایع

اداره کل استاندارد استان  
چهارمحال و بختیاری

مردانی، محمد  
لیسانس عمران

شرکت اندیشه فاخر شهر کرد

نوریزاده دهکردی ، احسان  
(فوق لیسانس متالورژی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان	صفحه
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	
۵	پیش گفتار	
۹	مقدمه	
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۲	اصطلاحات و تعاریف	۳
۶	نمادها و اصطلاحات اختصاری	۴
۷	قاعده کلی	۵
۷	الرامات	۶
۷	طرح اتاقک کالیبراسیون	۱-۶
۹	لوله کشی خلأسنچها در اتاقک کالیبراسیون	۲-۶
۱۰	سیستم ورودی گاز و خلا	۳-۶
۱۰	گاز کالیبراسیون	۴-۶
۱۱	دما سنجها و شرایط محیطی	۵-۶
۱۱	خلأسنچ مرجع	۶-۶
۱۲	کالیبراسیون	۷
۱۲	شیوه	۱-۷
۱۴	ارزیابی اندازه‌گیری‌ها	۲-۷
۱۵	عدم قطعیت اندازه‌گیری	۳-۷
۱۶	گواهی کالیبراسیون	۸
۱۸	پیوست الف (اطلاعاتی) مثال تنظیم سیستم کالیبراسیون ممکن	
۱۹	پیوست ب (اطلاعاتی) مشکلات عملی	
۲۳	پیوست پ (اطلاعاتی) کتابنامه	

## پیش گفتار

استاندارد (خلائسنج‌ها - کالیبراسیون بوسیله مقایسه مستقیم با خلائسنج مرجع) که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت مهندسی اندیشه فاخر شهرکرد تهیه و تدوین شده است و در ۲۲۲ اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 در موقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 3567:2011, Vacuum gauges — Calibration by direct comparison with a reference gauge.

## مقدمه

هدف از این استاندارد فراهم کردن شرایط فیزیکی، فنی و اندازه‌شناختی<sup>۱</sup> مورد نیاز برای انتشار مناسب مقیاس فشار در رژیم خلاً توسط کالیبراسیون با استفاده از خلاؤسنج مرجع است. فرض می‌شود که کاربر با شیوه‌های کلی تولید خلاً و اندازه‌گیری در گستره‌های خلاً مورد نظر، آشنا خواهد شد.

---

1-Metrological

## خلأسنچ‌ها - کالیبراسیون بوسیله مقایسه مستقیم با خلأسنچ مرجع

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین شرایط‌فیزیکی، فنی و اندازه‌شناختی مورد نیاز در زمان کالیبراسیون خلأسنچ‌هابوسیله مقایسه مستقیم با خلأسنچ مرجع<sup>۱</sup> است. با استفاده از شرایط شرح داده شده، طراحی دستگاهی که قادر به انجام دادن کالیبراسیون‌های خلأسنچ در وضعیت مناسب باشد را می‌توان استنباط کرد.

هر نوع خلأسنچی را می‌توان تحت کالیبراسیون قرار داد. انواع زیادی از خلأسنچ‌ها شامل قسمت‌های متعدد هستند. بطور معمولین قسمت‌ها شامل: هد خلأسنچ<sup>۲</sup>، کابل، وسیله عملیاتی<sup>۳</sup> و علامت خوان<sup>۴</sup> هستند. تمام این مجموعه بصورت واحدی که باید تحت کالیبراسیون قرار گیرد، در نظر گرفته می‌شود. در حالی که اگر تنها هد فشارسنج (یعنی قسمتی از خلأسنچ که مستقیماً در معرض خلا قرار می‌گیرد) تحت کالیبراسیون قرار گیرد، تمامی تنظیمات و شرایط باید بنحوی ثبت شود که کاربر هد خلأسنچ کالیبره شده بتواند محاسبات را در وضعیت مشابه با زمان کالیبراسیون، انجام دهد.

خلأسنچ مرجع یا یک خلأسنچ کالیبره شده‌ای است که با استفاده از گواهی کالیبراسیون مطابق با استاندارد استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵ برای خلأ اولیه<sup>۵</sup> یا استاندارد ملی (مورد معمول) قابل ردیابی است، یا ابزار اندازه‌گیری مطلقی (مورد کمیاب) است که برای واحدهای SI و عدم قطعیت محاسباتی که می‌توان نسبت داد، قابل ردیابی است.

این استاندارد راهنمایی در مورد رفتار با ابزار سنجش خلاء (خلأسنچ‌ها) خاص را ارائه نمی‌دهد، اعم از اینکه مربوط به استاندارد مرجع باشد یا واحدهایی که تحت کالیبراسیون قرار دارند.

گستره فشار برای کالیبراسیون‌هایی که در این استاندارد بکار می‌روند وابسته به طراحی واقعی وسیله کالیبراسیون و نوع خلأسنچ مرجع است. گستره فشار در محدودهای خود از  $Pa_{10}^{-6}$  تا  $Pa_{110}$  تغییر می‌کند.

1-Reference gauge

2- Gauge head

3- Operational device

4- Signal read out

5- vacuum primary

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر ایناستاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱- استانداردمليايران شماره ۱۷۰۲۵، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمون و کالیبراسیون.

**2-2 ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).**

## ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر بکار می روند.

۱-۳

### استاندارد اولیه

استاندارد اندازه گیری که با استفاده از رویه اندازه گیری مرجع اولیه ایجاد می شود.  
[ مرجع: استاندارد ISO/IEC Guide 99 بند ۴-۵، اصلاح شده ]

۲-۳

### استاندارد ملی<sup>۱</sup>

استانداردی که توسط یک سازمان ملی استانداردسازی تصویب شده باشد.

۳-۳

### استاندارد مرجع

استاندارد اندازه‌گیری که برای کالیبراسیون سایر استانداردهای اندازه‌گیری مربوط به کمیت‌های یک نوع ارایه شده در سازمان مفروض یا در یک موقعیت مفروض، اختصاص داده می‌شود.

[مراجع: استاندارد 99 ISO/IEC Guide، بند ۶-۵]

یادآوری-در این استاندارد، استاندارد مرجع متراffد با خلأسنچ مرجع است.

۴-۳

### خلأسنچ

ابزار اندازه‌گیری فشار گاز یا بخاری که کمتر از فشار هوای غالب است.

[مراجع: استاندارد 99 ISO/IEC Guide، بند ۲-۱-۳]

یادآوری ۱- برخی انواع خلأسنچ‌ها که عموماً استفاده می‌شوند فشار را بصورت مستقیم اندازه‌گیری نمی‌کنند، اما برخی کمیت‌های فیزیکی دیگر را که تحت شرایط مشخص به فشار ارتباط داده می‌شوند را اندازه‌گیری می‌کنند.

یادآوری ۲- برای اصطلاحات و تعاریف خلأسنچ‌های مختلف، استاندارد 3529 ISO مشاهده شود.

۵-۳

### هد خلأسنچ

قسمتی از خلأسنچ که در بر دارنده جز حساس به فشار است و مستقیماً به سیستم خلأ متصل می‌شود.

یادآوری- هد خلأسنچ متشکل از وسیله عملیاتی خود، معمولاً فرستنده<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

[مراجع: استاندارد 3529 ISO، بند ۱-۲-۱-۳، اصلاح شده]

۶-۳

### وسیله عملیاتی

قسمتی از خلأسنچ که هد خلأسنچ را بکار می‌اندازد و/یا علامت مرتبط با فشار را منتقل می‌کند.

۷-۳

واحد تحت کالیبراسیون

UUC<sup>۱</sup>

خلأ سنجیکالیبراسیون خواهد شد.

۸-۳

فلنج ورودی<sup>۲</sup>

فلنجی که توسط آن واحد تحت کالیبراسیون یا خلأ سنج مرجع به اتفاق کالیبراسیون متصل می‌شود.

