



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۴۱۸

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

21418

1st.Edition

2017

Identical with
ISO 13199:2012

انتشار از منابع ساکن - تعیین کل ترکیبات
آلی فرار در گازهای پسماند حاصل از
فرایندهای غیر احتراقی - آنالیزور مادون
قرمز غیر پاشنده مجهز به مبدل تحریک
کننده

**Stationary source emissions —
Determination of total volatile organic
compounds in waste gases
from non-combustion processes —
Nondispersive infrared analyser equipped
with catalytic converter**

ICS: 13.040.40

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران-ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۱-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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.

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 منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، 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 پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته 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)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (واسنجی) و 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، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی و 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

«انتشار از منابع ساکن – تعیین کل ترکیبات آلی فرار در گازهای پسماند حاصل از فرایندهای غیر احتراقی – آنالیزور مادون قرمز غیر پاشنده مجهز به مبدل تحریک کننده»

رئیس:

سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت تولیدی صنایع شیمیایی غفاری

مرادی، هیرش

(کارشناسی ارشد شیمی گرایش پلیمر)

دبیر:

اداره کل استاندارد استان کردستان

حسن زاده، شهناز

(کارشناسی بیولوژی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اداره کل محیط زیست استان کردستان

احسنی، نبی

(دکتری محیط زیست)

مرکز تحقیقات مهندسی محیط زیست دانشگاه صنعتی سهند

احمدی، جواد

تبریز (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش محیط زیست)

شرکت آریان غرب کردستان

حق دوست، شادی

(کارشناسی ارشد شیمی)

دانشگاه علوم پزشکی تبریز

خطیبی، محمد شاکر

(دکتری مهندسی محیط زیست)

اداره کل محیط زیست استان کردستان

شریعتی، ستار

(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

سازمان هواشناسی استان تهران

شیخ الاسلامی، صائب

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

دانشگاه صنعتی سهند تبریز

ظروفچی بنیس، خالد

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش محیط زیست)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

عزیزی، خالد
(دکتری شیمی فیزیک)

عطری، آرش
(کارشناسی ارشد آموزش محیط زیست)

فیاضی، فریبا
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

یزدانی، ژیلا
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

ویراستار:

یزدانی، ژیلا
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

دانشگاه کردستان

آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان تهران

شرکت سبک لوله نوین کردستان

اداره کل استاندارد استان کردستان

اداره کل استاندارد استان کردستان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۲-۳ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۸	۴ کلیات
۸	۱-۴ روش اندازه‌گیری
۹	۲-۴ تجهیزات آنالیزور
۹	۳-۴ انجام معیار عملکردی
۱۰	۵ معیار عملکردی و تعیین مشخصات عملکردی
۱۰	۱-۵ معیار عملکردی
۱۰	۲-۵ تعیین مشخصات عملکردی و عدم قطعیت اندازه‌گیری
۱۳	۶ روش اندازه‌گیری
۱۳	۱-۶ کلیات
۱۳	۲-۶ انتخاب سامانه اندازه‌گیری
۱۳	۳-۶ نمونه‌برداری
۱۴	۴-۶ جمع‌آوری داده‌ها
۱۴	۵-۶ روش محاسبه
۱۴	۷ روش‌های تضمین کیفیت و کنترل کیفیت
۱۴	۱-۷ کلیات
۱۵	۲-۷ تناوب بررسی‌ها
۱۵	۳-۷ سامانه اندازه‌گیری خودکار برای اندازه‌گیری‌های متناوب
۱۸	۴-۷ سامانه اندازه‌گیری خودکار نصب شده دائمی
۱۹	۸ گزارش آزمون
۲۱	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) نمودارهای طرح کلی آنالیزورهای NDIR
۲۴	پیوست ب (الزامی) گازهای عملیاتی

۲۶	(الزامی) روش‌هایی برای تعیین ویژگی‌های عملکردی در طی آزمون جامع عملکردی	پیوست پ
۳۱	(آگاهی‌دهنده) مثالی از ارزیابی انطباق روش NDIR	پیوست ت
۳۶	(آگاهی‌دهنده) نتایج آزمون‌های مقایسه‌ای	پیوست ث
۴۱		کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «انتشار از منابع ساکن - تعیین کل ترکیبات آلی فرار در گازهای پسماند حاصل از فرایندهای غیر احتراقی - آنالیزور مادون قرمز غیر پاشنده مجهز به مبدل تحریک کننده» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط، بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره‌شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین‌شده، در یکصد و چهل و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین‌شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO13199: 2012, Stationary source emissions - Determination of total volatile organic compounds (TVOCs) in waste gases from non-combustion processes - Nondispersive infrared analyser equipped with catalytic converter

مقدمه

ترکیبات آلی فرار (VOCs)^۱ به ویژه تشکیل اکسندهای فتوشیمیایی و/یا ازن (O_3) و ذرات معلق در هوا^۲ (SPM) که اثرات منفی بر سلامت انسان و سامانه‌های زیستی دارند، نقش مهمی در شیمی جو (اتمسفر) ایفا می‌کنند. نواحی متعددی در جهان وجود دارند که غلظت مواد آتمسفری آن‌ها بالاتر از سطح مجاز تعیین شده در دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی^۳ (WHO) قرار می‌گیرد. بنابراین بسیار ضروری است که در بسیاری از کشورها، انتشار ترکیبات آلی فرار از منابع مختلف واقع شده در حوزه تماس انسان با طبیعت کاهش یابد. به منظور مدیریت انتشار VOC از منابع ساکن، ضروری است که برای ارزیابی کمی ترکیبات آلی فرار ساطع شده از تاسیساتی که در آن‌ها حلال‌های آلی و همچنین سایر مواد شیمیایی برای فرایندهای صنعتی مانند نقاشی، چاپ، پاکسازی و گریس‌زدایی استفاده می‌شوند، اقدام قانونی انجام گیرد.

روشی برای اندازه‌گیری مستمر و دقیق غلظت کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs)^۴ از گازهای ساطع شده از مجاری هواکش به اتمسفر وجود دارد که هم انجام و نگهداری آن ساده است و هم برای دولت‌ها و شرکت‌ها جهت کنترل و کاهش انتشار ترکیبات آلی فرار بسیار مفید است. این روش اندازه‌گیری، بر اساس استفاده از یک آنالیزور^۵ NDIR مجهز به یک مبدل تحریک کننده اکسیداسیون TVOCs به CO_2 است که نسبت به روش‌های اندازه‌گیری با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای^۶ (FID) آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای - کروماتوگرافی گازی^۷ (FID-GC) دارای مزایایی به شرح زیر است:

الف- به واسطه عدم استفاده از شعله و هیدروژن در حین عملیات دارای ایمنی بسیار بالایی است.

ب- عوامل پاسخ ترکیبات آلی فرار منحصر به فرد، متفاوت نیستند.

پ- هیچ‌گونه تداخل ناشی از حضور اکسیژن مشاهده نشد.

توجه داشته باشید که این روش برای گازهای پسماند ناشی از فرایندهای احتراقی قابل اجرا نیست.

-
- 1- Volatile organic compounds
 - 2- Suspended particulate matter
 - 3- World health and organization
 - 4- Total volatile organic compounds
 - 5- Non- dispersive infrared analyser
 - 6- Flame ionization detection
 - 7- Flame ionization detection-gas chromatography

انتشار از منابع ساکن - تعیین کل ترکیبات آلی فرار در گازهای پسماند حاصل از فرایندهای غیر احتراقی - آنالیزور مادون قرمز غیر پاشنده مجهز به مبدل تحریک کننده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین اصول کلی، معیارهای اصلی عملکردی و روش‌های تضمین کیفیت/کنترل کیفیت (QA/QC) روش اندازه‌گیری خودکار مقدار کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs) در گازهای پسماند از منابع ساکن، با استفاده از آنالیزور جذب مادون قرمز غیر پراکنده (NDIR) است که مجهز به یک مبدل تحریک کننده اکسیداسیون TVOC به CO₂ می‌باشد.

این استاندارد در موارد زیر کاربرد دارد:

الف- اندازه‌گیری انتشار ترکیبات آلی فرار حاصل از فرایندهای غیر احتراقی. این روش امکان پایش مستمر با سامانه‌های اندازه‌گیری که به طور دائم نصب شده است و همچنین اندازه‌گیری‌های متناوب از انتشار مقدار کل ترکیبات آلی فرار را فراهم می‌کند.

ب- برای فرایندهای نقاشی و چاپ در محدوده عملیاتی که در آن غلظت‌های TVOC در گازهای پسماند در محدوده ۷۰ mg/m³ تا ۶۰۰ mg/m³ باشد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ISO 9169: 2006, Air quality - Definition and determination of performance characteristics of an automatic measuring system
- 2-2 ISO 14956, Air quality – Evaluation of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty
- 2-3 ISO 20988, Air quality – Guidelines for measurement uncertainty

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۱-۳

سامانه اندازه‌گیری خودکار

automatic measuring system (AMS)

سامانه اندازه‌گیری با اثر متقابل با گاز پسماند تحت بررسی و برگشت یک سیگنال خروجی متناسب با واحد فیزیکی جز اندازه‌ده در عملیات غیر مراقبتی را ایجاد می‌کند.

[منبع: برگرفته از زیربند 2.1.2 استاندارد ISO 9169:2006]

یادآوری- در این استاندارد یک AMS سامانه‌ای است که می‌تواند به یک کانال متصل شود و به طور مداوم یا متناوب غلظت‌های جرمی TVOC که از کانال عبور می‌کند اندازه‌گیری و ثبت کند.

۲-۱-۳

آنالیزور

analyser

بخش تحلیلی سامانه اندازه‌گیری خودکار استخراجی یا سامانه اندازه‌گیری خودکار در محل است.

[منبع: زیربند 3.3 استاندارد 12039:2002 [3]^۱]

۳-۱-۳

واسنجی^۲ سامانه اندازه‌گیری خودکار

calibration of an automatic measuring system

روشی برای برقراری معادله آماری بین مقادیر گونه مورد سنجش که توسط سامانه اندازه‌گیری خودکار نشان داده می‌شود و همچنین مقادیر متناظری که با یک روش مستقل از اندازه‌گیری به طور همزمان در همان نقطه‌ی اندازه‌گیری شده به دست آمده است.

۱- اعداد داخل قلاب به شماره منبع ذکر شده در کتاب نامه اشاره دارد.

۴-۱-۳

مزاحمت

interference

تأثیر مثبت یا منفی بر پاسخ سامانه اندازه‌گیری است زیرا ترکیب موجود در نمونه جزء گونه مورد سنجش نیست.

۵-۱-۳

ماده مزاحم

interferent

interfering substance

ماده موجود در توده هوای تحت بررسی، به غیر از گونه مورد سنجش، که پاسخ را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

[منبع: زیربند 2.1.12 استاندارد ISO 9169:2006]

۶-۱-۳

عدم تناسب

lack of fit

انحرافی سیستماتیک (در محدوده عملکردی سامانه) بین نتیجه اندازه‌گیری شده توسط سامانه اندازه‌گیری برای یک ماده و مقدار پذیرفته شده برای آن در ماده مرجعی می‌باشد که به سامانه اندازه‌گیری تزریق می‌شود.

[منبع: زیربند 2.2.9 استاندارد ISO 9169:2006]

۷-۱-۳

غلظت جرمی

mass concentration

غلظتی از یک ماده گاز پسماند است که به صورت جرم بر حجم بیان می‌شود

[منبع: برگرفته از زیربند 3.10 استاندارد ISO 12039:2001 [3]]

یادآوری ۲- غلظت جرمی اغلب به صورت میلی‌گرم بر مترمکعب (mg/m^3) بیان می‌شود.

۸-۱-۳

گونه مورد سنجش

measurand

کمیت خاصی که اندازه‌گیری می‌شود.

[منبع: زیربند B.2.9 استاندارد ISO/IEC Guide 98-3:2008 [4]]

مثال:

غلظت جرمی کل ترکیبات آلی فرار در گاز پسماند (mg/m^3).

۹-۱-۳

مشخصه عملکردی

performance characteristic

یکی از کمیت‌های تعیین شده دستگاه برای تعریف عملکرد آن دستگاه است.

۱۰-۱-۳

دوره عملیات خودکار

period of unattended operation

بیشترین بازه زمانی که در آن ویژگی‌های عملکردی بدون خدمات خارجی (مانند تعویض و یا تنظیم)، مطابق با دامنه‌ی از پیش تعریف شده خواهد بود.

