



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۲۵۴

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

20254

1st.Edition

2016

انتشار از منابع ساکن - تعیین غلظت جرمی  
اکسیدهای نیتروژن - ویژگی‌های عملکردی  
سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار

**Stationary source emissions -  
Determination of the mass concentration  
of nitrogen oxides - Performance  
characteristics of automated measuring  
systems**

**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: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.1294 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](mailto: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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

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

---

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
«انتشار از منابع ساکن-تعیین غلظت جرمی اکسیدهای نیتروژن - ویژگی‌های عملکردی سامانه‌های  
اندازه‌گیری خودکار»

رئیس:

مرادی، هیرش

(کارشناسی ارشد شیمی گرایش پلیمر)

سمت و / یا نمایندگی

شرکت تولیدی صنایع شیمیایی غفاری

دبیر:

حسن‌زاده، شهناز

(کارشناسی بیولوژی)

اداره کل استاندارد استان کردستان

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیمی، فاطمه

(کارشناسی بهداشت حرفه‌ای)

سازمان محیط زیست ایران

احسنی، نبی

(دکتر محیط زیست)

اداره کل محیط زیست استان کردستان

احمدی، جواد

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش محیط

زیست)

مرکز تحقیقات مهندسی محیط زیست دانشگاه صنعتی سهند

تبریز

بطی، فرید

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

اداره کل استاندارد استان کردستان

جواهری، هومن

(کارشناسی ارشد شیمی)

مجمع پتروشیمی کردستان

حاج هادی، مصطفی

(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان تهران

خطیبی، محمد شاکر

(دکتر مهندسی محیط زیست)

عضو هیات علمی گروه آموزشی بهداشت محیط دانشگاه علوم

پزشکی تبریز

اداره کل استاندارد استان کردستان

راه هدایت، فیروزه  
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

اداره کل محیط زیست استان کردستان

شریعتی، ستار  
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

دانشگاه صنعتی سهند تبریز

ظروفچی بنیس، خالد  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش محیط زیست)

آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان تهران

عطری، آرش  
(کارشناسی ارشد آموزش محیط زیست)

شرکت سبک لوله نوین کردستان

فیاضی، فریبا  
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

شرکت صنایع فرآوری پتروشیمی غرب

محمدی، روناک  
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

دانشگاه رازی کرمانشاه

آکو یاری  
(دکترای شیمی آلی)

اداره کل استاندارد استان کردستان

یزدانی، ژیلا  
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ کلیات
۶	۵ تشریح تجهیزات اندازه گیری
۱۹	۶ ارزش عددی ویژگی های عملکردی و کاربرد آنها
۲۱	پیوست الف (الزامی) تعیین خصوصیات عمده ی عملکردی سامانه های اندازه گیری خودکار
۳۰	پیوست ب (اطلاعاتی) خصوصیات عملکردی اضافی
۳۲	کتابنامه

## پیش گفتار

استاندارد «انتشار از منابع ساکن- تعیین غلظت جرمی اکسیدهای نیتروژن - ویژگی‌های عملکردی سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در نودمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ISO 10849:1996- Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides – Performance characteristics of automated measuring systems

## مقدمه

اکسیدهای نیتروژن در بیشتر فرآیندهای احتراق تولید می‌شوند. در طی فرآیند احتراق سوخت‌های فسیلی، از اکسیداسیون نیتروژن موجود در سوخت و نیتروژن موجود در هوای مورد استفاده برای احتراق، اکسیدهای نیتروژن تولید می‌شود. مقدار اکسیدهای نیتروژن تولید شده به محتوای نیتروژن سوخت، طراحی دیگ بخار، طراحی مشعل و شرایط عملیاتی دیگ بخار بستگی دارد.

در گازهای دودکش حاصل از سامانه‌های احتراق متداول، اکسیدهای نیتروژن تقریباً شامل ۹۵٪ مونو اکسید نیتروژن (NO) است. هنگامی که دمای گاز دودکش کاهش می‌یابد، باقیمانده اکسید عمدتاً دی اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>) است که از اکسیداسیون NO تشکیل شده است.

این دو اکسید (NO<sub>2</sub>+NO) به طور کلی به صورت NO<sub>x</sub> در نظر گرفته می‌شوند. شایان ذکر است که در دیگر فرایندها نسبت NO به NO<sub>2</sub> ممکن است متفاوت باشد و سایر اکسیدهای نیتروژن نیز وجود داشته باشد.

راه‌های متعددی برای تعیین اکسیدهای نیتروژن در گازهای سامانه‌های احتراق، شامل روش‌های شیمیایی مرطوب/ تحلیلی و روش‌های قابل استفاده وجود دارد.



## انتشار از منابع ساکن-تعیین غلظت جرمی اکسیدهای نیتروژن - ویژگی‌های عملکردی سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین ساختار اصلی و ویژگی‌های عملکردی سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار اکسیدهای نیتروژن مورد استفاده در ارزیابی از منابع ساکن به عنوان مثال تأسیسات احتراق است. این استاندارد در موارد زیر کاربرد دارد:

- مشخص کردن روش‌های تعیین ویژگی‌های عملکردی؛
- تشریح روش‌ها و تجهیزات برای تعیین  $NO$  یا  $NO_x$  ( $NO+NO_2$ ) در گازهای دودکش شامل سامانه نمونه‌برداری و نمونه‌ی سامانه تهویه‌ی گاز.
- روش‌های تشریح شده در این استاندارد برای دی نیتروژن مونواکسید ( $N_2O$ ) کاربرد ندارد. خصوصیات عملکردی داده شده شامل سامانه‌های کامل اندازه‌گیری، از نمونه‌برداری تا آنالیزور است. عملکردهای ارائه شده نیز شامل سامانه‌های کامل اندازه‌گیری، از نمونه‌برداری تا آنالیزور است. این استاندارد سامانه‌های استخراجی و غیر استخراجی مرتبط با طیفی از آنالیزورهای به کار گرفته شده را تشریح می‌کند که چند نمونه از آن‌ها برای مثال عبارتند از:

- نور تابی شیمیایی؛
- طیف سنجی مادون قرمز غیر پراکنده؛
- طیف سنجی ماوراء بنفش غیر پراکنده؛
- طیف سنجی جذب نوری افتراقی.

یادآوری- دستگاه‌های تجاری مورد استفاده در روش‌های تشریح شده‌ی مورد نیاز این استاندارد در دسترس هستند.

### 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 تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۳۶۹: سال ۱۳۹۲، انتشار از منابع ساکن- دستورالعمل تعیین غلظت جرمی ذرات معلق.

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۴۹: سال ۱۳۹۳، هوای پیرامون- تعیین غلظت جرمی اکسیدهای نیتروژن- روش نورتابی شیمیایی.

2-1 ISO 6879: 1995, Air quality- Performance characteristics and related concepts for air quality measuring methods.

2-2 ISO 9169:1994, Air quality - Determination of performance characteristics of measurement methods.

2-3 ISO 10396: 1993, Stationary source emissions -Sampling for the automated determination of gas concentrations.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

سامانه اندازه‌گیری خودکار (ASM)

#### Automated measuring system (AMS)

سامانه‌ای است که می‌تواند به لوله دودکش متصل شود و بطور مداوم غلظت جرمی اکسیدهای نیتروژن را که از لوله عبور می‌کند، اندازه‌گیری و ثبت کند.

۲-۳

#### آنالیزور

#### Analyser

بخش تحلیلی در یک سامانه اندازه‌گیری خودکار استخراجی است.

۳-۳

سامانه اندازه‌گیری خودکار (ASM) معتبر

#### Verified (AMS)

سامانه اندازه‌گیری خودکار (ASM) که با ویژگی‌های عملکردی تعیین شده در این استاندارد منطبق است.

۴-۳

#### گاز واسنجی

#### Calibration gas

گازی است دارای ترکیب شناخته شده، مطمئن و پایدار که ممکن است برای بررسی واکنش AMS مورد استفاده قرار گیرد و توصیه می‌شود برای واسنجی AMS استفاده شود.

۵-۳

### اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای

#### Comparative measurements

اندازه‌گیری‌هایی هستند که در لوله دودکش مشابه، در تاسیسات نمونه‌برداری مشابه و برای دوره‌ی زمانی مشابه، با AMS تحت آزمون و با روش مقایسه‌ای، مشروط به داشتن مقادیر اندازه‌گیری شده دوتایی انجام گرفته است.

۶-۳

### روش مقایسه‌ای

#### Comparative method

روش آزمون تعریف شده برای اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای انتشارهای منابع ثابت که حاوی اکسیدهای نیتروژن است که می‌تواند یک روش دستی یا AMS تایید شده طبق این استاندارد با اصول اندازه‌گیری متفاوت باشد.

یادآوری- مناسب بودن روش نفتیل اتیلن دی آمین (NEDA) مطابق با [3] به اثبات رسیده است. همچنین، استانداردهای ملی معتبر با ویژگی‌های عملکردی شناخته شده (انحراف معیار، پایین‌ترین حد تشخیص، تأثیر تداخل مواد) ممکن است به کار گرفته شوند.

۷-۳

### انحراف معیار $S_A$

#### Sstandard deviation

اندازه‌گیری دقت کارکرد AMS

انحراف معیار  $S_A$  ناشی از تفاوت مقادیر اندازه‌گیری‌های دوتایی اکسیدهای نیتروژن توسط AMS تحت آزمون و روش مقایسه‌ای است که بر اساس تعداد کافی اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای دوتایی در طول دوره‌ی بدون مراقبت گسترش می‌یابد (به پیوست الف مراجعه شود).

-  $S_C$  انحراف معیار روش مقایسه‌ای است.

-  $S_D$  انحراف معیار مقادیر جفت شده است.

-  $S_X$  انحراف معیار از خوانش شاهد است.

یادآوری-۱- تعیین مستقیم انحراف معیار،  $S_A$  یک AMS تحت شرایط کاری تکرار پذیر یا در محل آزمون به دلایل زیر ممکن نیست:

- مخلوط‌های گاز واسنجی تجاری قابل دسترس حاوی مونواکسید نیتروژن، تمام خواص واقعی گاز پسماند و همه‌ی تاثیرات احتمالی را پوشش نمی‌دهد.

- غلظت اکسیدهای نیتروژن در گاز پسماند معمولاً در طول زمان تغییر می‌کند.  
- امکان حفظ خواص گاز پسماند موجود در گاز پسماند دودکش در نمونه گاز پسماند منتقل شده به مخزن وجود ندارد. بنابراین ارزیابی انحراف معیار  $S_A$  به وسیله‌ی مقایسه با روش دستی مستقل یا آنالیزوری با شناسایی اصول مختلف انجام می‌شود. استفاده از روش مقایسه‌ای در ترکیب با آزمون برای تضمین خطاهای سیستماتیک و درستی دقت سامانه اندازه‌گیری خودکار است.

**یادآوری ۲-** انحراف معیار  $S_A$  اندازه‌گیری دقت کارکرد تحت شرایط محل است. بنابراین، شامل، مجموع خطاهای تصادفی، اثرات مواد مداخله‌گر، اثرات تغییرات دما و هرگونه رانش صفر و گستردگی است زیرا این‌ها در عمل نمی‌توانند حذف شوند.  
انحراف معیار  $S_A$  مقدار محدوده بالایی برای AMS است. خطاهای سیستماتیک شناخته شده‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی روش مقایسه‌ای مستقل، محاسبه شده‌اند.

**یادآوری ۳-** این روش برای یافتن دقت نتیجه اندازه‌گیری در روش اندازه‌گیری خودکار مناسب است. هرچه انحراف معیار طولانی شود، مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی  $S_C$  روش مقایسه‌ای نسبت به انحراف معیار  $S_D$  در مقادیر جفت اندازه‌گیری شده‌های متفاوت کمتر معنی‌دار است.