۹-۳

اتفاق کالیبراسیون

اتفاق خلأ که برای خلأ سنج مرجع و واحد تحت کالیبراسیون، بصورت یک محیط خلأ معمولی<sup>۳</sup> کار می‌کند.

۱۰-۳ دهانه ورودی

دهانه‌ای (بازشو) در اتفاق کالیبراسیون که به واحد تحت کالیبراسیون، خلأ سنج مرجع یا هر قسمت دیگر سیستم کالیبراسیون هدایت می‌شود.

۱۱-۳

گاز کالیبراسیون

محلوط یا گونه‌ای از گاز که برای تغییر دادن فشار در اتفاق کالیبراسیون، استفاده می‌شود.

۱۲-۳

جذب<sup>۴</sup>

گرفت گاز یا بخار توسط مواد جامد یا مایع می‌باشد.

---

1-Unit Under Calibration

2- Entrance flange

3- A common vacuum medium

4- Sorption

۱۳-۳

**واجدب<sup>۱</sup>**

رهاسازی بخارات یا گازهای جذب شده توسط مواد می‌باشد.

۱۴-۳

**نرخ گازخروجی<sup>۲</sup>**

نرخ واجدب شدن مولکول‌ها و اتم‌ها از ماده‌ای که در معرض خلأ قرار داده شده است.

۱۵-۳

**فشار کل**

**P**

مجموع فشارهای تمامی اجزا مخلوط گازی می‌باشد.

یادآوری - معمولاً خلأ بصورت فشار مطلق گاز موجود در یک اتاقک بسته اندازه‌گیری می‌شود و بر حسب پاسکال (Pa) یا میلی‌بار (mbar) بیان می‌شود:  $1\text{ MPa} = 10^6\text{ Pa}$ ;  $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$ ;  $1\text{ mbar} = 10^{-5}\text{ Pa}$ .

۱۶-۳

**فشار باقیمانده<sup>۳</sup>**

پایین‌ترین فشاری که معمولاً پس از  $24h$  پمپاژ، در اتاقک‌کالیبراسیون می‌توان به آن دست یافت.

یادآوری - فشار باقیمانده در بین سایر موارد وابسته به شرایط خشک‌کردن<sup>۴</sup> اتاقک کالیبراسیون است.

۱۷-۳

**فشار مبنای<sup>۵</sup>**

فشار داخل اتاقک کالیبراسیون که یا قبل از این‌که گاز جهت کالیبراسیون به اتاقک کالیبراسیون وارد شود و یا پس از آن‌که شیر ورودی گاز برای مدتی بسته شود، وجود دارد.

1- Desorption

2- Outgassing rate

3- Residual pressure

4- Bake-out

5- Base pressure

یادآوری- فشار مبنا می‌تواند بالاتر از فشار باقی‌مانده باشد اما نمی‌تواند پایین‌تر باشد.

## ۴ نمادها و اختصارات

قطر پیستون، برحسب میلی‌متر( $mm$ )	$D$
خطای قرائت	$e$
فشار خلاکل، برحسب پاسکال( $Pa$ ) یا میلی‌بار( $mbar$ )	$P$
فشار مبنا، برحسب پاسکال( $Pa$ ) یا میلی‌بار( $mbar$ )	$P_0$
فشار کالیبراسیون، برحسب پاسکال( $Pa$ ) یا میلی‌بار( $mbar$ )	$P_{cal}$
فشار نشان داده شده، برحسب پاسکال( $Pa$ ) یا میلی‌بار( $mbar$ )	$P_{ind}$
فشار باقی‌مانده، برحسب پاسکال( $Pa$ ) یا میلی‌بار( $mbar$ )	$Pres$
نرخ گازخروجی، برحسب پاسکال لیتر بر ثانیه( $Pa \cdot L/s$ )، پاسکال متر مکعب بر ثانیه( $Pa \cdot m^3/s$ ) یا میلی‌بار لیتر بر ثانیه( $mbar \cdot L/s$ )	$Q_{out}$
نرخ جریان حجمی موثر پمپ- لیتر موثر بر ثانیه( $L/s$ ) یا متر مکعب بر ثانیه( $m^3/s$ ) نرخ جریان حجمی در پمپ	$q_{v,eff}$
حساسیت (ضریب) ( $Pa^{-1}$ )	$S$
عدم قطعیت استاندارد	$u$
عدم قطعیت مبسوط	$U$
عامل تصحیح	$CF$
واحد تحت کالیبراسیون	$UUC$

## ۵ اصول کلی

همانند خلاسج مرجع به اتفاک کالیبراسیون مشابه، وصل می‌شود.  
کالیبراسیون خلاسج  $UUC - UUC$  - توسط مقایسه با خلاسج مرجع بوسیله قرار دادن فلنچ ورودی  $UUC$  و خلاسج مرجع در معرض توزیع مولکول‌های گاز کالیبراسیون با سرعت و چگالی مشابه، انجام می‌شود. توزیع این مولکول با سرعت و چگالی مشابه به معنی فشار مشابه در دو ناحیه است، ولی عکس این موضوع را تایید نمی‌کند. بدلیل اینکه انواع زیادی خلاسج وجود دارد که فشار را اندازه‌گیری نمی‌کنند- اما در عوض عنوان مثال ، دانسیته گاز یا نرخ برخورد مولکول‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند- ملزمات بالا هم ضروری و هم دقیقتراز چیزی است که تنها برای فشارهای دو فلنچ ورودی نامیده می‌شود.  
دانسیته گاز(فشار) در اتفاک کالیبراسیون را می‌توان تغییر داد و موارد قرائت شده خلاسج  $UUC$  با فشارهای نشان داده شده بوسیله خلاسج مرجع را مقایسه کرد.  
از این اصول کلی، الزامات(مطابق بند ۶) مربوط به طرح وسیله کالیبراسیون استنباط می‌شود.

## ۶ الزامات

### ۱- طرح اتفاک کالیبراسیون

بمنظور کسب اطمینان از اینکه توزیع گاز در حجم اندازه‌گیری شده در فضا و زمان به اندازه کافی یکنواخت و پایدار باشد، باید اتفاک کالیبراسیون طراحی شود.  
علاوه بر این، مواد اتفاک کالیبراسیون باید بنحوی انتخاب شوند که فشار باقی‌مانده،  $Pres$ ، که توسط سرعت پمپاژ موثر،  $q_{v,eff}$ ، (نرخ حجمی موثر در پمپ) تعیین می‌شود و نرخ گاز خروجی کل در اتفاک کالیبراسیون،  $Q_{out}$ ، (بدون نشت کردن) همانند آنچه که در فرمول (۱) بیان شده است، جهت انجام کالیبراسیون‌ها به حد کافی پایین باشند(همچنین مطابق بند ۳-۶):

$$Pres = \frac{Q_{out}}{q_{v,eff}} \quad (1)$$

از نظر جزئیات، اتفاک کالیبراسیون باید بصورت زیر طراحی و به کار انداخته شود. اما زمانی که کمترین فشار تشخیص داده شده در اتفاک خلاسج بزرگتر از  $10^0 Pa$  باشد و تنها فشارهای ایستا<sup>۱</sup>(مطابق بند ۷-۱) ایجاد شوند،

1- Static pressures

مجاز است که ضوابط طراحی (الف) تا (ث) نادیده گرفته شوند. زمانی که تنها فشارهای ایستا ایجاد شوند، مجاز است که ضوابط (ب) تا (ت)، مستقل بودن از فشار، نادیده گرفته شوند.

الف- حداقل حجم اتاق کالیبراسیون باید  $20\text{ cm}^3$  برابر حجم کل تمامی خلاسنچها و لولهایی مرتبط که اتاق را به خلاسنچها متصل می‌کنند، باشد(به عنوان مثال زانوها<sup>۱</sup> باید بصورت قسمتی از حجم خلاسنچ در نظر گرفته شود).

ب- شکل اتاق کالیبراسیون(مطابق شکل ۱) باید حداقل بر روی یک محور بصورت استوانه متقارن باشد. شکل کروی ایده‌آل است اما دوگنبد متقارن<sup>۲</sup>، هر قسمت از کره، یا استوانه‌ها ، که به قسمت دیگر متصل شده استه یک اندازه امکان پذیر هستند. اگر یک استوانه استفاده شود، طول سراسری آن باید ۱ تا ۲ برابر قطر آن باشد و انتهای گنبدها معرفی شوند.

پ- مرکز ناحیه با مقطع عرضی خروجی پمپاژ و ورودی گاز(در صورت قابل کاربرد بودن) باید بر روی محورهای تقارن استوانه‌ای مشابه اتاق کالیبراسیون قرار داشته باشند. مجاز است که خروجی گاز بین خروجی پمپ و سیستم پمپ قرار داده شود(مطابق بند ۳-۶)، که در این صورت نیاز نیست که خروجی گاز روی محور تقارن قرار داشته باشد.

ت- تمامی دهانه‌های خروجی و فلنچ‌های مربوط به آن‌ها کهیابه *UCC* ها و یا به خلاسنچ‌های مرجع متصل می‌شوند، باید بر روی یک صفحه‌استوایی<sup>۳</sup> معمولی که عمود بر محور تقارن استوانه‌ای انتخاب شده جهت خروجی پمپاژ است، قرار داشته باشند.

در جایی که استوانه استفاده شود، توصیه می‌شود که این صفحه‌استوایی، استوانه را به دو نیم طول مساوی تقسیم کند. در جایی که استوانه‌ایکه طول آن  $D/2$  (۳/۲) قطرش است، استفاده شود(که برای اندازه‌گیری‌های سرعت پمپ مناسب است)، مجاز است که خلاسنچها را در یک سوم طول  $D/3$  (۱/۲) بالایفلنج پایینی قرار داد.

ث- تفاوت‌های دمایی بین نقاط اختیاری در سرتاسر اتاق کالیبراسیون باید کمتر از  $K 1$  باشد. مجاز است نقاطی که فاصله آن‌ها از دهانه خروجی تا هد خلاسنچگرما داده شده، کمتر از  $5\text{ cm}$  است(به عنوان مثال خلاسنچ یونی) نادیده گرفته شوند.

ج- دمای متوسط فضایی[مطابق ث] اتاق کالیبراسیون طی کالیبراسیون باید  $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$  باشد در حالی که بهتر است دمای متوسط بیش از  $K 1$  تغییر نکند.

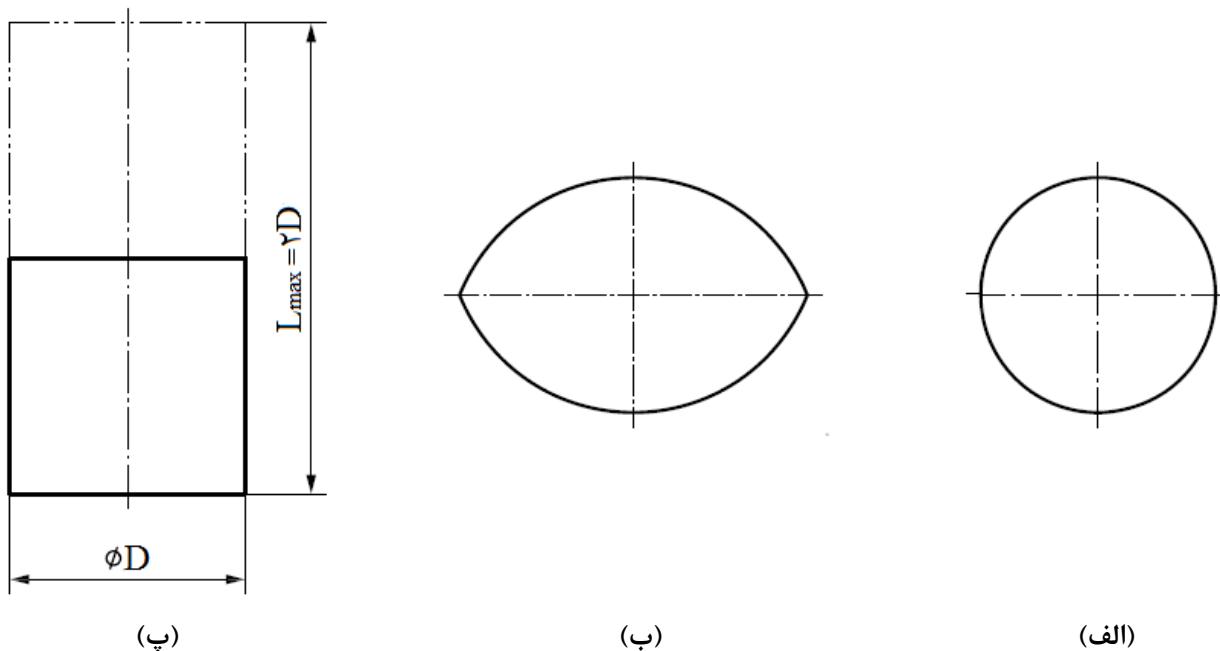
اگر ضوابط طرح (الف) تا (ث) انجام نشود، تصحیح ممکن با توجه به دانسیته مولکولی و توزیع سرعت غیر یکنواخت در فلنچ‌های خروجی خلاسنچ مرجع *UCC* (مطابق بند ۳-۷) باید اندازه‌گیری شود و عدم قطعیت عبارت تصحیح برآورد شود.

---

1- Elbows

2- Two symmetrical domes

3- Equatorial plane



شکل ۱- مثال‌هایی از شکل‌های احتمالی اتاق کالیبراسیون

#### ۲-۶ لوله‌کشی<sup>۱</sup> خلاسنچ‌ها در اتاق کالیبراسیون

۱-۲-۶ به منظور حداقل کردن توزیع مولکولی (فشار) نامتوازن ناشی از جذب، پمپاژ و گازخروجی خلاسنچ و غیره، لوله متصل کننده اتاق کالیبراسیون و خلاسنچ‌ها باید تا اندازه ممکن کوتاه باشد و حداقل قطر آن برابر با ناحیه باز فلنچ ورودی خلاسنچ باشد. در مواردی که  $UUC$  یا خلاسنچ مرجع بر روی اتاق کالیبراسیون بار گرمایی قابل توجه [مطابق بند ۱-۶ قسمت ث] تحمیل می‌کند، مجاز است که برای کاهش هدایت گرمایی، طول لوله افزایش داده شود.

۲-۲-۶ برای کسب اطمینان از این‌که عملیات همزمان خلاسنچ‌های مرجع و  $UUC$  منتج به هرگونه تاثیرگذاری متقابل قابل توجه بروی قرائت‌های مربوطه آن‌ها در عملیات مداوم نمی‌شود، باید مراقبت لازم انجام شود. تاثیر در جهت عدم قطعیت فشار مبنا قابل قبول است.

یادآوری - تاثیرگذاری متقابل را می‌توان بوسیله مشاهده قرائت خلاسنچ در هنگام روشن و خاموش کردن خلاسنچ دیگر، بررسی کرد.

۲-۳-۶ هیچ‌گونه جریان هوای محیطی قابل توجه که باعث گرمایش یا سرمایش  $UUC$  یا خلاسنچ مرجع می‌شود، نباید وجود داشته باشد. وجود پوشش محافظ می‌تواند ضروری باشد.

## ۶-۳ سیستم ورودی گاز و خلا

۶-۳-۱ فشار مبنا،  $P_0$ ، در اتاقک کالیبراسیون باید کمتر از ۱٪ پایین‌ترین فشاری،  $P_{cal}$ ، که برای کالیبراسیون تشخیص داده شده است، همانند آن‌چه که بوسیله خلاؤسنج مرجع تعیین شده است، باشد. پمپخلاعولوکشیانبه اتاقکالیبراسیونباید برایناساندازه‌گیری شوند.

در صورتی که مقدار فشار مبنا زیر حد قدرت تفکیک  $UUC$  و/یا خلاؤسنج باشد، به پایین‌ترین عدم قطعیت‌های وابسته به تاثیر فشار مبنا می‌توان رسید. در صورتی که این حد قدرت تفکیک بزرگ‌تر یا مساوی ۱  $mPa$  باشد، شدیداً توصیه می‌شود که یک فشار مبنا پایین‌تر از حد قدرت تفکیک  $UUC$  و/یا خلاؤسنج مرجع ایجاد شود.

یادآوری-در جایی که اتاقک کالیبراسیون به یک فشار باقی‌مانده و فشار پایه نیاز باشد، فراهم کردن گرمایی برای اتاقک جهت سرعت بخشیدن رهاسازی گازها یا بخارهای جذب شده ناشی از دیوارهای اتاقک، می‌تواند ضروری باشد.

۶-۳-۲ استفاده از سیستم پمپاژ با توان عملیاتی<sup>۱</sup> که گازهای پمپ شده را بصورت مداوم در هوا تخلیه می‌کند، توصیه می‌شود. اگر پمپ توان عملیاتی استفاده نشود، باید اطمینان کسب شود که سرعت پمپاژ موثر در سرتاسر رویهکالیبراسیونپایدار باقی می‌ماند.

۶-۳-۳ باید از هرگونه جریان برگشت به عقب قابل توجه روغن در داخل اتاقک خلاؤسنج ممانعت به عمل آید.

۶-۳-۴ بهتر است که فشار مبنا و فشار باقی‌مانده با استفاده از خلاؤسنج اضافی تحت نظارت قرار بگیرند.

۶-۳-۵ مجاز است که ورودی گاز یا بوسیله وارد کردن گاز در لوله بین اتاقک کالیبراسیون و سیستم پمپ و یا بصورت جداگانه روی محور تقارن اتاقک کالیبراسیون، تامین شود. اگر گزینه دوم انتخاب شود، ورودی باید بنحوی طراحی شود که هر مولکول گاز که از ورودی گاز می‌آید مجبور باشد حداقل یک برشورد با دیواره اتاقک کالیبراسیون داشته باشد و یا پیش از این‌که بتواند وارد دهانه ورودی  $UUC$  یا خلاؤسنج مرجع شود دچار اغتشاش شود.

یادآوری- شیر کاهش دهنده سرعت پمپاژ موثر می‌تواند به کاهش مصرف گاز کمک کند. در صورت استفاده از این‌گونه شیرها عواقب افزایش فشار باقی‌مانده را باید در نظر گرفت.

## ۶-۴ گاز کالیبراسیون

برای گاز کالیبراسیون، گاز نیتروژن با خلوص ۹۹.۹٪ و یا بالاتر توصیه می‌شود. همچنین مجاز است سایر گازها با خلوص مشابه، حتی مخلوطهای گازی که بخوبی تعریف شده‌اند، برای کالیبراسیون استفاده شوند. در فشارهای

زیر  $100\text{ Pa}$  گازها نباید بطور قابل توجهی به سطح(جذب) بچسبند. بخارها نباید تحت شرایط اتفاک کالیبراسیون، متراکم شوند.

اگر خلوص گاز مرتبط با بودجه عدم قطعیت<sup>۱</sup> باشد، باید احتمالخالص نبودن گاز مخزن در اتفاک کالیبراسیون بدلیل گازهای واجذب شده بین مخزن گاز و(شامل) اتفاک کالیبراسیون، در نظر گرفته شود.

#### ۶-۵ دما سنج‌ها و شرایط محیطی

باید از دماسنج‌ها با عدم قطعیت مبسوط سراسری ( $K = ۰,۵$ ) کمتر یا مساوی  $K$  استفاده شود. دمای اتفاک کالیبراسیون باید بوسیله دماسنج‌هایی که در یک تماس گرمایی مناسب با اتفاک قرار دارند، اندازه‌گیری شود. دمای محیطی در اطراف  $UUC$  و خلاسنجد مرجع باید بوسیله دماسنج‌هایی که وضعیت قرار گرفتن و محافظت آن‌ها در مقابل تشعشعمناسب است، انجام شود.

دمای محیطی باید  ${}^{\circ}\text{C}$  باشد و بهتر است در طی کالیبراسیون بیشتر از  $1K$  تغییر نکند. اگر تغییر بیشتر از  $1K$  اجتناب ناپذیر باشد باید مراقبت ویژه بنحوی که عوامل مشترک عدم قطعیت وابسته به انحراف دمایی<sup>۲</sup> با دقت ارزیابی شوند، انجام گیرد.

همچنین شرایط محیطی بیان شده در بند ۶-۳-۲ باید در نظر گرفته شود. علاوه بر این، جریان هوایی محیطی و/یا تشعشع گرما در اتفاق کالیبراسیون باید بنحوی باشد که شرایط دمایی مطابق با بند ۶-۱ قسمت ث را بتوان انجام داد.

#### ۶-۶ خلاسنجد مرجع

خلاسنجد مرجع باید یا بصورت یک خلاسنجد کالیبره شده (مورد معمول)، که از نظر خلاً اولیه یا استاندارد ملی قابل ردیابی است، باشد و یا بصورت یک ابزار اندازه‌گیریمطلق (مورد کمیاب) که از نظر واحدهای SI و عدم قطعیت محاسباتی که می‌توان نسبت داد، قابل ردیابی است، باشد. در مورد اول، خلاسنجد مرجع باید یک گواهی کالیبراسیون مطابق با بند ۵-۱۰ و استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵ داشته باشد.

زمانی که خلاسنجد مرجع و  $UUC$  هردو تحت یک استاندارد اولیه کالیبره می‌شوند، توصیه می‌شود خلاسنجد مرجع حد قدرت تفکیک و عدم قطعیت پایین‌تر یا مساوی  $UUC$  داشته باشد.

توصیه می‌شود خلاسنجد مرجع از نظر نوع گازی که برای کالیبراسیون استفاده خواهد شد، مطابق با این استاندارد کالیبره شود. اگر قرائت خلاسنجد مرجع وابسته به نوع گاز باشد، از نظر نوع گازی که برای کالیبراسیون استفاده خواهد شد، باید کالیبره شود.

1- Uncertainty budget  
2- Temperature drift

## ۷ کالیبراسیون

### ۱-۷ رویه

۱-۱-۷ زمانی که خلاسنچها به کار انداخته شدند، دستورالعمل‌های تولیدکننده بدقت دنبال شود، مگر این که دستورات بصورت دیگری مشخص شوند(عنوان مثال بوسیله مشتری). اگر در استفاده‌های بعدی، در هنگام قرائت فشار، یک روال مجموعه‌ای<sup>۱</sup> دنبال شود، این روال برای کالیبراسیون تکرار شود. همیشه خلاسنچ مرجع مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده و/یا اطلاعات ارایه شده در گواهی کالیبراسیون، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱-۷ پس از نصب کامل  $UUC$  و خلاسنچ(های) مرجع و زمانی که سیستم کالیبراسیون کامل آماده شده است، اتفاق کالیبراسیون به طرف پایین پمپ شود. به منظور رسیدن به فشار مبنامطابق با الزامات بند ۱-۳-۶، عملیات خشک کردن می‌تواند ضروری باشد.

۳-۱-۷ بهتر است خلاسنچها زمانی که فشار در اتفاق کالیبراسیون به شرایط عمل کردن خلاسنچ مربوط برسد(پس از خشک کردن در طی مرحله سرد کردن<sup>۲</sup>، روشن شود. اجازه داده شود که خلاسنچها و دستگاه‌های عملیاتی آن‌ها گرم<sup>۳</sup> و تثبیت<sup>۴</sup> شوند. زمان ثبیت وابسته به نوع خلاسنچها و عدم قطعیت مورد نیاز آن‌هاست. انواع خاصی از خلاسنچها در فشارهای خاص نیازمند "گاز زدایی"<sup>۵</sup> هستند که بهتر است در طی این دوره تثبیت انجام شود.