[منبع: زیربند 2.2.11 استاندارد ISO9169:2006]

یادآوری- دوره عملیات خودکار اغلب تحت عنوان فاصله زمانی تعمیر و نگهداری نامیده می‌شود.

۱۱-۱-۳

فاصله ماند

residence time

مدت زمانی که نمونه گازی از ورودی پراب^۱ به ورودی سل^۲ اندازه‌گیری منتقل می‌شود.

1- Probe

2- Cell

۱۲-۱-۳

زمان پاسخ

response time

فاصله زمانی بین لحظه‌ای که در آن محرک تحت یک تغییر ناگهانی معین است و لحظه‌ای که در آن پاسخ به مقدار مشخصی که در محدوده نهایی و ثابت برای آن است، رسیده و در آن مقدار ثابت می‌ماند را زمان پاسخ می‌نامند. این زمان به عنوان مجموع زمان تأخیر و زمان افزایش در حالت خیز و مجموع زمان تأخیر و زمان سقوط در حالت افت تعیین شده است.

[منبع: زیربند 2.2.4 استاندارد ISO 9169:2006]

۱۳-۱-۳

گاز گستره

span gas

گاز یا مخلوط گاز که برای تنظیم و بررسی نقطه خاصی بر روی منحنی واسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[منبع: برگرفته از زیربند 3.4.1 استاندارد ISO 12039:2001 [3]]

مثال:

معمولاً از مخلوط پروپان و هوا استفاده می‌شود.

۱۴-۱-۳

نقطه گستره

span point

مقدار کمیت خروجی (سیگنال اندازه‌گیری شده) توسط سامانه اندازه‌گیری خودکار به منظور واسنجی، تنظیم و غیره است که مقدار صحیح اندازه‌گیری شده برای ماده مرجع را نشان می‌دهد.

۱۵-۱-۳

عدم قطعیت استاندارد

standard uncertainty

عدم قطعیت نتیجه اندازه‌گیری است که به عنوان انحراف معیار بیان می‌شود.

[منبع: زیربند 2.3.1 استاندارد ISO/IEC Guide 98-3:2008 [4]]

یادآوری - عدم قطعیت نتیجه اندازه‌گیری، تخمینی از انحراف معیار تعداد کل نتایج ممکن اندازه‌گیری است که می‌تواند با میانگین همان روش اندازه‌گیری برای مقدار منحصر به فرد اندازه‌ده اظهار شده به دست آید.

۱۶-۱-۳

کل ترکیبات آلی فرار

total volatile organic compounds

TVOCs

طبق قرارداد ترکیبات آلی فرار ترکیباتی هستند که در دما و فشار هوای پیرامون دارای فشاری جزئی و پایین‌تر از فشار بخار اشباع شده آن‌ها می‌باشند.

یادآوری - مقادیر TVOCs اندازه‌گیری شده (غلظت جرمی یا غلظت حجمی) معمولاً به کربن نسبت داده می‌شود.

۱۷-۱-۳

عدم قطعیت (در اندازه‌گیری)

uncertainty (of measurement)

پارامتری مربوط به نتیجه اندازه‌گیری که پراکندگی مقادیری را مشخص کند که بتوان به طور منطقی به گونه مورد سنجش نسبت داد.

[منبع: زیربند 2.2.3 استاندارد ISO/IEC Guide 98-3:2008 [4]]

۱۸-۱-۳

zero gas

گاز نقطه صفر

گاز یا مخلوط گازی مورد استفاده برای تعیین نقطه صفر بر روی منحنی واسنجی در محدوده غلظت مشخص است.

[منبع: زیربند 3.4.2 استاندارد ISO 12039:2001 [3]]

۱۹-۱-۳

نقطه صفر

zero point

مقدار تعیین شده از کمیت خروجی (نشانه اندازه‌گیری شده) سامانه اندازه‌گیری خودکار است که بدون ترکیب اندازه‌گیری شده، نقطه تلاقی صفر در خط واسنجی را نشان می‌دهد.

نمادها و کوتاه نوشتها	۲-۳
غلظت جرمی کل ترکیبات آلی فرار	γ
میانگین بالای غلظت جرمی کل ترکیبات آلی فرار اندازه گیری شده	$\bar{\gamma}$
کسر حجمی کل ترکیبات آلی فرار (برابر است با ۱۰۶)	φ
باقیمانده (عدم تناسب) در سطح i	e_i
ضریب پوشش	k
جرم مولکولی کربن (برابر است با ۱۲ g/mol)	M_C
تعداد اندازه گیریها	n
انحراف معیار در سطح i	S_j
انحراف معیار تکرار پذیری	$S_{r,j}$
انحراف معیار تکثیر پذیری	$S_{R,j}$
عدم قطعیت استاندارد غلظت جرمی کل ترکیبات آلی فرار	u
عدم قطعیت مرکب غلظت جرمی کل ترکیبات آلی فرار	$u(\gamma_{TOVC})$
عدم قطعیت بسط یافته غلظت جرمی کل ترکیبات آلی فرار	$U(\gamma_{TOVC})$
حجم مولی (۲۲/۴ mol/l)	V_m
ضریب پراکندگی تکرار پذیری	CV,r
ضریب پراکندگی تکثیر پذیری	CV,R
ضریب پراکندگی عدم قطعیت استاندارد	CV,u
میانگین مقدار اندازه گیری شده در سطح x_i	\bar{x}
امین مقدار اندازه گیری	x_i
میانگین مقدار اندازه گیری شده در سطح i	\bar{x}_i
مقدار تخمینی خط رگرسیون در سطح i	\hat{x}_i
سامانه اندازه گیری خودکار	AMS
جذب مادون قرمز غیر پاشنده	NDIR

QA	تضمین کیفیت
QC	کنترل کیفیت

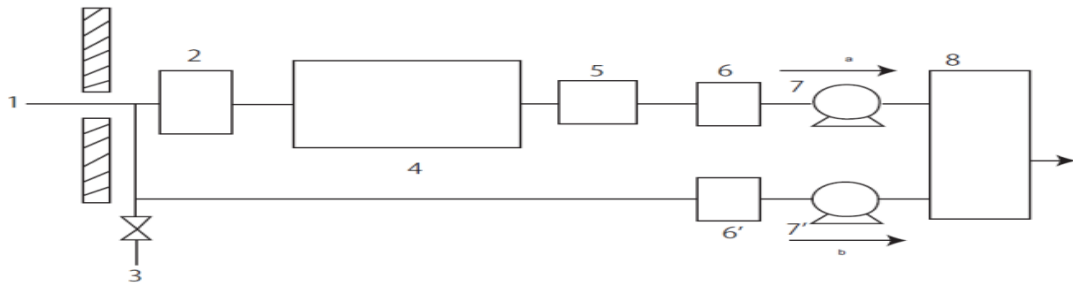
۴ کلیات

۱-۴ روش اندازه‌گیری

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، سامانه اندازه‌گیری شامل یک سامانه تهویه نمونه و آنالیزور جذب مادون قرمز غیر پاشنده برای اندازه‌گیری CO₂ است که به یک مبدل برای اکسیداسیون کل ترکیبات آلی فرار به CO₂ مجهز شده است.

بخشی از نمونه گازی (گاز A) پس از عبور از مبدل (و سامانه حذف رطوبت) به آنالیزور NDIR می‌رسد در حالی که بخش دیگر نمونه گازی (گاز B) از طریق سامانه حذف رطوبت عبور کرده و به آنالیزور NDIR می‌رسد. اختلاف غلظت CO₂ بین گاز A و B برابر با غلظت گاز CO₂ است که از TVOCs می‌آید.

مبدل از یک کاتالیست اکسیداسیون مانند فلز پلاتین تشکیل شده است که برای اکسیداسیون کامل TVOCs به CO₂ تا حدود ۴۵۰°C حرارت داده می‌شود. برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی آنالیزور NDIR توسط هالوژن‌هایی همچون کلر و/یا کلراید که به هنگام اکسیدشدن ترکیبات آلی هالوژنه تولید می‌شوند، یک دستگاه تصفیه گاز^۱ هالوژنی حاوی ماده‌ی جاذب پس از مبدل قرار داده می‌شود. شکل ۱ نمونه‌ای از سامانه اندازه‌گیری شامل یک آنالیزور NDIR همراه با مبدل می‌باشد.



راهنما:

1	پراب نمونه‌گیری، حرارت داده شده (در صورت لزوم)	5	دستگاه تصفیه گاز هالوژنی
2	فیلتر ذره (حرارت داده شده در صورت لزوم)	6, 6'	سامانه حذف رطوبت
3	ورودی گاز صفر و گستره	7, 7'	پمپ
4	مبدل	8	آنالیزور NDIR
a	گاز A	b	گاز B

شکل ۱- نمودار سامانه اندازه‌گیری (مثال)

نمونه برداری فرآیندی است که در آن بخش کوچکی از ترکیب اصلی جریان گاز، که بیانگر مناسبی از ترکیبات گاز اصلی می‌باشد، از مقدار زیادی گاز پسماند استخراج شود.

یک جریان جزئی از گاز پسماند به طور مستقیم از طریق پروب نمونه برداری وارد آنالیزور NDIR می‌شود که شامل مبدل کاتالیستی، فیلتر ذره و خط نمونه برداری است. وسیله نمونه برداری دارای فیلتری برای حذف ذرات ریزی است که می‌تواند آنالیزور NDIR را تحت تأثیر قرار دهد و در صورت لزوم به منظور جلوگیری از چگالش نمونه گازی، حرارت داده می‌شود.

وسایل نمونه برداری باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

الف- از ماده‌ای ساخته شود که از لحاظ شیمیایی و فیزیکی نسبت به اجزای گاز پسماند تحت آنالیز بی‌اثر باشد.

یادآوری- فولاد ضد زنگ، پلی تترافلورو اتیلن یا پلی پروپیلن فلوئورید مواد ساختاری آزمایش شده مناسبی هستند.

ب- طوری طراحی شده باشند که زمان ماند نمونه کمتر از ۶۰ ثانیه باشد. برای خطوط نمونه برداری بلند و یا خطوط با مقاوت جریان بالا توصیه می‌شود که از پمپ خارجی دارای جریان برگشتی استفاده شود.

پ- برای به تله انداختن تمام ذراتی که در عملیات دستگاه اختلال ایجاد می‌کنند، دارای یک دستگاه فیلترینگ در جریان بالای خط نمونه‌گیری باشند.

ت- دارای یک ورودی برای اعمال گازهای صفر و گستره در نزدیکی نازل ورودی پرآب نمونه برداری

۲-۴ تجهیزات آنالیزور

به عنوان یک اصل اندازه‌گیری در آنالیزورهای گازی از جذب اشعه‌ی مادون قرمز (IR) توسط جزء گونه مورد سنجش در محدوده طول موج مشخصه، استفاده می‌شود. آنالیزورها بر اساس روش غیر پراکندگی اشعه مادون قرمز (NDIR) عمل می‌کنند در حالی که گزینه پذیرنده اندازه‌گیری با استفاده از آشکارساز تابشی به دست می‌آید، که با اجزایی که اندازه‌گیری می‌شوند، پر می‌شود. طرح کلی نمودار یک آنالیزور معمولی NDIR برای اندازه‌گیری غلظت جرمی TVOC در شکل‌های الف-۱، الف-۲ و الف-۳ داده شده است.

۳-۴ انجام معیار عملکردی

۱-۳-۴ کلیات سامانه اندازه‌گیری خودکار (AMS) بر اساس روش NDIR باید با معیار عملکردی تعیین شده در جدول ۱ منطبق باشد. معیارهای عملکردی مطابق با زیربندهای ۲-۳-۴ تا ۴-۳-۴ تعیین می‌شوند.

۲-۳-۴ آزمون عملکردی کلی تولیدکننده سامانه اندازه‌گیری باید در آزمون عملکردی کلی اثبات کند که معیارهای عملکردی مربوطه در جدول ۱ با توجه به نوع دستگاه انجام شده است. روش اجرای این آزمون عملکردی کلی باید با استانداردهای مربوطه مطابقت داشته باشد

۳-۳-۴ تضمین کیفیت (QA) و کنترل کیفیت (QC) مداوم در آزمایشگاه کاربر AMS باید در طی آزمون‌های آزمایشگاهی منظم در برنامه‌ی مداوم QC نشان دهد که معیار عملکردی مربوطه که در جدول ۱ فهرست شده، برای یک AMS خاص انجام شده است.