اگر AMS تحت بررسی به طور قابل توجه‌ای انحراف معیار  $S_A$  کوچک‌تری نسبت به روش مقایسه‌ای  $S_C$  داشته باشد، حتی در صورتی که  $S_A$  عدم قطعیت بزرگی را نیز داشته باشد، باز هم روش فوق می‌تواند استفاده شود. اگر عدم قطعیت در  $S_C$  ناشناخته باشد، بنابراین محدودیت‌های  $S_A$  نمی‌تواند محرز شوند. مقدار  $S_A$  می‌تواند به عنوان ارزیابی کیفی و به جای ارزیابی کمی عملکرد AMS مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۳

**دودکش**

**Chimney**

دودکش یا کانال خروجی نهایی فرایندی ساکن است که برای پراکندگی گازهای باقیمانده استفاده می‌شود.

۹-۳

**غلظت جرمی**

**Mass concentration**

غلظت یک ماده در گاز پسماند خارج شده، که بر حسب میلی‌گرم بر مترمکعب بیان می‌شود.

**یادآوری-** غلظت اکسیدهای نیتروژن می‌تواند بر حسب ppm، میلی‌گرم NO در متر مکعب یا بر حسب میلی‌گرم  $NO_2$  در متر مکعب بیان شود.

$$NO: 1 \text{ ppm (V/V)} = 1/34 \text{ mg/m}^3$$

$$NO_2: 1 \text{ ppm (V/V)} = 2/0.5 \text{ mg/m}^3$$

توصیه می‌شود غلظت‌ها مرتبط با شرایط اتمسفری استاندارد ( ۱۰۱٫۳ kPa و ۲۷۳ k و گاز خشک مرتبط باشد. بسته به مقررات ملی غلظت‌ها باید به حدود غلظت‌های اکسیژن یا کربن دی‌اکسید مرتبط شوند. در این استاندارد همه‌ی غلظت‌های اکسید نیتروژن برحسب میلی‌گرم NO<sub>2</sub> در مترمکعب است.

۱۰-۳

## انتشار از منابع ساکن

### Stationary source emissions

گازهایی که توسط تاسیسات ساکن یا فرایندی خارج می‌شوند و برای پراکنده شدن در جوّ به دودکش منتقل می‌شوند.

۱۱-۳

## منحنی واسنجی

### Calibration curve

منحنی توصیفی که به علائم اندازه‌گیری شده‌ی گاز واسنجی وابسته است.

۱۲-۳

## دوره عملکردی بدون مراقبت

### Period of unattended operation

حداکثر فاصله‌ی زمانی مجاز که در آن خصوصیات عملکردی در یک محدوده‌ی از پیش تعریف شده، بدون خدمات خارجی باقی خواهد ماند، به عنوان مثال، تعویض، واسنجی، تنظیم. (به استاندارد ISO 6879:1995 مراجعه شود).

یادآوری- در پایش بلند مدت تاسیسات، حداقل ۷ روز برای دوره عملکردی بدون مراقبت لازم است.

۱۳-۳

## واسنجی

### Calibration

تنظیم و بررسی AMS قبل از تعیین خصوصیات عملکردی یا قبل از شروع هرگونه اندازه‌گیری NO<sub>x</sub>. بیشتر مراحل واسنجی AMS که مشابه اندازه‌گیری مقایسه‌ای است، ممکن است بخشی از قوانین ملی باشد.

## ۴ کلیات

به وسیله سامانه‌های قابل استخراج، نمونه‌ی معرف گاز با پراب نمونه‌برداری از دودکش گرفته می‌شود و از طریق مسیر نمونه و سامانه تهویه‌ی گاز، نمونه به آنالیزور هدایت می‌شود.

در سامانه‌های غیراستخراجی انتقال هرگونه نمونه‌برداری به خارج از دودکش لازم نیست. برای نصب این سامانه‌ها، یک مکان معرف در دودکش انتخاب می‌شود. در سامانه‌های در محل، نمونه ممکن است بخش بزرگ‌تری از گاز دودکش باشد.

مقادیر آنالیزور به وسیله‌ی پردازش داده‌های الکترونیکی ثبت و/ یا ذخیره می‌شود.

این سامانه‌ها در اینجا فقط سنجش مونواکسید نیتروژن را شرح می‌دهند. اگر با این سامانه‌ها محتوای دی اکسید نیتروژن یا مقدار کل اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) تعیین شوند، یک مبدل برای کاهش دی اکسید نیتروژن به مونواکسید نیتروژن استفاده می‌شود. مبدل ممکن است بخشی مجزا از تجهیزات و یا در داخل آنالیزور NO قرار گرفته باشد.

همچنین سامانه‌هایی وجود دارد که عمدتاً با استفاده از روش فرابنفش می‌توانند مستقیماً غلظت جرمی دی اکسید نیتروژن را نشان دهند. این سامانه‌ها عمدتاً با آنالیزورهای NO ترکیب می‌شوند.

در بیشتر موارد، چنین مطرح شده که فقط مونواکسید نیتروژن اندازه‌گیری شده است، زیرا مقدار  $\text{NO}_2$  ناچیز است. با این حال، در بعضی موارد ممکن است دی اکسید نیتروژن در مقادیر بالا تولید شود که یا با اندازه‌گیری مستقیم یا با استفاده از یک مبدل در محاسبات در نظر گرفته می‌شود. با این حال این نمونه‌برداری، به علت واکنش‌پذیری بالای دی اکسید نیتروژن دشوار می‌شود.

## ۵ تشریح تجهیزات اندازه‌گیری

### ۱-۵ نمونه‌برداری و سامانه‌های تهویه گاز نمونه برای سامانه‌های قابل استخراج

#### ۱-۱-۵ کلیات

شرح مفصل‌تر نمونه‌برداری و نمونه‌ی سامانه‌های تهویه گاز برای روش‌های قابل استخراج در استاندارد ISO 10396:1993 ارائه شده است.

شکل ۱ نشان دهنده‌ی نوعی آرایش در سامانه اندازه‌گیری کامل NO است. این سامانه برای استفاده‌ی کلیه آنالیزورهایی که در زیر بند ۵-۲ شرح داده شده مناسب است.

علاوه بر این آرایش، سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار برای اندازه‌گیری  $\text{NO}_x$  وجود دارد که گاز نمونه را تا بالای نقطه‌ی شبنم آب و اسید (یا نقطه‌ی شبنم سایر مواد چگالی‌پذیر) حرارت می‌دهد تا از اتلاف  $\text{NO}_2$  جلوگیری

شود. در این مورد سامانه می‌تواند ساده شود. حرارت دادن تمامی اجزای حامل نمونه‌ی گاز به آنالیزور تا دمای بالاتر از نقاط شبنم آب و اسید امری مهم بوده و باید انجام شود.

در مواردی که مقادیر بالاتر از  $\text{NO}_2$  در نمونه‌ی گاز وجود دارد، استفاده از یک کولر گازی می‌تواند می‌تواند منجر به خطاهایی در اندازه‌گیری  $\text{NO}_2$  شود که این خطاها ناشی از حلالیت  $\text{NO}_2$  در آب فشرده شده است و به محتوای بخار آب در گاز دودکش بستگی دارد. یک آرایش ممکن، برای جلوگیری از هدر رفت  $\text{NO}_2$  در شکل ۱ نشان داده شده است.

نمونه‌برداری گاز باید معرف این باشد که محل نمونه‌برداری حاکی از نمونه‌ی کل کانال است. معرف بودن محل نمونه‌برداری نیازمند تأیید شبکه‌ی اندازه‌گیری مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد ISO 10396:1993 است. نقاط نمونه‌برداری برای شبکه‌ی اندازه‌گیری باید مطابق با استاندارد ملی ایران، شماره ۱۷۳۶۹: سال ۱۳۹۲، باشد. بررسی معرف بودن باید قبل از اولین نصب سامانه اندازه‌گیری انجام شود و در صورت عدم اطمینان از معرف بودن محل نمونه برداری، این کار باید تکرار شود.

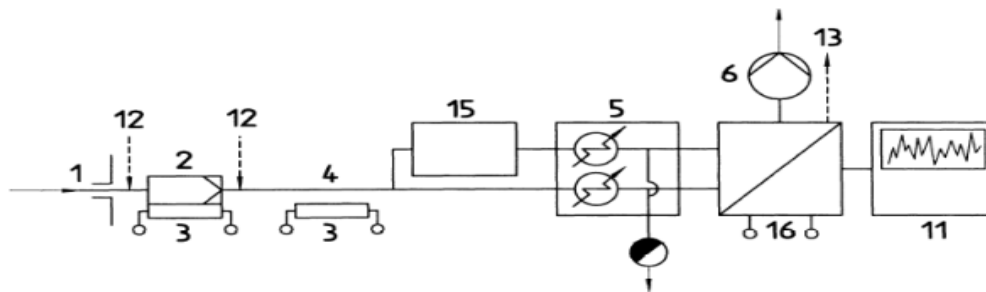
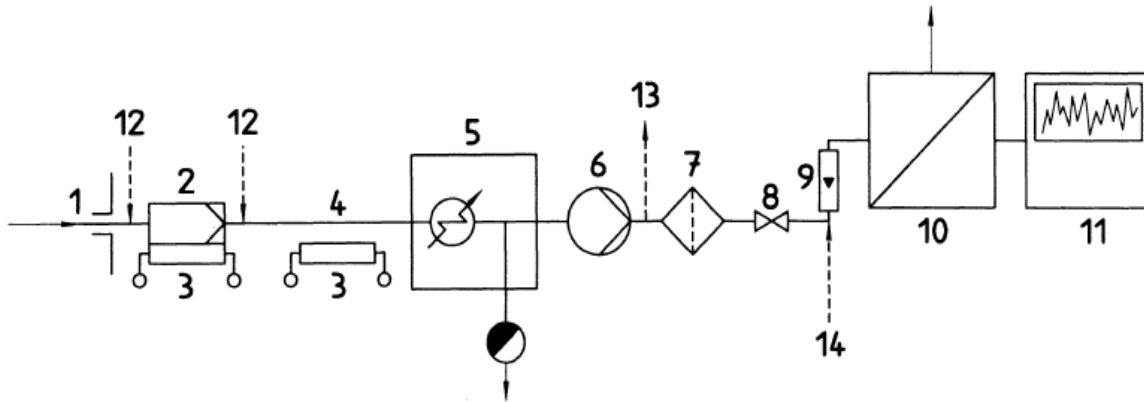
موفقیت آمیز بودن اندازه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از اجزای شرح داده شده در زیر بند ۱-۲-۱-۵ تا زیر بند ۱-۲-۱-۵ به عنوان مثال، برای اندازه‌گیری در گاز، روغن و زغال سنگ گیاهی آزمون و اثبات شده است [به دلیل بالا بودن خوردگی گازهای اسیدی چگالش پذیر مانند ( $\text{SO}_3$ ،  $\text{HCL}$  یا  $\text{NO}_2$ ) لازم است اقدامات احتیاطی رعایت شود].

#### ۲-۱-۵ اجزاء

۱-۲-۱-۵ پراب نمونه‌برداری، ساخته شده از ماده مناسب و مقاوم در برابر خوردگی است. پلی تترافلورو اتیلن (PTFE) برای دمای گاز بالای  $220^\circ\text{C}$  ماده‌ی قابل قبولی است. در دماهای بالای  $250^\circ\text{C}$  فولاد ضد زنگ یا مواد خاص دیگری می‌توانند نسبت  $\text{NO}$  به  $\text{NO}_2$  را تغییر دهند. در این مورد اگر نیاز به تعیین نسبت باشد استفاده از مواد سرامیک یا شیشه‌ای الزامی است. برای حفظ غلظت گاز در گاز دودکش ممکن است خنک کننده لازم باشد.

