



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۸۰۹۰-۲

چاپ اول

فروردین ۱۳۹۲

INSO

8090-2

1st. Edition

Apr.2013

چگالی سنج‌های نوسانی - قسمت ۲:
دستگاه‌های فرآیندی برای مایعات همگن

Oscillation-type density meters
:Part 2
Process instruments for homogeneous
liquids

ICS:17.060

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 موسسه 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 حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی 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 می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، 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 Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« چگالی‌سنج‌های نوسانی - قسمت ۲: دستگاه‌های فرآیندی برای مایعات همگن »

رئیس:

احمدی، حاجی رضا
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

دبیر:

افتخاری دافچاهی، سمیه
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اداره کل استاندارد استان همدان
اعتضاد زاده، پرناز
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان همدان
ایزدی، حسین
(کارشناسی فیزیک)

شرکت کاوش خاک آریا
پیری، احسان
(کارشناسی مهندسی معدن)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهار
پیری، جمشید
(کارشناسی ارشد ژئوفیزیک)

اداره کل استاندارد استان همدان
ردائی، احسان
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

آزمایشگاه مرجع شیمی تجزیه
عندلیبی، مریم
(کارشناسی شیمی)

اداره کل استاندارد استان همدان
هاشمی، محمد
(کارشناسی فیزیک)

دانشگاه بوعلی سینای همدان
هاشمی، مهدی
(دکتری شیمی تجزیه)

فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان |
|------|--------------------------------------|
| ب | آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران |
| ج | کمیسیون فنی تدوین استاندارد |
| ه | پیش‌گفتار |
| و | مقدمه |
| ۱ | ۱ هدف و دامنه کاربرد |
| ۱ | ۲ مراجع الزامی |
| ۱ | ۳ اصطلاحات و تعاریف |
| ۲ | ۴ واحدهای عاملی و اصلی |
| ۴ | ۵ حسگر چگالی |
| ۴ | ۶ آزمون‌ها و الزامات |
| ۹ | ۷ تنظیمات اولیه و تنظیمات |
| ۱۰ | ۸ کالیبراسیون |
| ۱۴ | ۹ درستی فرایند چگالی‌سنجی |
| ۱۷ | ۱۰ نصب |
| ۱۷ | ۱۱ کتابچه راهنما |
| ۱۸ | ۱۲ نشانه‌گذاری |

پیش‌گفتار

استاندارد " چگالی‌سنج‌های نوسانی - قسمت ۲: دستگاه‌های فرآیندی برای مایعات همگن " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت رویان پژوهان سینا تهیه و تدوین شده و در یک صد و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۹ تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 15212-2: 2002, Oscillation-type density meters Part 2: Process instruments for homogeneous liquids+Cor 1, 2008

مقدمه

مقادیر چگالی آب خالص در دماهای مختلف و اطلاعات چگونگی محاسبه مقادیر چگالی در فشارهای مختلف در پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰، سال ۱۳۹۱ رایج شده است.

چگالی سنج‌های نوسانی - قسمت ۲: دستگاه‌های فرآیندی برای مایعات همگن

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات اندازه‌شناختی و سایر الزامات برای چگالی‌سنج‌های نوسانی و همچنین برای واحدهای اساسی (به استاندارد ISO/IEC Guide 98-3:2009 مراجعه کنید) چگالی‌سنج‌های نوسانی است، که در فرایندها برای انواع مایعات همگن و گازهای مایع استفاده می‌شوند. دستورالعمل‌ها و روش‌های نصب، تنظیمات اولیه، تنظیمات و کالیبراسیون دستگاه‌های فرآیندی نیز داده می‌شوند. دستگاه‌ها می‌توانند هم به صورت مستقل و هم به صورت قسمتی از تجهیزات اندازه‌گیری پیچیده‌تر باشند.

این استاندارد روش استفاده‌ی چگالی‌سنج‌های فرآیندی برای کاربردهای خاص یا فرآورده‌هایی از قبیل فرآورده‌های نفتی و یا آشامیدنی را شرح نمی‌دهد. این قبیل روش‌های استفاده در استانداردهای ملی و بین‌المللی مربوطه موجود هستند.

این استاندارد مشخصات دستگاه‌ها را برای کاربردهای خاص تعریف نمی‌کند. توصیه می‌شود برای این منظور به استانداردهای ملی و بین‌المللی مربوط مراجعه شود.

استفاده کنندگان این استاندارد تولیدکنندگان چگالی‌سنج‌ها و مراکز آزمون و صدور گواهی‌نامه‌های انطباق برای چگالی‌سنج‌ها می‌باشند. به علاوه این استاندارد پیشنهادهایی برای تنظیم و کالیبراسیون چگالی-سنج‌های فرآیندی را ارائه می‌دهد.

چگالی‌سنج‌های نوسانی مورد استفاده در آزمایشگاه در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱ ذکر شده‌اند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰، چگالی‌سنج‌های نوسانی - قسمت اول: وسایل آزمایشگاهی،

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۲۳۲، مقررات ایمنی دستگاه‌های الکتریکی برای مصارف اندازه‌گیری، کنترل و آزمایشگاه. قسمت اول: مقررات ایمنی عمومی،

2-3 IEC 61326-1, Electrical equipment for measurement, control and laboratory use — EMC requirements - Part 1: General requirements

2-4 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 علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱ اصطلاحات و تعاریف زیر نیز کاربرد دارد.

۱-۳

پیش تنظیم

(چگالی سنج فرآیندی) تنظیماتی که قبل از نصب در محیط آزمایشگاه انجام می‌شود.

یادآوری - برای تنظیمات به بند ۱-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱ مراجعه کنید.

۲-۳

کالیبراسیون آزمایشگاهی

(چگالی سنج فرآیندی) کالیبراسیون برای گستره‌ی کاری کامل دستگاه که قبل از نصب در محیط آزمایشگاه انجام می‌شود.

یادآوری - برای کالیبراسیون، به بند ۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱ مراجعه کنید.

۳-۳

کالیبراسیون در محل

(چگالی سنج فرآیندی) کالیبراسیون دستگاه‌های نصب شده برای شرایط کاری واقعی آن‌ها در یک محیط فرایند.