۴-۳-۴ تضمین کیفیت در طول عملیات در زمینه کاری کاربر AMS باید بررسی کند که در طول عملیات میدانی معیارهای فهرست شده در جدول ۱ انجام شده باشد.

۵ معیار عملکردی و تعیین مشخصات عملکردی

۱-۵ معیار عملکردی

در جدول ۱ مروری اجمالی از مشخصات عملکردی مربوطه و معیارهای عملکردی از آنالیزور و سامانه اندازه‌گیری برای ارزیابی در سه سطح در طول یک آزمون عملکردی جامع با استفاده از معیارهای QA/QC در حال اجرا در آزمایشگاه و در طی عملیات میدانی ارائه شده است. ستون سمت راست، مقادیر موجود در محاسبه‌ی عدم قطعیت بسط یافته را نشان می‌دهد.

۲-۵ تعیین مشخصات عملکردی و عدم قطعیت اندازه‌گیری

۱-۲-۵ آزمون عملکردی

مشخصات عملکردی AMS باید در طی آزمون عملکردی جامع مطابق با استانداردهای اجرایی بین‌المللی یا ملی تعیین شود.

مقادیر مشخصات عملکردی تعیین شده باید با معیارهای عملکردی مشخص شده در جدول ۱ هماهنگ باشد. روش کار برای تعیین این مشخصات عملکردی در پیوست پ شرح داده شده است.

شرایط محیطی اعمال شده در طول آزمون عملکردی جامع باید مستند شود.

عدم قطعیت بسط یافته از مقادیر اندازه‌گیری‌شده‌ی AMS باید مطابق با استاندارد ISO 14956 بر اساس مشخصات عملکردی تعیین شده در طول آزمون جامع عملکردی باشد و باید عدم قطعیت مشخص شده برای اهداف اندازه‌گیری را تأمین نماید.

۲-۲-۵ کنترل کیفیت مداوم

کاربر باید مشخصات عملکردی خاص در طی عملیات مداوم سامانه اندازه‌گیری با دوره تناوب مشخص شده در جدول شماره ۲ را بررسی نماید.

عدم قطعیت اندازه‌گیری در طول برنامه‌ی کاربردی میدانی باید مطابق با استانداردهای قابل اجرای بین‌المللی یا ملی توسط کاربر سامانه اندازه‌گیری تعیین شود. همانطور که در استاندارد ISO 20988 مشخص شده این کار را می‌توان با یک رویکرد مستقیم یا غیرمستقیم برای برآورد عدم قطعیت، تعیین نمود.

عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده تحت عملیات میدانی نه تنها تحت تأثیر مشخصات عملکردی خود آنالیزور قرار می‌گیرد، بلکه از عدم قطعیت ناشی از موارد زیر هم تأثیر می‌پذیرد:

الف- خط نمونه‌برداری و سامانه تهویه؛

ب- شرایط خاص مکانی؛

پ- گازهای واسنجی استفاده شده.

جدول ۱- معیارهای عملکردی مربوط به آنالیزور و سامانه اندازه‌گیری برای ارزیابی در حین آزمون عملکردی جامع به وسیله‌ی معیارهای QA/QC مداوم (آزمایشگاهی) و عملیات میدانی.

مدت ارزیابی عدم قطعیت	عملیات میدانی	QA/QC (آزمایشگاهی)	آزمون عملکردی جامع	معیارهای عملکردی	مشخصات عملکردی
-	✓	✓	✓	$\leq 120 S$	زمان پاسخ
✓	-	✓ ^a	✓	۱٪ از حد بالایی پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف معیار تکرارپذیری در آزمایشگاه در نقطه صفر
✓	-	✓ ^a	✓	۲٪ از حد بالایی پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف معیار تکرارپذیری در آزمایشگاه در نقطه گستره (span)
✓	-	✓	✓	۲٪ از حد بالایی از پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	عدم تناسب
✓	✓	-	✓	۲٪ از حد بالایی پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف صفر در ۲۴ ساعت
✓	✓	-	✓	۲٪ از حد بالایی پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف گستره در ۲۴ ساعت
✓	-	-	✓	۲٪ از حد بالایی پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	تأثیر فشار جو برای یک تغییر ۲ kPa ^b از فشار
✓	-	-	✓	۲٪ از حد بالایی پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده	تأثیر دمای جو برای یک تغییر ۱۰ کلونی
✓	-	-	✓	۲٪ از حد بالایی از محدوده در هر ۱۰ ولت	تأثیر ولتاژ الکتریکی برای تغییر در هر ۱۰ ولت
✓	-	✓	✓	۴٪ از حد بالایی از محدوده استفاده شده	تأثیر CO ₂ و سایر اجزای اختلالی ^c
✓	-	✓	✓	$\geq 95 \%$	بازدهی مبدل، آزمایش شده با CH ₄
-	✓	-	-	۲٪ از حد بالایی از مقادیر اندازه‌گیری شده	تلفات ^۱ و نشت در خط نمونه‌برداری و سامانه تهویه
توصیه می‌شود حد بالای پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده به شکل مناسبی برای کاربرد مربوطه تنظیم شود تا مقادیر اندازه‌گیری شده در ۲۰٪ تا ۸۰٪ از محدوده‌ی آنالیزور واقع گردد.					
^a هر گاز صفر و بازه حاوی ۱۰۰۰ mg/m ³ CO ₂ باید برای آزمون QA/QC در آزمایشگاه استفاده شود.					
^b فشار تست شده در بخش توصیه‌های تولیدکننده تعریف شده است.					
^c به بند پ-۵ مراجعه شود.					

۵-۲-۳ استقرار بودجه‌ی عدم قطعیت

برای اینکه مشخص شود که آیا آنالیزور و سامانه نمونه‌برداری مرتبط با آن، الزامات مورد نیاز برای عدم قطعیت بسط یافته حداکثری مجاز را برآورده می‌کند، یک بودجه‌ی عدم قطعیت باید ایجاد شود. بودجه‌ی عدم قطعیت باید مطابق با روش اجرایی مشخص شده در استاندارد ISO 14956 یا استاندارد ISO 20988 تنظیم شود و تمامی مشخصات مربوطه شامل محاسبه عدم قطعیت بسط یافته موجود در جدول ۱ را در نظر بگیرد. مثالی از ارزیابی یک بودجه‌ی عدم قطعیت در پیوست ت ارائه شده است.

۶ روش اندازه‌گیری

۱-۶ کلیات

AMS باید مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده راه‌اندازی شود. روش‌های QA/QC مشخص شده در بند ۷ باید دقیقاً رعایت گردد. توصیه می‌شود در طی اندازه‌گیری، شرایط محیطی در محدوده‌ای که در حین آزمون عملکردی جامع انجام می‌شود، اعمال شود.

۲-۶ انتخاب سامانه اندازه‌گیری

توصیه می‌شود برای انتخاب یک آنالیزور مناسب، خط نمونه‌برداری و واحد تهویه، قبل از عملیات میدانی مشخصات گازهای پسماند به شرح زیر شناسایی شود:

الف- دمای گاز پسماند؛

ب- مقدار بخار آب گاز پسماند؛

پ- حجم گرد و خاک گازهای پسماند؛

ت- گستره غلظت مورد انتظار از TVOCs؛

ث- غلظت مورد انتظار از پتانسیل بالای مواد مزاحم.

توصیه می‌شود برای جلوگیری از اثرات حافظه دستگاه و زمان‌های پاسخ، خط نمونه‌برداری تا حد ممکن کوتاه شود. توصیه می‌شود در صورت لزوم از یک پمپ فرعی (کنارگذر) استفاده شود. اگر حجم بالایی از گرد و خاک در نمونه گازی وجود داشته باشد، باید از یک فیلتر حرارت داده شده مناسب استفاده شود.

۳-۶ نمونه‌برداری

۱-۳-۶ موقعیت نمونه‌برداری

موقعیت نمونه‌برداری برای قطعات اندازه‌گیری و نمونه‌برداری انتخاب شده‌اند و نمونه‌برداری باید در اندازه‌های کافی باشد و ساختار آن به منظور دستیابی به اندازه‌گیری انتشار معرف برای امر اندازه‌گیری

مناسب باشد. بعلاوه موقعیت نمونه برداری باید با در نظر گرفتن ایمنی پرسنل، امکان دسترسی و موجود بودن پریز برق در آن نقطه انتخاب شود.

۲-۳-۶ نقطه(های) نمونه برداری

مطمئن شوید که غلظت‌های گازی گونه مورد سنجش بیانگر میانگین شرایط داخلی مجرای گاز پسماند باشد. بنابراین، نقاط نمونه برداری باید برای پذیرفتن نمونه برداری معرف انتخاب شود.

یادآوری- انتخاب نقاط نمونه برداری برای نمونه برداری معرف در [2] و [6] تشریح شده است.

۴-۶ جمع آوری داده‌ها

مقادیر گونه مورد سنجش با آنالیزور NDIR کالیبره شده تحت شرایط عملیاتی گاز پسماند باید با یک سامانه ثبت داده‌های داخلی یا خارجی ثبت شده و مطابق با امر اندازه‌گیری، میانگین گرفته شود.

۵-۶ روش محاسبه

غلظت جرمی TVOC در شرایط استاندارد، خارج قسمت جرم TVOCs بر حجم گاز خشک تحت شرایط دما و فشار مرجع (۲۳۷ K و ۱۰۱۳ hPa) است که معمولاً بر حسب میلی‌گرم بر مترمکعب (mg/m^3) بیان می‌شود که برای کربن محاسبه شده است. نتایج اندازه‌گیری باید بر حسب غلظت‌های جرمی در شرایط مرجع بخار آب (گاز خشک) بیان شود.

اگر غلظت TVOC به صورت غلظت حجمی ارائه شود، معادله‌ی (۱) باید برای محاسبه‌ی غلظت جرمی در شرایط دما و فشار استاندارد (۲۳۷ K و ۱۰۱۳ hPa) استفاده شود:

$$\gamma = \varphi \frac{M_c}{V_m} \quad (1)$$

که در آن:

φ کسر حجمی TVOC (برابر است با 10^{-6});

M_c جرم مولی کربن (برابر است با ۱۲ g/mol);

V_m حجم مولی (برابر است با ۲۲٫۴ g/mol).

۷ روش‌های تضمین کیفیت و کنترل کیفیت

۱-۷ کلیات

کنترل کیفیت/تضمین کیفیت (QA/QC) جهت اطمینان از اینکه عدم قطعیت مقادیر TVOC اندازه‌گیری شده در محدوده‌ی مشخص شده برای کار اندازه‌گیری حفظ می‌شود، مهم هستند.

دو کاربرد مختلف از سامانه اندازه‌گیری اتوماتیک باید متمایز شوند:

- AMS برای اندازه‌گیری‌های متناوب؛
- AMS نصب شده به صورت دائمی برای پایش مداوم.

۲-۷ تناوب بررسی ها

جدول ۲ حداقل الزامات برای تناوب دفعات بررسی را نشان می‌دهد. کاربر باید استانداردهای مربوطه برای تعیین مشخصات عملکردی یا روش‌های تشریح شده در پیوست پ را اجرا نماید.

کاربر باید با اجرای یک روش، تضمین کند که گازهای صفر و بازه استفاده شده با الزامات عدم قطعیت تشریح شده در پیوست ب مطابقت دارد. به عنوان مثال با مقایسه‌ی یک گاز مرجع با کیفیت بالاتر.

۳-۷ سامانه اندازه‌گیری خودکار برای اندازه‌گیری‌های متناوب

۱-۳-۷ کلیات

سامانه اندازه‌گیری خودکار برای اندازه‌گیری‌های متناوب باید تنظیم شود و مطابق با زیربند ۲-۳-۷ در دفعات تناوب مشخص شده در جدول ۲ بررسی شوند.

نتایج روش‌های QA/QC باید مستند شوند.

۲-۳-۷ تنظیمات و آزمون‌های عملکردی

۱-۲-۳-۷ تنظیم دستگاه

تنظیمات دستگاه با گازهای صفر و گستره باید حداقل در آغاز هر سری اندازه‌گیری انجام شود. باید از روش‌های ایمنی مناسب پیروی شود.