اگر هدهای خلاسنچها بوسیله شیر عایق در زیر خلاؤنگهداشته شوند، این شیر باید تنها زمانی باز شود که فشار در اتفاق کالیبراسیون به زیر مقدار فشار مورد نظر در هد خلاسنچ و/یا در مقیاس کامل وسیله اندازه‌گیری، افت کند.

۴-۱-۷ پمپ کردن روبه پایین زمانی کامل می‌شود که به فشار مبنا  $P0$  مطابق با بند ۱-۳-۶ برسد. قبل از آغاز کالیبراسیون، فشار پایه و قرائت صفرهای دستگاه‌های اندازه‌گیری ثبت شود. این موارد ثبت شده، در صورتی که کالیبراسیون‌ها در یک دنباله‌نژولی انجام شود، می‌توانند منسخ شوند و به همین دلیل بهتر است کالیبراسیون در یک دنباله فشار تصاعدی انجام شود. همچنین اگر کالیبراسیون‌ها در دنباله نزولی انجام می‌شود، توجه شود که فشار مبنا و عدم قطعیت مربوط به آن می‌توانند نقش مهمی ایفا کنند.

فشار مبنا  $P0$  در شرایط مشابه سیستم خلا در طی کالیبراسیون اندازه‌گیری شود برای مثال شیرهای مطابق با  $UUC$  و خلاسنچ مرجع در موقعیت باز.

1- A set routine

2- Cool-down phase

3- Warm up

4- Stabilize

5- Degassing

۷-۱-۵ فشار اولیه کالیبراسیونیا بصورت دائم و یا بوسیله تعادل دائمی<sup>۱</sup>، بصورت زیر ایجاد شود.

#### الف - روش ایستا

ایستا بدین معنی است که شیر به سیستم پمپ بسته می‌شود و گاز تا زمانی که مقدار فشار مورد نظر حاصل شود، به داخل اتاقک کالیبراسیون وارد می‌شود(برای نقاط فشار هدف به پیوست ب مراجعه شود).

۱ - اگر پس از بستن شیر به سیستم پمپ و قبل از ورود گاز، فشار مبنا  $P_0$  با آنچه که مطابق بند

۷-۱-۴ ثبت شده متفاوت باشد، یکبار دیگر فشار مبنا ثبت شود.

۲ - اگر  $5\text{ min}$  پس از بستن شیر افزایش فشار ناشی از گازخروجی و واجذب در اتاقک کالیبراسیون بیش  $1/0\text{ کمترین فشار کالیبراسیون شد، بجای این روش از روش تعادل ثابت استفاده شود.}$

۳ - مقدار مورد نظر فشار باید با توافق با مشتری در یک گستره مشخص، قرار بگیرد. اگر گسترهای مشخص نشد، مقدار فشار مشخص شده باید در  $\pm 5\%$  مقدار فشار مورد نظر توافق شده، باشد.

#### ب - روش تعادل ثابت

شیر مربوط به سیستم پمپ کاملاً باز و یا تاحدی بسته می‌ماند. گاز تا زمانی که مقدار مورد نظر حاصل شود، به داخل اتاقک کالیبراسیون وارد می‌شود.

۱ - مقدار مورد نظر فشار باید با توافق با مشتری در یک گستره مشخص، قرار بگیرد. اگر گسترهای مشخص نشد، مقدار فشار مشخص شده باید در  $\pm 5\%$  مقدار فشار مورد نظر توافق شده، باشد.

۲ - فشار نشان داده شده بوسیله خلأسنچها باید در طول زمان بنحوی ثابت باشد که در مدت زمان  $2/5\text{ min}$  بیشتر از  $5\%$  تغییر نکند. بعنوان مثال، اگر نتوان به ثبات مشخص شده در زمان دست یافت، می‌توان موارد را بر اساس ترتیب‌هایی که در ادامه آورده شده، ثبت کرد: خلأسنچ مرجع، سپس  $UUC$ ، سپس خلأسنچ مرجع، با فاصله‌های زمانی مساوی. برای مقایسه با  $UUC$  متوسط دو قرائت خلأسنچ مرجع باید گرفته شود. بدلیل این‌که قدرت تفکیک خلأسنچ بسیار ضعیف است، مجاز است که مخصوصاً در فشارهای زیر  $1\text{ mPa}$  مشاهده تغییر٪ در  $5\text{ min}$  مشکل باشد. در این صورت تنها دست یافتن به ثبات فشار در حایی که تغییر فشار زیر قدرت تفکیک  $UUC$  است، کافی است.

۳ - اگر در زمانی که شیر تاحدیبه سیستم پمپ بسته شده، فشار مبنا  $P_0$  با آنچه که مطابق بند

۴-۱-۷ ثبت شده متفاوت باشد، یکبار دیگر فشار مبنا ثبت شود.

در هر دو روش (الف) و (ب) ثبت‌های مربوط به خلأسنچ و  $UUC$  باید در زمان‌های منطبق یا در صورت امکان در فواصل زمانی نزدیک، انجام شود.

۴-۱-۸ اطلاعات زیر باید قبل و حین کالیبراسیون ثبت شوند:

- شناسایی خلأسنچ(های) مرجع و  $UCC$ (های) شامل نوع خلأسنچ، تولید کننده و شماره سریال هدهای خلأسنچ‌ها و دستگاه‌های عملیاتی مربوط آن‌ها؛
- تاریخ کالیبراسیون؛
- دمای محیط؛
- دمای اتفاق کالیبراسیون؛
- گاز کالیبراسیون؛
- فشار مبنا [مطابق بند ۱-۷-۵ قسمت الف مورد ۱ و قسمت ب مورد ۳]؛
- جزئیات تنظیمات خلأسنچ، شامل جزئیات تنظیمات دستگاه‌های عملیاتی مربوط به آن‌ها؛
- جزئیات مربوطبه نصب خلأسنچ‌ها (جهت هد خلأسنچ، موقعیت روی اتفاق کالیبراسیون و بطور مناسب، نوع لوله استفاده شده برای هد خلأسنچ، نوع فلنج و غیره)؛
- نام مهندس کالیبراسیون؛
- جدول نتایج، شامل قرائت‌های خلأسنچ مرجع و  $UUC$ .

اگر تنها هد خلأسنچکالیبره شود، باید اطمینان کسب شود که تمامی تنظیمات و شرایط بنحوی ثبت شوند تا کاربر هد خلأسنچ قادر به انجام دادن اندازه‌گیری‌ها در وضعیت مشابه با زمان کالیبراسیون، باشد.

۴-۱-۹ پس از تکمیل اندازه‌گیری‌ها در فشار موردنظر نهایی، برای بررسی شدن از نظر نشت نکردن، جذب قابل توجه، آلودگی دیواره‌ها یا خرابی سیستم پمپ و غیره که در حین کالیبراسیون اتفاق می‌افتد، سیستم بطرف پایین پمپ می‌شود. درصورتی می‌توان از سرعت پمپاژ و حجم اتفاق کل انتظار داشت که سیستم در طی  $10\text{ min}$  به فشار مبنا یا  $1/1000$  فشار کالیبراسیون نهایی برسد. اگر بصورت غیرمنتظره‌ای سیستم به زمان بیشتر  $10\text{ min}$  نیاز داشته باشد، سیستم کالیبراسیون باید تحت بهسازی<sup>۱</sup> قرار گیرد (به عنوان مثال آزمون نشت، آزمون پمپ، پاکسازی، خشک کردن) و کالیبراسیون تکرار شود.

## ۴-۲ ارزیابی اندازه‌گیری‌ها

برای هر فهرست فشار کالیبراسیون باید موارد زیر را از یادداشت‌های اندازه‌گیری استخراج شود:

- فشار کالیبراسیون بعنوان متوسط قرائت‌های خلأسنچ مرجع که مطابق با گواهی کالیبراسیون و سایر

- تصحیحات ضروری مربوط به شرایط حین کالیبراسیون، اصلاح شده‌اند؛
  - قرائت‌های  $UUC$  نمایش داده شده (و مقایر متوسط ممکن از اندازه‌گیری‌های تکراری) که توسط قرائت‌های صفر و غیره اصلاح شده‌اند؛
  - کمیت تعیین شده بوسیله کالیبراسیون (خطای قرائت، عامل تصحیح، ضریب حساسیت، عنوان مثال در واحد ولت/پاسکال و غیره)؛
  - عدم قطعیت اندازه در زمان کالیبراسیون تعیین شده مطابق بند ۷-۳؛
- برخی اوقات می‌توان اندازه تکی مانند ضریب انطباق موثر خلأسنچ روتور چرخان، ضریب خلأسنچ یونی یا ضریب حساسیت خلأسنچ یونی را عنوان میانگین گستره فشار بالاتر تعیین کرد.

### ۳-۷ عدم قطعیت اندازه‌گیری

عدم قطعیت استاندارد،<sup>۱۱</sup> مربوط به کمیتی که بوسیله کالیبراسیون، عنوان مثال خطای قرائت، عامل تصحیح، ضریب حساسیت، تعیین می‌شود، باید مطابق با استاندارد ISO/IEC Guide 98-3 محاسبه شود. عوامل مشترک عدم قطعیت زیر می‌توانند قابل توجه باشند.

الف- عدم قطعیت فشار مبنا ناشی از عدم دقت محاسبات و انحراف در زمان.

یادآوری- برای روش ایستا، انحراف در زمان را می‌توان از افزایش فشار پس از بستن شیر برای پمپ تخمین زد. برای روش تعادل ثابت، انحراف در زمان را می‌توان بوسیله مشاهده فشار مبنا قبل از وردو گاز در طی  $30\text{ min}$  در موقعیت مشابه شیر پمپ در حین نقطه کالیبراسیون اولیه، تخمین زد.

ب- عدم قطعیت فشار کالیبراسیون ناشیاز توزیع سرعت و دانسیته غیر متوازن مولکول‌های گاز در فلنج ورودی  $UUC$  و خلأسنچ‌های مرجع است. در صورتی که ضوابط طراحی بندهای ۱-۶ تا ۳-۶ تامین شود، مجاز است که عدم قطعیت استاندارد (نسبی) این تاثیرات برای فشارهای  $P_{cal}$  ۱۰۰  $\text{Pa}$  و با  $100\text{ Pa} = 0.3\%$ ، و برای فشارهای  $P_{cal}$  بزرگتر یا مساوی  $100\text{ Pa}$  با  $100\text{ Pa} = 1\%$  حتی اگر ضوابط طراحی بند ۱-۶ تامین نشود، تخمین زده شوند.

یادآوری- این عدم قطعیت، توزیع سرعت و دانسیته غیر متوازن مولکول‌های گاز ناشی از تاثیرات مختلف: شرایط جریانی و پیهه توسط جریان گاز رقیق شده از میان سیستم خلاً- که شامل تاثیر نسبی‌سازی بسته شده (و بنابراین عدم تقارن استوانه‌ای محورهای اتفاق) برای پمپ است، مطابق یادآوری بند ۳-۶-۵- شیب‌های دمایی و انحرافات زمانی، جذب، واجذب، گاز خروجی، سرعت پمپاژ دستگاه‌های اندازه‌گیری و نشت کردن‌های کوچک، را در بر دارد. برای پنج تاثیر آخر، فرض می‌شود که همگی حالتی هنری هستند، یعنی تمام ترکیبات مطابق با سطح فشار مبنای مورد نیاز تمیز و خشک شده‌اند، سرعت پمپاژ کالیبراسیون کمتر از  $1/100$  سرعت مؤثر پمپاژ  $S_{eff}$  در اتفاق می‌باشد و آزمون نشت انجام شده است. اگر آزمایشگاه بدقت تاثیرات اشاره شده در بالا را ارزیابی کرد (عنوان مثال اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای در قسمت‌های متفاوت بوسیله تغییر دادن خلأسنچ‌ها، اندازه‌گیری توزیع دمای فضایی و انحراف دمای موقتی)، مجاز است که عدم قطعیت‌های کوچک‌تر تخمین زده شود.

- پ- عدم قطعیت فشار کالیبراسیون ناشی از انحراف در زمان.

یادآوری - این عدم قطعیت را می توان بوسیله مشاهده قرائت خلاسنچ مرجع در یک فاصله زمانی نوعی که برای انجام اندازهگیری ها در یک فشار موردنظر ارائه شده، مورد نیاز بوده، تخمین زد.

- ت- عدم قطعیت اندازهگیری خلاسنچ مرجع. علاوه بر مقدار عدم قطعیت ارائه شده در گواهی کالیبراسیون، همچنین موارد زیر هم می توانند در این عدم قطعیت مشارکت کنند: عدم ثبات بلند مدت خلاسنچ، پراکندگی قدرت تفکیک آن، پراکندگی مقادیر نشان داده شده، عدم دقیق اندازهگیری متوازن<sup>۱</sup>، انحراف متوازن، تاثیر شرایط محیطی، دماهای متفاوت اتفاق کالیبراسیون مورد استفاده مانند استاندارد مرجع و زمانی که کالیبره می شود، انحراف دمایی و اثرات متقابل ممکن دستگاه های اندازهگیری.

- ث- عدم قطعیت قرائت نشان داده شده  $UUC$  با توجه به پراکندگی قدرت تفکیک، پراکندگی مقادیر نشان داده شده، عدم دقیق اندازهگیری متوازن، انحراف متوازن حین کالیبراسیون و اثرات متقابل ممکن خلاسنچ ها.

- ج- عدم قطعیت با توجه به ناخالصی ها در گاز کالیبراسیون.

- چ- تکرار پذیری اندازهگیری ها.

در جایی که  $K=2$  ، شرح عدم قطعیت مبسوط  $U=ku$  در گواهی کالیبراسیون امری عادی است. برای توزیع معمول این مساوی فاصله اطمینان ۹۵٪ است.

## ۸ گواهی کالیبراسیون

گواهی کالیبراسیون باید مطابق با استانداردمیلیاران شماره ۱۷۰۲۵ تهیه شود. علاوه بر این، موارد زیر باید مخصوصاً برای کالیبراسیون خلاسنچ ها مطابق این استاندارد، در گواهی گنجانده شوند:

- شناسایی خلاسنچ(های) مرجع و  $UCC$ (های) شامل نوع خلاسنچ، تولید کننده و شماره سریال هدهای خلاسنچ ها و دستگاه های عملیاتی مربوط به آن ها؛
- دمای محیط، شامل تغییر و عدم قطعیت حین کالیبراسیون؛
- دمای اتفاق کالیبراسیون، شامل تغییر و عدم قطعیت خود حین کالیبراسیون؛
- گاز کالیبراسیون؛

- فشار مبنا [مطابق بند ۱-۷ قسمت الف مورد ۱ و قسمت ب مورد ۳];
- جزئیات تنظیمات خلأسنچ‌ها ، شامل تنظیمات دستگاه‌های عملیاتی مربوطه آن‌ها؛
- جزئیات مربوطه نصب خلأسنچ‌ها (جهت هد خلأسنچ، موقعیت روی اتاقک کالیبراسیون و بطور مناسب، نوع لوله استفاده شده برای هد خلأسنچ، نوع فلنچ و غیره)؛
- جزئیات مربوطه شرایط محیطی(فشار هوا، رطوبت و غیره)؛
- مدل ریاضی کمیت تعیین شده بوسیله کالیبراسیون

اگر کمیت تکی بوسیله کالیبراسیون تعیین نشود، اطلاعات ارائه شده در جدول ۱، باید برای هر فهرست فشار کالیبراسیونا ز موارد ثبت شده اندازه‌گیری‌ها، ایجاد شوند.  
شدیداً توصیه می‌شود که از خروجی خلأسنچ و داده‌های ارائه شده در این گواهی، معادله‌ای که توسط آن محاسبه فشار حقیقی ممکن باشد تهیه شود.