۴ واحدهای عاملی و اصلی

۱-۴ اصول اندازه‌گیری

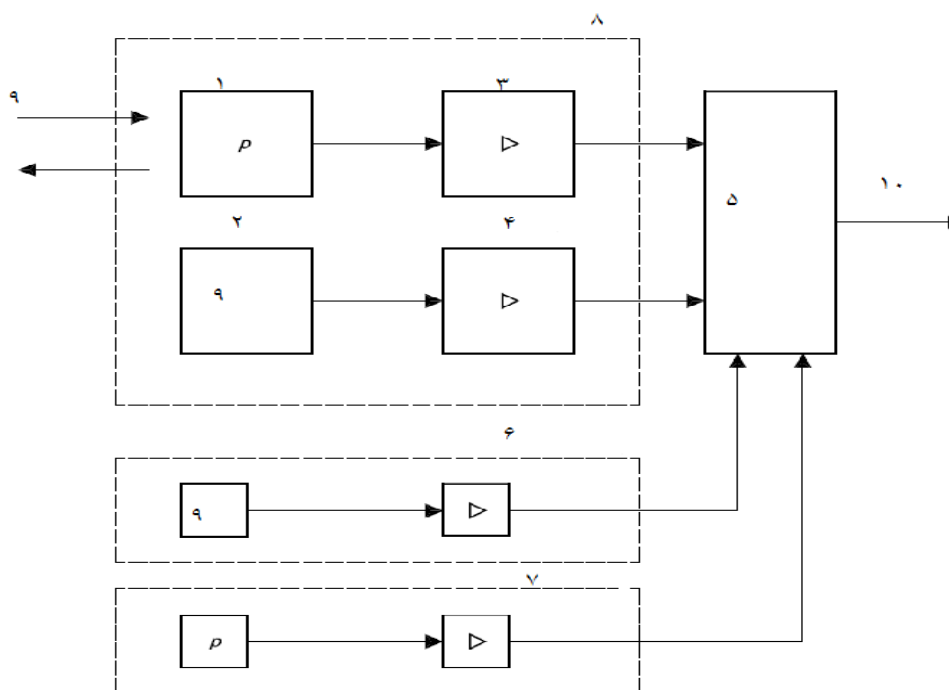
حسگرهای مورد استفاده در چگالی سنج‌ها، سامانه‌های نوسانی به طور الکتریکی یا مکانیکی ایجاد شونده‌ای هستند که، فرکانس‌ها یا دوره‌های نوسانی تابعی از چگالی نمونه هستند. بسته به طراحی حسگر، حسگر می‌تواند در نمونه‌های جاری عمل کند یا اینکه داخل مایع فرو رود. ثابت‌های دستگاهی چگالی سنج تنظیم شده، جهت محاسبه‌ی چگالی نمونه از فرکانس نوسان یا دوره نوسان و از اندازه‌گیری‌های وابسته به عنوان مثال دما یا فشار استفاده می‌شوند.

۲-۴ واحدهای عاملی

چگالی سنج‌های نوسانی فرایندی باید دارای واحدهای عاملی زیر باشد:

الف- حسگر چگالی با قابلیت پر شدن با نمونه یا غوطه ور شدن در آن؛

ب- وسیله‌ای برای تعیین و دمای حسگر چگالی؛
 پ- وسیله‌ای برای تثبیت و/یا پیش تقویت علامت حسگر چگالی؛
 ت- وسیله‌ای برای تثبیت و/یا پیش تقویت علامت حسگر دما؛
 ث- واحدی برای پردازش علامت، خروجی نتایج و نمایش عملکرد؛
 واحدهای عاملی اختیاری چگالی‌سنج‌های فرآیندی می‌تواند موارد زیر باشد:
 ج- ترانسدیوسر دما جهت اندازه‌گیری دمای مایع (به قسمت ۶ در شکل ۱ مراجعه کنید)؛
 چ- ترانسدیوسر فشار جهت اندازه‌گیری فشار مایع (به قسمت ۷ در شکل ۱ مراجعه کنید).
 واحدهای عاملی الف تا ت به عنوان ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی نامیده می‌شوند (به قسمت ۸ در شکل ۱ مراجعه کنید). واحد ث را می‌توان به عنوان واحد پردازش یا نمایش (به قسمت ۵ در شکل ۱ مراجعه کنید) شناخت که می‌تواند علامت‌های اضافی یا پارامترهای فرآیندی، به عنوان مثال یک جریان‌سنج را قبول کند.



راهنما:

| | | | |
|--|----|--|---|
| حسگر دما (۲-۴ ب رابینید) | ۲ | حسگر چگالی (۲-۴ الف رابینید) | ۱ |
| پیش تقویت علامت حسگر دمایی (۲-۴ ت رابینید) | ۴ | پیش تقویت علامت حسگر چگالی (۲-۴ پ رابینید) | ۳ |
| ترانسدیوسر دما (۲-۴ ج رابینید) | ۶ | واحد پردازش یا نمایش (۲-۴ ث رابینید) | ۵ |
| ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی | ۸ | ترانسدیوسر فشار (۲-۴ چ رابینید) | ۷ |
| خروجی (نمایش، چاپگر، رابط) | ۱۰ | مایع اندازه‌گیری شونده | ۹ |

شکل ۱- واحدهای عاملی چگالی‌سنج فرآیندی

۵ حسگر چگالی

۵-۱ مواد حسگر

مواد حسگر چگالی می‌تواند برای مثال فلز، آلیاژهای فلزی، شیشه یا فلزهای پوشش‌دار باشد. ماده در صورتی مناسب در نظر گرفته می‌شود که با مایعات فرایندی مورد اندازه‌گیری در شرایط فرایندی و با عوامل تمیز کننده مورد استفاده در چگالی‌سنج سازگار باشد. فرسایش، خراشیدگی و همچنین شکل‌های خاصی از خوردگی باید در نظر گرفته شوند چراکه این عوامل بر روی صحت دستگاه تاثیر می‌گذارند. تولید کننده باید بنا به درخواست، گواهی‌نامه‌های مواد حسگر را فراهم کند.

۵-۲ طراحی حسگر

حسگرهای چگالی را می‌توان به صورت لوله‌های مستقیم، u شکل یا امگا شکل طراحی کرد. سایر طراحی‌های دیگر به صورت چنگالی، استوانه‌ای، زنگوله‌ای یا غشایی می‌باشند. همه‌ی طراحی‌هایی که با اصول عملیاتی بند ۴-۱ مطابق باشند، قابل ساخت هستند.

۶ آزمون‌ها و الزامات

۶-۱ اصول عمومی

همه آزمون‌های این بند آزمون‌های نوعی هستند.

۶-۲ ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی

۶-۲-۱ انحراف

۶-۲-۱-۱ در طی مدت ۳۰ روز، انحراف چگالی اندازه‌گیری شده، $\Delta\rho_3$ ، در دمای 20°C ، در فشار 0.1 Mpa تا 0.2 Mpa (۱ bar تا ۲ bar) و در سرعت‌های جریان نوعی مشخص شده در دستورالعمل، نباید بیش از ۲۰٪ بیشینه خطاهای مجاز مشخص شده توسط سازنده برای دستگاه باشد.

اگر گستره‌ی کاری چگالی‌سنج شامل شرایط ذکر شده در بالا نمی‌باشد، انحراف در شرایط اندازه‌گیری نوعی چگالی‌سنج نباید بیش از ۴۰٪ بیشینه خطاهای مشخص شده باشد.

۶-۲-۱-۲ آزمون اندازه‌گیری انحراف باید به صورت زیر انجام شود:

- دستگاهی که توسط سازنده پیش تنظیم شده است را داخل یک سامانه‌ی گردش مایع نصب کنید، مایعات مناسب برای مثال آب یا روغن معدنی می‌باشد؛

- دستگاه را روشن و اجازه دهید دما برای مدت زمان ۲۴ h به تعادل برسد.