گاز صفر و گستره باید تحت جریان یکسان وارد سامانه شده و زمانی که از درگاه‌های صفر و گستره تک استفاده می‌شود، باید شرایط فشاری با استفاده از درگاه نمونه از ابزار یا مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده تعیین شود. روش تنظیم باید به ترتیب زیر انجام گیرد:

الف- گاز صفر را در آنالیزور NDIR تغذیه کرده و صفر را تنظیم نمایید؛

ب- گاز بازه را تغذیه کرده و ابزار را بر این اساس تنظیم نمایید؛

پ- یکبار دیگر گاز صفر را به آنالیزور NDIR تغذیه کرده و قرائت مربوط به صفر را بررسی نمایید.

اگر قرائت خوانده شده به صفر مربوط نباشد، مراحل الف تا پ باید تکرار شوند.

جدول ۲- حداقل تناوب بررسی برای QA/QC در طی عملیات

حداقل تکرار		بررسی
AMS به طور دائم نصب شده	AMS برای اندازه‌گیری‌های متناوب	
سالی یک بار	سالی یک بار	زمان پاسخ
سالی یک بار	سالی یک بار	انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی صفر
سالی یک بار	سالی یک بار	انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی بازه
سالی یک بار و پس از تعمیر AMS	سالی یک بار و پس از تعمیر AMS	عدم تناسب
در فواصل زمانی منظم و مشخص شده. برای مثال مطابق قانون یا استانداردهای قابل اجرا با مقایسه‌ی یک روش مستقل اندازه‌گیری	-	واسنجی
سالی یک بار	سالی یک بار	بررسی تاثیر CO ₂
سالی یک بار	یک بار به ازای هر سری اندازه‌گیری	بررسی مبدل
سالی یک بار	یک بار به ازای هر سری اندازه‌گیری	بررسی سامانه نمونه‌برداری و نشت
یک بار در دوره‌ی عملیات بدون مراقبت	در صورت لزوم یک بار به ازای هر سری اندازه‌گیری	تمیزکردن یا تغییر فیلترهای ذرات ^a در ورودی نمونه‌برداری و در ورودی مونیتور
یک بار در دوره‌ی عملیات بدون مراقبت	هر ۳ ساعت و در پایان دوره‌ی اندازه‌گیری	انحراف صفر
یک بار در دوره‌ی عملیات بدون مراقبت	هر ۳ ساعت و در پایان دوره‌ی اندازه‌گیری	انحراف بازه
یک بار در دوره‌ی عملیات بدون مراقبت	همانطور که توسط تولیدکننده خواسته شده	نگهداری و تعمیر منظم آنالیزور

^a فیلتر ذرات باید بسته به حجم گردو غبار در مکان نمونه‌برداری به صورت تناوبی تغییر کند. در طی این تغییر فیلتر، غلاف فیلتر باید تمیز شود.

۷-۳-۲- زمان پاسخ

زمان پاسخ AMS باید مطابق با بند پ-۲ حداقل سالی یک‌بار بررسی شود.

۷-۳-۳- تکرار پذیری انحراف معیار در نقطه‌ی صفر

تکرار پذیری انحراف معیار در نقطه‌ی صفر باید مطابق با زیر بند پ-۳-۲ حداقل سالی یک‌بار بررسی شود.

۷-۳-۴- تکرارپذیری انحراف معیار در نقطه‌ی بازه

تکرارپذیری انحراف معیار در نقطه‌ی بازه باید مطابق با زیر بند پ-۳-۳ حداقل سالی یک‌بار بررسی شود.

۷-۳-۵- بررسی عدم تناسب (بررسی خطی)

خطی بودن پاسخ AMS باید مطابق با بند پ-۴ حداقل سالی یک‌بار بررسی شود.

۷-۳-۲-۶ بررسی تاثیر CO₂

تأثیر CO₂ باید مطابق با بند پ-۵ حداقل سالی یکبار بررسی شود.

۷-۳-۲-۷ بررسی بازدهی مبدل

بازدهی مبدل باید مطابق با بند پ-۶ حداقل یکبار برای هر سری اندازه‌گیری بررسی شود.

۷-۳-۲-۸ بررسی سامانه نمونه برداری و نشت

سامانه نمونه برداری AMS باید مطابق با بند پ-۷ حداقل یکبار برای هر سری اندازه‌گیری بررسی شود.

۷-۳-۲-۹ تمیز کردن یا تغییر فیلترهای ذرات

فیلتر ذرات باید حداقل یکبار برای هر سری اندازه‌گیری بررسی و در صورت لزوم تغییر یابد. در طی تغییر فیلتر، غلاف آن باید تمیز شود.

۷-۳-۲-۱۰ انحراف صفر و بازه

انحراف صفر و بازه باید مطابق با بند پ-۸ حداقل هر ۳ ساعت و در انتهای دوره‌ی اندازه‌گیری بررسی شود.

۷-۳-۲-۱۱ تعمیر و نگهداری منظم آنالیزور

تعمیر و نگهداری منظم آنالیزور باید به صورتی که توسط تولیدکننده خواسته شده، اجرا شود.

۷-۳-۲-۱۲ عدم قطعیت اندازه‌گیری

عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری به دست آمده از AMS برای پایش تناوبی باید مطابق با اصول موجود در استاندارد ISO 20988 تعیین شود. عدم قطعیت اندازه‌گیری باید نشانگر کاربرد مورد نظر از AMS باشد. باید تمامی منابع مربوط به عدم قطعیت را در نظر گرفت.

یادآوری- عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده با AMS برای پایش تناوبی را می‌توان با یک رویکرد مستقیم یا غیرمستقیم که در استاندارد ISO 20988 تشریح شده، تعیین نمود. رویکرد مستقیم می‌تواند بر اساس مقایسه‌ی اندازه‌گیری‌ها با یک روش مستقل از اندازه‌گیری تحت شرایط عملیاتی مورد نظر از AMS باشد. استاندارد ISO 20988 روش‌هایی را برای ارزیابی این اندازه‌گیری‌های تطبیقی تشریح می‌کند. یک توصیف دقیق از رویکرد غیرمستقیم در استاندارد ISO 14956 ارائه شده است.

عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده باید با معیار عدم قطعیت مشخص شده برای هدف اندازه‌گیری مطابق باشد.

۴-۷ سامانه اندازه‌گیری خودکار نصب شده دائمی

۱-۴-۷ کلیات

AMS نصب شده دائمی برای پایش مداوم، باید با معیارهای عملکردی مشخص شده در جدول ۱ منطبق باشد. روش‌های کلی QA/QC برای AMS نصب شده دائمی که در استانداردهای مربوطه مشخص شده، باید رعایت شود. نتایج روش‌های QA/QC باید مستند باشد.

۲-۴-۷ تنظیمات و آزمون‌های عملکردی

۱-۲-۴-۷ تنظیم دستگاه

AMS نصب شده دائمی باید مطابق با زیربند ۱-۲-۳-۷ حداقل در دوره‌ی عملیات مراقبت نشده تنظیم شود.

۲-۲-۴-۷ زمان پاسخ

زمان پاسخ AMS باید مطابق با بند پ-۲ حداقل یک‌بار در سال بررسی شود.

۳-۲-۴-۷ تکرارپذیری انحراف معیار در نقطه‌ی صفر

تکرارپذیری انحراف معیار در نقطه‌ی صفر باید مطابق با زیربند پ-۳-۲ حداقل سالی یک‌بار بررسی شود.

۴-۲-۴-۷ تکرارپذیری انحراف معیار در نقطه‌ی بازه

تکرارپذیری انحراف معیار در نقطه‌ی بازه باید مطابق با زیربند پ-۳-۳ حداقل سالی یک‌بار بررسی شود.

۵-۲-۴-۷ بررسی عدم تناسب (بررسی خطی)

خطی بودن پاسخ AMS باید مطابق با بند پ-۴ حداقل یک‌بار در سال بررسی شود.

۶-۲-۴-۷ بررسی تأثیر CO₂

تأثیر CO₂ باید مطابق با بند پ-۵ حداقل یک‌بار در سال بررسی شود.

۷-۲-۴-۷ بررسی بازدهی مبدل

بازدهی مبدل باید مطابق با بند پ-۶ حداقل یک‌بار در سال بررسی شود.

۸-۲-۴-۷ بررسی سامانه نمونه‌برداری و نشت

سامانه نمونه‌برداری AMS باید مطابق با بند پ-۷ حداقل یک‌بار در سال بررسی شود.

۹-۲-۴-۷ انحراف صفر و بازه

انحراف صفر و بازه باید مطابق با بند پ-۸ حداقل در دوره‌ی عملیات بدون مراقبت بررسی شود. این بررسی دستی برای AMS با بررسی‌های اتوماتیک داخلی صفر و بازه نیز لازم است.

۷-۴-۱۰ تعمیر و نگهداری آنالیزور

تعمیر و نگهداری آنالیزور باید یک مرتبه در دوره‌ی عملیات بدون مراقبت مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده و به صورت مستند انجام گیرد.

۷-۴-۳ واسنجی، اعتبارسنجی و عدم قطعیت اندازه‌گیری

AMS نصب شده دائمی باید، برای پایش مداوم با مقایسه با یک روش مستقل از اندازه‌گیری، کالیبره و اعتبارسنجی شود. اعتبارسنجی باید شامل تعیین عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده‌ای باشد که با AMS واسنجی شده به دست آمده است.

یادآوری- روش آشکارسازی یونیزاسیون شعله‌ای مداوم برای تعیین غلظت جرمی TVOC در گازهای پسماند مشخص شده در [5] را می‌توان به عنوان یک روش مستقل از اندازه‌گیری به کار برد.

قبل از هر واسنجی و اعتبارسنجی، AMS باید مطابق با زیربند ۷-۴-۲ تنظیم شده و آزمون‌های عملکردی آن انجام شود.

واسنجی و اعتبارسنجی AMS باید در فواصل منظم و پس از تعمیر آنالیزور مطابق با استانداردهای مربوطه اجرا شود.

عدم قطعیت به دست آمده با مقادیر اندازه‌گیری شده با AMS نصب شده دائمی برای پایش مداوم، باید توسط اندازه‌گیری‌های تطبیقی با یک روش مستقل از اندازه‌گیری به عنوان بخشی از واسنجی و اعتبارسنجی AMS تعیین شود. این روش تضمین می‌کند که عدم قطعیت اندازه‌گیری نشانگر کاربرد AMS در آن محیط خاص است.

اندازه‌گیری نشانگر کاربرد در دستگاه خاص است.

یادآوری- تعیین عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی به دست آمده از AMS نصب شده دائمی برای پایش مداوم بر اساس یک مقایسه با روش‌های مستقل از اندازه‌گیری تشریح شده است. به عنوان مثال در استاندارد ISO 20988

عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده باید با معیارهای عدم قطعیت مشخص شده برای هدف اندازه‌گیری مطابقت داشته باشد.

۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید مطابق با مقررات بین‌المللی یا ملی باشد و در صورتی که مقررات بین‌المللی یا ملی مشخص نشده باشد، باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد ملی؛

ب- توصیفی از هدف اندازه‌گیری؛

- پ- اصول نمونه برداری گاز؛
- ت- اطلاعاتی درباره‌ی آنالیزور و تشریح خط نمونه برداری و تهویه؛
- ث- شناسایی آنالیزور استفاده شده و مشخصات عملکردی آنالیزور به صورتی که در جدول ۱ فهرست شده؛
- ج- محدوده‌ی عملیاتی؛
- چ- جزئیاتی از کیفیت و غلظت گازهای بازه‌ی استفاده شده؛
- ح- توصیفی از دستگاه و فرآیند؛
- خ- شناسایی صفحه‌ی نمونه برداری؛
- د- اقدامات صورت گرفته برای دستیابی به نمونه‌های مربوطه؛
- ذ- توصیفی از موقعیت نقطه (نقاط) نمونه برداری در صفحه‌ی نمونه برداری؛
- ر- توصیفی از شرایط عملیاتی فرآیند موجود؛
- ز- تغییر در عملیات دستگاه در طی نمونه برداری؛
- ژ- تاریخ، زمان و طول دوره‌ی نمونه برداری؛
- س- زمان میانگین از دوره‌های مربوطه؛
- ش- مقادیر اندازه‌گیری شده؛
- ص- عدم قطعیت اندازه‌گیری؛
- ض- نتایج هرگونه بررسی؛
- ط- هرگونه انحراف از این استاندارد ملی ایران.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

نمودارهای طرح کلی آنالیزورهای NDIR

الف-۱ کلیات

نمودارهای طرح کلی از آنالیزورهای NDIR برای اندازه‌گیری TVOCs به ترتیب در شکل‌های الف-۱، الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده است. نوع ۱ دارای یک سلول مرجع جریان است که از طریق آن نمونه‌گازی TVOC (بدون مبدل، گاز B) عبور می‌کند. نوع دو یک سلول مرجع دارد که با یک گاز غیر جاذب IR پر شده و دارای یک سوپاپ سویچ می‌باشد. نوع ۳ دارای یک شیر نوسان حجم و یک سلول منفرد است.