۲-۲-۱-۵ فیلتر، از سفال یا فلز رسوبی با منافذ  $10\text{ pm}$  ساخته شده است و باید تا دمای بالاتر از نقطه‌ی شبنم آب یا اسید حرارت داده شود.

۳-۲-۱-۵ خط نمونه‌برداری، از جنس PTFE یا فولاد ضد زنگ ساخته شده است. خطوط باید در  $15\text{ K}$  بالای نقطه‌ی شبنم مواد چگالش پذیر بکار گرفته شوند (به طور کلی نقطه‌ی شبنم آب یا اسید). قطر داخلی خط بستگی به مقدار گاز مورد نیاز دارد (حداقل  $4\text{ mm}$  و ترجیحاً  $4\text{ mm}$  تا  $8\text{ mm}$ ).



راهنما:

۱	پراب نمونه برداری گاز	۹	جریان سنج
۲	فیلتر ذرات	۱۰	آنالیزور NO
۳	گرمایش	۱۱	ثبت کننده
۴	خط نمونه برداری (در صورت لزوم گرم شده)	۱۲	ورودی گاز صفر و گاز واسنجی (بهتر است در جلوی فیلتر باشد)
۵	دستگاه جداساز محصول میعان	۱۳	مسیر فرعی گاز اضافی
۶	پمپ نمونه	۱۴	ورودی گاز صفر و گستره برای بررسی تجزیه کننده
۷	فیلتر	۱۵	مبدل
۸	دریچه سوزنی	۱۶	آنالیزور NO <sub>2</sub> /NO

شکل ۱- آرایش سامانه اندازه گیری NO<sub>2</sub>/NO



۴-۲-۱-۵ نمونه خنک کننده یا خشک کن نشستی، برای جدا کردن بخار آب از گاز دودکش است. نقطه شبنم باید به اندازه کافی زیر دمای محیط باشد. دمای مناسب خنک کننده  $2^{\circ}\text{C}$  تا  $5^{\circ}\text{C}$  است. خنک کننده باید توان لازم برای خنک کردن حجم گاز مورد بررسی و محتوای بخار آب موجود در آن را داشته باشد.

طراحی نمونه خنک کننده گازی باید طوری باشد که میزان جذب  $\text{NO}_2$ ، در ماده میعان یافته به حداقل برسد. در این حالت این اطمینان حاصل می شود که میزان هدر رفت  $\text{NO}_2$  در ماده میعان یافته از نمونه‌ی خنک کننده در حداقل مقدار است.

همچنین استفاده از خشک کن نشستی تضمین کننده به حداقل رسیدن اتلاف  $\text{NO}_2$  است.

۵-۲-۱-۵ پمپ نمونه برداری، (ضد زنگ)، که عملکرد آن باید طوری باشد که بتواند اتصال آنالیزور را با جریان گاز مورد نیاز خود فراهم کند. مقدار گاز مورد نیاز که می تواند بین  $30 \text{ l/h}$  تا  $500 \text{ l/h}$  متغیر باشد و مقدار آن به آنالیزور و زمان واکنش مورد نظر بستگی دارد.

۶-۲-۱-۵ فیلتر ثانویه، برای جدا کردن گرد و غبار ریز، با اندازه منافذ  $1 \text{ pm}$  تا  $2 \text{ pm}$  به کار می رود، مثلاً از فیبر (الیاف) شیشه، سرامیک متخلخل، فولاد ضدزنگ یا فیبر PTFE ساخته شده است.

۷-۲-۱-۵ کنترل کننده جریان و جریان سنج، برای تنظیم جریان مورد نیاز و ساخته شده از فولاد ضد زنگ.

۸-۲-۱-۵ مبدل  $\text{NO}_2/\text{NO}$ ، در صورت نیاز به اندازه گیری  $\text{NO}_2$  با استفاده از آنالیزور  $\text{NO}$  استفاده و وجود چنین تبدلی ضروری است. (فقط ممکن است با سامانه های استخراجی ترکیب شود).

انواع مختلف مبدل موجود، برای مثال عبارتند از:

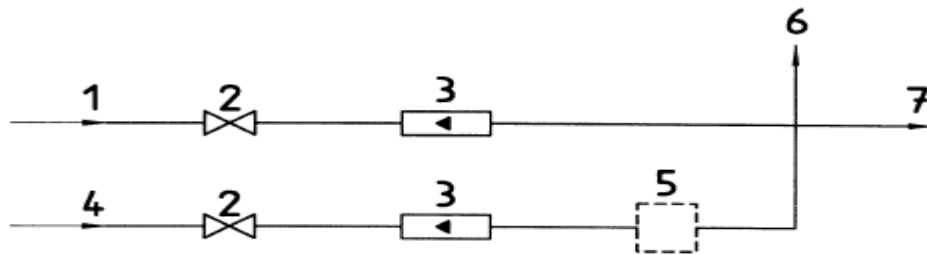
- مبدل کربن
- مبدل کربن-مولیبدنیوم
- مبدل فولاد ضد زنگ
- مبدل حرارتی

در برخی شرایط بعنوان مثال هنگامی که آمونیاک در نمونه‌ی گاز وجود دارد، بسته به دمای عملکردی مبدل، می تواند تداخل رخ دهد. در این موارد لازم است هر احتمالی را هنگام انتخاب نوع مبدل محاسبه کرد.

مبدل می تواند با یک دریچه‌ی سه راهی فرعی منشعب شود. اگر جریان گاز نمونه از طریق مبدل باشد مقدار کل ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) بدست می آید. وقتی مبدل دارای انشعاب است، محتوای  $\text{NO}$  بدست می آید. مقدار  $\text{NO}_2$  را می توان از طریق اختلاف بین غلظت جرمی  $\text{NO}_x$  و  $\text{NO}$  محاسبه کرد.

بازدهی مبدل باید بیشتر از ۹۵٪ باشد تا بتواند با استفاده از گازهای واسنجی حاوی NO<sub>2</sub> در هوای مصنوعی یا با مبدل آزمون کننده بازدهی آزمون شود. این روش با جزئیات در استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۴۶: سال ۱۳۹۳، شرح داده شده است. اگر آنالیزور NO در معرض تداخل با ازن باشد این روش مناسب نیست.

اصول مبدل آزمون کننده بازدهی در شکل ۲ نشان داده شده است. یک جریان ثابت از گاز کالیبره شده با NO با جریان ثابت هوا یا اکسیژن که حاوی مقادیر مختلف ازن تولید شده توسط ژنراتور ازن قابل تنظیم است، مخلوط می‌شود. نتیجه‌ی ترکیب ازن با NO تولید گاز NO<sub>2</sub> است. بنابراین مقدار کل اکسیدهای نیتروژن (NO+NO<sub>2</sub>) ثابت می‌ماند و این در حالی است که نسبت (NO/NO<sub>2</sub>) تغییر می‌کند.



راهنما:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| ۱ | گاز واسنجی NO                  |
| ۲ | دریچه سوزنی                    |
| ۳ | جریان سنج                      |
| ۴ | اکسیژن                         |
| ۵ | مولد ازن (قابل تنظیم)          |
| ۶ | مسیر فرعی گاز اضافی            |
| ۷ | گاز آزمون برای مبدل و آنالیزور |

### شکل ۲- اصول آزمون کننده بازدهی برای مبدل‌های NO<sub>2</sub>/NO

اگر بازدهی مبدل بیشتر از ۹۵٪ باشد، سیگنال آنالیزور با مبدل آزمون شده ترکیب می‌شود و باقیمانده‌ها تقریباً ثابت می‌مانند. فقط وقتی که مولد ازن خاموش باشد، سیگنال همه غلظت‌های مختلف با سیگنال گاز مخلوط حاوی NO مقایسه می‌شود. در هر کدام از غلظت‌های مختلف ازن غلظت NO و (NO+NO<sub>2</sub>) گاز مخلوط باید تعیین شود. N<sub>2</sub>O به NO تبدیل نمی‌شود. دی نیتروژن پنتا اکسید (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) به NO تبدیل می‌شود.

## ۳-۱-۵ رقیق‌سازی

روش رقیق‌سازی، جایگزینی برای پایش گاز داغ یا خشک کردن گاز نمونه است. گاز دودکش را با گاز رقیق سازی که باید عاری از نیتروژن باشند رقیق کنید. نسبت رقیق‌سازی باید مطابق اهداف اندازه‌گیری باشد و با طیف وسیعی از واحدهای تحلیلی سازگار باشد. باقیمانده در طول دوره آزمون باید ثابت بماند. نقطه شبنم آب باید به منظور کاهش خطرات ناشی از میعان در پراپ‌های گاز کاهش یابد. مقادیر اندازه‌گیری شده همیشه مربوط به گاز مرطوب است. آنالیزورهایی که همراه با پراپ‌های رقیق‌سازی استفاده می‌شوند، دارای دامنه‌های اندازه‌گیری خاص برای آنالیزورهای هوای محیط هستند ( $0 \text{ mg/m}^3$  تا  $1 \text{ mg/m}^3$ ،  $5 \text{ mg/m}^3$ ،  $10 \text{ mg/m}^3$  یا  $25 \text{ mg/m}^3$ ).

## ۲-۵ اصول اندازه‌گیری آنالیزورها

مثال‌های زیر اصول خاص یافت شده در آنالیزورهای موجود را توصیف می‌کند. خصوصیات عملکردی شرح داده شده در بند ۶ با تجهیزات موجود و تحولات آینده قابل اجراست.

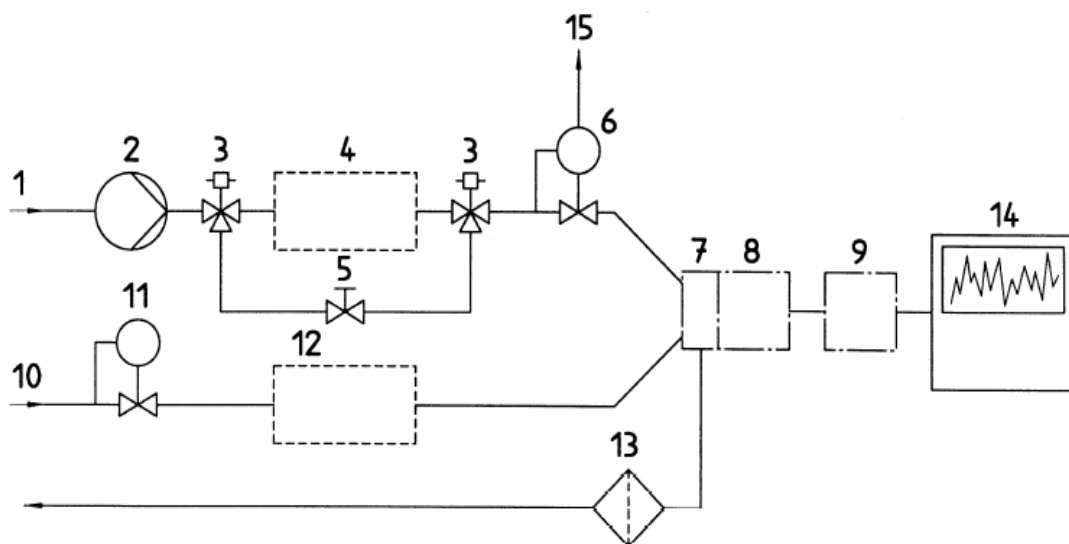
## ۱-۲-۵ روش نورتابی شیمیایی

اصول روش نورتابی شیمیایی برای تعیین غلظت اکسیدهای نیتروژن هوای محیط در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۶۴۶: سال ۱۳۹۳، شرح داده شده است.