- مایع را در داخل دستگاه باز چرخش کرده و چگالی را دست کم ۳ بار در دمای $(20 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ در مدت زمان ۳۰ min اندازه‌گیری کنید.

- میانگین مقادیر ρ_1 چگالی اندازه‌گیری شده را ثبت کنید.

- اندازه‌گیری چگالی (بدون تنظیم جدید) و محاسبه‌ی مقدار میانگین ρ_2 را بعد از دست کم ۳۰ روز تکرار کنید.

دستگاه، باز چرخش مایع وسیله‌ی ثابت نگه‌دارنده‌ی دما باید در طی مراحل آزمون روشن باشند. در طول مدت زمان حداقل ۳۰ روز بین دو اندازه‌گیری چگالی، دستگاه باید دست کم دو روز در درجه حرارت $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ و دو روز هم در دمای $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ کار کند. انحراف $\Delta\rho_3$ ، را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید:

$$\Delta\rho_3 = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\Delta t} \quad (1)$$

که در آن،

Δt اختلاف روزهای بین دو اندازه‌گیری سه‌تایی می‌باشد.

اگر ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی برای دمای اندازه‌گیری 20°C طراحی نشده است، آزمون باید در میانگین دمای اندازه‌گیری ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی انجام شود. افزایش و کاهش دما بین دو اندازه‌گیری چگالی باید 10°C و -10°C از میانگین دمای اندازه‌گیری باشد.

۶-۲-۲ اثر خصوصیات مایع

۶-۲-۲-۱ ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی باید به گونه‌ای ساخته شود که بیشینه خطاهای مجاز در هنگام اندازه‌گیری مایعات با سرعت‌های صوتی مختلف و جایی که مناسب باشد، با گرانی‌های مختلف، با الزامات داده شده در بند ۹-۱ مطابق باشد.

۶-۲-۲-۲ برای آزمون، از مایعات نیوتنی با چگالی و ویسکوزیته‌های معلوم و نیز، در صورت لزوم، با چگالی‌ها و سرعت‌های صوتی معلوم، استفاده کنید. این مایعات باید گستره‌ی کاربردی چگالی‌سنج را توسط سازنده و با توجه به سرعت صدا و گرانی‌وی مشخص را پوشش دهند. آزمون‌ها را مطابق با بند ۹-۲ اجرا کنید.

۶-۲-۳ انحراف بین دمای نمونه و حسگر

۶-۲-۳-۱ ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی باید برای به حداقل رساندن انحراف بین دمای مایع و دمای حسگر طراحی شود. انحرافات چگالی در اثر این انحراف دمایی در دما و جریان ثابت نباید بیش از ۵٪ بیشینه خطاهای مجاز ترانسدیوسر اندازه‌گیری مشخص شده باشد.

۶-۲-۳-۲ آزمون باید با مقایسه‌ی چگالی‌های اندازه‌گیری شده توسط ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی با چگالی‌های واقعی یک مایع آزمون مناسب با چگالی معلوم در سه دمای متفاوت به طور تقریبی یکی در دمای پایین‌تر، یکی در دمای بالاتر و مقدار میانگین گستره‌ی دمای معلوم مایع انجام شود. دمای محیط باید در حد $1^\circ\text{C} \pm$ نسبت به مقدار میانگین گستره‌ی دمایی محیط مشخص شده برای ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی ثابت نگه داشته شود.

برای این آزمون:

- ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی را روشن کرده و مایع آزمون را برای دست کم یک ساعت در دمای مشخص شده در بالا و در سرعت جریان مناسب به جریان بیاندازید.

- دمای مایع واقعی را به صورت میانگین دماهای ورودی و خروجی ترانسدیوسر چگالی که توسط دماسنج‌های مناسب اندازه‌گیری می‌شوند، تعیین کنید.

- انحراف بین چگالی واقعی مایع آزمون با چگالی معلوم را در دمای مایع واقعی با چگالی نمایش داده شده توسط ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی محاسبه کنید.
- آزمون را در دو دمای دیگر مشخص شده در بالا تکرار کنید.
اتانول، n - نونان یا روغن‌های معدنی مایعات آزمون مناسب برای این روش می‌باشد.

۶-۲-۴ اثر نوسانات قسمت‌های دستگاه

۶-۲-۴-۱ انحرافات اندازه‌گیری ناشی از رزونانس‌های مزاحم قطعات دستگاه روی ترانسدیوسر^۱ اندازه‌گیری چگالی در کل گستره‌ی اندازه‌گیری نباید بیش از ۳۵٪ بیشینه خطای مجاز که توسط سازنده برای ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی مشخص می‌شود، بیشتر باشد.

۶-۲-۴-۲ برای آزمون، مشخصه‌های نوسانی حسگرهای چگالی توکار آماده شده توسط تولید کننده را آزمون کنید. این آزمون در تمام گستره‌ی اندازه‌گیری چگالی نباید هیچ نقطه‌ی تشدید شده پارازیتی (بند ۳-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱) با اثری بیش از ۳۵٪ بیشینه خطاهای مشخص شده برای ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی توسط تولید کننده را نشان دهد.

۶-۲-۵ اثر موقعیت دستگاه

۶-۲-۵-۱ چنانچه مورد دیگری توسط تولید کننده مشخص نشده باشد، در صورت چرخش ۹۰ درجه‌ای موقعیت دستگاه از جهت جریان نمونه‌ی افقی و عمودی، بیشینه خطاهای مجاز نباید از مقادیر جدول ۲ یا مقادیر مشخص شده توسط سازنده (به بند ۹-۱ مراجعه کنید)، بیشتر باشد.

۶-۲-۵-۲ آزمون باید در هر سه موقعیت مذکور در بند ۹-۲ در دما، فشار و چگالی ثابت انجام شود.

۶-۳ اندازه‌گیری دمای مایع

۶-۳-۱ حسگر دمایی توکار

۶-۳-۱-۱ اگر چگالی‌سنج فرایندی به امکانات اندازه‌گیری دمای مایع داخلی مجهز باشد، حسگر دما باید به گونه‌ای نصب شوند که برقراری یک تماس حرارتی خوب با نمونه را تضمین کنند. انحراف بین دماهای نمایش داده شده و دماهای مایع واقعی نباید از حاصل ضرب بیشینه خطاهای مجاز چگالی‌سنج در ضریب $0.2^{\circ}\text{C.kg}^{-1}.\text{m}^3$ بزرگتر باشد.

یادآوری - برای تعیین این ضریب، یک انحراف چگالی حرارتی حدی $2.4^{\circ}\text{C.Kg}^{-1}.\text{m}^3$ فرض شده است.

اگر گستره‌ی کاربردی ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی به نمونه‌های آبی و مخلوط‌های حاوی آب محدود باشد، ضریب ضرب شده در بیشینه خطاهای مجاز می‌تواند تا $0.5^{\circ}\text{C.Kg}^{-1}.\text{m}^3$ افزایش یابد.