الف-۲ نمودار طرح کلی از آنالیزور NDIR نوع ۱

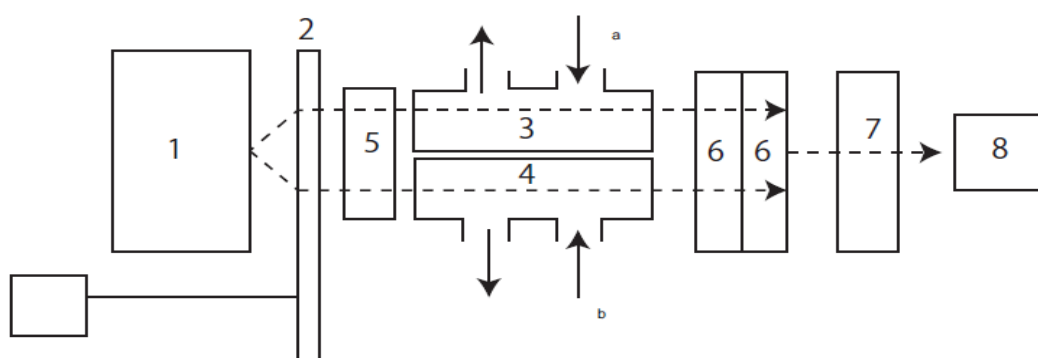
یک نمودار طرح کلی از یک سلول مرجع جریان نوع آنالیزور NDIR (پرتو دوگانه) در شکل الف-۱ نشان داده شده است. این آنالیزور شامل سلول مرجع و سلول نمونه است. یک واحد نوسان (برچسب ۲) بین منبع IR (برچسب ۱) و سلول‌ها (برچسب‌های ۳ و ۴) مسیر نور را از طریق سلول نمونه و یا سلول مرجع هدایت کرده و منجر به یک مشخصه‌ی سیگنالی متناوب می‌شود (حداقل برای غلظت‌های CO₂ متفاوت). به منظور شناسایی غلظت‌های TVOC در نمونه‌گازی، بخشی از جریان نمونه‌گازی از طریق یک مبدل (TVOC→CO₂) هدایت شده و به طور مداوم به عنوان گاز A تغذیه می‌گردد. سلول مرجع به طور مداوم با گاز حاوی TVOCs (بدون مبدل، گاز B) پاکسازی می‌شود. اختلاف در غلظت‌های CO₂ بین هردو سلول با غلظت‌های TVOC در نمونه ارتباط دارد.

الف-۳ نمودار طرح کلی از آنالیزور NDIR نوع ۲

یک نمودار طرح کلی از یک آنالیزور NDIR از نوع سوپاپ سویچی (پرتو دوگانه) در شکل الف-۲ نشان داده شده است. این آنالیزور شامل سلول مرجع و سلول نمونه است. سلول مرجع (برچسب ۳) با گازی که اشعه‌ی IR را جذب نمی‌کند، پر می‌شود. تابش IR از طریق سلول مرجع و سلول نمونه (برچسب ۴) به طور همزمان برای دستیابی به جریان تناوبی از شدت‌های IR عبور می‌کند. اختلاف جریان تناوبی برای شدت‌های IR بین سلول نمونه و سلول مرجع همان سیگنال خروجی است. به منظور شناسایی غلظت TVOC در نمونه‌گازی، گاز A و B به صورت متناوب با استفاده از سوپاپ سویچی (برچسب ۹) در یک دوره زمانی مشخص مانند ۵ ثانیه برای تعیین سیگنال‌های CO₂ از گاز A و B در سلول نمونه تغذیه می‌شود. اختلاف بین سیگنال گاز A و سیگنال گاز B با غلظت TVOC موجود در نمونه ارتباط دارد. یک آنالیزور NDIR نوع تک پرتوی از نوع ۲ نیز تولید شده است.

الف-۴ نمودار طرح کلی از آنالیزور NDIR نوع ۳

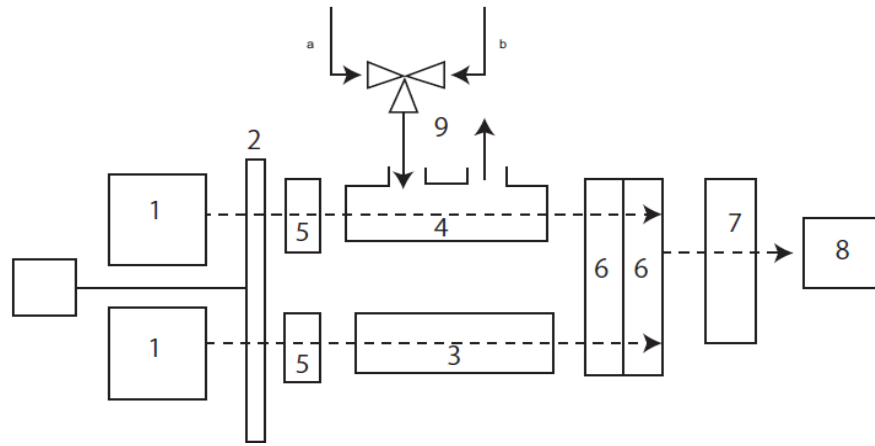
یک نمودار طرح کلی از یک آنالیزور NDIR نوع سوپاپ نوسان (تک پرتوی) در شکل الف-۳ نشان داده شده است. هیچ واحد نوسان نوری (chopper) وجود ندارد. گاز A و B در سلول نمونه (برچسب ۲) به صورت متناوب با استفاده از سوپاپ مدولاسیون (برچسب ۷) یک دوره بسیار کوتاه خاص مانند ۱ Hz تغذیه شده تا یک سیگنال مدولاسیون تعیین شود. این سیگنال مدولاسیون که با هر دو سیگنال گاز A و B تحت تاثیر قرار می‌گیرد برای به دست آوردن اختلاف سیگنال بین گاز A و B به صورت مستقیم تصحیح می‌شود. آنالیزورهای NDIR نوع پرتو دوگانه از نوع ۳ نیز وجود دارند.



راهنما:

1	منبع IR	5	سلول فیلتر یا فیلتر نوری
2	واحد مدولاسیون (برشگر)	6	آشکارساز
3	سلول نمونه (CO ₂ + ماتریس گاز)	7	تقویت کننده
4	سلول مرجع (CO ₂ + TVOC + ماتریس گاز)	8	نمایشگر
a	گاز A	b	گاز B

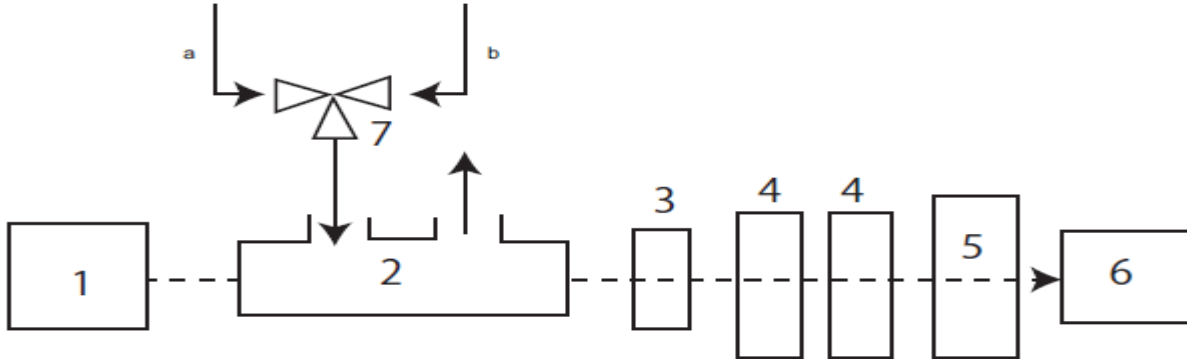
شکل الف-۱- نمودار یک آنالیزور NDIR از نوع سلول مرجع جریان (پرتو دوگانه)



راهنما:

1	منبع IR	6	آشکارساز
2	واحد مدولاسیون (برشگر)	7	تقویت کننده
3	سلول مرجع	8	نمایشگر
4	سلول نمونه	9	سوپاپ سویچی
5	سلول فیلتر یا فیلتر نوری		
a	گاز A	b	گاز B

شکل الف-۲- نمودار یک آنالیزور NDIR از نوع سوپاپ سویچی (پرتو دوگانه)



راهنما:

1	منبع IR	5	تقویت کننده
2	سلول نمونه	6	نمایشگر
3	سلول فیلتر یا فیلتر نوری	7	سوپاپ سویچی
4	آشکارساز		
a	گاز A	b	گاز B

شکل الف-۳- نمودار یک آنالیزور NDIR از نوع سوپاپ سویچی (تک پرتوی)

پیوست ب

(الزامی)

گازهای عملیاتی

ب-۱ کلیات

هنگام استفاده از این استاندارد چندین گاز عملیاتی لازم است. به جدول ب-۱ و ب-۲ مراجعه شود.

ب-۲ گاز نقطه صفر

ب-۱-۲ گاز نقطه صفر باید شامل هوای مصنوعی باشد. توصیه می‌شود مقدار کربن از ۱٪ از حد بالای محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده بیشتر نباشد.

ب-۲-۲ گاز نقطه صفر استفاده شده برای آزمون QA/QC در حال انجام در آزمایشگاه باید حاوی mg/m^3 ۱۰۰۰ از CO_2 باشد.

ب-۳ گاز گستره

ب-۳-۱ گاز گستره باید حاوی پروپان در هوای مصنوعی باشد. باید این گاز دارای یک غلظت مشخص با عدم قطعیت بسط یافته‌ی مجاز ۲٪ از مقدار اسمی باشد و قابل ردیابی به استانداردهای ملی باشد.

ب-۳-۲ توصیه می‌شود غلظت گاز گستره در حدود ۷۰٪ از محدوده‌ی اندازه‌گیری انتخاب شود.

ب-۳-۳ گاز گستره مورد استفاده برای آزمون QA/QC در حال انجام در آزمایشگاه باید حاوی mg/m^3 ۱۰۰۰ از CO_2 باشد.

ب-۴ گاز مرجع

ب-۴-۱ گاز مرجع باید حاوی پروپان در هوای مصنوعی باشد. این گاز باید دارای غلظت مشخصی با عدم قطعیت گسترش یافته‌ی مجاز ۱٪ از مقدار اسمی قابل ردیابی برای استاندارد ملی باشد.

ب-۴-۲ غلظت گاز مرجع باید در حدود ۷۰٪ از محدوده‌ی اندازه‌گیری انتخاب شده باشد.

ب-۵ گاز آزمون برای بررسی بازدهی مبدل

گاز آزمون برای بررسی بازدهی مبدل باید حاوی متان در هوای مصنوعی باشد. غلظت این گاز باید در محدوده‌ی غلظت TVOC مورد انتظار باشد.

ب-۶ گاز آزمون برای بررسی تأثیر دی اکسید کربن

گاز آزمون برای بررسی اثر دی اکسید کربن باید حاوی دی اکسید کربن و پروپان در هوای مصنوعی باشد. غلظت دی اکسید کربن باید 2000 mg/m^3 باشد و برای پروپان باید در حدود 450 mg/m^3 باشد.

جدول ب-۱- فهرست گازها برای آزمون عملکردی جامع

گاز صفر	هوای مصنوعی مقدار دی اکسید کربن کمتر از ۱٪ از حد بالایی محدوده‌ی اندازه‌گیری مورد استفاده
گاز گستره	پروپان در هوای مصنوعی غلظت در حدود ۷۰٪ از محدوده‌ی اندازه‌گیری انتخاب شده
گاز مرجع	پروپان در هوای مصنوعی (عدم قطعیت بسط یافته ۱٪)

جدول ب-۲- فهرست گازها برای آزمون QA/QC در حال انجام در آزمایشگاه

گاز صفر	هوای مصنوعی حاوی 1000 mg/m^3 از CO_2
گاز گستره	حاوی پروپان در غلظت هوای مصنوعی (در حدود ۷۰٪ از محدوده‌ی اندازه‌گیری انتخاب شده) حاوی 1000 mg/m^3 از CO_2

پیوست پ

(الزامی)

روش‌هایی برای تعیین ویژگی‌های عملکردی در طی آزمون جامع عملکردی

پ-۱ کلیات

قبل از انجام هر آزمونی، باید زمان گرم کردن که توسط تولیدکننده مشخص شده، در نظر گرفته شود. اگر زمان گرم کردن مشخص نشده باشد، توصیه می‌شود حداقل ۲ ساعت در نظر گرفته شود.

قبل از تعیین ویژگی‌های عملکردی یک آنالیزور NDIR، باید دستگاه را مطابق با روش مشخص شده در زیربند ۲-۳-۷ تنظیم کرد.

تحت شرایط آزمون برای هر ویژگی عملکردی منحصر به فرد، مقدار پارامترها باید در محدوده مشخص شده زیر ثابت باشند:

- دمای محیطی: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ؛

- فشار نمونه‌برداری: $\pm 0.2 \text{ kPa}$ ؛

- ولتاژ اعمالی: $\pm 1\%$ از ولتاژ خط اسمی (به غیر از آزمون وابستگی ولتاژ).

برای تعیین ویژگی‌های عملکردی مختلف، گازهای مرجع باید با یک عدم قطعیت مشخص از غلظت استفاده شود.

پ-۲ زمان پاسخ

زمان پاسخ باید با اعمال یک تغییر گام بین گاز صفر و گاز بازه در حدود ۷۰٪ از حد بالای پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده، تعیین شود. گاز صفر و آزمون باید در ورودی نمونه‌گازی به آنالیزور NDIR اعمال شود.

زمان پاسخ، فاصله‌ی بین لحظه‌ی تغییر گام و لحظه‌ای است که پاسخ به ۱۰٪ از تغییر گام حول مقدار پایدار نهایی رسیده و باقی می‌ماند. این مقدار با جمع زمان تأخیر و زمان صعود در روش افزایشی و با جمع زمان تاخیر و زمان افت در روش کاهشی تعیین می‌شود.

تغییر گام تولیدشده با استفاده از مرکز آزمون باید یک زمان صعود (بین ۱۰٪ و ۹۰٪ از تغییر گام) کمتر از ۱۰٪ از زمان متوسط اعمال شده در مدت آزمون‌ها داشته باشد. اگر زمان صعودی و زمان افت متفاوت باشند، مقدار بزرگتر از این دو زمان را برای محاسبه‌ی زمان پاسخ در نظر بگیرید.

برای دستگاه‌هایی که در آن نوسان‌های گذرا در هنگام رسیدن به سیگنال‌های خروجی نهایی رخ می‌دهد، زمانی که نوسان‌ها به ۱۰٪ از گام ورودی افت می‌کند، سیگنال خروجی نهایی در نظر گرفته می‌شود. زمان پاسخ باید مطابق با زیربند 6.3 استاندارد ISO 9169:2006 با اعمال گاز بازه در سطحی در حدود ۷۰٪ از حد بالای پایین‌ترین محدوده‌ی اندازه‌گیری استفاده شده برای آنالیزور NDIR در ورودی نمونه‌گازی تعیین شود.

پ-۳ تکرارپذیری در سطح صفر و بازه

پ-۳-۱ کلیات

برای تعیین تکرارپذیری سطح صفر و بازه، چندین اندازه‌گیری در غلظت‌های صفر و بازه تکرار می‌شود. انحراف معیار و تکرارپذیری برای هر دو سری از اندازه‌گیری‌ها (مقدار صفر و بازه) مطابق با استاندارد ISO 9169 محاسبه می‌شود.

پ-۳-۲ انحراف معیار تکرار پذیری در نقطه‌ی صفر

انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی صفر باید با استفاده از یک ماده‌ی مرجع در نقطه‌ی صفر (گاز صفر) تعیین شود. ابتدا نقطه‌ی صفر از آنالیزور NDIR را تنظیم کنید. سپس گاز صفر در ورودی گاز صفر و بازه (به شکل ۱ مراجعه کنید) اعمال شود. برای آزمون QA/QC در حال انجام در آزمایشگاه، گاز صفر حاوی 1000 mg/m^3 CO_2 باید استفاده شود.

اگر انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی صفر بدون آزمون مناسب تعیین شود، باید از ماده‌ی مرجع دارای غلظت صفر اعمال شده در طی آزمون استفاده شود.

مقادیر اندازه‌گیری شده از AMS در نقطه‌ی صفر باید پس از استفاده از ماده‌ی مرجع با انتظار برای زمان معادل یک قرائت مستقل و سپس ثبت ۲۰ قرائت فرد متوالی، تعیین شود.

مقادیر اندازه‌گیری شده به دست آمده باید برای تعیین انحراف استاندارد از تکرارپذیری نقطه‌ی صفر با استفاده از معادله (پ-۱) تعیین شود:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن:

s_r	انحراف معیار تکرار پذیری؛
x_i	آمین مقدار اندازه‌گیری شده؛
\bar{x}	میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی x_i ؛

N تعداد اندازه‌گیری‌ها، n=20.

انحراف معیار تکرارپذیری نقطه‌ی صفر باید با معیار عملکردی مشخص شده در جدول ۱ مطابق باشد.

پ-۳-۳ انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی بازه

انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی بازه باید با استفاده از یک ماده‌ی مرجع در نقطه‌ی گستره (گاز گستره) تعیین شود. برای آزمون QA/QC در حال انجام در آزمایشگاه، گاز بازه باید حاوی 1000 mg/m^3 از CO_2 باشد.

اگر انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی بازه، بدون آزمون مناسب تعیین شود، آن‌گاه باید بیشترین ماده‌ی مرجع اعمال شده در طی آزمون استفاده شود.

مقادیر اندازه‌گیری شده از AMS در نقطه‌ی گستره باید پس از استفاده از ماده مرجع با انتظار برای زمان معادل یک قرائت مستقل و سپس ثبت ۲۰ قرائت فردی متوالی، تعیین شود. سیگنال‌های اندازه‌گیری شده به دست آمده باید برای تعیین انحراف معیار از تکرارپذیری در گستره، با استفاده از معادله (پ-۱) استفاده شود.

انحراف معیار تکرارپذیری در نقطه‌ی بازه باید با معیار عملکردی مشخص شده در جدول ۱، مطابق باشد.

پ-۴ بررسی عدم تناسب (بررسی خطی بودن)

عدم تناسب (خطی بودن) باید در آزمایشگاه با استفاده از تغذیه‌ی گاز و حداقل با چهار گاز آزمون با غلظت توزیع شده به طور مساوی در محدوده‌ی اندازه‌گیری انتخاب شده بررسی شود. غلظت‌های مختلف گازی را می‌توان با استفاده از یک سامانه رقیق‌سازی تولید کرد.

گازهای آزمون باید در مرتبه‌ای که از اثرات پسماندی جلوگیری شود، اعمال گردند.

برای هر گاز آزمون با مقدار پذیرفته‌شده‌ی γ_i حداقل سه اندازه‌گیری متوالی که هر مقدار متوسط بر روی حداقل یک زمان پاسخ باشد، اجرا کنید. مقدار باقی‌مانده e_i (عدم تناسب) باید بر اساس رگرسیون خطی که در ISO 9169 یا در [7] تشریح شده، تعیین گردد. در این روش آزمون خط رگرسیون بین قرائت‌های دستگاه از AMS (مقادیر x) مقادیر گاز آزمون (مقادیر γ) ایجاد می‌شود. در گام بعدی، میانگین \bar{x}_i از قرائت‌های AMS در هر سطح گاز آزمون محاسبه می‌شود. سپس انحراف (باقی‌مانده) از میانگین متناسب با \hat{x}_i که با خط رگرسیون تخمین زده شده، بر اساس معادله (پ-۲) محاسبه می‌شود:

$$e_i = \left| \hat{x}_i - \bar{x}_i \right| \quad (\text{پ-۲})$$

که در آن:

e_i باقی‌مانده‌ی سطح i (عدم تناسب)؛

\bar{x}_i میانگین مقدار اندازه‌گیری شده در سطح i ؛

\hat{x}_i مقدار برآورد شده با استفاده از خط رگرسیون در سطح i .

انحراف e_i در هر غلظت گاز آزمون باید با معیار عملکردی مشخص شده در جدول ۱ مطابق باشد.

اگر معیار عملکردی مطابق نبود، پاسخ دستگاه باید تا زمانی که معیار عملکردی مطابقت کند، تصحیح شود.

پ-۵ بررسی تاثیر CO_2

چون در این استاندارد از روش NDIR برای اندازه‌گیری CO_2 ناشی از TVOCها استفاده می‌شود، لذا ترکیباتی که دارای جذب مادون قرمز هستند می‌توانند در اندازه‌گیری تداخل ایجاد کرد. با این حال در این روش برای اندازه‌گیری TVOCs در گازهای پسماند، از فرآیندهای غیراحتراقی استفاده می‌شود. بنابراین بیشتر اختلال‌های معمولی مانند SO_2 ، NO_x و CO نباید مشاهده شود. از آنجایی که گازهای پسماند غیراحتراقی معمولاً در دمای کمی بالاتر از محیط بوده و آب زیادی ندارند، لذا اثر آب در نظر گرفته شده قابل اغماض است. تاثیر TVOCs که در سلول مرجع قرار دارند (شکل الف-۱) ناچیز تلقی شده است زیرا بیشتر ترکیبات آلی فرار هیچ‌گونه جذبی در محدوده طول موج $4.2 \mu\text{m}$ (که برای اندازه‌گیری غلظت CO_2 استفاده می‌شود) ندارند.

تنها غلظت‌های نسبتاً بالایی از CO_2 (بالاتر از 2000 mg/m^3) بر اندازه‌گیری تاثیر می‌گذارد. برای بررسی تاثیر هر درصدی از CO_2 ، یک مخلوط گازی از غلظت‌های شناخته شده از پروپان (γ_{std}) و CO_2 (حدود 2000 mg/m^3) در هوا استفاده می‌شود. گاز آزمون با AMS آنالیز می‌شود و سپس غلظت پروپان (γ_{obs}) تعیین می‌شود. ضریب تاثیر C_{int} طبق معادله (پ-۳) محاسبه می‌شود:

$$C_{int} = \frac{\gamma_{obs} - \gamma_{std}}{\gamma_r} \times 100\% \quad (\text{پ-۳})$$

که در آن:

γ_{obs} غلظت پروپان اندازه‌گیری شده در آنالیزور؛

γ_{std} غلظت مشخص پروپان در مخلوط گاز CO_2 و پروپان؛

γ_r محدوده اندازه‌گیری است.

تاثیر CO_2 باید با معیار عملکردی مناسب مشخص شده در جدول ۱ مطابق باشد.

پ-۶ بررسی بازدهی مبدل

بازدهی مبدل باید با گاز آزمون حاوی متان با غلظت حدود ۷۰٪ از حد بالایی محدوده که به آنالیزور تغذیه می‌شود، بررسی شود و باید با جدول ۱ مطابقت داشته باشد. بعد از بررسی صفر و بازه آنالیزور، گاز آزمون حاوی متان در غلظت $\gamma_{CH_4, test}$ به آنالیزور وارد می‌شود و مقدار غلظت اندازه‌گیری شده ($\gamma_{CH_4, meas}$) ثبت می‌شود.

بازدهی مبدل (η_{conv}) بر طبق معادله (پ-۴) محاسبه می‌شود:

$$\eta_{conv} = \frac{\gamma_{CH_4, meas}}{\gamma_{CH_4, test}} \times 100\% \quad (\text{پ-۴})$$

مقدار بازدهی باید مطابق با معیار عملکردی مناسب مشخص شده در جدول ۱ باشد.

پ-۷ بررسی سامانه نمونه برداری و نشت

قبل از هر سری اندازه‌گیری باید سامانه نمونه برداری بررسی شود. سامانه نمونه برداری باید برای عدم وجود نشت در سامانه نیز، بررسی شود. کل سامانه اندازه‌گیری باید با تأمین گاز صفر و گاز آزمون به طور مستقیم در پراب نمونه برداری با تکرار مراحل الف تا پ زیربند ۱-۲-۳-۷ بررسی شود. توصیه می‌شود گاز آزمون دارای غلظت پروپان در حدود ۷۰٪ از محدوده اندازه‌گیری باشد. انحرافات کوچک باید اصلاح شود. انحرافات بزرگ، اختلال در عملکرد را نشان می‌دهد. این عوامل باید شناسایی و حذف شوند. سپس سامانه اندازه‌گیری باید دوباره بررسی شود.

افت و نشت باید مطابق با معیار عملکردی مناسب تعیین شده در جدول ۱ باشد.

پ-۸ انحراف صفر و انحراف گستره

انحرافات صفر و گستره با استفاده از حداقل ۱۰ توالی از سطح صفر و گستره تخمین زده شده است که به طور مساوی در طی یک دوره ۲۴ ساعته توزیع شده و شیب رگرسیون خطی برای هر غلظت طبق استاندارد ISO 9169 محاسبه شده است. موقعیت نقطه صفر و نقطه گستره باید به صورت دستی با تغذیه گاز صفر و گاز گستره تعیین شود. انحرافات بین مقادیر اندازه‌گیری شده در نقطه صفر و در نقطه گستره و مقادیر اسمی باید مطابق با معیار عملکردی تعیین شده در جدول ۱ باشد.

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

مثالی از ارزیابی انطباق روش NDIR

ت-۱ شرایط ویژه در محل

این پیوست یک نمونه از ارزیابی انطباق روش NDIR برای TVOCs را با الزامات اندازه‌گیری‌های انتشار نشان می‌دهد. شرایط ویژه در محل در جدول ت-۱ داده شده است.

جدول ت-۱- شرایط ویژه در محل

مقدار/دامنه	شرایط ویژه
0 mg/m^3 تا 600 mg/m^3	محدوده آنالیزور (TVOCs)
تا حدود 600 mg/m^3	غلظت TVOCs مورد مطالعه
مقدار/دامنه	شرایط میدانی
$(6 \pm 6) \text{ l/h}$	جریان حجمی نمونه
300 K	دما در طول تنظیمات
283 K تا 308 K	نوسانات دمای محیط در طول اندازه‌گیری
110.7 تا 100.7	محدوده ولتاژ ^۱
100 kPa	فشار اتمسفر در طول تنظیم
$< 1 \text{ kPa}$	تغییرات فشار اتمسفر
1000 mg/m^3 تا 2000 mg/m^3	محدوده غلظت CO_2 در حوزه
$\sim 450 \text{ mg/m}^3 \pm 1\%$	گاز مرجع

ت-۲ عملکرد ویژگی‌های روش - نتایج اعتبارسنجی آزمون‌ها

نتایج اعتبارسنجی آزمون‌ها با توجه به عملکرد ویژگی‌های روش در جدول ت-۱ داده شده است.

۱- محدوده ولتاژ در ایران ۲۲۰۷ تا ۲۱۰۷ است.

ت-۳ محاسبه عدم قطعیت استاندارد مقادیر اندازه‌گیری شده توسط آنالیزور

ت-۳-۱ کلیات

معادلات مدل در این بند و همچنین محاسبات عدم قطعیت جزئی، به مقادیر اندازه‌گیری شده توسط آنالیزور مربوط می‌شود و به صورت mg/m^3 بیان می‌گردد. توضیح و محاسبه روش‌های عدم قطعیت استاندارد در ارتباط با اندازه‌گیری در استاندارد ISO 20988 داده شده است.

ت-۳-۲ معادله مدل و پیاده سازی قانون انتشار عدم قطعیت

غلظت جرمی TVOCs (γ_{TVOC}) به عنوان مثال برحسب میلی‌گرم در هر متر مکعب برابر با غلظت داده‌شده توسط آنالیزور به علاوه اصلاحات ناشی از انحرافات مربوط به مقادیر تأثیر و ویژگی‌های عملکرد آنالیزور است. به معادله ت-۱ مراجعه شود:

$$\gamma_{TVOC} = \gamma_{read} + \delta c_{lof} + \delta c_{d,0} + \delta c_{d,s} + \delta c_r + \delta c_{adj} + \delta c_i + \sum_{j=1}^p \delta c_{inf,j} \quad (ت-۱)$$

که در آن:

غلظت جرمی TVOCs داده شده توسط آنالیزور؛	γ_{read}
تصحیح برای عدم تناسب؛	δc_{lof}
تصحیح برای انحراف صفر؛	$\delta c_{d,0}$
تصحیح برای انحراف بازه؛	$\delta c_{d,s}$
تصحیح برای تکرارپذیری اندازه‌گیری؛	δc_r
تصحیح برای تنظیم؛	δc_{adj}
تصحیح برای تأثیر (CO ₂)؛	δc_i
تصحیح برای تأثیر مقادیر (مانند دمای محیط، فشار اتمسفر، جریان حجمی نمونه، ولتاژ) است.	$\delta c_{inf,j}$

ت-۳-۳ نتایج محاسبات عدم قطعیت

تعیین کمی اثر ویژگی‌های عملکردی انتخاب‌شده به عنوان عدم قطعیت استاندارد نسبی مطابق با استاندارد ISO 14956 محاسبه شده است. به جدول ت-۳ مراجعه شود.

جدول ت-۲ ویژگی‌های عملکرد

نتایج آزمون آزمایشگاه	معیار عملکرد	ویژگی‌های عملکرد
۶۰s (۲۰s تا ۹۰s)	کوچک‌تر یا مساوی ۱۲۰ ثانیه	زمان پاسخ
۰٫۲٪ (۰٫۱٪ تا ۰٫۲٪)	کوچک‌تر یا مساوی ۱٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف معیار از تکرارپذیری در آزمایشگاه در نقطه صفر
۰٫۴٪ (۰٫۲٪ تا ۰٫۵٪)	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف معیار از تکرارپذیری در آزمایشگاه در نقطه بازه
۰٫۵٪ (-۰٫۳٪ تا -۰٫۶٪)	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	عدم تناسب
۰٫۶٪ (۰٫۱٪ تا ۱٪)	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف صفر در ۲۴ hr
۰٫۷٪ (۰٫۳٪ تا ۱٪)	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	انحراف بازه در ۲۴ hr
--- ^b	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	تأثیر فشار اتمسفر برای یک تغییر فشار ^a ۲ kp
--- ^b	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	تأثیر دمای محیط برای یک تغییر ۱۰K
--- ^b	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ از محدوده هر ۱۰۷	تأثیر ولتاژ الکتریکی
-۱٫۴٪ (-۰٫۸٪ تا -۲٪)	بین محدوده ۴٪ ±	تأثیر CO ₂ و دیگر اجزای تداخل کننده ^c CO ₂ (۲۰۰۰mg/m ³)
حدود ۱۰۰٪	بزرگ‌تر یا مساوی ۹۵٪	بازدهی مبدل، آزمایش شده با CH ₄
≤ ۲٪	کوچک‌تر یا مساوی ۲٪ حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه‌گیری استفاده شده	تلفات و نشت در خط نمونه‌برداری و سامانه تهویه

^a فشار آزمون شده در توصیه سازنده تعریف شده است

^b از مقادیر تجربی برآورد شده و یا مشخص شده توسط تولیدکننده استفاده کنید. به جدول ت-۳ مراجعه شود.

^c تداخل‌های (دی اکسید کربن) که باید بررسی شوند یا حداقل باید به صورت داده شده در جدول ۲ باشد.

جدول ت-۳ نتایج محاسبات عدم قطعیت

ویژگی‌های عملکرد	عدم قطعیت استاندارد نسبی	مقدار عدم قطعیت استاندارد در حد بالایی پایین‌ترین محدوده اندازه گیری استفاده شده (mg/m^3)
انحراف معیار تکرار پذیری در آزمایشگاه در صفر	$u_{r,0}$	$(0.2/100) \times 600 = 1.2$
انحراف معیار تکرار پذیری در آزمایشگاه در سطح بازه	$u_{r,s}$	$(0.4/100) \times 600 = 2.4$
عدم تناسب	u_{lof}	$(0.5/100) \times 600 = 3$
انحراف صفر	$u_{d,0}$	$(0.6/100) \times 600 = 3.6$
انحراف بازه	$u_{d,s}$	$(0.7/100) \times 600 = 4.2$
تأثیر فشار اتمسفر ^a	$u_{inf,p}$	$\frac{(0.5 / 100) \times 600}{\sqrt{3}} = 1.7$
تأثیر دمای محیط ^a	$u_{inf,T}$	$\frac{2 / 100}{10} \times 600 \times \sqrt{\frac{(2)^2 + (2)(-2) + (-2)^2}{3}} = 1.4$
تأثیر ولتاژ الکتریکی در سطح بازه ^a	$u_{inf,V}$	$\frac{2 / 100}{10} \times 600 \times \frac{(98 - 102)}{\sqrt{3}} = 2.8$
تأثیر CO_2	u_{i,CO_2}	$\frac{(-1.4 / 100)}{2000} \times 600 \times \sqrt{\frac{2000^2}{3}} = -4.8$
عدم قطعیت گاز مرجع	u_{adj}	$\frac{(1 / 100) \times 600}{\sqrt{3}} = 3.5$

^a شرایط آزمون در آزمایشگاه: دما در طول تنظیم، ۲۹۸ K، نوسانات دمای محیط در طول اندازه‌گیری از ۲۹۶ K تا ۳۰۰ K، تغییرات ولتاژ ۲ V \pm در ۱۰۰V، تغییرات فشار اتمسفر kPa < 0.5 بود.

عدم قطعیت ترکیب‌شده و بسط داده شده به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$u(\gamma_{TVOCs}) = \sqrt{u_{r,0}^2 + u_{r,s}^2 + u_{lof}^2 + u_{d,0}^2 + u_{d,s}^2 + u_{inf,p}^2 + u_{inf,T}^2 + u_{inf,V}^2 + u_{i,CO_2}^2 + u_{adj}^2} = 9.7 \text{ mg} / \text{m}^3$$

یعنی ۱.۶٪ از محدوده.

$$U(\gamma_{TVOCs}) = 1.96u(\gamma_{TVOCs}) = 19.0 \text{ mg} / \text{m}^3$$

یعنی ۳.۲٪ از محدوده.

ت-۴ ارزیابی انطباق با کیفیت اندازه‌گیری مورد نیاز

جمع عدم قطعیت استاندارد و عدم قطعیت بسط یافته به ترتیب $9.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (۱.۶٪) و $19 \text{ mg}/\text{m}^3$ (۳.۲٪) به دست آمده است که به ترتیب پایین‌تر از $26.9 \text{ mg}/\text{m}^3$ (۴.۵٪) و $52.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (۸.۸٪) هستند که با

استفاده از مقادیر معیار عملکردی در جدول ت-۲ بدست آمده است. مقدار ویژگی‌های عملکرد بدست آمده از آزمون عملکرد کلی، آزمون آزمایشگاهی و آزمون درطول عملیات میدانی با این الزامات مطابقت دارد.

پیوست ث

(آگاهی دهنده)

نتایج آزمون‌های مقایسه‌ای

ث-۱ کلیات

برای تعیین ویژگی‌های عملکرد، دو آزمون درون آزمایشگاهی و میدانی انجام شده است.

ث-۲ ویژگی‌های نصب و راه اندازی

آزمون‌ها با تأسیسات زیر انجام می‌شود:

الف- گاز آزمون با سه سطح غلظت (100 mg/m^3 ، 250 mg/m^3 و 450 mg/m^3) از گازهای آزمون پروپان. سه آزمایشگاه با چهار آنالیزور NDIR مشارکت کردند.

ب- مخلوط گازی از چهار جزء: پروپان، تری‌کلرو اتیلن، تولوئن و اتیل استات هر کدام در غلظت 100 mg/m^3 ، سه آزمایشگاه با سه آنالیزور NDIR به کار گرفته شد.

پ- در تجهیزات مربوط به نقاشی و چاپ و بدون عملیات احتراقی چهار آنالیزور NDIR استفاده شد. به جدول ث-۱ و ث-۲ مراجعه شود.

جدول ث-۱ مقادیر نسبی ترکیبات آلی فرار منحصر به فرد در گاز پسماند در طول آزمون میدانی در تجهیزات نقاشی (مقادیر بر حسب درصد هستند)

تولوئن	زایلن	اتیل بنزن	n-بوتانول	فرمالدئید
۲۴٫۸	۷٫۴	۳٫۲	۸٫۷ تا ۱۲٫۴	۰٫۱ تا ۰٫۷

جدول ث-۲ مقادیر نسبی ترکیبات آلی فرار منحصر به فرد در گاز پسماند در طول آزمون میدانی در تجهیزات چاپ (مقادیر بر حسب درصد هستند)

تولوئن	متیل اتیل کتون	n-پروپانول	اتیل استات	پروپیل استات	ایزوپروپانول	پروپیلن گلیسول مونو اتیل اتر
۴۳	۱۶٫۳	۰٫۹	۶٫۴	< ۰٫۵	۱۲٫۲	< ۰٫۹

ث-۳ تکرارپذیری، تکثیرپذیری و عدم قطعیت در آزمایشگاه و آزمون میدانی

ث-۳-۱ کلیات

انحراف معیار تکرارپذیری $S_{r,j}$ برای هر سطح از غلظت، ضریب تغییرات تکرارپذیری $C_{V,r}$ ، تکثیرپذیری $S_{R,j}$ برای هر سطح از غلظت، ضریب تغییرات تکثیرپذیری $C_{V,R}$ ، عدم قطعیت استاندارد u و ضریب تغییرات عدم قطعیت استاندارد $C_{V,u}$ مطابق با استاندارد ISO 5725-2 با استفاده از نتایج حاصل از آزمون درون آزمایشگاهی بر روی گاز آزمون شبکه و آزمون در تجهیزات چاپ و نقاشی محاسبه می‌شود [۱].

ث-۳-۲ نتایج

ث-۳-۲-۱ ارزیابی در گاز آزمون متعدد

نتایج حاصل از بررسی‌های درون آزمایشگاهی مطابق با استاندارد ISO 5725-2 که با مشارکت سه آزمایشگاه و چهار آنالیزور NDIR تعیین شده، در جدول ث-۳ (با پروپان در سه سطح غلظت) و جدول ث-۴ (با مخلوط گازی از چهار جزء) نشان داده شده است.

جدول ث-۳- و ویژگی‌های عملکرد: نتایج آزمون درون آزمایشگاهی پروپان در سه سطح غلظت

سطح غلظت			ویژگی‌های عملکرد
۳	۲	۱	
۳۶	۳۶	۳۶	تعداد نتایج آزمون، n
۴۳۷٫۲	۲۴۵٫۷	۱۰۹٫۱	مقدار مورد نظر، mg/m^3
۴۳۸٫۲	۲۴۴٫۹	۱۰۹٫۹	میانگین کل، \bar{y} ، mg/m^3
۴٫۱	۲٫۳	۲٫۴	انحراف معیار تکرارپذیری، $S_{r,j}$ ، mg/m^3
۴٫۰	۲٫۴	۲٫۴	انحراف معیار تکثیرپذیری، $S_{R,j}$ ، mg/m^3
۰٫۹	۰٫۹	۲٫۱	درصد ضریب تغییرات تکرارپذیری، $C_{V,r}$
۰٫۹	۱٫۰	۲٫۱	درصد ضریب تغییرات تکثیرپذیری، $C_{V,R}$
۴٫۲	۲٫۵	۲٫۴	عدم قطعیت استاندارد، u_j ، mg/m^3
۱٫۰	۱٫۰	۲٫۲	درصد ضریب تغییرات عدم قطعیت استاندارد (عدم قطعیت استاندارد نسبی مربوط به میانگین کل)، $C_{V,u}$

جدول ث-۴- ویژگی‌های عملکردی: نتایج آزمون درون آزمایشگاهی از مخلوط گازی با چهار جزء (پروپان، تری کلرو اتان، تولوئن و اتیل استات)

ویژگی‌های عملکرد	یک سطح غلظت
تعداد نتایج آزمون، n	۲۷
میانگین کل \bar{y} ، mg/m^3	۴۴۰٫۸
انحراف معیار تکرار پذیری، $s_{r,j}$ ، mg/m^3	۶٫۰
انحراف معیار قابلیت باز تولیدی، $s_{R,j}$ ، mg/m^3	۷٫۹
درصد ضریب تغییرات تکرار پذیری، $C_{V,r}$	۱٫۴
درصد ضریب تغییرات قابلیت باز تولیدی، $C_{V,R}$	۱٫۸
عدم قطعیت استاندارد، u_j ، mg/m^3	۸٫۱
درصد ضریب تغییرات عدم قطعیت استاندارد (عدم قطعیت استاندارد نسبی مربوط به میانگین کل)، $C_{V,u}$	۱٫۸

ث-۳-۲-۲ ارزیابی در تجهیزات نقاشی

نتایج آزمون میدانی در تجهیزات نقاشی در جدول ث-۵ نشان داده شده است. گاز پسماند واقعی در چهار محدوده غلظتی عبارتند از: 71 mg/m^3 تا 90 mg/m^3 ، 155 mg/m^3 تا 161 mg/m^3 ، 287 mg/m^3 تا 292 mg/m^3 و 527 mg/m^3 تا 530 mg/m^3 که با استفاده از آنالیزور NDIR ۱۱ مرتبه اندازه‌گیری می‌شود. محدوده اندازه‌گیری 600 mg/m^3 استفاده می‌شود. داده‌ها در جدول ث-۳ داده شده است. عدم قطعیت استاندارد، $u(Y)$ ، و عدم قطعیت بسط یافته، $U(Y)$ ، مطابق با ISO 20988 محاسبه می‌شود. عدم قطعیت استاندارد با استفاده از معادله (ث-۱) محاسبه می‌شود.

$$u(Y) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [s_i(Y_i)]^2} \quad (\text{ث-۱})$$

که در آن:

Y	غلظت جرمی؛
N	تعداد اندازه‌گیری‌ها؛
i	تعداد آنالیزورها؛
j	تعداد اجرا؛

$s_i(Y_i)$ انحراف معیار Y_i ($i = 1, \dots, 4$) در مرحله j است.

عدم قطعیت بسط یافته با استفاده از معادله (ث-۲) محاسبه شده است.

$$U(Y) = k u(Y) \quad \text{ث-۲}$$

که در آن:

k ضریب همپوشانی است (k=۲).

جدول ث-۵ نتایج آزمون میدانی در تجهیزات نقاشی توسط چهار آنالیزور NDIR در طول ۱۱ اجرای آزمون

CV درصد	$sj(Y_i)$ mg/m ³	میانگین	Y_{4j} mg/m ³	Y_{3j} mg/m ³	Y_{2j} mg/m ³	Y_{1j} mg/m ³	اجرا
۵٫۸	۴٫۴	۷۵٫۱	----	۷۹٫۸	۷۱٫۱	۷۴٫۵	۱
۶٫۴	۵٫۴	۸۵٫۵	----	۹۰٫۴	۸۶٫۴	۷۹٫۴	۲
۲	۳٫۲	۱۶۲٫۳	۱۶۰٫۵	۱۶۶٫۶	۱۶۱	۱۶۱٫۱	۳
۳٫۸	۶	۱۵۸٫۸	۱۵۳٫۲	۱۶۷٫۵	۱۵۸٫۴	۱۵۶٫۲	۴
۳٫۱	۴٫۹	۱۵۹٫۳	۱۵۹٫۸	۱۶۴٫۸	۱۵۷٫۲	۱۵۵٫۵	۵
۴٫۲	۱۲٫۳	۲۹۴٫۸	۳۰۷٫۱	۲۸۰٫۶	۳۰۴٫۴	۲۸۷	۶
۴٫۲	۱۲٫۶	۲۹۶٫۵	۳۰۹	۲۸۱٫۷	۳۰۶٫۳	۲۸۸٫۹	۷
۳٫۸	۱۱٫۸	۳۰۷٫۴	۳۱۲٫۲	۳۱۲	۳۱۳٫۳	۲۹۲٫۱	۸
۸٫۱	۴۳٫۵	۵۳۹٫۷	۵۵۶٫۷	۴۹۳٫۲	۵۷۹٫۷	۵۲۹٫۱	۹
۲٫۳	۱۲٫۶	۵۴۲٫۵	۵۶۳٫۳	۵۴۹٫۹	۵۳۰٫۱	۵۲۶٫۶	۱۰
۵٫۸	۳۲٫۴	۵۵۸٫۷	۵۵۶٫۹	۵۵۴٫۵	۵۹۳٫۹	۵۲۹٫۶	۱۱

بسته به سطح غلظت از محدوده ۳٫۲ mg/m³ (۲٪) تا ۴۳٫۵ mg/m³ (۸٫۱٪) انحراف معیارها افزایش می‌یابد. عدم قطعیت استاندارد و عدم قطعیت بسط یافته به ترتیب ۱۲٫۸ mg/m³ و ۲۵٫۶ mg/m³ در محدوده غلظت گازی ۷۱ mg/m³ تا ۵۳۰ mg/m³ هستند.

ث-۳-۲-۳ ارزیابی تجهیزات چاپ

نتایج آزمون میدانی در تجهیزات چاپ در جدول ث-۶ نشان داده شده است. گازهای خروجی واقعی از تجهیزات چاپ توسط هوای واقعی هشت مرتبه رقیق می‌شوند و توسط چهار آنالیزور NDIR در ۱۰ اجرا اندازه‌گیری می‌شوند. محدوده اندازه‌گیری در ۶۰۰ mg/m³ انجام شد. غلظت‌های TVOC و اجزای گازهای خروجی از فرایندهای چاپ برای چند ساعت نسبتاً ثابت بود.

جدول ث-۶- نتایج آزمون میدانی (تجهیزات چاپ) با چهار آنالیزور NDIR در طول ۱۰ اجرای آزمون

CV درصد	sj(Yi) mg/m ³	میانگین	Y4 j mg/m ³	Y3 j mg/m ³	Y2 j mg/m ³	Y1 j mg/m ³	اجرا j
۲	۵,۶	۲۷۵	۲۶۹,۶	۲۸۲,۶	۲۷۵,۲	۲۷۲,۴	۱
۲	۵,۶	۲۷۹,۱	۲۷۴,۸	۲۸۶,۳	۲۸۰,۹	۲۷۴,۵	۲
۲,۷	۷,۵	۲۸۲,۹	۲۷۹,۳	۲۹۱,۴	۲۸۳,۲	۲۷۷,۶	۳
۲,۶	۷,۵	۲۸۴,۶	۲۷۸,۳	۲۹۳,۹	۲۸۷,۵	۲۷۸,۷	۴
۰,۸	۲,۵	۳۰۲,۸	۳۰۳,۹	۳۰۵,۴	۳۰۲	۲۹۹,۷	۵
۱,۷	۵	۳۰۳,۳	۳۰۹,۸	۳۰۴,۳	۳۰۱,۱	۲۹۸	۶
۳	۹	۲۹۹,۵	۳۱۲,۴	۲۹۸,۴	۲۹۴,۴	۲۹۲,۶	۷
۴,۷	۶,۱	۱۳۰,۲	۱۳۹,۱	۱۲۶,۴	۱۲۶,۲	۱۲۹,۲	۸
۰,۵	۱,۳	۲۴۷	۲۴۷,۵	۲۴۸,۳	۲۴۶,۹	۲۴۵,۳	۹
۱,۷	۴,۳	۲۴۸,۲	۲۵۳,۸	۲۴۸,۵	۲۴۶,۹	۲۴۳,۶	۱۰

انحراف معیارها در محدوده $1,3 \text{ mg/m}^3$ (۰,۵٪) تا $7,5 \text{ mg/m}^3$ (۲,۶٪) بودند. عدم قطعیت استاندارد و عدم قطعیت بسط یافته به ترتیب $2,3 \text{ mg/m}^3$ و $4,6 \text{ mg/m}^3$ هستند.

کتابنامه

- [1] ISO 5725-2, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [2] ISO 9096, Stationary source emissions - Manual determination of mass concentration of particulate matter
- [3] ISO 12039: 2001, Stationary source emissions - Determination of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen - Performance characteristics and calibration of automated measuring system
- [4] ISO/IEG Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [5] EN 13526, Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon in Åue gases from solvent using processes - Continuous Åame ionisation detector method
- [6] EN 15259, Air quality - Measurement of stationary source emissions - Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report
- [7] EN 15267-3, Air quality - Certification of automated measuring systems - Part 3: Performance criteria and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary sources