اگر NO با ازن ( $O_3$ ) واکنش دهد  $NO_2$  تشکیل می‌شود. بخشی از این  $NO_2$  در حالت برانگیخته شده فتوشیمیایی قرار دارد. مولکول‌های  $NO_2$  هنگام بازگشت به حالت اولیه می‌توانند در طول موج ۳۰۰ nm تا ۵۹۰ nm تابش نور داشته باشد. شدت این نور بستگی به محتوای NO دارد و تحت تأثیر فشار و حضور سایر گازها است. شکل ۳ آرایش اولیه آنالیزور نورتابی شیمیایی را نشان می‌دهد.

فشار اتمسفر و فشار پایین آنالیزورها بستگی به فشار محفظه‌ی واکنش دارد. برخی از آنالیزورها از مبدل‌های  $NO_2/NO$  ساخته شده‌اند و به دلیل ساختار آن‌ها، سیگنال‌های NO،  $NO_x$  و  $NO_2$  را به صورت هم‌زمان یا پی در پی ارائه می‌دهند.

دامنه‌ی اندازه‌گیری نورتابی شیمیایی آنالیزورها برای تعمیم اندازه‌گیری انتشار از  $10 \text{ mg/m}^3$  تا  $20000 \text{ mg/m}^3$  است. حداقل دامنه‌ی اندازه‌گیری برای پاسخگویی به ویژگی‌های عملکردی این استاندارد  $0 \text{ mg/m}^3$  تا  $10 \text{ mg/m}^3$  است.



راهنما:

۱	ورودی نمونه	۹	دستگاه الکترونیکی
۲	فیلتر ذرات پمپ نمونه	۱۰	ورودی اکسیژن
۳	دریچه مغناطیسی	۱۱	تنظیم کننده فشار
۴	مبدل $\text{NO}_2 / \text{NO}$	۱۲	تنظیم کننده ازن
۵	تنظیم کننده جریان	۱۳	فیلتر ازن
۶	تنظیم کننده فشار	۱۴	سیگنال
۷	محفظه واکنش	۱۵	مسیر فرعی
۸	نورتابی		

شکل ۳- آرایش پایه‌ای یک آنالیزور نورتابی شیمیایی

به علت وجود گاز کربن دی اکسید ( $\text{CO}_2$ ) در نمونه‌ی گاز امکان تداخل وجود دارد، به ویژه در حضور بخار آب که منجر به فروکشی نورتابی شیمیایی می‌شود، احتمال این تداخل بیشتر می‌شود. شدت فروکشی به غلظت  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  و نوع آنالیزور استفاده شده بستگی دارد. هرگونه اصلاحات لازم در خروجی آنالیزور باید ایجاد شود. این اصلاحات یا به وسیله منحنی‌های تصحیح تأمین شده توسط تولیدکنندگان این خروجی‌ها ایجاد می‌شود یا با استفاده از کالیبره کردن آن توسط گازهای حاوی غلظت‌های تقریباً یکسان از  $\text{CO}_2$  به عنوان گاز نمونه، انجام می‌شود.

## ۵-۲-۲ روش مادون قرمز غیرپراکنده (NDIR)<sup>۱</sup>

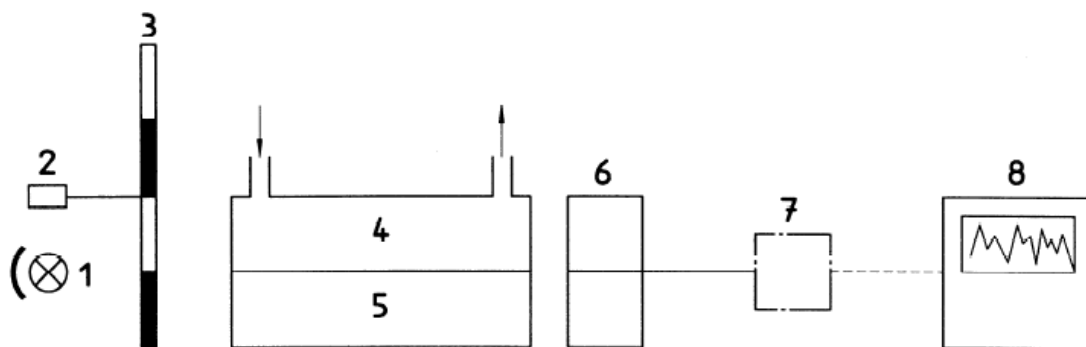
رایج‌ترین کاربرد روش IR<sup>۲</sup> بکارگیری آنالیزورها مطابق روش NDIR است. گازهایی که از مولکول اتم‌های مختلف تشکیل شده است، نور دارای طول موج مشخص در محدوده طیفی مادون قرمز را جذب می‌کنند. با روش NDIR تجزیه طیف اشعه‌ی مادون قرمز حذف شده و کل جذب مولکول  $\nu_{\max}=1876 \text{ cm}^{-1}$  ( $5.3 \mu\text{m}$ ) - برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

شکل ۴ نمونه‌ای از یک تجزیه‌کننده‌ی NDIR را نشان می‌دهد.

اشعه منتشر شده از منبع IR به دو پرتو تقسیم می‌شود و پس از تنظیم، یکی از پرتوها از سل اندازه‌گیری و دیگری از سل منبع که حاوی گاز IR غیرفعال (معمولاً نیتروژن است) عبور می‌کند.

اگر نمونه گاز شامل NO باشد مقداری از انرژی IR جذب می‌شود و تفاوت انرژی IR دریافتی آشکارساز، متناسب با مقدار NO موجود است. آشکارساز طراحی شده تنها به طول موج‌های خاص NO حساس است.

آرایش خاص روش NDIR روش همبستگی فیلتر گاز است.



راهنما:

۱	منبع روشنایی	۵	سل مرجع
۲	موتور مقسم	۶	آشکارساز
۳	صفحه چرخنده مقسم	۷	اجزای الکترونیکی
۴	سل اندازه‌گیری	۸	سیگنال

شکل ۴- نمونه‌ی آنالیزور NDIR

1 - Non-dispersive infrared method  
2 - Infrared

حداقل دامنه‌ی اندازه‌گیری بین  $200 \text{ mg/m}^3$  تا  $0 \text{ mg/m}^3$  امکان‌پذیر است. هر آنالیزوری می‌تواند تنها برای دامنه‌ی غلظت برنامه‌ریزی شده استفاده شود. در این روش ایجاد تداخل به ویژه با بخار آب ممکن است.

### ۵-۲-۳ روش ماوراءبنفش غیرپراکنده (NDUV)<sup>۱</sup>

سامانه تشریح شده مثال بارز کاربردی روش NDUV است، ولی سامانه‌های دیگر هم وجود دارد.

اساس این روش شدت جذب یک رشته چندتایی بیرون آمده از لامپ تخلیه کاتدی از طریق مونواکسید نیتروژن NO در نمونه‌ی گاز است. شکل ۵ اساس آرایش آنالیزور را نشان می‌دهد.

لامپ تخلیه کاتدی با نیتروژن و اکسیژن پر می‌شود و یک خط چند رشته‌ای ویژه NO در دامنه‌ی  $226 \text{ nm}$  از خود ساعت می‌کند. این پرتو شامل خطوط موج است که توسط NO و خطوط غیر موج جذب می‌شود. چرخش دوار برشگر با دو سل به لامپ تخلیه کاتدی متصل است. یکی از این سل‌ها با NO غلیظ پر می‌شود و دیگری خالی است. خطوط موج پرتوها از طریق سلی که با NO پر شده فیلتر می‌شوند. بنابراین به طور متناوب دو پرتو به دست می‌آید. یکی پرتو اندازه‌گیری خطوط موج و غیر موج و دیگری پرتو مرجع از خطوط غیر موج. فقط دامنه‌ی نزدیک به  $226 \text{ nm}$  از طریق فیلتر تداخل ثانوی با پهنای باند چند نانومتر انتقال می‌یابد. دو پرتو به طور متناوب از طریق آینه نیمه تراوای نصب شده روی موج‌یاب مرجع و موج‌یاب اندازه‌گیری باهم برخورد می‌کنند. NO در نمونه گاز خطوط موج را مطابق پرتو اندازه‌گیری جذب می‌کند که این جذب بستگی به غلظت NO دارد. بنابراین، چهار سیگنال در دو موج‌یاب وجود دارد که در میکروکامپیوتر پردازش می‌شوند. سیگنال، ناشی از سنجش غلظت NO است. همچنین میکروکامپیوتر، سیگنال‌ها را به خروجی خطی تبدیل می‌کند. حداقل دامنه اندازه‌گیری ممکن در این روش  $0 \text{ mg/m}^3$  تا  $200 \text{ mg/m}^3$  است. وسایل UV می‌توانند به دلیل تداخل ناشی از  $\text{SO}_2$  در نمونه گاز آسیب ببینند. این تداخل می‌تواند با تنظیمات داخلی در آنالیزورها به حداقل برسد. علاوه بر این حضور  $\text{NO}_2$  یا ترکیبات آروماتیک در نمونه ممکن است سبب تداخل اندکی شود.

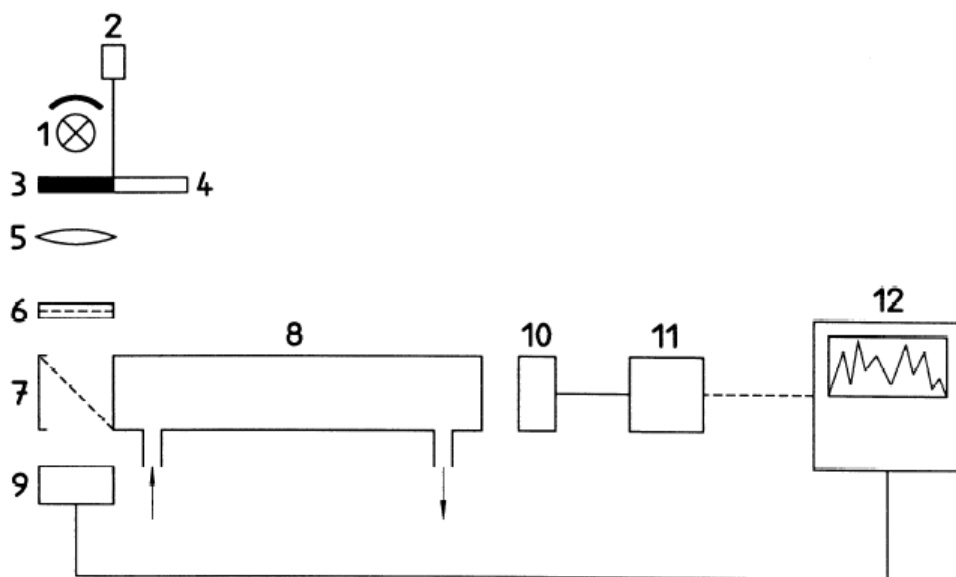
### ۵-۲-۴ روش غیر استخراجی (درمحل)

دو نوع مختلف روش در محل وجود دارد:

- روش پیمایش (مسیر نمایشگر)

- روش نقطه‌ای

سیگنال‌های ناشی از وسایل در محل همیشه مربوط به گاز مرطوب است. اگر نتیجه اندازه‌گیری مربوط به گاز باشد، فاکتور همبستگی مورد نیاز است.