۶-۳-۱-۲ آزمون باید با مقایسه دمای اندازه‌گیری شده توسط حسگر دمایی توکار با دمای مایع واقعی در سه دمای متفاوت به عنوان مثال به طور تقریبی یکی در دمای پایین‌تر، یکی در دمای بالاتر و مقدار میانگین (به طور ترجیحی 20°C) گستره‌ی دمای معلوم مایع انجام شود. دمای محیط باید در حد $1^{\circ}\text{C} \pm$ نسبت به

مقدار میانگین گستره‌ی دمایی محیط مشخص شده برای ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی ثابت نگه داشته شود. برای این روش آزمون:

- ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی را روشن کنید. و آب و یا در صورتی که آب مناسب نمی‌باشد، یک مایع آزمون مناسب را برای دست کم یک ساعت در دمای مشخص شده‌ی بالا و در سرعت جریان مناسب به جریان بیاورید.

- دمای مایع واقعی را به صورت میانگین دماهای ورودی و خروجی ترانسدیوسر چگالی که توسط دماسنج‌های مناسب اندازه‌گیری می‌شوند، تعیین کنید.

- انحراف بین دمای مایع واقعی و دمای نمایش داده شده توسط ترانسدیوسر چگالی را محاسبه کنید. انحرافات محاسبه شده نباید در هر ۳ دما از حاصل ضرب بیشینه خطاهای مجاز مشخص شده برای ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی در ضریب $0.2^{\circ}\text{C.m}^3 \text{kg}^{-1}$ یا $0.5^{\circ}\text{C.m}^3 \text{kg}^{-1}$ (به بند ۱-۱-۳-۶-۱ مراجعه کنید) بیشتر باشد.

۲-۳-۶ ترانسدیوسر دمای جداگانه (مستقل)

در صورتی که واحد پردازش چگالی سنج (قسمت ۵ در شکل ۱ را ببینید) از یک ترانسدیوسر دمای خارجی برای نمایش دمای مایع اندازه‌گیری شده بهره می‌برد (قسمت ۶ در شکل ۱ را ببینید)، خطاهای اندازه‌گیری نباید از حاصل ضرب بیشینه خطاهای مجاز مشخص شده برای ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی در ضرایب $0.2^{\circ}\text{C.m}^3 \text{kg}^{-1}$ یا $0.5^{\circ}\text{C.m}^3 \text{kg}^{-1}$ (به بند ۱-۱-۳-۶-۱ مراجعه کنید) بیشتر باشند.

۴-۶ نمایش و خروجی نتایج

۱-۴-۶ نمایش نتایج

نمایش نتایج باید به گونه‌ای طراحی شود که:

- چگالی را بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب یا گرم بر سانتی متر مکعب همراه با یکای اندازه‌گیری نشان داده شود.

- تفکیک‌پذیری نمایشگر چگالی در مقیاس دیجیتالی مقادیر مطابق با جدول ۱ باشد.

- بازه مقیاس بر روی یک مقیاس آنالوگ با بیشینه خطا مجاز چگالی سنج فرایندی برابر و فواصل علائم مقیاس کمینه ۱ mm باشد.

نمایشگر ممکن است بخشی از یک واحد نمایشگر خارجی مثل یک کامپیوتر و یا ماشین حساب باشد که برای ارزیابی نتایج چگالی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴-۶ خروجی‌های اضافی

نمایش‌های اختیاری باید به گونه‌ای طراحی شوند که:

- دوره یا فرکانس نوسان بنا به درخواست نشان داده شده و به وضوح از نمایش چگالی مشخص باشند؛

- دمای مایعات بر حسب درجه سلسیوس نمایش داده شود؛

- یکای اندازه‌گیری همراه با مقدار اندازه‌گیری نمایش داد شود؛

- عملکرد بد نمایش داده شود؛

- در صورتی که داده‌ی دستگاه اضافی موجود باشند، ممکن است بنا به درخواست نمایش داده شوند؛ باید برای اطمینان از مطابقت تفکیک نمایش چگالی با مشخصات سازنده بر طبق بند ۹-۱، یک ارزیابی چشمی انجام شود.

جدول ۱- تفکیک پذیری و بیشینه خطاهای مجاز

| ضریب | تفکیک پذیری Kg/m ³ | بیشینه خطای مجاز Kg/m ³ |
|------|----------------------------------|---------------------------------------|
| ۱/۱۰ | ۰/۱ | ۱/۰ |
| ۱/۵ | ۰/۱ | ۰/۵ |
| ۱/۲۰ | ۰/۰۱ | ۰/۲۰ |
| ۱/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰/۱۰ |

۵-۶ واحدهای کمکی و انتقال داده‌ها

اگر چگالی سنج شامل چندین واحد جداگانه و یا در صورتی که دارای وسایل اضافی متصل باشد، داده‌ها بدون تغییر و بدون تاثیر واقع شدن منتقل می‌شوند.

وسایل اضافی برای نشان دادن داده‌های اندازه‌گیری شده باید آن‌ها را بدون تغییر و بدون تحت تاثیر قرار دادن نمایش دهند.

رابطه‌ها، انتقال دهنده‌های داده و واحدهای اضافی باید به وضوح تعریف شده و همچنین باید بدون حساسیت به تداخل‌ها کار کنند. به عنوان مثال آن‌ها نباید داده‌ها را تحت تاثیر قرار داده و سبب عملکرد بد شوند. اگر رابطه‌ها، انتقال دهنده‌های داده و واحدهای اضافی از این تعاریف متفاوت یا معیوب باشند، نمایش داده‌های اندازه‌گیری شده باید به وضوح به عنوان نامعتبر شناخته شوند.

۶-۶ الزامات ایمنی

باید از الزامات ایمنی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۲۳۲: سال ۱۳۷۸ تا آنجایی که برای چگالی سنج‌های نوسانی قابل اجرا باشد، پیروی شود.

آزمون‌ها باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۲۳۲: سال ۱۳۷۸ انجام شود.

۷-۶ سازگاری الکترومغناطیسی

باید از الزامات EMC^۱ مشخص شده در استاندارد IEC 61326-1 و اصلاحیه‌های آن‌ها تا آنجایی که در چگالی سنج‌های نوسانی قابل اجرا باشد، پیروی شود. آزمون‌ها باید مطابق با استانداردهای ذکر شده در بالا باشد.

۷ تنظیمات اولیه و تنظیمات

۱-۷ تنظیم اولیه فرایند چگالی سنجی

تنظیم اولیه چگالی سنج‌های فرایندی باید مطابق با دستورالعمل سازنده آن انجام شود. تنظیم اولیه با تعیین و تنظیم ثابت‌های دستگاه (به بند ۳-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱ مراجعه کنید) انجام می‌شوند. به عنوان یک قاعده، تنظیمات اولیه پس از نصب چگالی‌سنج در محیط فرایند، امکان‌پذیر نمی‌باشد و به تجهیزات آزمون ویژه نیاز دارد.

تنظیم اولیه را می‌توان با هوا، آب مقطر و یا آب دیونیزه انجام داد و توصیه می‌شود در دمای عملکردی و فشار عملکردی مورد درخواست انجام شود. مقادیر چگالی آب در جدول پیوست الف-۱ و مقادیر چگالی هوای مرطوب در جدول پیوست ب-۱ مشخص شده است.

۲-۷ تنظیم اولیه ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی

تنظیم اولیه ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی باید مطابق با دستورالعمل سازنده و با استفاده از واحد پردازش مناسب که طبق بند ۷-۴ تنظیم و طبق بند ۸-۱-۴ کالیبره شده است، انجام شود.

تنظیم اولیه را می‌توان با هوا، آب مقطر و یا آب دیونیزه انجام داد و توصیه می‌شود در دمای عملکردی و فشار عملکردی مورد درخواست انجام شود. مقادیر چگالی آب در جدول پیوست الف-۱ و مقادیر چگالی هوای مرطوب در جدول پیوست ب-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۹۰: سال ۱۳۹۱ مشخص شده است.

۳-۷ تنظیم ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی نصب شده

تنظیم پس از نصب ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی در محیط فرایند، باید طبق دستورالعمل سازنده انجام شود. تنظیمات به منظور کمینه کردن خطاهای اندازه‌گیری شناسایی شده در طول کالیبراسیون انجام می‌شود. تنظیم باید با استفاده از معادلات، دما و ضرایب حسگر، فشار و در صورت لزوم ثابت‌های سرعت صوت که توسط سازنده برای دستگاه مشخص شده است، انجام شود.

پس از هر تعمیر و نگهداری دستگاه تنظیمات چگالی‌سنج باید اجرا شود.

۴-۷ تنظیم واحدهای پردازش

واحدهای پردازش باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده تنظیم شوند. تنظیم با تعیین و تنظیم ثابت‌های دستگاه انجام می‌شوند.

تائید کردن تنظیم، با استفاده از یک شبیه‌ساز و یا با قرار دادن مقادیر ثابت شده برای علامت‌های ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی قابل انجام است.

۸ کالیبراسیون

۸-۱ کالیبراسیون آزمایشگاهی

۸-۱-۱ مایعات آزمون

برای کالیبراسیون چگالی سنج‌های فرایندی در محیط آزمایشگاه مطابق با این استاندارد ملی، باید مایعات آزمونی مورد استفاده قرار گیرند که مقادیر چگالی و در صورت لزوم گرانش و سرعت‌های صوتی آن‌ها در گستره‌ی اندازه‌گیری مشخص شده توسط تولید کننده، همانند گستره‌های کاری دما، فشار و جریان چگالی سنج، باشند.

مقادیر چگالی مایعات آزمون باید با روش‌های قابل ارجاع به استانداردها اندازه‌گیری شوند. مقادیر چگالی باید دارای گواهی عدم قطعیت در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) باشند که نباید از ۳۰٪ بیشینه‌ی خطاهای مجاز چگالی سنج فرایندی یا ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی مورد آزمون بیشتر باشد. تعیین چگالی مایعات آزمون باید بعد از قرائت مقادیر چگالی از چگالی سنج فرایندی کالیبره شونده، انجام شود.

چگالی سنج‌های نوسانی کالیبره شده برای مصارف آزمایشگاهی، هیدرومترها یا پیکنومترها، دستگاه‌های مناسبی برای اندازه‌گیری چگالی مایعات آزمون می‌باشند. مایعات آزمون باید با توجه به استفاده‌ی چگالی سنج فرایندی انتخاب شوند (یعنی، خصوصیات آن‌ها تا حد امکان باید با کاربرد دستگاه مطابق باشد).

۸-۱-۲ ابزارهای کالیبراسیون برای چگالی سنج‌های فرایندی

برای کالیبراسیون آزمایشگاهی چگالی سنج‌های فرایندی، تجهیزات کالیبراسیون باید به گونه‌ای طراحی شوند که تحت شرایط کاری دما، فشار و جریان مایع به درستی عمل کنند و اندازه‌گیری مقادیر واقعی این شرایط کاری قابل ارجاع به استانداردهای ملی باشد.

به منظور اندازه‌گیری چگالی‌های مایع، گرانش و سرعت‌های صوتی مختلف، وسایل کالیبراسیون باید به گونه‌ای طراحی شوند که مایعات آزمون مختلف قابل استفاده باشند.

مشارکت‌های ترکیبی تغییرات و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری شرایط کاری حاصل شده به عدم قطعیت کل کالیبراسیون چگالی سنج در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) نباید بیش از ۳۰٪ بیشینه خطای مجاز چگالی سنج باشد.

۸-۱-۳ ابزارهای کالیبراسیون برای ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی

تجهیزات کالیبراسیون برای ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی باید با الزامات تجهیزات کالیبراسیون برای چگالی سنج‌های فرایندی مطابقت داشته باشد (به بند ۸-۱-۲ مراجعه کنید).

علاوه بر این، باید دارای یک واحد پردازش قابل برنامه‌ریزی باشند. مشخصه‌های دستگاه باید برای ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی کالیبره شونده مناسب باشند. سهم عدم قطعیت این واحد پردازش در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) نباید بیش از ۱۰٪ بیشینه خطای مجاز ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی کالیبره شونده باشد.

۸-۱-۴ ابزارهای کالیبراسیون برای واحدهای پردازش

تجهیزات کالیبراسیون واحدهای پردازش چگالی سنج‌ها باید به صورت الکتریکی، ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی را شبیه‌سازی کنند.

آن‌ها باید قادر به تولید همه‌ی علامت‌های خروجی مربوط به ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری مشابه با علائم چگالی‌های مایع، دماها، فشارهای مختلف و در جایی که لازم باشد، گرانی‌های مایع، سرعت‌های صوت و شرایط محیطی باشند.

مقادیر علامت‌های تولید شده (به عنوان مثال فرکانس‌ها) باید قابل ارجاع به استانداردهای ملی باشند. عدم قطعیت ترکیب شده‌ی این علامت‌های اندازه‌گیری شده در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) نباید بیش از ۱۵٪ بیشینه خطای مجاز ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی مشخص شده در جدول ۲ باشد (به بند ۹-۱ مراجعه کنید).

۸-۱-۵ روش کالیبراسیون آزمایشگاهی برای چگالی‌سنج‌های فرایندی

هر کالیبراسیون به مجموعه‌ای از ثابت‌های دستگاه بستگی دارد، به همین دلیل ثابت‌های دستگاه باید با نتایج کالیبراسیون گزارش شوند. به علاوه هر کالیبراسیون به گستره‌ی اندازه‌گیری انتخابی، گستره‌های کاری دما، فشار و در جایی که قابل اجرا باشد، گرانی‌های مایع، سرعت صوت و همچنین شرایط محیطی مربوط می‌باشد. همه‌ی پارامترهای مربوط که در نتیجه اندازه‌گیری تاثیرگذار هستند، باید با نتایج کالیبراسیون گزارش شوند.

کالیبراسیون‌ها باید در دماهای مایع، فشارهای مایع، ویژگی‌های مایع و دماهای محیطی ثابت انجام شوند. تغییر هر یک از این پارامترهای موثر بر نتایج اندازه‌گیری نباید بیش از مقادیر داده شده در بند ۸-۱-۲ باشد. برای صحت‌گذاری به درستی چگالی‌سنج برای مثال مطابق بند ۹، کالیبراسیون باید در هر یک از نقاط کالیبراسیون انتخاب شده یا مشخص شده (به بند ۹-۲-۱ مراجعه کنید) به صورت زیر انجام شود.

- چگالی‌سنج فرایندی را در تجهیزات کالیبراسیون نصب کنید، دستگاه را روشن کرده و در صورت الزام، گستره‌ی کاری و اندازه‌گیری را مطابق با دستورالعمل سازنده انتخاب کنید.

- دمای مایع، فشار مایع، جریان مایع و در صورت لزوم دمای محیطی دستگاه‌های کالیبراسیون را تنظیم کنید.

- منتظر بمانید تا تمام شرایط کاری و دمای حسگر پایدار شوند.

کمینه ۱۰ قرائت متوالی از چگالی‌های اندازه‌گیری شده و پارامترهای کاری واقعی را انجام دهید. فواصل زمانی بین دو قرائت باید دست کم ۶۰S باشد.

از قرائت‌های، ρ_i ، میانگین مقادیر ρ ، انحراف استاندارد s را به شرح زیر محاسبه کنید.

$$\rho = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} \rho_i \quad (2)$$

$$s = \frac{\sqrt{\sum (\rho_i - \rho)^2}}{n-1} \quad (3)$$

که در آن:

n مجموع تعداد کل قرائت‌ها و i شاخص شمارش می‌باشد.

- خطاهای سیستماتیک اندازه‌گیری $\Delta\rho$ را به صورت اختلاف بین چگالی میانگین ρ و چگالی مرجع معلوم ρ_{ref} مایع آزمون مورد استفاده در شرایط کاری ویژه‌ی دمایی و فشاری را محاسبه کنید.

$$\Delta\rho = \rho - \rho_{ref} \quad (4)$$

- عدم قطعیت اندازه‌گیری را در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) از مشارکت‌های عدم قطعیت دستگاه‌های کالیبراسیون مورد استفاده، مشارکت‌های عدم قطعیت چگالی مایع، و در صورتی که قابل اجرا باشد، از دیگر خواص مایع و از انحراف استانداردهای محاسبه شده در بالا مطابق استاندارد ISO/IEC Guide 98:2009 محاسبه کنید.

نتایج کالیبراسیون را در جدولی حاوی هر یک از پارامترهای زیر در ستون‌های مجاور فهرست کنید.

- چگالی مرجع مایع؛
- خطای سیستماتیک اندازه‌گیری؛
- عدم قطعیت اندازه‌گیری؛
- دیگر پارامترهای موثر بر کالیبراسیون؛
- مجموعه‌ی ثابت‌های دستگاه.

۸-۱-۶ روش اجرایی کالیبراسیون آزمایشگاهی برای ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی

کالیبراسیون ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی باید همانند کالیبراسیون چگالی‌سنج‌های فرایندی (به بند ۸-۱-۵ مراجعه کنید) با استفاده از دستگاه‌های کالیبراسیون مطابق بند ۸-۱-۳ انجام شود. هنگام محاسبه عدم قطعیت اندازه‌گیری، سهم عدم قطعیت واحد پردازش مطابق با بند ۸-۱-۴ باید در نظر گرفته شود.

۸-۱-۷ روش اجرایی کالیبراسیون آزمایشگاهی برای واحدهای پردازش

واحدهای پردازش را مطابق، دستورالعمل سازنده و با استفاده از دستگاه‌های کالیبراسیون مطابق با بند ۸-۱-۴ کالیبره کنید.

هر کالیبراسیون به مجموعه ثابت‌های واقعی دستگاه و به پارامترهای کاری واقعی شبیه‌سازی شده با دستگاه‌های کالیبراسیون بستگی دارد. مجموعه ثابت‌های دستگاهی و مقادیر اندازه‌گیری شده برای همه پارامترهای کاری شبیه‌سازی شده باید در نتایج کالیبراسیون گزارش شود.

اگر یک واحد پردازش قابلیت پردازش و نمایش پارامترهای به غیر از چگالی، از قبیل دما و فشار را دارد، کالیبراسیون هر یک از این مدارهای اندازه‌گیری باید بخشی از کالیبراسیون باشد.

هنگام کالیبراسیون یک واحد پردازش، باید در هر نقطه‌ی کالیبراسیون انتخاب شده یا مشخص شده دست کم ۱۰ بار قرائت انجام شود (به بند ۹-۲-۱ مراجعه کنید).

ارزیابی داده‌های خوانده شده از هر پارامتر اندازه‌گیری شده باید به صورت زیر انجام شود.

- از داده‌های خوانده شده x_i ، مقدار میانگین \bar{x} و انحراف استاندارد s را با استفاده از معادلات ۲ و ۳ داده شده در بند ۸-۱-۵ محاسبه کنید.

- خطاهای سیستماتیک اندازه‌گیری Δx هر پارامتر اندازه‌گیری شده را به صورت اختلاف بین مقدار میانگین x و مقدار مرجع معلوم x_{ref} فراهم شده توسط دستگاه‌ها مطابق با بند ۸-۱-۴ با استفاده از معادله ۴ در بند ۸-۱-۵ محاسبه کنید.

- عدم قطعیت اندازه‌گیری هر مدار اندازه‌گیری کالیبراسیون شده را در ۹۵٪ سطح اطمینان ($K=2$) از مشارکت‌های عدم قطعیت دستگاه‌های کالیبراسیون مورد استفاده و از انحراف استاندارد s محاسبه کنید.

- نتایج کالیبراسیون را به صورت جدولی فهرست کنید (به بند ۸-۱-۵ مراجعه کنید)

۸-۲ کالیبراسیون در محل

۸-۲-۱ مایع

کالیبراسیون چگالی سنج فرایندی و ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی نصب شده فقط با استفاده از مایع فرایند قابل انجام است.

چگالی مایع فرایند باید طبق بند ۸-۱-۱ برای کالیبراسیون آزمایشگاهی اندازه‌گیری شود.

در صورت لزوم اثر دما و فشار بر روی چگالی مایع باید در نظر گرفته شود. بنابراین دمای مایع باید با مقداری انحراف نسبت به دمای واقعی که در بند ۶-۲ داده شده است، اندازه‌گیری شود. فشار باید با انحراف نسبت به فشار واقعی در مایع که از حاصل ضرب بیشینه خطاهای مجاز ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی در ضریب $0.2 \text{ MPa} \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^3$ ($2 \text{ bar} \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^3$) بیشتر نمی‌باشد، اندازه‌گیری شود.

یادآوری- برای تعریف این ضریب، بیشینه انحراف فشاری چگالی $3 \text{ kg} \times \text{m}^3 \times \text{MPa}^{-1}$ ($3 \text{ kg} \times \text{m}^3 \times \text{bar}^{-1}$) فرض می‌شود.