**جدول ۱- جدول مثال نتایج مربوط به گواهی کالیبراسیون**

$U(k=2)$	CF یا S وغیره	$P_{ind}$ وغیره	$P_{cal}$
عدم قطعیت مبسوط (مطلق کمیتی که بوسیله کالیبراسیون تعیین شده) (مقدار متوسط نهایی اندازه‌گیری‌های تکراری) که برای توازن و غیره تصحیح شدہاند.	قرائت‌های $UUC$ نشان داده کمیت در ستون کالیبراسیون می‌شود (عنوان مثال خطای قرائت، عامل تصحیح CF، ضرایب حساسیت در واحد ولت‌ها/پاسکال‌ها)	فشار کالیبراسیون طوری که متوجه قرائت‌های خلأسنچ مرجع مطابق با گواهی کالیبراسیون و سایر تصحیح‌های الزامی مربوط به شرایط حین کالیبراسیون، تصحیح شوند.	

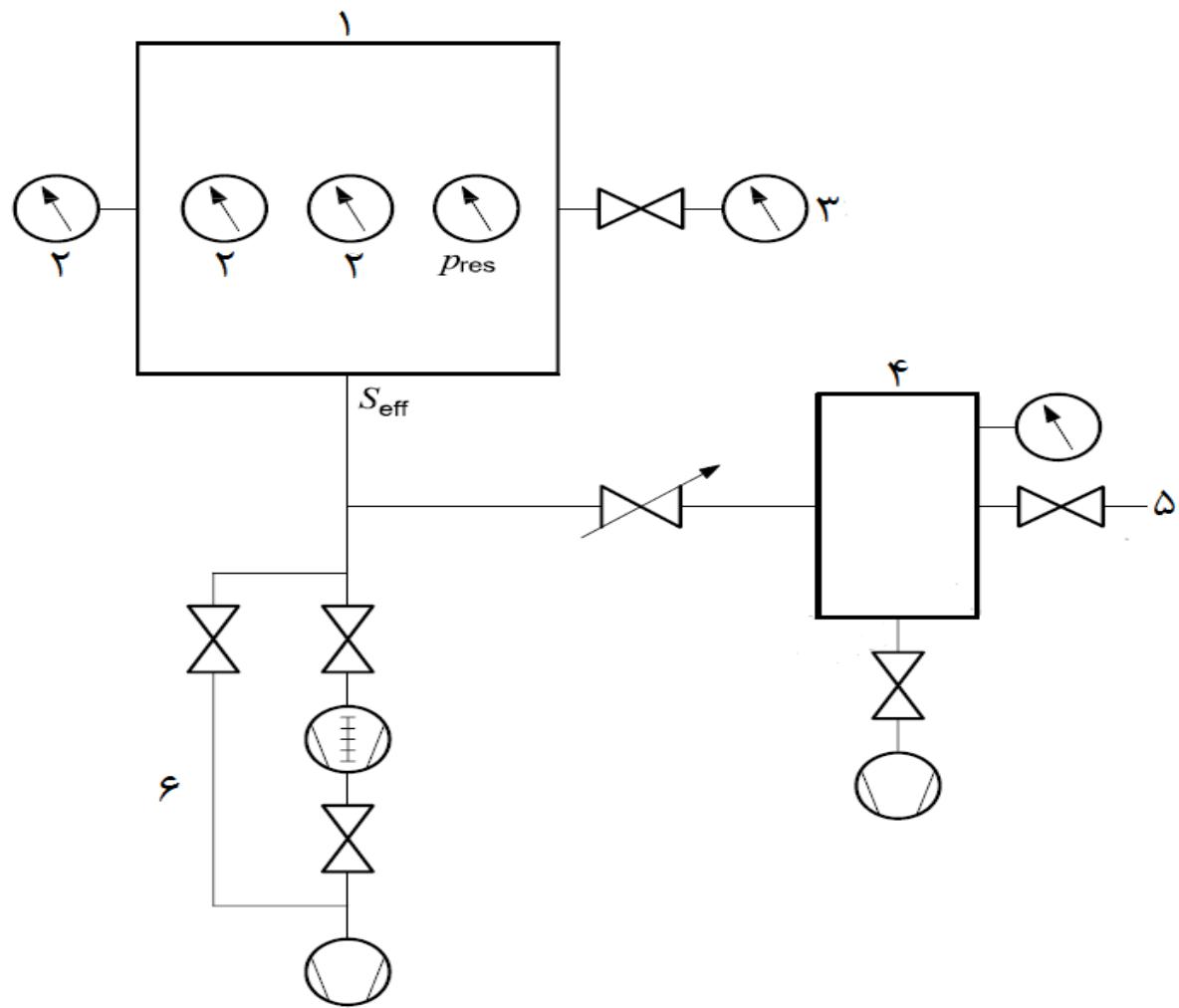
اگر برای سهولت، توافقی بین مشتری و آزمایشگاه در مورد این که تنها یک مقدار عدم قطعیت در یک گستره کامل ارائه شود، انجام شود، این مقدار باید بزرگترین مقدار عدم قطعیت ممکن را در گستره نشان دهد

برخی اوقات، کمیت تکی مانند میانگین مربوط به گستره فشار وسیع‌تر تعیین می‌شود (عنوان مثال ضریب انطباق موثر یک خلأسنچ روتور چرخان<sup>۱</sup>، ضریب خلأسنچ یونی، ضریب حساسیت خلأسنچ یونی). در این صورت عدم قطعیت این کمیت باید ارائه شود.

## پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال تنظیم سیستم کالیبراسیون ممکن



راهنما

اتاک کالیبراسیون

UUC2

۳ خلأسنچ مرجع

۴ حجم مینگین (الف)

۵ از مخزن گاز

۶ گذرگاه فرعی

الف برای ثبات بهتر فشار در جلوی شیر نشت و بنابراین نرخ جریان ثابت

شكل الف-1 نصب رکالیبراسیون

## پیوست ب (اطلاعاتی) مشکلات عملی

### ب-۱ تنظیمات صفر

برخی از انواع خلائسنج یک تنظیم صفر دارند. بهتر است قرائت خلائسنج‌ها زمانی که اتفاق کالیبراسیون در فشار مینما است، مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده در عدد صفر تنظیم شود. اگر فشار مینما بالای حد قدرت تفکیک *UCC* یا خلائسنج مرجع باشد، این مورد باید مد نظر قرا بگیرد.

بهتر است تنظیم صفر زمانی که سایر تنظیمات(گستره، افزایش<sup>۱</sup> و غیره) تغییر داده شدند و در پایان کالیبراسیون، بررسی مجدد شود.

یادآوری - در جایی که گستره کالیبراسیون بیش از یک دهه را پوشش می‌دهد، این مطلب می‌تواند لزوم بررسی تنظیم صفر مجدد را هنگامی که دهه در حین کالیبراسیون تغییر می‌کند، اثبات کند.  
برخی از انواع خلائسنج‌ها یک تنظیم هوا دارند. بهتر است خلائسنج‌ها مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده، هنگامی که اتفاق و/یا هد خلائسنج تحت فشار هوا قرار دارد، تنظیم شود.

### ب-۲ خلوص گاز کالیبراسیون

خلوص گاز در اتفاق کالیبراسیون را می‌توان بوسیله استفاده از یک تحلیل‌کننده گاز باقی‌مانده بررسی کرد. بهتر است که این تحلیل‌گر در حین کالیبراسیون خاموش شود.

### ب-۳ نقاط فشار مورد نظر

بطور کلی، نقاط فشار مورد نظر وابسته به توافق بین مشتری و آزمایشگاه کالیبراسیون هستند. اگر چیزی مشخص نشد، حداقل سه نقطه مورد نظر برای یک *UUC* تعیین می‌شود؛ بطور معمول سه نقطه مورد نظر در هر دهه قرائت - که در فاصله‌های مساوی روی یک مقیاس لگاریتمی(بعنوان مثال ۱، ۲، ۵ یا ۹ و ۵) قرار داده می‌شوند - اندازه‌گیری می‌شود.

## ب-۴ اندازه‌گیری‌های تکراری

بطور کلی، اندازه‌گیری‌های تکراری براساسسازش بین دقت و هزینه‌های کالیبراسیون هستند، و بنابراین منوط به توافق بین مشتری و آزمایشگاه کالیبراسیون است.

زمانی که سیستم کالیبراسیون در بین اندازه‌گیری‌های تکی به فشار پایه برگردانده شده است، اندازه‌گیری را می‌توان تنها بصورت اندازه‌گیری تکراری در نظر گرفت [ایا سری‌های کامل تکی و یا بین نقاط(موردنظر) کالیبراسیون تکی].

اگر تنها اندازه‌گیری انجام شده است، آزمایشگاه کالیبراسیون نیازمند رویه‌ای برای تخمین تکرارپذیری نتیجه کالیبراسیون است. بعنوان مثال، امکان‌پذیر است که چندین کالیبراسیون تکراری را هر بار برای خلالسنج‌های مشابه مانند UUC انجام داد، عدم قطعیت استاندارد ناشی از پراکندگی(تکرارپذیری) نتایج حاصل از این اندازه‌گیری‌ها تخمین زد و این عدم قطعیت استاندارد را برای محاسبه عدم قطعیت کل مورد نظر نتیجه اندازه‌گیری تکی، بکار برد.

## ب-۵ دستیابی به فشار مبنای پایین

برای رسیدن به فشار باقی‌مانده پایین در اتفاق کالیبراسیون، خشک‌کردن اولیه اتفاق می‌تواند ضروری باشد. توصیه شده است که برای تهویه<sup>۱</sup> اتفاق بمنظور فشار جوی، نیتروژن خشک استفاده شود. زمانی که اتفاق کالیبراسیون مورد استفاده نیست، بهتر است تحت خلاء نگهداری شود.

## ب-۶ آلودگی

هد خلالسنج آلوده شده، تجهیزات کالیبراسیون را آلوده خواهد کرد. تمیزکاری و خشک‌کردن دقیق هد خلالسنج پیش از نصب بر روی سیستم کالیبراسیون توصیه شده است. اگر تمیزکاری انجام شود، مشتری باید پیش از آن مطلع شود زیرا مجاز است که ثابت کالیبراسیون بوسیله این رویه تغییر داده شود.

برخی از انواع خلالسنج‌ها سطوح داغی دارند. در سیستم کثیف، سطح داغ می‌تواند اکسید شود یا بخارات روغنی سبب تجزیه شدن و تشکیل یک پوسته شوند. این پوسته مشخصه‌های خلالسنج را تغییر خواهد داد و می‌تواند کالیبراسیون را با مشکل مواجه سازد.

## ب-۷ تاثیرات دما

بمنظور در نظر گرفتن تاثیرات دمای خلأسنچها، به کتاب راهنمای تولیدکننده، کتابهای مربوطه یا مرجع Jousten, K ارجاع داده می شود.

## ب-۸ تاثیرات لرزشی

مجاز است برخی از خلأسنچها به لرزش حساس باشند. کتاب راهنمای تولیدکننده بررسی شود تا مشخص شود که شرایط توسط سیستم کالیبراسیون برطرف می شود یا خیر. قرار دادن عناصر صدایگیر<sup>۱</sup> در بین پمپهای لرزشی و اتاقک کالیبراسیون می تواند به کاهش دامنه های لرزشی کمک کند.

## ب-۹ اندازه گیری دستی<sup>۲</sup> و تداخل های متقابل

دستگاه های اندازه گیری فشار پایین و دقت بالا (در جایی که حد بالایی گستره اندازه گیری در زیر فشار جوی قرار دارد) در صورتی که در هوا قرار داده شوند، می توانند مقدار کالیبراسیون خود را تغییر دهند. بهتر است این دستگاه های اندازه گیری با استفاده از یک شیر عایق نصب شود که این شیر در هر زمان که فشار خلأسنچ از حد بالایی تجاوز کرد، بسته شود.

زمانی که خلأسنچها با آهنرباهای دائمی قوی نصب شدند [عنوان مثال هدهای خلأسنچ کاتد سرد (نوع مدادی<sup>۳</sup>)]، بهتر است مراقبت لازم برای جلوگیری از هرگونه واکنش مغناطیسی با سایر خلأسنچها (مخصوصاً یک خلأسنچها یونی یا یک خلأسنچها کاتد سرد دیگر)، انجام شود.

در مورد خلأسنچهای یونیزاسیونی، از ایجاد یک مسیر مستقیم ذرات باردار یک خلأسنچ به خلأسنچ دیگر جلوگیری می شود.

## ب-۱۰ خلأسنچهای مرجع

بمنظور مشخص کردن هرگونه خرابی در خلأسنچهای مرجع توسط مقایسه نتایج اندازه گیری آنها، استفاده حداقل دو خلأسنچ مرجع مستقل توصیه می شود. اگر نتایج در عدم قطعیت های اندازه گیری خودشان متناقض باشند، بهتر است خلأسنچهای مرجع کالیبره شوند. هدهای خلأسنچها که از وسیله عملیاتی مشابهی بهره

1- Damping elements

2- Gauge handling

3- Pening-type

می‌برند کاملاً مستقل نیستند. استفاده از خلاسنچ‌ها با گستره‌های اندازه‌گیری همپوشان و مقایسه نتایج اندازه‌گیری آن‌ها در یک گستره معمولی می‌تواند کافی باشد.

## ب- ۱۱- چرخه‌های کالیبراسیون مجدد

بصورت یک راهبرد حدسی، بهتر است خلاسنچ‌هایی که بر روی سیستم‌های خلا استفاده می‌شوند، هر ۱۲ ماه یکبار کالیبراسیون شوند. تحت شرایط شدیدتر، بهتر است که دوره زمانی کالیبراسیون به هر ۶ ماه یکبار یا حتی دوره‌های زمانی کوتاه‌تر، کاهش یابد.

زمانی که اطلاعات کافی در مورد ثبات دراز مدت موجود است، می‌توان دوره زمانی کالیبراسیون مربوط به خلاسنچ‌های مرجع دقت بالا، که بصورت دائم روی دستگاه‌های کالیبراسیون پمپ می‌شوند را به دو سال یک‌بار (همراه با عدم قطعیت افزایشی ناشی از ثبات دراز مدت) افزایش داد.

برای اطلاعات بیشتر مربوط به انتخاب دوره‌های زمانی تداخلی بهینه بین کالیبراسیون‌ها استاندارد ISO 10012 مشاهده شود.

پیوست پ  
(اطلاعاتی)  
کتاب نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹، تمامی قسمت‌ها، کمیت‌ها و یکاهای

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۸۰۵۷، تمامی قسمت‌ها، نمادهای گرافیکی نمودارها

- [۳] ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)
- [۴] ISO 3529-3:1981, Vacuum technology — Vocabulary — Part 3: Vacuum gauges
- [۵] ISO 10012-1, Quality assurance requirements for measuring equipment — Part 1: Metrological confirmation system for measuring equipment
- [۶] Jousten, K., Temperature corrections for the calibration of vacuum gauges, Vacuum 49 (1998), pp.81–87