راهنما:

۱	لامپ تخلیه کاتدی	۷	بازتاب نیمه تراوا
۲	موتور	۸	سل اندازه گیری
۳	سل NO	۹	آشکارساز مرجع
۴	سل خالی	۱۰	آشکارساز اندازه گیری
۵	اختریاب	۱۱	اجزای الکترونیکی
۶	فیلتر تداخل	۱۲	سیگنال

شکل ۵- نمونه‌ی آنالیزور NDUV

#### ۱-۴-۲-۵ روش پیمایش

روش پیمایش نسبت به روش نقطه‌ای دارای حجم بیشتری از گاز پسماند است. مستقیماً از یک حالت نوری در مجرای گازی پخش کننده استفاده می‌شود که شامل دو مدل است، اولی مدل انتشار تابش و دومی اطمینان از برخورد تابش‌ها بعد از عبور از گاز حاوی نیتروژن اکسید است.

مثال‌های داده شده در زیر بندهای ۱-۴-۲-۵ و ۲-۵-۴-۱-۲ به طور خلاصه ویژگی‌های عملکردی دو ابزار را در این استاندارد تشریح می‌کنند.

شکل ۶ که نمونه بارزی برای مسیر مانیتورهاست نشان دهنده‌ی اصول ابزار اولیه است. ۱-۴-۲-۵-۱

این ابزار در بخش طیف ماوراء بنفش یعنی در دامنه‌ی ۲۱۸ nm تا ۲۳۳ nm استفاده می‌شود. سایر گازها غیر از NO و SO<sub>2</sub> در این دامنه‌ی طول موج فاقد جذب هستند یا فقط دارای ضریب جذب خیلی کم یا ثابت هستند. این سامانه متشکل از واحدهای عمده زیر است:

واحد اصلی نوری، واحد بازتابنده، جعبه کنترل و دو واحد پاکسازی.

لامپ دوتریوم به عنوان منبع نور و تشعشع در پهنای باند از اشعه ماوراء بنفش تا دامنه‌ی قابل رویت استفاده می‌شود. با استفاده از یک شبکه ویژه، تابش در دامنه‌ی طول موج ۲۱۸ nm تا ۲۳۳ nm انتخاب می‌شود. موج‌یاب، آرایه‌ای از دیودهای نوری است. علاوه بر این، شدت نور تابیده شده از پرتو نوری که از دودکش عبور می‌کند، با موج‌یاب مرجع اندازه‌گیری می‌شود.

غلظت NO با استفاده از شدت سیگنال‌های مختلف، طیف تابش NO ذخیره شده و دمای گاز دودکش مرجع محاسبه می‌شود.

کاربرد دامنه به قطر دودکش بستگی دارد. حداقل دامنه‌ی اندازه‌گیری ممکن است ۰ mg/m<sup>3</sup> تا ۱۵۰ mg/m<sup>3</sup> باشد.

دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>) ممکن است یک مداخله‌گر باشد که می‌تواند با این روش هم اندازه‌گیری شود.

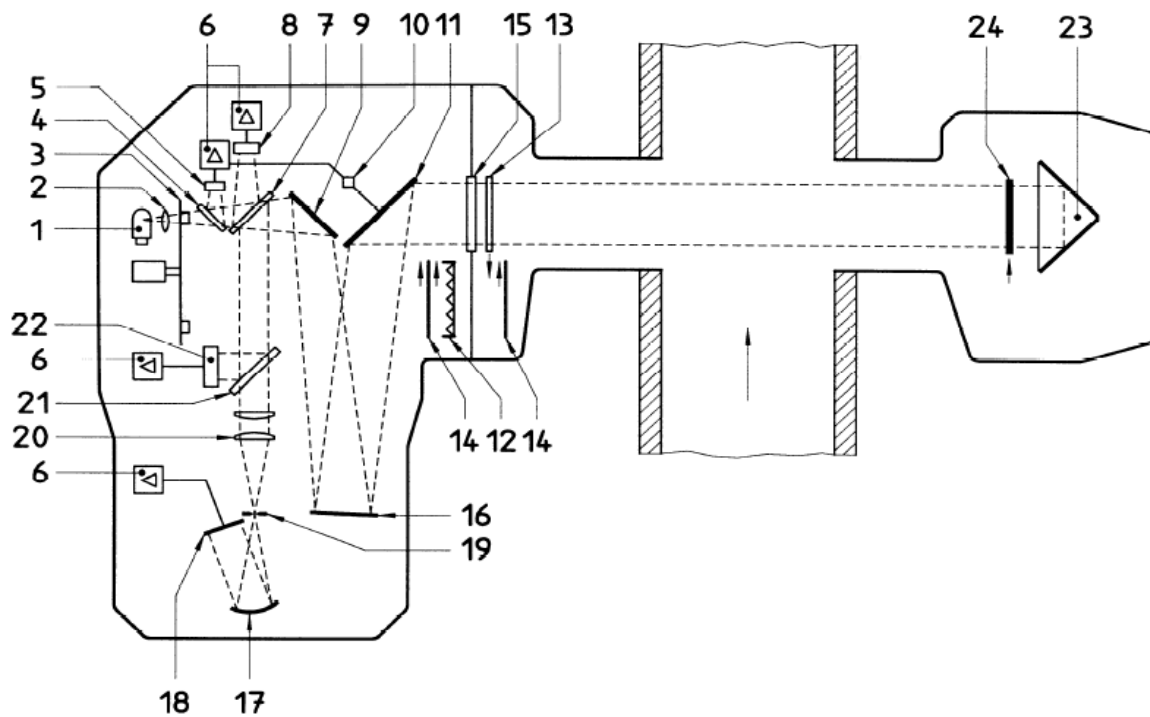
۲-۱-۴-۲-۵ یکی دیگر از اصول جذب UV، طیف بینی جذب نوری افتراقی (DOAS) است.

آنالیزورها، کل طیف جذب را در دامنه‌ی ۲۰۰ nm تا ۳۰۰ nm اندازه‌گیری می‌کنند. طیف به دست آمده با قانون ریاضی با طیف ذخیره شده منبع نوری مقایسه می‌شود و طیف جذب افتراقی محاسبه می‌شود. این محاسبه اساس محاسبه‌ی غلظت ترکیب/ترکیبات است.

غلظت NO<sub>2</sub> و سایر گازها را نیز می‌توان با این روش محاسبه نمود.

حداقل دامنه‌ی اندازه‌گیری برای NO و NO<sub>2</sub> ۰ mg/m<sup>3</sup> تا ۱۵۰ mg/m<sup>3</sup> است.





راهنما:

۱	لامپ دوتریوم	۱۳	پنجره گردان
۲	خنک کننده (کندانسور)	۱۴	دیافراگم
۳	چرخ فیلتر و فیلترهای کنترل	۱۵	جلو پنجره
۴	شکنده پرتو	۱۶	آینه واقعی
۵	محل سنسور	۱۷	آینه شبکه‌ای مقعر
۶	تقویت کننده اولیه	۱۸	ترتیب آشکارساز
۷	شکنده پرتو	۱۹	چند رنگی (مدخل شکاف)
۸	آشکارساز مرجع	۲۰	خنک کننده
۹	آینه انحراف	۲۱	شکنده پرتو
۱۰	آینه کنترل موتور	۲۲	دیود نوری (غبار)
۱۱	آینه تصحیح	۲۳	بازتابنده سه گانه
۱۲	بازتابنده نقطه صفر	۲۴	شیشه گردان

شکل ۶- مثالی از یک نمایشگر در محل (مسیر نمایشگر)

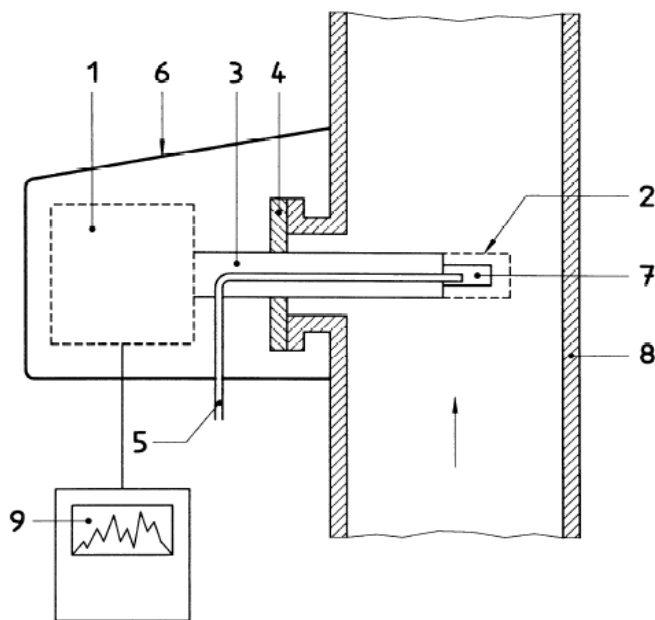
## ۲-۴-۲-۵ روش نقطه‌ای

در این روش نمایشگر گاز دودکش نیز مستقیماً به جریان گاز تجزیه می‌شود. پراب اندازه‌گیری وارد گاز مصرفی می‌شود و غلظت گاز از طریق سل موجود در طول کوتاه مسیر که در انتهای پراب جاسازی شده اندازه‌گیری می‌شود. این سامانه در شکل ۷ نشان داده شده است.

اصول اندازه‌گیری همان روش طیف سنجی ( به عنوان مثال اشعه‌ی ماوراء بنفش ترکیب شده با روش مشتق دوم یا مادون قرمز) یا روش الکتروشیمیایی است.

سل اندازه‌گیری گرد و غبار به وسیله‌ی فیلتر متخلخل (سرامیک یا فلز) محافظت می‌شود و از طریق پراب به واحد فرستنده و گیرنده متصل شده است. شناسایی نقطه صفر و ظرفیت گازها در سل اندازه‌گیری با خط واسنجی امکان‌پذیر است.

دمای گاز دودکش می‌تواند تا حدود  $350^{\circ}\text{C}$  بالا رود (روش مادون قرمز).



راه‌نما:

۱	دستگاه گیرنده- فرستنده	۶	محافظ هود
۲	فیلتر پراب	۷	سل اندازه‌گیری
۳	پراب	۸	کانال یا دودکش
۴	پایه پراب	۹	ثبت کننده داده‌ها
۵	خط گاز واسنجی		

شکل ۷- مثالی از یک نمایشگر در محل (نمایشگر نقطه‌ای)

## ۶ ارزش عددی ویژگی‌های عملکردی و کاربرد آن‌ها

هنگامی که اندازه‌گیری مطابق با روش‌های مربوطه ارائه شده در پیوست الف انجام شود، ویژگی‌های عملکردی سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار باید با الزامات ارائه شده در جدول ۱ مطابقت داشته باشد.