۸-۲-۲ ابزارها

پیکنومترهای فشاری به طور ویژه برای اندازه‌گیری‌های قابل ردیابی چگالی مایع تحت شرایط دما و فشار حاکم بر فرایند مناسب می‌باشند.

برای کالیبراسیون چگالی سنج‌ها یا ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی نصب شده، باید وسایلی برای برداشتن نمونه‌های مایع از فرایند وجود داشته باشند.

اگر فقط ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی کالیبره می‌شوند، یک واحد پردازش قابل برنامه‌ریزی باید طبق بند ۸-۱-۳، استفاده شود.

اگر فقط واحدهای پردازش کالیبره می‌شوند، باید از شبیه‌سازهای الکتریکی طبق بند ۸-۱-۴ استفاده شود.

۸-۲-۳ روش اجرایی کالیبراسیون در محل برای چگالی سنج‌های فرایندی

هر کالیبراسیون به مجموعه‌ای از ثابت‌های دستگاهی واقعی بستگی دارد که باید در نتایج کالیبراسیون گزارش شوند.

به علاوه هر کالیبراسیون به گستره‌ی اندازه‌گیری انتخابی، گستره‌های کاری دما، فشار و در جایی که قابل اجرا باشد، گرانش مایع، سرعت صوت و همچنین شرایط محیطی بستگی دارد. بنابراین همه‌ی پارامترهای مربوط که بر نتیجه اندازه‌گیری تاثیرگذار هستند، باید با نتایج کالیبراسیون گزارش شوند.

کالیبراسیون باید در دماهای مایع، فشارهای مایع، ویژگی‌های مایع و دماهای محیطی ثابت انجام شود. تغییر هر یک از این پارامترهای موثر بر نتایج اندازه‌گیری نباید بیش از مقادیر داده شده در بند ۸-۱-۲ باشد. کالیبراسیون درجای چگالی‌سنج فرایندی باید به صورت زیر انجام شود.

- چگالی‌سنج را مطابق با دستورالعمل سازنده روشن کنید.
- منتظر بمانید تا تمام پارامترهای فرآیندی از قبیل دمای مایع، فشار مایع، جریان مایع و همچنین دمای حسگر و شرایط محیطی پایدار شوند.

- یک نمونه از مایع فرایند را برداشته و چگالی مایع را با دستگاه‌های اندازه‌گیری چگالی کالیبره شده‌ی مناسب، اندازه‌گیری کنید (به بند ۸-۲-۲ مراجعه کنید). اثر دمای مایع و فشار مایع باید در نظر گرفته شود (به بند ۸-۲-۱ مراجعه کنید).

سه بار متوالی از چگالی اندازه‌گیری شده و پارامترهای کاری واقعی، قرائت انجام دهید. برای یک کالیبراسیون قابل قبول دست کم دو داده از سه داده‌ی خوانده شده نباید از بیشینه خطای مجاز مشخص شده توسط سازنده یا در جدول ۲ بیشتر باشد.

نتایج کالیبراسیون را در ستون‌های مجاور هم در یک جدول حاوی پارامترهای زیر فهرست کنید:

- چگالی مرجع مایع فرایند؛
- خطای سیستماتیک هر سه اندازه‌گیری؛
- عدم قطعیت اندازه‌گیری؛
- مجموعه‌ی ثابت‌های دستگاهی؛
- پارامترهای فرایندی مرتبط.

۸-۲-۴ روش اجرایی کالیبراسیون درجا برای ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی

اگر یک ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی به صورت درجا کالیبره می‌شود، کالیبراسیون باید طبق بند ۸-۲-۳ انجام شود.

۸-۲-۵ روش اجرایی کالیبراسیون درجا برای واحدهای پردازش

اگر یک واحد پردازش به صورت درجا کالیبره می‌شود، کالیبراسیون باید طبق بند ۸-۱-۷ انجام شود.

۹ درستی فرایند چگالی‌سنجی

۹-۱ الزامات درستی

بیشینه خطای مجاز برای چگالی‌سنج تنظیم شده باید $\pm 1 \text{ kg/m}^3$ ؛ در گستره‌ی اندازه‌گیری مشخص شده توسط سازنده باشد. اگر مقادیر کمتری توسط سازنده تعریف شده است، این مقادیر باید مطابق با مقادیر جداول ۱ و ۲ باشد.

برای واحدهای عاملی اجزاء فرایندی چگالی‌سنج‌ها، مقادیر زیر باید در گستره‌ی اندازه‌گیری مشخص شده توسط سازنده به کار رود.

الف- ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی $\pm 0.8 \text{ kg/m}^3$ ؛

ب- واحد پردازش $0.2 \text{ kg/m}^3 \pm$.

اگر مقادیر پایین تر توسط سازنده مشخص شده باشد، این مقادیر باید با مقادیر داده شده در جدول ۲ مطابق باشد. اگر چگالی سنج‌های فرایندی کامل (به بند ۴-۲ مراجعه کنید) آزمون و یا تحویل داده می‌شوند، بیشینه خطاهای مجاز داده شده در جدول ۲ برای واحدهای عاملی به کار نمی‌روند.

جدول ۲- بیشینه خطاهای مجاز چگالی سنج‌های فرایندی و واحدهای عاملی

مقادیر بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

| واحد عملیاتی | ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی | چگالی سنج |
|--------------|------------------------------|-----------|
| ۰/۲ | ۰/۸ | ۱ |
| ۰/۱ | ۰/۴ | ۰/۵ |
| ۰/۰۵ | ۰/۱۵ | ۰/۲ |
| ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | ۰/۱ |

۹-۲ آزمون انطباق آزمایشگاهی

۹-۲-۱ چگالی سنج‌های فرایندی و ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی

چگالی سنج‌های فرایندی و ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی باید دست کم با ۳ مایع آزمون مختلف با گرانش کم، در مقادیری که به طور یکنواخت در گستره‌ی اندازه‌گیری دستگاه مورد آزمون توزیع شوند، آزمون شوند.

چگالی سنج‌های فرایندی و ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی باید با هر مایع آزمون دست کم در سه دما یعنی در بالا، پایین و میانه‌ی گستره‌ی کاری دمایی مشخص شده، آزمون شوند.

اگر چگالی سنج فرایندی یا ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی مورد آزمون، برای استفاده در فشارهای مختلف طراحی شده باشند، آزمون‌ها باید دست کم در شرایط دما و فشار زیر با هر مایع آزمون انجام شوند.

الف- در یک دما و در یک فشاری از مایع که مقادیر به طور تقریبی در میانه‌ی گستره‌ی کاری مربوطه قرار بگیرند؛

ب- در یک دما و در یک فشاری از مایع که مقادیر در انتهای گستره‌ی کاری مربوطه قرار بگیرند؛

پ- در یک دمایی از مایع که در ابتدای (پایین) گستره‌ی دمایی مشخص شده قرار بگیرد و در فشار مایع مشخص شده در بند الف؛

ت- در دمای مایع مذکور در بند الف و در یک فشار مایع واقع در انتهای پایین گستره‌ی کاری فشار مشخص شده، انجام شود.