جدول ۱- ویژگی‌های اصلی عملکرد سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار اکسیدهای نیتروژن

روش آزمون <sup>a</sup> (به پیوست الف مراجعه شود)	مقدار عددی	خصوصیات عملکردی
طبق زیر بند الف ۴-۲-۱-۱	کمتر یا مساوی ۲٪ <sup>b</sup>	پایین‌ترین حد تشخیص
طبق زیر بند الف ۴-۲-۱-۲	کمتر یا مساوی ۴٪± <sup>cdb</sup>	تداخل مخلوط
طبق زیر بند الف ۴-۲-۱-۳	کمتر یا مساوی ۲۰۰ ثانیه	زمان واکنش
طبق زیر بند الف ۴-۲-۲-۲	کمتر یا مساوی ۵٪± <sup>db</sup>	انحراف معیار، S <sub>A</sub> (مقایسه با روش دستی مستقل یا آنالیزوری با اصول آشکارسازی متفاوت)
<p>a این‌گونه ویژگی‌های عملکردی در تأسیساتی که در آن نسبت NO/NO<sub>2</sub> بالاست تعیین می‌شود.</p> <p>b به عنوان درصد انحراف در مقیاس کامل است.</p> <p>c مواد اصلی مزاحم در گاز دودکش ناشی از احتراق در تأسیسات CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O هستند و در غلظت‌های کمتر NH<sub>3</sub> است. اگر بخار آب (به عنوان مثال درمحل) از گاز دودکش زغال سنگ یا کوره‌های زباله سوز حذف نشود ممکن است HCL و HF هم حضور داشته باشند. در موارد خاص سایر مواد مزاحم (مانند سیانید یا N<sub>2</sub>O) ممکن است وجود داشته باشد.</p> <p>d به بند ۳-۷ مراجعه شود.</p>		

همراه با دامنه‌ی اندازه‌گیری در جدول ۲، مقادیر جدول ۱ جدیدترین تکنولوژی منابع انتشار اندازه‌گیری اکسیدهای نیتروژن را نشان می‌دهد.

ویژگی‌های عملکردی باید با تجهیزات اندازه‌گیری قابل استفاده مشخص شوند. انحراف معیار، S<sub>A</sub> باید تحت شرایط عادی ماشین در حین اندازه‌گیری تعیین شود. ترجیحاً در نوع تأسیسات مورد نظر سایر ویژگی‌ها می‌تواند در تأسیسات یا محل آزمون تعیین شود.

**یادآوری ۱-** جدول ب-۱ ویژگی‌های عملکردی اضافی را ارائه می‌کند که راهنمایی برای تسهیل انطباق ویژگی‌های عملکردی ارائه شده در پیوست ب جدول ۱ است. جدول ۲ امکاناتی ارائه می‌دهد که در آن مقدار ویژگی‌های عملکردی داده شده در جدول ۱ استفاده و تایید شده است و نیز به عنوان دامنه‌ی اندازه‌گیری قابل اجراست.

**یادآوری ۲-** نتیجه اندازه‌گیری (عاری از خطاهای سیستماتیک شناخته شده، مطابق آزمون زیر بند الف ۴-۲-۲) در دامنه‌ی شامل مقدار واقعی اندازه‌گیری فرض شده است. تفاوت بین حد بالای این دامنه و مقدار اندازه‌گیری شده یا تفاوت بین مقدار اندازه‌گیری شده و حد پایین این دامنه عدم قطعیت اندازه‌گیری نامیده می‌شود.

با فرض اینکه تجهیزات اندازه‌گیری مطابق با ویژگی‌های عملکردی داده شده در جدول ۱ باشد، اندازه‌گیری عدم قطعیت کمتر از ۱٪± در رابطه با مقیاس کل (۹۵٪ قطعیت آماری) می‌تواند یافت شود.

عدم قطعیت مقدار اندازه‌گیری شده را می‌توان به وسیله‌ی ضرب عدم قطعیت ذکر شده در بالا در مقیاس کل، تقسیم بر مقدار اندازه‌گیری شده محاسبه کرد.

**یادآوری ۳-** ویژگی‌های عملکردی نشان داده شده در جدول ۱ بر اساس انجام اندازه‌گیری‌های متعدد با سامانه‌های اندازه‌گیری قابل استخراج و با استفاده از آنالیزورهای نورتابی شیمیایی، روش NDIR یا NDUV و نیز با آنالیزورهای در محل (روش پیمایش) است.

امکاناتی که خصوصیات عملکردی آن طبق این استاندارد در جدول ۱ ارائه شده، در دامنه‌ی مناسب در جدول ۲ ذکر شده است.

**جدول ۲- امکانات و دامنه‌ی اندازه‌گیری**

وسيله	دامنه‌ی اندازه‌گیری <sup>a</sup> NO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>
کوره برای زغال سنگ سخت	۰ تا ۲۰۰۰
کوره برای سوخت نفت سنگین	۰ تا ۱۰۰۰
کوره برای گازهای طبیعی	۰ تا ۲۰۰
کوره برای مواد پسماند	۰ تا ۶۵۰
گاز دودکش ناشی از کوره زباله سوز برای پسماند و زغال سنگ سخت ترکیب شده	۰ تا ۳۰۰۰
کوره سیمان	۰ تا ۲۵۰۰
موتور دیزل	۰ تا ۵۰۰۰
موتور دیزل در ترکیب با کاتالیزور دی نیترژن اکساید	۰ تا ۶۰۰
موتور گاز	۰ تا ۳۰۰۰
توربین گاز	۰ تا ۳۰۰
یادآوری- هنگامی که تجربه کافی از انواع جدید تاسیسات، مشعل‌های جدید و/ یا دامنه‌ی اندازه‌گیری متفاوت در دسترس باشد، دامنه‌ها و برنامه‌های کاربردی ممکن است گسترش یابد.	
a مربوط به ۱۰۱,۳ kPa، ۲۷۳ K و گاز خشک است.	

## پیوست الف

### (الزامی)

#### تعیین خصوصیات عمده‌ی عملکردی سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار

##### الف-۱ دامنه کاربرد

این پیوست روش‌هایی را برای اندازه‌گیری خصوصیات عمده عملکردی AMS در دامنه‌ی بین  $0 \text{ mg/m}^3$  تا  $200 \text{ mg/m}^3$  و  $0 \text{ mg/m}^3$  تا  $5000 \text{ mg/m}^3$  NO برای گازهای دودکش شرح می‌دهد.

هنگام تعیین خصوصیات عملکردی، در مرحله اول واسنجی سامانه اندازه‌گیری انجام می‌شود. هر روش واسنجی با استفاده از گازهای واسنجی شروع می‌شود. روش استفاده از گاز واسنجی با جزئیات در زیر بند الف-۴-۱ شرح داده شده است.

**یادآوری ۱-** جزئیات بیشتر مراحل واسنجی اغلب توسط مقررات بین‌المللی ارائه شده است که موضوع این استاندارد نیست.

بسته به مقررات بین‌المللی، از مقایسه‌ی اندازه‌ها نیز می‌توان استفاده کرد. استفاده از مقایسه‌ی اندازه‌ها زمان بر و پرهزینه‌تر از روشی است که فقط از گازهای واسنجی استفاده می‌شود. زمانی که نتایج نیاز به دقت بالایی داشته باشند، روش‌های مقایسه‌ای ترجیح داده می‌شود، مثلاً هنگام نصب تجهیزات پایش پیوسته در منابع بزرگ. این امر ممکن است در زمان نصب یک سامانه و مجدداً بعد از چندین سال عملیات انجام شود.

در صورت استفاده متناوب از AMS، فقط واسنجی گازها استفاده می‌شود.

جدول ۲ فهرستی از کاربردهای تایید شده‌ی سامانه اندازه‌گیری  $\text{NO}_x$  را بدون ارجاع به AMS تعریف شده، ارائه می‌کند. برای AMS جدید یا برای AMS که فاقد اطلاعات است، ویژگی‌های عملکردی AMS باید برای کاربرد جدید مورد نظر ارزیابی شود. ویژگی‌های عملکردی برای AMS تعریف شده اغلب ممکن است، از کارکردی به کارکرد دیگر منتقل شود.

##### الف-۲ کلیات

مقادیر عددی ویژگی‌های عملکردی سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار با استفاده از دستگاه کامل اندازه‌گیری ارزیابی می‌شود. جایی که در آن استثناء وجود دارد، دقت لازم نشان داده شده است. سه ویژگی اصلی عملکرد مانند حد آشکارسازی پایین‌تر، زمان پاسخ و تأثیر مواد مداخله‌گر، با استفاده از گازهای دارای غلظت مشخص در محل یا در محل آزمون تعیین می‌شوند. در سامانه‌های قابل استخراج، این گازها در شروع خط نمونه‌برداری AMS معرفی می‌شوند.

انحراف معیار "SA"، از AMS در محل با مقایسه اندازه‌گیری‌هایی که با استفاده از روش دستی یا AMS تایید شده، با اصول مختلف تشخیص تعیین می‌شود.

برای تعیین انحراف معیار  $S_A$  از AMS، روی کانال یا دودکش AMS مورد نظر نصب می‌شود و واکنش آن به شرایط مختلف پردازش با تعداد نمونه دستی (به عنوان مثال مخلوط کردن نمونه برداری و آنالیز بیش از حداقل ۷۰٪ دامنه‌ی AMS، اگر غلظت گاز پسماند واقعی بیش از این محدوده گسترش یابد) یا با خروجی دیگر AMS با اصول اندازه‌گیری مختلف مقایسه می‌شود.

غلظت  $NO_x$  اغلب فقط در دامنه‌ی کوچکی می‌تواند تغییر کند. بنابراین  $S_A$  به طور عمده نزدیک به سطح غلظت نرمال شرایط عملیاتی تعیین می‌شود. فهرست داده‌های به دست آمده برای تعیین ویژگی‌های عملکردی معین، در جدول ۱ و جدول ب-۱ استفاده می‌شوند.

### الف-۳ واکنشگرها

#### الف-۳-۱ گاز صفر

گاز صفر باید گازی باشد که اکسید نیتروژن ندارد. برای مثال مطابق اصول فنی نیتروژن خالص شده است یا هوایی که عاری از اکسیدهای نیتروژن است.

#### الف-۳-۲ گازهای واسنجی

گاز واسنجی اصلی استفاده شده باید دارای غلظت معتبر باشد و قابل ردیابی به یک استاندارد ملی باشد.

#### الف-۴ روش‌های انجام آزمون

##### الف-۴-۱ بررسی‌های واسنجی

سامانه‌های اندازه‌گیری خودکار قابل استخراج با واسنجی اساسی و منحنی واسنجی آنالیزور توسط تولید کننده ارائه می‌شوند. سامانه‌های غیراستخراجی که قبلاً کالیبره شده‌اند باید در محل نیز کالیبره شوند.

تنظیمات دو نقطه‌ای (صفر و گستره) آنالیزورها تنها بررسی ساده‌ای است که می‌تواند توسط کاربران انجام شود. اطلاعات در مورد وضعیت AMS مجوزهای بررسی انجام شده روی AMS است. اطلاعات بیشتر، از بررسی کل مقیاس آنالیزور به دست آمده است.

در صورت استفاده‌ی مداوم (به بند الف-۴-۱-۱ مراجعه شود) باید در فواصل زمانی منظم ارائه شده توسط دوره عملکردی بدون مراقبت (مثلاً هفتگی) تنظیمات آنالیزور با گازهای واسنجی بررسی شود. دقت انحراف مقیاس کل باید در فواصل زمانی طولانی‌تر (مثلاً سالانه) یا بعد از تعمیر آنالیزور بررسی شود.

در مورد خلاصه اندازه‌گیری‌های متناوب، آنالیزور باید قبل از هرگونه استفاده با گازهای واسنجی مجدداً کالیبره شود.

#### الف-۴-۱-۱ تنظیم‌های آنالیزور

تنظیم آنالیزور مطابق دستورالعمل کارخانه‌ی سازنده است. گاز صفر (به زیر بند الف-۳-۱ مراجعه شود) را به داخل آنالیزور تزریق کنید و روی صفر تنظیم کنید. سپس گاز واسنجی (به زیر بند الف-۳-۲ مراجعه شود) که دارای غلظت شناخته شده‌ی تقریباً ۷۰٪ تا ۸۰٪ انحراف در مقیاس کل آنالیزور است را وارد کنید و مقیاس خوانش دستگاه را تنظیم کنید. در مرحله‌ی بعد، یک بار دیگر گاز صفر را در آنالیزور وارد کنید و بررسی کنید تا خوانش دستگاه صفر شود. اگر صفر نشد، مجدداً دستگاه را روی صفر تنظیم و عمل را تکرار کنید.

**یادآوری-** برای وسایل غیراستخراجی (مسیر نمایشگر)، تنظیم آنالیزور به عنوان بخشی از AMS کاربرد ندارد. نمایشگرهای نقطه‌ای، توانایی تغذیه گاز صفر و گستره را به داخل سل اندازه‌گیری دارند.

#### الف-۴-۱-۲ بررسی تنظیم AMS

روش‌های شرح داده شده در زیر بند الف-۴-۱-۱ را مجدداً انجام دهید، اما این بار از کل AMS استفاده کنید. برای AMS استخراجی گاز صفر و گاز واسنجی را تا حد امکان نزدیک به نازل (در صورت امکان در مقابل فیلتر) وسیله اندازه‌گیری وارد کنید. به این ترتیب تأثیر سامانه نمونه‌برداری در محاسبه در نظر گرفته می‌شود.

برای AMS غیراستخراجی، مطابق دستورالعمل تولید کننده عمل کنید. این روش‌ها شامل استفاده از یک لوله به همان طولی است که در مسیر اندازه‌گیری در محل استفاده شده و بین منبع تشعشع و گیرنده یا سل‌های گیرنده مخصوص جذب قرار داده شده و توسط سازنده عرضه شده است.

#### الف-۴-۱-۳ بررسی دقت انحراف مقیاس کل آنالیزور

به منظور بررسی مقیاس کل تجهیزات اندازه‌گیری با منحنی خطی واسنجی، روش انجام کار در زیر بند الف-۴-۱-۱ شرح داده شده است اما از ۵ سطح یکنواخت غلظت گاز واسنجی توزیع شده (حدود ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۹۰٪ انحراف مقیاس کل) استفاده می‌شود. برای به دست آوردن این غلظت‌ها به تدریج گاز واسنجی (به زیر بند الف-۳-۲ مراجعه شود) برای اهداف تنظیمی رقیق می‌شود (به زیر بند الف-۴-۱-۱ مراجعه شود).

**یادآوری ۱ - ISO/TC 158** استاندارد تجزیه و تحلیل گازها و آماده‌سازی استانداردها برای تهیه مخلوط گاز واسنجی است. در این استاندارد، از ISO/CD 6145-2 استفاده شده است.

در مورد منحنی واسنجی غیرخطی حداقل ۱۰ غلظت مورد نیاز است.

یک روش دقیق ریاضی برای آزمون فرضیه‌ی خطی در استاندارد ISO 9169:1994 ارائه شده است. هرچند این روش فقط یک نتیجه بله یا خیر را ارائه می‌دهد که نمی‌تواند برای تعیین انحراف منحنی واسنجی استفاده شود (برای استفاده‌ی متداول، خطی بودن قابل قبول است اگر انحراف هر مقدار اندازه‌گیری شده‌ی منحنی واسنجی از  $\pm 2\%$  مقیاس کامل بزرگ‌تر نباشد).

**یادآوری ۲** - ورودی گاز واسنجی برای بررسی مقیاس کل به طور مستقیم می‌تواند در مقابل آنالیزور قرار گیرد زیرا منحنی واسنجی تنها به آنالیزور وابسته است.

#### الف-۴-۲ تعیین ویژگی‌های عملکرد

#### الف-۴-۲-۱ آزمون‌های مورد استفاده‌ی گازهای واسنجی

آزمون‌ها را با گازهای واسنجی بر روی AMS کامل در محل آزمون یا در محل با خط نمونه‌برداری نصب شده در یک کانال انجام دهید.

برای سامانه استخراجی، تغذیه گاز صفر (به زیر بند الف-۳-۱ مراجعه شود) و گاز واسنجی (به زیر بند الف-۳-۲ مراجعه شود) را مستقیماً به داخل خط نمونه‌برداری، مشابه عملیات ابتدای نمونه‌برداری (به شکل ۱ مراجعه شود) و در فشاری که جریان نمونه مشابه از طریق آنالیزور به دست آمده (به زیر بند الف-۴-۱-۲ مراجعه شود) انجام دهید. اگر ابتدای نمونه‌برداری در یک کانال نصب شده باشد، برای اطمینان از آلوده نشدن گازهای واسنجی با گاز کانال پیشگیری لازم را مثلاً با بسته شدن هر شیر مجاور ابتدای نمونه‌برداری انجام دهید.

برای دستگاه‌های اندازه‌گیری آزمون پیمایش ترتیبات ویژه‌ای برای اندازه‌گیری‌های گازهای آزمون لازم است. تجهیزات آزمون باید شامل اجزای مکانیکی برای تغذیه گازهای آزمون در مسیر اندازه‌گیری در دما و فشار مناسب باشد. یک سل نوری بزرگ با روزنه‌های شفاف در طول موج استفاده شده توسط آنالیزور مورد نیاز است. این سل نوری باید جهت منطبق کردن عرض شعاع موج الکترومغناطیسی آنالیزور و طول همان مسیر نوری از میان کانالی که برای شبیه‌سازی بالاترین غلظت گاز آزمون مورد نیاز است، قطر کافی داشته باشد. دمای سل باید همان دمای کانال باشد. غلظت گاز در سل باید تحت همان شرایط متفاوت ذکر شده برای سامانه‌های استخراجی باشد.

از گازهای واسنجی می‌توان برای پایش نقطه‌ای به همان روش سامانه‌های استخراجی استفاده کرد. تولید کنندگان معمولاً تجهیزات مناسبی برای انجام این روش عرضه می‌کنند.

#### الف-۴-۲-۱-۱ پایین‌ترین حد آشکارسازی

حداقل ۳۰ بار تغذیه گاز صفر (به زیر بند الف-۳-۱ مراجعه شود) را مطابق موارد تشریح شده در بند الف-۴-۲-۱ در AMS، انجام دهید و به اعداد خوانش شده توجه کنید. این خوانش را در کوتاه‌ترین زمان ممکن، برای به حداقل رساندن رانش صفر و دمای واکنش انحراف صفر انجام دهید (به پیوست ب مراجعه شود).

با فرض سطح اطمینان ۹۵٪، حد آشکارسازی پایین  $x$  را، بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب، با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$x = \bar{x}_0 + 2s_x 0 \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:



$\bar{x}_0$  میانگین خوانش‌های شاهد بر حسب میلی‌گرم بر متر مکعب؛  
 $2s_{x0}$  انحراف معیار خوانش‌های شاهد بر حسب میلی‌گرم بر متر مکعب است.

#### الف-۴-۲-۱-۲ اندازه‌گیری تاثیر مواد مداخله‌گر

مقادیر مشخصی از گازهای آزمون حاوی مخلوط یکنواخت از غلظت‌های شناخته شده‌ی گاز مداخله‌گر،  $y_i$ ، را مطابق موارد تشریح شده در زیر بند الف-۴-۲-۱ از AMS عبور دهید. دقت کنید که مقدار اندازه‌گیری شده،  $x_{si}$  میلی‌گرم در متر مکعب  $\text{NO}_2$  و نیز، غلظت جرمی،  $\rho_{si}$ ، گاز مداخله‌گر را بیان می‌کند.

در مواردی که تغییر در مقدار اندازه‌گیری شده خطی است با افزایش غلظت ماده، تأثیر تداخل آن ماده ممکن است به صورت  $\frac{x_{si}}{\rho_{si}}$  باشد. اگر تغییر در مقدار اندازه‌گیری شده خطی نباشد، با افزایش غلظت ماده، تأثیر تداخل آن ماده در غلظت جرمی به طور جداگانه تعیین می‌شود.

تأثیر هر ماده‌ی مداخله‌گر را به طور جداگانه و نیز برای تعیین حداکثر تداخل احتمالی تأثیر ترکیب شده‌ی مخلوطی از تمام مواد مداخله‌کننده را تعیین کنید.

محاسبه تأثیر تداخل (S) مخلوط مشخصی از مواد به دست آمده از تأثیرات اختصاصی،  $\frac{x_{si}}{\rho_{si}}$  از تداخل مواد ( $y_i$ ) با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{1}{\rho_{FS}} \times \sum_{i=1}^n \frac{x_{si}}{\rho_{si}} \times \rho_{mi} \times 100 \quad (\text{الف-۲})$$

که در آن:

$\rho_{mi}$  غلظت مواد مداخله‌کننده در مخلوط بر حسب میلی‌گرم بر متر مکعب؛

$\rho_{FS}$  دامنه‌ی اندازه‌گیری  $\text{NO}_2$  بر حسب میلی‌گرم بر متر مکعب؛

$n$  تعداد مواد مداخله‌کننده است.

مقدار محاسبه شده را با مقدار مخلوط اندازه‌گیری شده مقایسه کنید. اگر این دو مقدار ۲۰٪ باهم مطابقت داشتند، تأثیر ترکیب می‌تواند نادیده گرفته شود و اثرات تداخل را می‌توان برای سایر مخلوط‌های دیگر محاسبه کرد.

همچنین تاثیر مواد مداخله‌کننده در غلظت ترکیب اندازه‌گیری شده در انحراف مقیاس کل (تأثیرات فروکشی و مبدل) را تعیین کنید.

**یادآوری ۱-** اگر با توجه به گازها یا اصول اندازه‌گیری مشخص شود که اثرات هم افزایی وجود ندارد. فقط مجموع اثرات مداخله‌گر اختصاصی را می‌توان محاسبه کرد.

**یادآوری ۲-** حداکثر غلظت ممکن گازهای مداخله‌گر آزمون شده بستگی به منبع و عمل اندازه‌گیری دارد. بطور کلی، حداکثر غلظت ماده‌ی مداخله‌گر را نمی‌توان معین کرد.

مثالی از یک مخلوط مواد مداخله‌گر شامل اجزای اصلی گاز دودکش احتراق سوخت تاسیسات با روغن سنگین به شرح زیر آمده است:

CO<sub>2</sub> : ۱۴٪ (۲۷۵g/m<sup>3</sup>)

CO : ۱۰۰mg/m<sup>3</sup>

SO<sub>2</sub> : ۳۰۰mg/m<sup>3</sup>

NO<sub>2</sub> : ۳۰ mg/m<sup>3</sup>

**یادآوری ۳-** مقدار داده شده در جدول ۱ مجموع تداخل ناشی از حداکثر غلظت ماده‌ی مداخله‌گر در نمونه‌ی اندازه‌گیری شده است.

#### الف-۴-۲-۱-۳ تعیین زمان پاسخ

گاز واسنجی حاوی غلظتی از مونو اکسید نیتروژن بین ۵۰٪ تا ۹۰٪ انحراف مقیاس کل آنالیزور را مطابق روش تشریح شده در بند الف-۴-۲-۱ از AMS، عبور دهید.

زمان پاسخ را بصورت فاصله‌ی زمانی متوسط بین تغذیه دستگاه با گاز واسنجی و رسیدن به ۹۰٪ غلظت ثبت شده در نظر بگیرید (به استاندارد ISO 6879:1995 مراجعه شود).

**یادآوری-** زمان پاسخ از جمله، به حجم هندسی دستگاه اندازه‌گیری خودکار، سیگنال‌های اندازه‌گیری شده و ظرفیت پمپ بستگی دارد.

#### الف-۴-۲-۲ اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای (نسبی) و ارزیابی انحراف معیار S<sub>A</sub>

#### الف-۴-۲-۲-۱ اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای (نسبی)

برای اندازه‌گیری‌های نسبی، نمونه‌های گاز اضافی با پراب جدا کننده برداشته می‌شود.