تا آنجایی که قابل اجرا می‌باشد، دمای 20°C و فشار 101.3 kpa باید به عنوان شرایط ترجیحی برای نقطه‌ی میانه و ابتدای پایینی گستره‌های کاری دما و فشار مذکور در بالا استفاده شوند.

آزمون‌ها باید در مقدار سرعت جریان مایع آزمون واقع در میانه‌ی گستره‌ی سرعت جریان مشخص شده برای مایع آزمون انجام شوند.

در صورتی که انتظار می‌رود، سرعت جریان عبوری از داخل ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی بر روی مقادیر چگالی نمایش داده شده یا ثبت شده تاثیر گذار باشند، دست کم آزمون‌های اضافی زیر باید با یکی از سه مایع آزمون و تحت شرایط دما و فشار مشخص شده در بند الف انجام شوند.

ث- در سرعت جریان واقع در ابتدای پایینی گستره‌ی سرعت جریان مشخص شده و

ج- در سرعت جریان واقع در انتهای بالایی گستره‌ی سرعت جریان مشخص شده.

اگر انتظار می‌رود گرانیوی مایع و/ یا اثر سرعت صوت^۱ (اثر VOS) بر روی مقادیر چگالی نمایش داده شده یا ثبت شده تاثیر گذار باشند، آزمون‌ها باید با دست کم ۲ مایع آزمون دیگر با گرانیوی‌ها و اثرات VOS معلوم اما با اختلاف واضح و تحت شرایط دما و فشار مشخص شده در بند الف انجام شوند.

۹-۲-۲ واحدهای پردازش

واحدهای پردازش باید در ابتدا و انتها و همچنین در میانه‌ی گستره‌ی اندازه‌گیری چگالی مشخص شده، آزمون شوند.

اگر واحد پردازش پارامترهای بیشتری از قبیل دما، فشار و یا گرانیوی را پردازش می‌کنند، درستی پردازش باید برای دست کم دو پارامتر کاری آزمون شود.

۹-۳ آزمون‌های درمحل

نقاط کالیبراسیون برای چگالی‌سنج‌های فرآیندی و ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری چگالی توسط پارامترهای کاری فرایند (دما، فشار، سرعت جریان و مایع فرایند) داده می‌شوند و به طور کلی قابل تغییر نیستند. به همین دلیل فقط باید یک آزمون در یک پارامتر کاری انجام شود.

اگر یک پارامتر کاری بدون بروز اختلال قابل توجه در فرایند قابل تغییر باشد، آزمون باید دست کم در دو نقطه‌ی کالیبراسیون مناسب انجام شود.

۹-۴ روش اجرایی آزمون و ارزیابی انطباق

۹-۴-۱ روش اجرایی آزمون

آزمون برای انطباق با الزامات درستی باید در دو مرحله انجام شود:

الف- به وسیله کالیبراسیون چگالی‌سنج فرآیندی یا واحدهای عاملی مطابق با بند ۸-۱؛

ب- با مقایسه‌ی خطاهای سیستماتیک اندازه‌گیری، تعیین شده مطابق بند ۸-۱-۵، با بیشینه خطای مجاز مربوطه که در بند ۹-۱ مشخص شده است.

۹-۴-۲ ارزیابی انطباق

خطاهای سیستماتیک اندازه‌گیری تعیین شده در هر نقطه‌ی کالیبراسیون نباید از بیشینه خطای مجاز مشخص شده توسط تولید کننده و یا در جدول ۲ بیشتر باشد.

چنانچه عدم قطعیت اندازه‌گیری در سطح اطمینان 95% ($K=2$) تعیین شده طبق بند ۸-۱-۵، کوچکتر و یا معادل با یک سوم بیشینه خطای مشخص شده باشد، نباید به حساب آورده شود.

1- Viscosity and/or velocity of sound effect

اگر عدم قطعیت اندازه‌گیری بیش از مقدار یک سوم بیشینه خطای مجاز مشخص شده باشد، خطاهای اندازه‌گیری سیستماتیک تعیین شده، با عدم قطعیت در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) نباید در هر نقطه‌ی کالیبراسیون از بیشینه‌ی خطای مجاز مشخص شده توسط تولید کننده و یا مشخص شده در جدول ۲ بیشتر باشد.

۱۰ نصب

نصب چگالی‌سنج فرآیندی در محیط فرایند باید مطابق با دستورالعمل سازنده انجام شود. باید برای موارد زیر توجه ویژه‌ای شود.

- تنش و لرزش لوله؛

- حباب‌های گاز؛

- سرعت جریان و جهت جریان؛

- جهت ترانسدیوسر در جریان مایع؛

- پایداری دما؛

- افت فشار.

تولید کننده باید اطلاعات دقیق برای این موارد را در دستورالعمل نصب اعلام کند (به بند ۱۱ مراجعه کنید). اگر یک ترانسدیوسر دمایی جداگانه به کار می‌رود، تولید کننده باید اطلاعات مربوط به موقعیت نصب را اعلام کند. دمای اندازه‌گیری شده مایع باید نشان دهنده‌ی دمای واقعی مایع در ترانسدیوسر اندازه‌گیری چگالی باشد (به بند ۶-۲-۳ مراجعه کنید).

۱۱ کتابچه راهنما

هر چگالی‌سنج باید به همراه خود یک کتابچه‌ی حاوی اطلاعات کافی داشته باشد به طوری که کاربر بتواند دستگاه را بدون کمک دیگران به درستی تنظیم، کالیبراسیون و استفاده کند.

این کتابچه باید حاوی اطلاعات کامل و دست کم حاوی اطلاعات زیر باشد:

- حمل و نقل و الزامات نگهداری؛

- دستورالعمل‌های نصب، که حداقل بخش‌های مشخص شده در بند ۱۰ را پوشش دهد؛

- بهره‌برداری و نگهداری؛

- فواصل سرویس با توجه به کاربرهای خاص؛

- قوانین ایمنی برای استفاده چگالی‌سنج؛

- تنظیم؛

- اندازه‌گیری چگالی مایع؛

- اندازه‌گیری دمای مایع؛

- گستره‌های کاری چگالی، دما، گرانش، فشار و جریان؛

- ضرایب حسگر، برای مثال ثابت‌های کالیبراسیون و دمایی؛

- بیشینه خطاهای مجاز، تفکیک‌پذیری، تکرارپذیری (بر حسب انحراف استاندارد)؛
 - تمیز کردن و محلول‌های تمیز کننده‌ی مناسب؛
 - اجتناب از بهره‌برداری و خطاهای اندازه‌گیری؛
 - شرایط محیطی مجاز؛
 - اشاره به ارتعاشات مجاز؛
 - پیغام‌های خطا؛
- بر حسب درخواست، تولید کننده باید گواهی‌نامه در مورد مواد حسگر را ارائه کند.

۱۲ نشانه‌گذاری

- چگالی‌سنج باید به وضوح با اطلاعات زیر برچسب گذاری شود:
- الف- نام و یا نشانه‌ی تولید کننده و یا تامین کننده؛
 - ب- نوع یا مدل طراحی؛
 - پ- شماره‌ی سریال دستگاه.