برای مقایسه‌ی AMS نوع استخراجی با روش دستی یا AMS دیگری که مطابق این استاندارد تایید شده از دو پراب جداگانه باید استفاده شود. دو پراب باید تا حد امکان در کانال نزدیک یکدیگر قرار بگیرند. نازل آن‌ها نباید بیشتر از ۱۰۰mm از هم فاصله داشته باشند.

برای AMS غیر استخراجی، اندازه‌گیری‌های نسبی باید بیش از کل طول مسیر در محل AMS و با استفاده از یک توری یا شبکه یا پراب باشد.

دوره‌ی نمونه‌برداری روش مقایسه‌ای دستی باید برای مقدار میانگین داده شده برای سامانه خودکار شده کافی باشد.

زمان نمونه برداری ۳۰ min پیشنهاد می‌شود. با این حال، چون نمونه برداری از اکسیدهای نیتروژن معمولاً در لوله های گاز انجام می‌شود، فراهم کردن دوره‌های نمونه برداری طولانی‌تر از ۳ min تا ۱۰ min مشکل است. در بعضی موارد، محاسبه زمان واکنش سامانه‌های خودکار لازم خواهد شد.

هنگام مقایسه یک AMS تایید شده با AMS دیگری با استفاده از اصول آشکارسازی متفاوت، مقایسه باید بیش از دوره‌ی زمانی مشابه باشد و نباید از ۳۰ min کم‌تر باشد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقایسه‌ای با خوانش‌های ثبت شده توسط AMS در همان زمان مقایسه می‌شود.

**یادآوری ۱-** علاوه بر تنظیم صفر و واسنجی با گازهای واسنجی (به زیر بندهای الف-۴-۱ و الف-۴-۱-۲ مراجعه شود) عدم قطعیت آنالیزورها در تجهیزات اندازه‌گیری استفاده شده برای پایش بلند مدت تاسیسات می‌تواند با روش مقایسه‌ای ایجاد شود. واسنجی در محل‌های تاسیسات توسط اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای همیشه زیر نظر گازهای واسنجی تنظیم می‌شود.

**یادآوری ۲-** برای AMS استخراجی، بررسی مطابق زیر بند الف-۴-۱ همیشه اولین گام برای تعیین خصوصیات عملکردی است. سپس نصب و راه‌اندازی کامل AMS باید مطابق زیر بند الف-۴-۲ بررسی شود. تفاوت‌های مشابه مقادیر اندازه‌گیری شده شاید توسط نشتی‌ها، تولید شود. توصیه می‌شود حل نشدن پراب گاز باید کمتر از ۰/۵٪ مقیاس کل باشد.

خطاهای اندازه‌گیری مربوط به جذب و جذب سطحی گاز اندازه‌گیری به طور معمول ناشی از کم توجهی است. با اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای مطابق این بند، تفاوت سیستماتیک بین نتایج سامانه اندازه‌گیری اتوماتیک و روش مقایسه‌ای می‌تواند شناسایی و تنظیم شود.

#### الف-۴-۲-۲-۲ تعیین انحراف معیار، $S_A$ و خطاهای سیستماتیک

انحراف معیار  $S_A$ ، AMS را فقط در محل تعیین کنید. انحراف معیار  $S_A$  را با انجام حداقل ۱۰ اندازه‌گیری (ترجیحاً ۳۰ اندازه‌گیری) و با استفاده از AMS مطابق آزمون زیر بند الف-۴-۲-۲-۱ به دست آورید. نتایج را با استفاده از اصول اندازه‌گیری مختلف با نتایج به دست آمده از روش دستی یا سایر AMS قبلی که بر اساس این استاندارد تایید شده، مقایسه کنید.

انحراف معیار  $S_A$  مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی AMS از مقدار  $S_D$  و انحراف معیار شناخته شده،  $S_C$  برای مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی روش مقایسه‌ای با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$S_A = \sqrt{S_D^2 + S_C^2} \quad (\text{الف-۳})$$

مقدار  $S_D$  بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب، با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n z_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right]} \quad (\text{الف-۴})$$

که در آن:

انحراف معیار AMS تحت آزمون (به زیر بند ۳-۷ مراجعه شود) برحسب میلی گرم در مترمکعب؛	$S_A$
انحراف معیار روش مقایسه‌ای، برحسب میلی گرم بر مترمکعب؛	$S_C$
تفاوت مقادیر جفت اندازه‌گیری‌ها بر اساس معادله‌ی انحراف معیار برحسب میلی گرم در متر مکعب؛	$S_D$
تفاوت مقادیر جفت اندازه‌گیری‌ها، برحسب میلی گرم در متر مکعب؛	$Z_i = x_i - y_i$
غلظت اکسیدهای نیتروژن تعیین شده توسط روش مقایسه‌ای برحسب میلی گرم در متر مکعب؛	$x_i$
میانگین غلظت مونواکسید ثبت شده، برحسب میلی گرم در متر مکعب [اگر مبدل استفاده شود، این مورد مقدار غلظت کل اکسیدهای نیتروژن ( $NO + NO_2$ ) برای AMS تحت آزمون است].	$y_i$
تعداد اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای است.	$n$

به منظور بررسی وجود یا عدم وجود خطای سیستماتیک تفاوت میانگین  $\bar{z}$  را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i) \quad (\text{الف-۵})$$

اگر تفاوت میانگین خارج از حدود اطمینان ۹۵٪ باشد، خطاهای موجود به دلایل آماری است. با فرمول زیر خطای سیستماتیک وجود دارد اگر:

$$|\bar{z}| \geq 2 \frac{S_D}{\sqrt{n}} \quad (\text{الف-۶})$$

پس خطاهای موجود معنی دار است.

اگر خطای سیستماتیک مشاهده شده بیش از محدوده‌ی اندازه‌گیری ۲٪ باشد، علت را بررسی کنید و اندازه‌گیری‌های کمکی انجام دهید.

اگر انحراف معیار  $S_C$  روش مقایسه‌ای (روش دستی یا خودکار) مشخص نباشد آن را باید تعیین کرد.

انحراف معیار سامانه تجزیه‌ای را که اندازه‌های غلظت یکی از ترکیباتش ناشناخته است، با اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای دو سامانه یکسان که در همان کانال نصب شدند و با نمونه‌ی گاز یکسان تأمین می‌شوند، تعیین کنید. (به زیر بند الف-۴-۲-۱ مراجعه شود). انحراف معیار  $S_C$  با نتایج اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای (با دو سامانه یکسان) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S_C = \pm \sqrt{\frac{\sum(\rho_{1i} - \rho_{2i})^2}{2n}} \quad (\text{الف-۷})$$

که در آن:

$\rho_{1i} - \rho_{2i}$  غلظت‌های اکسید نیتروژن تعیین شده با دو سامانه یکسان روش مقایسه‌ای برحسب میلی‌گرم در متر مکعب؛  
 $n$  تعداد اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای است.

**یادآوری-** از آنجایی که عدم قطعیت نتایج اندازه‌گیری AMS که به کیفیت سامانه اندازه‌گیری خودکار بستگی دارد، بیش از دوره عملکردی بی‌مراقبتی تشخیص داده شده است، تعداد کافی اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای (توضیح داده شده در بالا) در طول این دوره انجام می‌شود.

### الف-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف-۵-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

الف-۵-۲ شناسایی کامل نمونه؛

الف-۵-۳ جزئیات آزمون‌هایی که در محل آزمون و در محل انجام شده و جزئیات مربوط به موقعیت و شرایط محل آزمون؛

الف-۵-۴ جزئیات کیفیت و غلظت گازهای واسنجی استفاده شده (عدم قطعیت غلظت)؛

الف-۵-۵ هرگونه عملیاتی که در این استاندارد مشخص نشده یا به صورت اختیاری رعایت می‌شود؛

الف-۵-۶ همه‌ی نتایج زیر بند الف-۴ و بیانیه‌ای که نشان دهد نتایج مطابق با جدول ۱ است؛

الف-۵-۷ داده‌ها و زمان نمونه‌برداری.

## پیوست ب

### (اطلاعاتی)

#### خصوصیات عملکردی اضافی

#### ب-۱ خصوصیات عملکردی اضافی

ویژگی‌های عملکردی و مقادیر عددی داده شده در جدول ب-۱ به عنوان یک راهنما برای تسهیل برخورد با خصوصیات عملکردی داده شده در جدول ۱ است.

#### جدول ب-۱- خصوصیات عملکردی اضافی

روش آزمون (مطابق پیوست ب)	مقدار عددی	خصوصیات عملکردی
زیر بند ب-۲-۱	$2 \geq a, b$	رانش صفر
زیر بند ب-۲-۱	$\pm 4 \geq b, c$	رانش گستره
زیر بند ب-۲-۱	$\pm 2 \geq a, d$	دمای واکنش رانش صفر
زیر بند ب-۲-۱	$\pm 4 \geq c, d$	دمای واکنش رانش دهانه

a مربوط به مقیاس کل  
b طول دوره‌ی عملکرد بی‌مراقبتی (یک دوره بهره‌برداری بی‌مراقبتی ۷ روزه که اغلب در عمل به دست می‌آید).  
c مربوط به مقدار اندازه‌گیری (نقطه‌ی واسنجی)  
d در صورت تغییر  $\pm 10 \text{ K}$  دمای محیط، حدود محدوده مجاز دمای محیط توسط سازنده‌ی تجهیزات داده شده است. باید حداقل محدوده‌ی  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  را پوشش دهد.

#### ب-۲ تعیین خصوصیات عملکردی اضافی

#### ب-۲-۱ اندازه‌گیری رانش صفر و گستره

طی دوره‌ی ۷ روزه عملیات بدون مراقبت، عملیات شرح داده شده در زیر بند الف-۴-۲-۱ را حداقل یک بار در روز انجام دهید. برای هر بررسی خوانش را یادداشت کنید.

اختلاف خوانش بین آغاز و پایان دوره‌ی عملکردی بدون مراقبت نسبت به مقیاس کل (رانش صفر) یا نقطه‌ی اندازه‌گیری (رانش گستره) را محاسبه کنید.

یادآوری- تعیین انجام کار در محل آزمون آسان‌تر است اما تعیین بازدهی نتایج در محل از ویژگی وضعیت تأسیسات است.

#### ب-۲-۲ اندازه‌گیری دمای واکنش صفر و محدوده‌ی بی‌ثباتی

عملیات شرح داده شده در زیر بند الف-۴-۲-۱ در مراحل دمای با گستره  $10 \text{ K}$  (هوای اتاق) محدوده‌ی دمایی مجاز را پوشش می‌دهد. برای هر بررسی خوانش را یادداشت کنید.

اختلاف خوانش‌ها از یک دما به دمای بالاتر یا پایین‌تر بعدی نقطه‌ی مرتبط به مقیاس کل (دمای واکنش بی‌ثباتی صفر) یا نقطه‌ی اندازه‌گیری (دمای واکنش بی‌ثباتی گستره) محاسبه است.

**یادآوری ۱-** عملیات را تا حد امکان برای کاهش اثر عوامل تأثیرات گستره سریع انجام دهید.

**یادآوری ۲-** به مقادیر داده شده در جدول ب-۱ توجه کنید. برای دمای واکنش صفر، به ترتیب گستره انحراف با تغییرات دمای محیط حداکثر  $\pm 10\text{ k}$  در ارتباط است.

## کتابنامه

- [ 1] ISO 6145-2:-J, Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures - Dynamic volumetric methods - Part 2: Volumetric pumps.
- [2] ISO 7935:1992, Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of sulfur dioxide - Performance characteristics of automated measuring methods.
- [3] ISO 11564: -I, Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxidesNaphthylethylenediamine photometric method.