INSO
19894
1st.Edition
2015

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

استاندارد ملی ایران
۱۹۸۹۴
چاپ اول
۱۳۹۴

عملکرد حرارتی درمحیط‌های انسان‌ساخت- تعیین دبی هوا در کاربردهای ساختمانی از طریق روش‌های اندازه‌گیری میدانی

Thermal performance in the built environment — Determination of air flow rate in building applications by field measuring methods

ICS: 91.120.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

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

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

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

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

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

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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«عملکرد حرارتی در محیط‌های انسان‌ساخت- تعیین دبی هوا در کاربردهای ساختمانی از طریق روش‌های اندازه‌گیری میدانی»

رئیس:	**سمت و/یا نمایندگی**
قیصری، تقی (فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت خدمات مهندسی سرمد تبریز
دبیر:	
صابونی، رضا (فوق‌لیسانس شیمی‌کاربردی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آل‌احمدی، ام‌البنین (فوق‌لیسانس شیمی‌تجزیه)	انجمن صنفی مدیران کنترل کیفی و مسئولین فنی صنایع استان آذربایجان‌شرقی
ارشدشبخانه، بهمن (فوق‌لیسانس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
پوربابا، مسعود (فوق‌لیسانس مهندسی‌عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه
ترلان، تسلیم (لیسانس مهندسی‌شیمی)	شرکت خدمات مهندسی سرمد تبریز
چراغی، رضا (لیسانس مهندسی‌شیمی)	سازمان صنعت، معدن، و تجارت استان آذربایجان‌شرقی
سالک‌زمانی، سپیده (فوق‌لیسانس مهندسی‌معماری)	کارشناس

سالک‌زمانی، مریم (فوق‌لیسانس علوم تغذیه)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
سلیمانی، جابر (دکترای مهندسی کشاورزی)	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی
شیخ‌الاسلامی، امیر (فوق‌لیسانس مهندسی‌عمران)	شرکت آلتین‌شاتو شمال‌غرب
قاطع‌فر، راحله (فوق‌لیسانس مهندسی صنایع‌غذایی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
مقدس، جعفرصادق (دکترای مهندسی‌شیمی)	دانشگاه صنعتی سهند
ولی‌پور، جواد (دکترای شیمی‌تجزیه)	شرکت اندیشه خلاق صنعت شیمی
هادی، کاظم (فوق‌لیسانس مهندسی‌مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش‌گفتار ه
مقدمه و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ نمادها و اصطلاحات اختصاری ۲
۵ انواع روش‌های اندازه‌گیری و انتخاب آنها ۳
۶ مشخصات اصلی برای ابزارهای اندازه‌گیری و روش‌های استفاده ۳
۷ روش‌های اندازه‌گیری میدانی دبی هوا در سیستم‌های تهویه و تهویه مطبوع ۵
۸ عدم قطعیت ۱۹
۹ گزارش اندازه‌گیری ۲۰
پیوست الف (الزامی) موقعیت برای اندازه‌گیری سطح مقطع در کانال با استفاده از روش اندازه‌گیری چندنقطه‌ای ۲۲
پیوست ب (الزامی) درستی دستگاه اندازه‌گیری سرعت هوا ۲۷
پیوست پ (اطلاعاتی) انواع گازهای ردیاب ۲۸
کتاب‌نامه ۳۲

پیش‌گفتار

استاندارد «عملکرد حرارتی در محیط‌های انسان‌ساخت- تعیین دبی هوا در کاربردهای ساختمانی از طریق روش‌های اندازه‌گیری میدانی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های فنی مربوط تهیه و تدوین شده است و در ششصدویکمین اجلاسیهٔ کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فراورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۴/۷/۲۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 16956: 2015, Thermal performance in the built environment — Determination of air flow rate in building applications by field measuring methods

عملکرد حرارتی در محیط‌های انسان‌ساخت- تعیین دبی هوا در کاربردهای ساختمانی از طریق روش‌های اندازه‌گیری میدانی

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هوای واردشده از خارج ساختمان به داخل آن، در بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان، سهم زیادی از کل بار را به خود اختصاص می‌دهد. به منظور برآورد این بار، لازم است دبی[1] هوای سیستم‌های تهویه[2]، و تهویهٔ مطبوع[3] به‌درستی درک شود.

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص کردن روش‌هایی برای اندازه‌گیری دبی هوا داخل مجاری در سیستم تهویه و تهویهٔ مطبوع که بی‌وقفه کار می‌کنند، و در درگاه‌های[4] کنترل هوا از جمله هواپخشگر[5]، دهانهٔ مکش[6]، و دهانهٔ تخلیه[7] است.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 5168, Measurement of fluid flow-Procedures for the evaluation of uncertainties

۳ اصطلاحات و تعاریف

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

۳-۱

صفحهٔ روزنه‌دار[8]

صفحهٔ نازکی که یک یا چند سوراخ در آن ایجاد شده است.

یادآوری- این صفحات برای اندازه‌گیری اختلاف فشار استاتیک جریان، در دو طرف دیسک، و محاسبهٔ دبی هوا در کانال از طریق ضرب در ضریب معین، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1-Flow rate
2-Ventilation
3-Air-conditioning
4-Port
5-Air diffuser
6-Suction opening
7-Exhaust opening
8-Orifice plate

۲-۳

گاز ردیاب

گازی که برای اندازه‌گیری غلظت در حال تغییر آن در هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری- به منظور جلوگیری از تاثیر گاز ردیاب بر دبی، آن را به اندازه کافی با مقدار اندکی هوا مخلوط می‌کنند، و مقدار هوا را با اندازه‌گیری غلظت گاز رقیق شده در هوا تعیین می‌کنند.

۳-۳

غلظت حجمی

نسبت حجم گاز معین به واحد حجم مخلوط هواست.

یادآوری - غلظت حجمی برحسب متر مکعب بر متر مکعب یا vol . ۶-۱۰ بیان می‌شود.

۴-۳

دبی جرمی

دبی جرمی، جرم هوا یا گاز ردیاب جاری بر واحد زمان است.

یادآوری- دبی جرمی برحسب میلی‌گرم در ثانیه یا کیلوگرم در ساعت بیان می‌شود.

۵-۳

دبی حجمی

دبی حجمی، حجم هوای جاری بر واحد زمان است.

یادآوری - دبی حجمی برحسب متر مکعب بر ساعت بیان می‌شود.

۴ نمادها و اصطلاحات اختصاری

در میان نمادهای مورد استفاده در این استاندارد، تنها مواردی ذکر شده که برای همهٔ اقلام متداول است. نمادهای انحصاری در زیربندهای مربوطه توضیح داده شده است.

نماد	کمیت	واحد
A	مساحت مقطعی که دبی هوا در آن مقطع ارزیابی می‌شود. مساحت مقطع کانال و مساحت مقطع درگاه کنترل هوا	m^2
N	تعداد تقسیم‌بندی برای اندازه‌گیری مقطع مورد ارزیابی. تعداد تقسیم‌بندی‌های شبکه‌مانند مقطع کانال مستطیلی و تعداد تقسیم‌بندی‌های شعاعی در کانال استوانه‌ای.	-
V	میانگین سرعت هوا در سطح مقطع مورد اندازه‌گیری. مقطع به n تکه تقسیم می‌شود و اگر میانگین زمانی سرعت هوا در مرکز هر کدام v_i باشد، از معادلهٔ زیر استفاده می‌شود:	m/s

۵ انواع روش‌های اندازه‌گیری و انتخاب آنها

۵-۱ انواع روش‌های اندازه‌گیری و کاربرد آنها

روش‌های اندازه‌گیری بیان شده در این استاندارد عبارتند از: روش اندازه‌گیری چندنقطه‌ای سرعت هوا[1]، روش اندازه‌گیری گاز ردیاب برای دبی هوا در کانال هوا، روش دبی‌سنجی مخروطی[2]، روش اندازه‌گیری جبران فشار، و روش اندازه‌گیری اختلاف فشار بین خروجی و ورودی. روش انتخاب شده باید مناسب با هدف، و همچنین مناسب برای شرایط میدانی باشد.

۵-۲ انتخاب روش اندازه‌گیری

روش اندازه‌گیری با توجه به موارد زیر که در بندهای ۷ و ۸ مشخص شده‌اند، انتخاب می‌شود:

الف- تجهیزات تهویه/تهویهٔ مطبوع مورد اندازه‌گیری؛

ب-وضعیت اندازه‌گیری؛

پ- مدت اندازه‌گیری؛

ت- درستی[3]؛

ث- قابل اجرا بودن (اندازهٔ تجهیزات و سادگی ترکیب، آماده‌سازی، سهولت پردازش داده‌ها، و هزینه).

۶ مشخصات اصلی ابزارهای اندازه‌گیری و روش‌های بهره‌برداری

۶-۱ کلیات

ادوات متداول برای روش‌های مختلف اندازه‌گیری سرعت هوا از این قرار هستند:

۶-۲ بادسنج حرارتی

در گروه بادسنج‌های حرارتی، از بادسنج‌های سیم داغ و نیمه‌هادی استفاده می‌شود. بادسنج سیم داغ به دلیل دارا بودن مقاومت کمتر در برابر جریان، برای اندازه‌گیری چندنقطه‌ای سرعت هوا در کانال هوا در سرعت‌های کم، مناسب است. جهت‌داری[4] حس‌گر باید مورد توجه قرار گیرد. حس‌گر باید در صورت لزوم، به منظور جلوگیری از خطاهای ناشی از زوال در طول زمان و چسبیدن گرد و غبار، کالیبره شود. چون درستیِ بادسنجِ نیمه‌هادی بهتر از ۱ m/s است و امکان افزایش فاصلهٔ بین حس‌گر و ترانسدیوسر[5]، وجود دارد، این نوع بادسنج برای اندازه‌گیری چندنقطه‌ای سرعت هوا با تنظیم ثابت[6] در کانال هوای تاسیسات دائمی مناسب است.

1-Multipoint air velocity measurement method

2-Flow hood

3-Accuracy

4-Directivity

ضریب گیرندگی بعضی از حس‌گرها در تمام جهات یکسان نیست، به عبارت دیگر گیرندگی آنها در یک جهت از جهات دیگر بیشتر است که جهت اصلی حس‌گر است و معمولاً این جهت با نشانه یا پیکان نشان داده می‌شود.

5-Transducer

6-Fixed setting

ترانسدیوسری که امکان تنظیم سطح سیگنال جریان یا ولتاژ در آن وجود ندارد.

۳-۶ لولهٔ پیتو[1] و فشارسنج

لولهٔ پیتو به دلیل دارا بودن مقاومت کمتر در برابر جریان، برای اندازه‌گیری چندنقطه‌ای مناسب است، اما برای این که صحت اندازه‌گیری افزایش یابد، لازم است سرعت جریان در مقطع لولهٔ راست[2] ۴ m/s یا بیشتر باشد. با این حال، هنگامی که سطح مقطع کانال کوچک است، لولهٔ پیتو استفاده نمی‌شود.

هنگام محاسبهٔ سرعت باد از روی فشار دینامیک، این پارامتر با استفاده از چگالی هوای اندازه‌گیری شده به عنوان تابعی از دمای هوا و فشار اتمسفری طبق معادله (۱)، به دست می‌آید:

(۱)

که در آن:

v سرعت هوا، برحسب متر در ثانیه؛

ρ چگالی هوا برحسب کیلوگرم در متر مکعب؛

P_v فشار دینامیک، برحسب پاسکال.

جواب به دست آمده از معادلهٔ (۱) در ضریب تصحیح k لولهٔ پیتو، در صورت معلوم بودن آن، ضرب می‌شود. چگالی هوا، ρ، با استفاده از معادلهٔ (۲) از دمای هوای اندازه‌گیری‌شده θ و فشار اتمسفری P به دست می‌آید:

(۲)

که در آن:

ρ_0 چگالی در شرایطی که دمای هوای خشک θ عبارت است از ۰٫۰ °C (برابر با ۱٫۲۹۳)، برحسب کیلوگرم در متر مکعب؛

T دمای ترمودینامیکی هوای خشک برحسب کلوین؛

θ دمای هوا، برحسب درجهٔ سلسیوس؛

T_0 دمای ترمودینامیکی در شرایطی که θ عبارت است از ۰٫۰ °C (برابر با ۲۷۳٫۱۵) برحسب کلوین؛

P فشار اتمسفری، برحسب پاسکال؛

P_{atm} ۱ فشار اتمسفر (۱۰۱ ۳۲۵) برحسب پاسکال.

۴-۶ بادسنج پره‌ای[3]

بادسنج پره‌ای، به طور کلی، به خاطر بیش از حد بزرگ بودن پره، برای اندازه‌گیری چندنقطه‌ای کاربرد ندارد. در صورت استفاده از آن، بهتر است بادسنج مینی‌پره‌ای[4] انتخاب شود و بخش اندازه‌گیری شده، کوچک‌تر باشد.

1-Pitot tube
2-Straight-pipe section
3-Vane-type anemometer
4-Mini-vane anemometer

۷ روش‌های اندازه‌گیری میدانی دبی هوا در سیستم‌های تهویه و تهویهٔ مطبوع

۷-۱ اندازه‌گیری سرعت هوا به روش چندنقطه‌ای

در روش اندازه‌گیری چندنقطه‌ای سرعت هوا، دبی هوا با اندازه‌گیری میانگین سرعت هوا در کانال و ضرب کردن آن در مساحت مقطع کانال به دست می‌آید. سطح مقطع برای هر دو کانال استوانه‌ای و مستطیلی، به مساحت‌های معادل متعددی تقسیم می‌شود، سرعت هوای معرف، اندازه‌گیری، و میانگین سرعت هوا محاسبه می‌شود. دبی هوا طبق معادلهٔ (۳) بیان می‌شود:

که در آن:

Q دبی هوا در کانال، برحسب متر مکعب در ساعت؛

S سطح مقطع کانال در بخش اندازه‌گیری‌شده، برحسب مترمربع؛

V میانگین سرعت هوای سطح مقطع بخش اندازه‌گیری‌شده، برحسب متر بر ثانیه.

۷-۱-۱ اندازه‌گیری در کانال‌ها

۷-۱-۱-۱ مختصات مکانی اندازه‌گیری سطح مقطع

مختصات مکانی اندازه‌گیری سطح مقطع مطابق با پیوست الف انتخاب می‌شود که به طور معمول، محلی با مقطع راست حداقل شش برابر قطر هم‌ارز، De، کانال در بالادستِ جهت جریان هواست. در صورت نیاز به اندازه‌گیری دقیق، توری سیمی یا مستقیم‌کنندهٔ جهت جریان در بالادست تعبیه می‌شود.

در مورد کانال‌های مستطیلی شکل، قطر معادل، De، با استفاده از معادلهٔ (۴) محاسبه می‌شود:

(۴)

که در آن:

De قطر معادل هنگامی که کانال مستطیلی به کانال استوانه‌ای تبدیل (یا متصل) می‌شود، برحسب متر؛

a عرض کانال مستطیلی برحسب متر؛

b ارتفاع کانال مستطیلی برحسب متر.

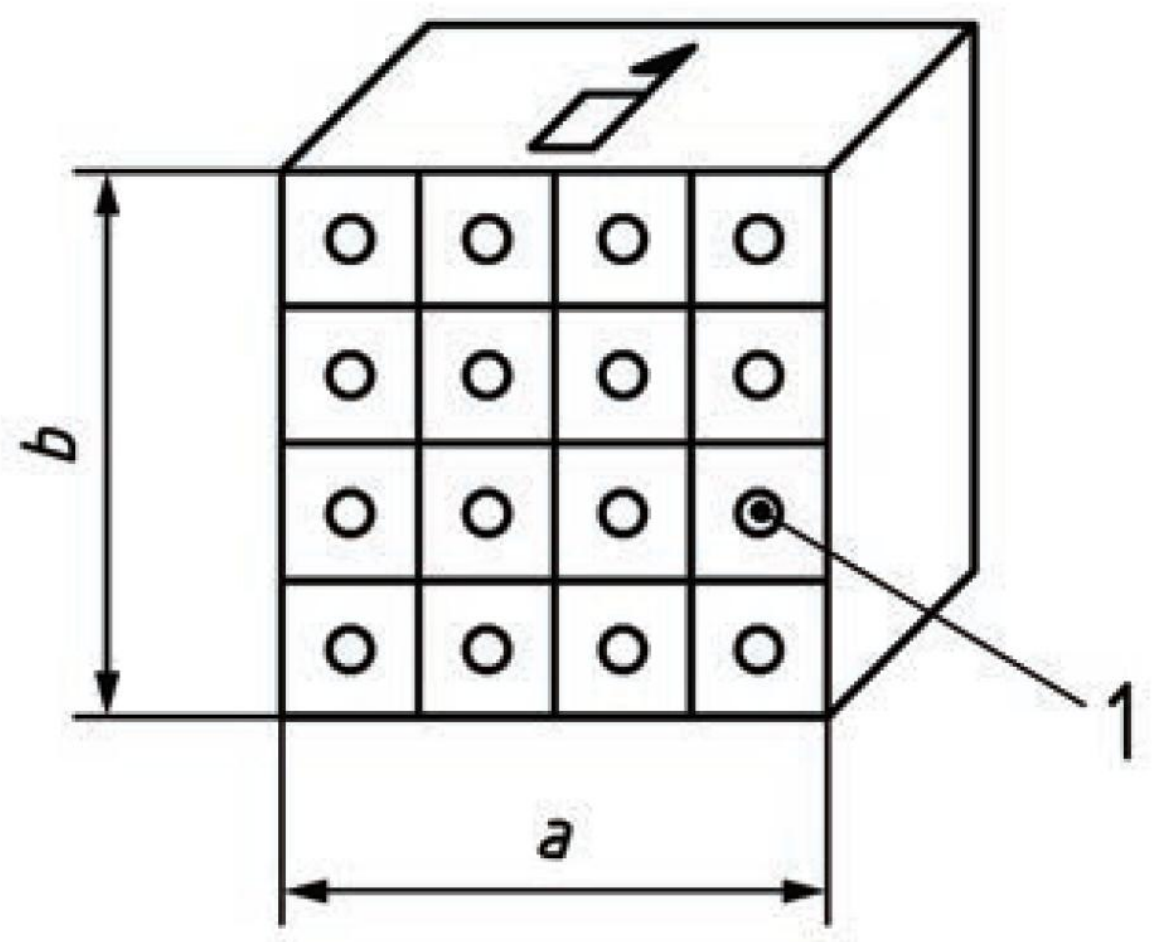
۷-۱-۱-۲ روش اندازه‌گیری ساده‌شده

در روش اندازه‌گیری ساده‌شده، مطابق بند الف-۴ پیوست الف، سطح مقطع مورد اندازه‌گیری به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌شود و چهار مرکز و مرکز کل، و در کل پنج نقطه، به عنوان نقاط اندازه‌گیری انتخاب می‌شود. میانگین حسابی این پنج نقطه، به عنوان میانگین سرعت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر شرایط مورد نیاز، از جمله تامین طول مقطع لولهٔ راست، برآورده شود، حتی با این روش، می‌توان عدم قطعیت را به حداقل رساند (حدود ٪ ۱۰±). اما، اگر طول کافی از لولهٔ راست در بالادست موقعیت اندازه‌گیری وجود نداشته باشد، نقاط اندازه‌گیری به تعدادی نزدیک‌تر به روش اندازه‌گیری دقیق افزایش می‌یابد.

۷-۱-۱-۳ روش اندازه‌گیری دقیق

الف- سطح مقطع مستطیلی

با روش اندازه‌گیری دقیق، سطح مقطع مستطیل به چند مستطیل معادل به گونه‌ای تقسیم می‌شود که طول یک ضلع در حدود ۱۵ cm یا کمتر باشد، و سپس سرعت باد در مراکز آنها اندازه‌گیری شود. هر چند، لازم نیست تعداد تقسیم‌بندی‌ها از ۶۴ بیشتر باشد.



راهنما

1 نقطه اندازه‌گیری

شکل ۱ - نقاط اندازه‌گیری سرعت هوا در کانال مستطیلی

ب- در مورد سطح مقطع استوانه‌ای

در شکل ۲ نقاط اندازه‌گیری در روش اندازه‌گیری دقیق برای سطح مقطع استوانه‌ای نشان داده شده است. سطح مقطع مورد اندازه‌گیری نخست به n سطح دونات‌شکل[1] مساوی و سپس این سطوح با کشیدن قطرها به چهار یا چند بخش مساوی، تقسیم می‌شود. نقطهٔ اندازه‌گیری در مرکز هر شکل فراهم می‌آید. فاصلهٔ r_i از مرکز سطح مقطع نقطهٔ اندازه‌گیری در سطح i ام با استفاده از معادلهٔ (۵) به دست می‌آید:

(۵)

1-Doughnut-shaped

که در آن:

R شعاع سطح مقطع، برحسب متر؛

r_i فاصله از مرکز سطح مقطع تا نقطهٔ اندازه‌گیری، برحسب متر؛

n تعداد تقسیم‌بندی‌ها در جهت قطری سطح مقطع؛

i شمارهٔ موقعیت نقطهٔ اندازه‌گیری در جهت شعاعی مرکز سطح مقطع.

رابطهٔ R و N به شرح زیر است.

$n = ۲$ به‌ازای $R < ۰٫۱۳$ m.

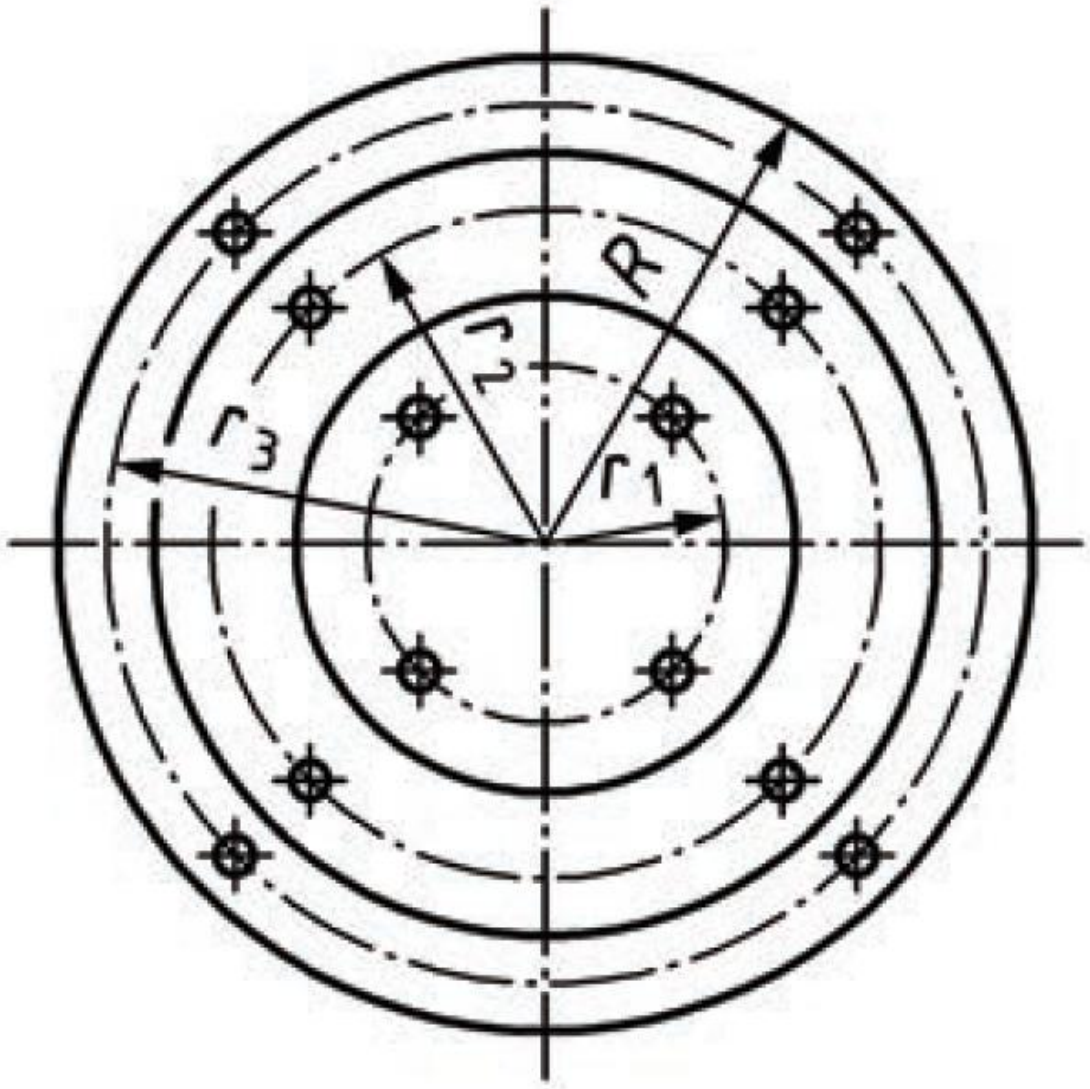
$n = ۳$ به‌ازای $R \leq ۰٫۱۵$ m.

$n = ۴$ به‌ازای $R \leq ۰٫۳۰$ m.

$n = ۵$ به‌ازای $R \leq ۰٫۵۰$ m.

$n = ۶$ به‌ازای $R \geq ۰٫۷۵$ m.

وقتی که $R > ۰٫۷۵$ است، به‌ازای هر ۰٫۲۵ m، یک واحد افزوده می‌شود.



شکل ۲- نقاط اندازه‌گیری سرعت هوا در کانال استوانه‌ای

معادلهٔ (۵) و شرایط فوق‌الذکر برای استفاده، در جدول ۱، مرتب شده‌اند.

جدول ۱ - موقعیت‌های اندازه‌گیری سطح مقطع استوانه‌ای

قطر سطح مقطع استوانه‌ای (m)	تعداد تقسیم‌بندی‌ها	تعداد نقاط اندازه‌گیری	فاصلهٔ r از مرکز سطح مقطع (mm)				
			R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
۰٫۰۷۵	۲	۸	۲۰	۳۰	–	–	–
۰٫۱۰۰	۲	۸	۲۵	۴۵	–	–	–
۰٫۱۲۵	۲	۸	۳۰	۵۵	–	–	–
۰٫۱۵۰	۲	۸	۳۵	۶۵	–	–	–
۰٫۱۷۵	۲	۸	۴۵	۷۵	–	–	–
۰٫۲۰۰	۲	۸	۵۰	۸۵	–	–	–
۰٫۲۲۵	۲	۸	۵۵	۹۵	–	–	–
۰٫۲۵۰	۳	۱۲	۵۰	۹۰	۱۱۵	–	–
۰٫۳۰۰	۳	۱۲	۶۰	۱۰۵	۱۳۵	–	–
۰٫۳۵۰	۴	۱۶	۶۰	۱۰۵	۱۴۰	۱۶۵	–
۰٫۴۰۰	۴	۱۶	۷۰	۱۲۰	۱۶۰	۱۸۵	–
۰٫۴۵۰	۴	۱۶	۸۰	۱۳۵	۱۷۵	۲۱۰	–
۰٫۵۰۰	۴	۱۶	۹۰	۱۵۵	۱۹۵	۲۳۵	–
۰٫۵۵۰	۴	۱۶	۹۵	۱۷۰	۲۱۵	۲۵۵	–
۰٫۶۰۰	۴	۱۶	۱۰۵	۱۸۵	۲۳۵	۲۸۰	–
۰٫۶۵۰	۵	۲۰	۱۰۰	۱۸۰	۲۳۰	۲۷۰	۳۱۰
۰٫۷۰۰	۵	۲۰	۱۱۰	۱۹۰	۲۴۵	۲۹۰	۳۳۰
۰٫۷۵۰	۵	۲۰	۱۲۰	۲۰۵	۲۶۵	۳۱۵	۳۵۵

۴-۱-۱-۷ روش اندازه‌گیری نیمه‌دقیق برای سطح مقطع استوانه‌ای

طبق روش اندازه‌گیری نیمه‌دقیق، برای سطح مقطع استوانه‌ای با قطر ۰٫۳ m یا کمتر (R <۰٫۱۵ m)، در شکل ۲ تعداد تقسیم‌بندی‌های مقطع $n = 2$ انتخاب می‌شود. یعنی، اندازه‌گیری می‌تواند در هشت نقطه انجام شود[۶].

۲-۱-۷ روش اندازه‌گیری در اتصال کانال سیستم تهویهٔ مطبوع

وقتی مقدار هوای ورودی از خارج و مقدار هوای بازگشتی، در اتصال کانال سیستم تهویهٔ مطبوع، اندازه‌گیری می‌شود، موقعیت انتخاب‌شده بایستی توزیع سرعت کمتری در اتصال در سمت مکش داشته باشد. اندازه‌گیری، در نقاط اندازه‌گیری سرعت هوا مطابق قسمت الف بند ۷-۱-۱-۳، در نقاط مرکزی ۱۶ یا بیش از ۱۶ سطح با مساحت مساوی انجام و میانگین سرعت هوا تعیین می‌شود. به پیوست الف مراجعه کنید.

۳-۱-۷ انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری سرعت هوای سطح مقطع، از بادسنج حرارتی (بادسنج سیم داغ و بادسنج نیمه‌هادی)، لولهٔ پیتو، فشارسنج دقیق، بادسنج پره‌ای، و غیره استفاده می‌شود.

۷-۲ روش اندازه‌گیری با گاز ردیاب

با این روش، دبی در کانال از طریق تزریق پیوستهٔ مقدار ثابتی از گاز ردیاب با غلظت معلوم و اندازه‌گیری رقت غلظت در پایین‌دستِ کانال، تخمین زده می‌شود. اقلام اندازه‌گیری عبارتند از: غلظت گاز در هوا در قسمت‌های بالادست و پایین‌دستِ نقطهٔ تزریق گاز ردیاب و دبی تزریق گاز آن. پیش‌شرط‌ها در این روش اندازه‌گیری، به این صورت است که گاز ردیاب باید در نقطه‌ای که هوا در آن مکیده می‌شود، به اندازه کافی مخلوط شود و توزیع غلظت در سطح مقطع داخلی کانال باید پایین‌تر از درستی دستگاه اندازه‌گیری باشد. همچنین لازم است از گازی استفاده شود که بر روی سطوح داخلی کانال یا لولهٔ نمونه‌برداری جذب سطحی ندارد.

۷-۲-۱ معادلات

طبق شکل ۳ مقدار ثابتی از گاز ردیاب، با غلظت معلوم به طور مداوم درون کانال هوا تزریق می‌شود، و قانون پایایی جرم برای گاز ردیاب، در نقطه‌ای با فاصلهٔ نسبتا زیاد در پایین‌دست نقطهٔ تزریق، صادق است.
دبی سیال را در کانال می‌توان طبق معادلهٔ (۶) به دست آورد:

(۶)

دبی جرمی F_U را می‌توان طبق معادلهٔ (۷) تعیین کرد:

(۷)

که در آن:

F_U دبی جرمی در کانال، برحسب کیلوگرم بر ساعت؛

f_U دبی هوا در کانال، برحسب متر مکعب بر ساعت؛

F_I دبی تزریق گاز ردیاب (واحد وزن)، برحسب کیلوگرم بر ساعت؛

f_I دبی تزریق گاز ردیاب (واحد حجم)، برحسب متر مکعب بر ساعت؛

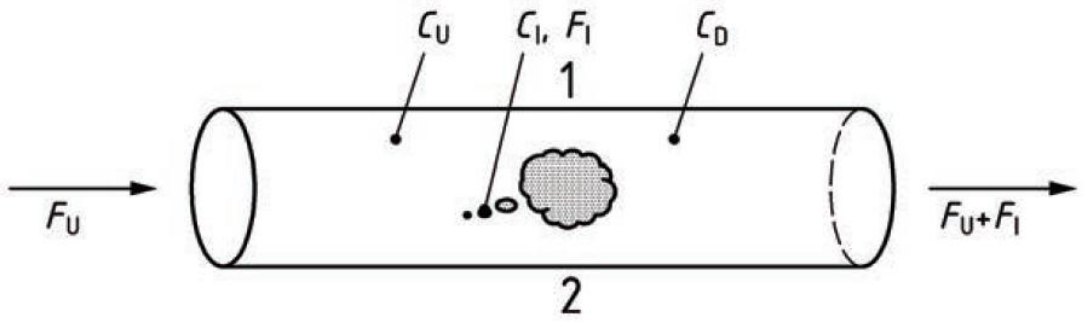
C_U غلظت حجم در سمت بالادستِ گاز ردیاب، برحسب متر مکعب بر هر متر مکعب؛

C_D غلظت حجم در سمت پایین‌دستِ گاز ردیاب، برحسب متر مکعب بر هر متر مکعب؛

C_I غلظت حجم گاز ردیاب تزریق شده، برحسب متر مکعب بر هر متر مکعب؛

ρ_I چگالی گاز ردیاب تزریق شده، برحسب کیلوگرم بر هر متر مکعب؛

ρ_U چگالی گاز ردیاب در سمت بالادست، برحسب کیلوگرم بر هر متر مکعب.



راهنما

1 نمونه‌برداری

2 تزریق گاز ردیاب

شکل ۳ - مفهوم روش اندازه‌گیری گاز ردیاب برای دبی هوا در کانال

۷-۲-۲ گاز ردیاب

گاز ردیابِ معمولِ مورد استفاده در این روش اندازه‌گیری، نباید گازی باشد که تخلیهٔ آن در اتمسفر ممنوعیت دارد و میزان غلظت آن در طول اندازه‌گیری نباید برای انسان سمی باشد. در مقایسه با مقدار گاز ردیاب، جذب و جذب‌سطحی گاز ردیاب بر روی سطح دیوار و در لولهٔ نمونه‌برداری باید بسیار ناچیز باشد. برای آگاهی از انتخاب گازهای ردیاب، به پیوست پ مراجعه کنید.

۷-۲-۳ شیوه‌های اندازه‌گیری دبی هوا

شیوه‌های زیر در روش استفاده از گاز ردیاب، به کار می‌رود:

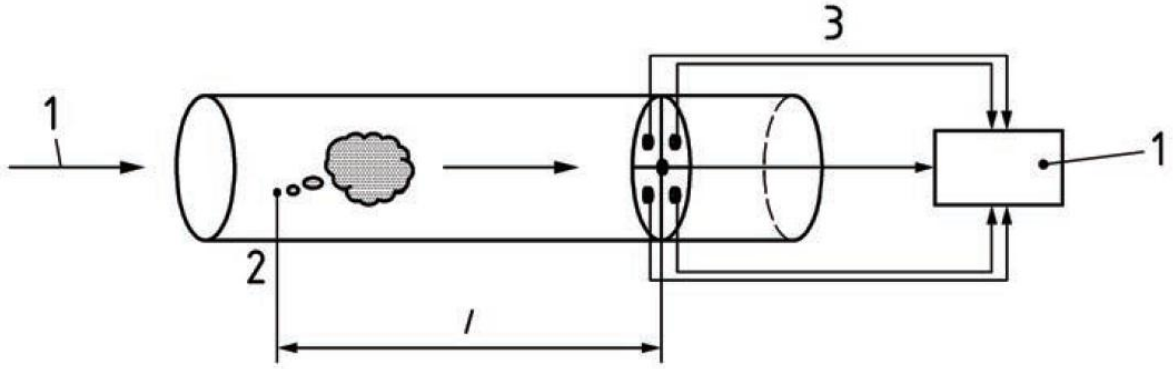
الف- مقدار ثابتی از گاز ردیاب با غلظت معلوم به طور مداوم درون کانال تزریق می‌شود؛

ب- در بخشی که در آن گاز در پایین‌دست نقطهٔ تزریق گاز ردیاب (بیشتر از ۱۰ برابر قطر کانال)، به طور یکنواخت مخلوط می‌شود، غلظت گاز ردیاب در حداقل $N + 1$ نقطه (به جدول ۲ مراجعه کنید)، از جمله در نقطه‌ای در مرکز سطح مقطع کانال و مرکز هر ناحیه، در شرایطی که سطح مقطع کانال به N ناحیه (به شکل ۴ مراجعه کنید) تقسیم شده است، (به شکل ۴ مراجعه کنید) اندازه‌گیری می‌شود.

پ- اگر هوای بازگشتی در سیستم کانال تعبیه شده باشد، نوسان غلظت در بالادست نقطهٔ تزریق گاز ردیاب قابل انتظار است و به این ترتیب، برای اطمینان از کوچک بودن توزیع، غلظت N ناحیه باید در بالادست نقطهٔ تزریق نیز اندازه‌گیری شود؛

ت- دبی تزریق گاز ردیاب ثبت می‌شود؛

ث- دبی هوا یا دبی جرمی حسب نیاز محاسبه می‌شود.



راهنما

1 هوا در کانال/ آنالیزگر

2 گاز ردیاب

۳ نمونه‌برداری

I ملاک برای راست بودن لوله، این است که قطر آن از ۱۰ برابر قطر بیشتر باشد؛ اگر در طول مورد نظر خمی وجود داشته که باعث اختلاف می‌شود، می‌تواند کوتاه‌تر باشد.

شکل ۴ – تزریق گاز ردیاب و موقعیت نمونه‌برداری، مثالی از سطح مقطعی کوچکتر از ۰٫۲ m^2

جدول ۲ «تعداد نواحی تقسیم‌کنندهٔ مقطع و تعداد نقاط نمونه‌برداری» را بر اساس اندازهٔ سطح مقطع کانال نشان می‌دهد که از طریق تحلیل خطا برای کاهش خطاهای اندازه‌گیری دبی هوا در کانال به دست آمده است.

جدول ۲ – حداقل تعداد نقاط نمونه‌برداری در پایین‌دست [۷]

سطح مقطع کانال m^2	تعداد نواحی N	تعداد نقاط نمونه‌برداری $N+1$
۰٫۲ یا کمتر	۴	۵
۰٫۲ تا ۲٫۳	۱۲	۱۳
۲٫۳ یا بیشتر	۲۰	۲۱

۴-۲-۷ شیوه‌های تزریق گاز ردیاب

گاز ردیاب درون کانال، به شرح زیر تزریق می‌شود.

الف- برای این که گاز ردیاب به صورت یکنواخت در کانال مخلوط شود یا در بالادست، دور از نقطهٔ نمونه‌برداری تزریق می‌شود، یا این که بخشی با چند خم در سمت پایین‌دست نقطهٔ تزریق انتخاب می‌شود و تزریق از چند نقطه صورت می‌گیرد. هنگام تزریق درون کانال دارای جریان هوا، احتیاط لازم باید به عمل آید تا گاز ردیاب به دلیل جفت‌نشدن لبهٔ لولهٔ تزریق در لبهٔ درگاه کانال به بیرون نشت نکند.

ب- مقدار ثابتی با غلظت معلوم تزریق می‌شود. دبی گاز ردیاب با استفاده از روزنه، دبی‌سنج جرمی، یا کنترل‌گر دبی جرمی، و غیره، تنظیم می‌شود تا ثابت بماند. برای این که خطا و انحراف از دبی تعیین شدهٔ تزریق، هر دو از ٪ ۳ بیشتر نباشند، ادوات اندازه‌گیری باید کالیبره شده باشند.

پ- گاز ردیاب از طریق یک لوله یا از طریق یک چندراههٔ[1] متشکل از لوله‌های متعدد متصل به دستگاه اندازه‌گیری دبی، تزریق می‌شود. دبی‌سنج، از قبل، با گازی که قرار است مورد استفاده قرار گیرد، کالیبره می‌شود.

۷-۲-۵ شیوه‌های نمونه‌برداری از گاز ردیاب

نمونه‌برداری از گاز ردیاب به شرح زیر انجام می‌شود.

الف- برای نمونه‌برداری گاز ردیاب، یک لولهٔ متصل‌شده به پمپ، برای آنالیز غلظت مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نمونه‌برداری از هوای پایین‌دست و بالادست نقطهٔ تزریق گاز ردیاب در کانال، از لوله‌های جداگانه‌ای استفاده می‌شود.

ب- هوا به طور مستقیم به آنالیزگر گاز فرستاده می‌شود یا با استفاده از سرنگ، کیسه نمونه‌برداری، یا دیگر ظروف مناسب نمونه‌گیری می‌شود.

پ- پیش از این اندازه‌گیری، برای اندازه‌گیری مقدماتی، توزیع غلظت در نقطهٔ نمونه‌برداری بررسی می‌شود. اگر گاز ردیاب به اندازهٔ کافی در کانال مخلوط نشده باشد یا اگر غلظت گاز ردیاب در نواحی تقسیم شده، که در جدول ۲ نشان داده شده است، بیش از ٪ ۳ میانگین غلظت سطح مقطع کانال باشد، مخلوط کردن باید با استفاده از روش‌های زیر انجام شود:

۱) نقطهٔ نمونه‌برداری به نقطه‌ای در جهت پایین‌دست تا حد امکان دور از نقطه بازرسی گاز ردیاب، انتقال یابد یا مخلوط کردن از طریق انتقال نقطهٔ نمونه‌برداری به ناحیهٔ پایین‌دست دارای یک یا چند خم انجام شود.

۲) نقطهٔ تزریق گاز ردیاب در بالادست، دور از نقطهٔ نمونه‌برداری انتقال یابد یا مخلوط کردن از طریق انتقال نقطهٔ تزریق به ناحیهٔ بالادستِ دارای یک یا چند خم، انجام شود.

۳) یکنواختی گاز ردیاب را با افزایش تعداد لوله‌های تزریق یا افزایش سوراخ‌های تزریق هر کدام از لوله‌ها، افزایش دهید.

۷-۳ روش دبی‌سنج با مخروط

۷-۳-۱ کلیات

در روش دبی‌سنج با مخروط، دبی هوا از طریق گذاشتن دهانهٔ دبی‌سنج مخروطی در خروجی هوا یا ورودی در دیوار یا سطح سقف اندازه‌گیری می‌شود. اگر چه خود دبی‌سنج هوا به عنوان مقاومت در برابر جریان هوا، عمل می‌کند، هیچ جبران افت فشار در طول اندازه‌گیری انجام نمی‌شود. بنابراین، این روش اندازه‌گیری برای مواقعی مناسب است که سرعت جریان حداکثر $3\ m/s$ است.

۷-۳-۲ پیکربندی دستگاه

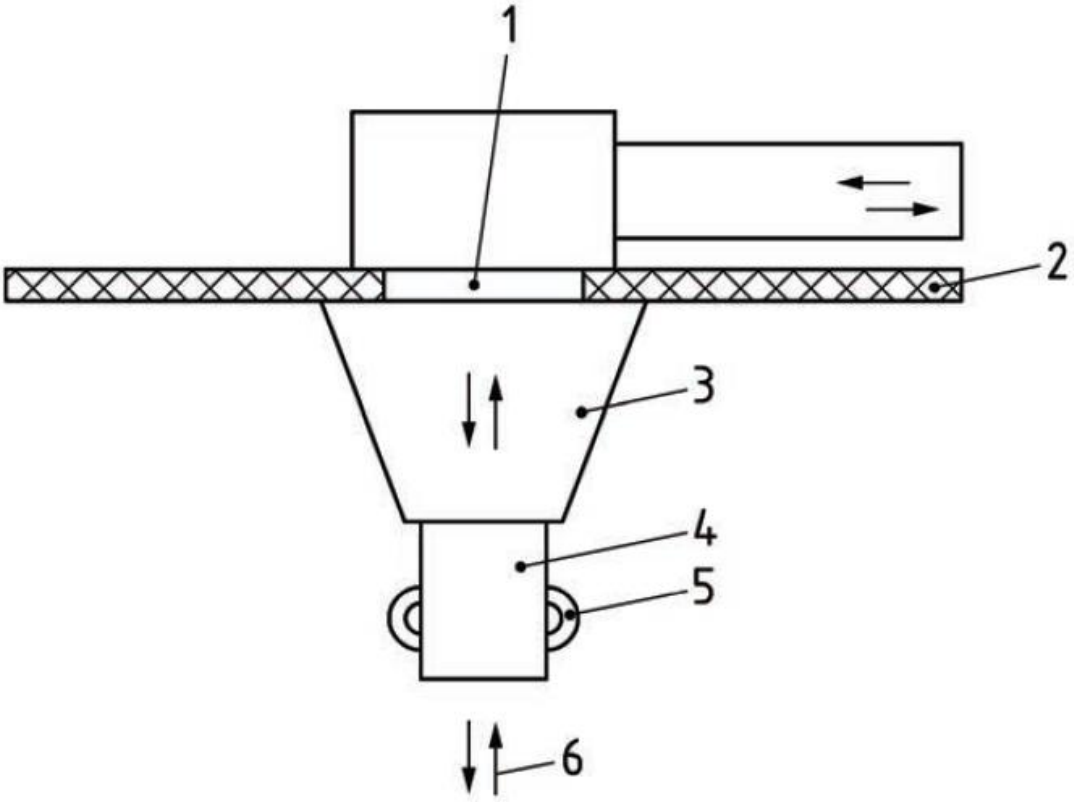
طبق شکل ۵، دستگاه متشکل از اجزای زیر است:

الف- قطعهٔ مخروطی: هوای ورودی/خروجی را می‌گیرد؛

ب- قطعهٔ اندازه‌گیری‌کننده/نشان‌دهنده: دبی هوا را اندازه‌گیری می‌کند و نشان می‌دهد.

1-Manifold

پ- قطعهٔ تکیه‌گاهی: برای نگه داشتن مجموعهٔ دستگاه به کار می‌رود.



راهنما

1 ورودی یا خروجی

2 سقف

3 مخروط

4 قطعهٔ اندازه‌گیری‌کننده/ نشان‌دهنده

۵ قطعهٔ تکیه‌گاهی

۶ خروجی: دبی پایین‌دست

شکل ۵ - ترکیب دستگاه سنجش دبی

۷-۳-۳ شیوه‌های اندازه‌گیری

اندازه‌گیری به شرح زیر انجام می‌شود.

الف- وضعیت کالیبراسیون دستگاه، بررسی می‌شود.

ب- دستگاه به پخشگر یا درگاه مکش در دیوار یا سطح سقف وصل می‌شود. مراقب باشید که لبهٔ دستگاه به صورت کیپ دُورِ سوراخ بنشیند، طوری که درزی برای نشتی باقی نماند.

پ- دبی هوا از روی نشان‌دهنده دستگاه اندازه‌گیری، یادداشت می‌شود. برای مقدار اندازه‌گیری‌شده، مقادیر لحظه‌ای دست‌کم مدت به مدت ۱۰ s اندازه‌گیری و مقدار میانگین محاسبه می‌شود. مقادیر اندازه‌گیری شده به دو نوع دیداری و ثبّات در دسترس هستند. برای تامین دبی هوا، از معادلهٔ (۳) استفاده می‌شود.

در صورت عدم مطابقت اندازهٔ بین دهانهٔ ورود یا خروج و دهانهٔ دستگاه، اندازه‌گیری دشوار خواهد بود. به ویژه، وقتی درگاه پخشگر/خروجی، بزرگ یا شکل آن به صورت مستطیل باریک باشد، امکان اندازه‌گیری وجود نخواهد داشت. در چنین مواردی، اندازه‌گیری را در درگاه‌های دیگر انجام دهید یا تبدیل‌های مناسبی

بین لبهٔ مخروط و درگاه استفاده کنید. اگر رانه[1] در کانال وجود داشته باشد، خطای بزرگی در اندازه‌گیری روی خواهد داد.

۷-۴ روش اندازه‌گیری جبران فشار

این روش اندازه‌گیری نوع متفاوتی از روش استفاده از مخروط است. اگر مخروط در سیستم تهویه با فشار استاتیکی کم، به کار برده شود، اندازه‌گیری دقیق ممکن است به دلیل افت فشار خود مخروط میسر نشود. با روش اندازه‌گیری جبران فشار، دبی هوا از طریق کنترل فشار با استفاده از بادزن کمکی اندازه‌گیری می‌شود تا فشار در قسمت شیب‌دار فشارسنج هوای نوع مخروطی، با فشار خارج یکسان شود. این روش اندازه‌گیری، دبی هوا را در حالت بدون نصب مخروط به سیستم تهویه یا در حالت عادی تهویه، شبیه‌سازی می‌کند، به این ترتیب، اندازه‌گیری با درستی بیشتر میسر می‌شود.

۷-۴-۱ پیکربندی دستگاه

در این روش از دبی‌سنج نوع مخروطی با کارکردهای زیر (به شکل ۶ مراجعه کنید)، استفاده می‌شود:

الف- وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار در ناحیهٔ مخروطی (سنجهٔ فشار تفاضلی[2] مانند فشارسنج برای فشار استاتیک)؛

ب- بادزن کمکی با قابلیت کنترل تعداد چرخش‌ها یا وسایلی برای تنظیم مستقیم دبی هوا، مجهز به بادزن کمکی و دریچهٔ تنظیم حجمی [3]؛

پ- وسیله‌ای برای پسخوراند[4] فشار در مخروط و کنترل دبی هوا در محدودهٔ فشار مشخص شده (خواه با استفاده از روش خودکار خواه روش دستی برای کنترل پسخوراند).

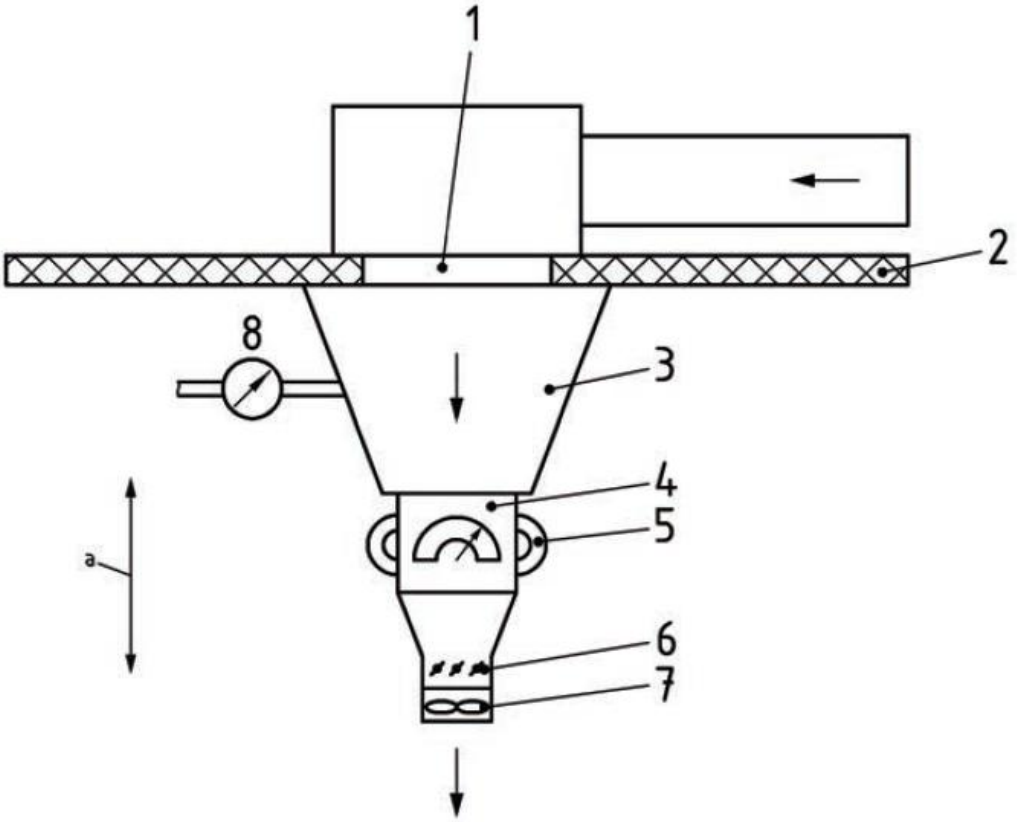
ت- وسیله‌ای برای اندازه‌گیری سرعت باد و دبی. برای این کار، می‌توان از لولهٔ پیتو یا بادسنج سیم داغ استفاده کرد؛

ث- مخروط تا حد ممکن بزرگ ساخته می‌شود (میانگین سرعت هوا در مخروط ۱ m/s یا کم‌تر است) و مساحت بخشی که سرعت هوا در آن اندازه‌گیری می‌شود، خیلی کوچک نگه داشته می‌شود تا سرعت باد بتواند به‌آسانی اندازه‌گیری شود (سرعت هوای بخش اندازه‌گیری ۴ m/s یا بالاتر است).

برای این اندازه‌گیری، می‌توان کارکردهای یادشده را به دبی‌سنج هوای نوع مخروطی موجود افزود یا سیستم را به طریقی اصلاح کرد تا این کارکردها ایجاد شود.

1-Drift

2-Differential pressure guage
3-Damper
4-Feedback



راهنما

1 ورودی یا خروجی

2 سقف

3 مخروط

4 ادوات اندازه‌گیری‌کننده/ نشان‌دهندهٔ دبی

5 قطعهٔ تکیه‌گاهی

6 دریچهٔ تنظیم دبی

7 بادزن کمکی

8 سنجه فشار تفاضلی

a دبی هوای بادزن کمکی کنترل می‌شود تا فشار تفاضلی داخل و خارج مخروط روی صفر تنظیم شود

شکل ۶ - اساس روش جبران فشار

۷-۴-۲ شیوه‌های اندازه‌گیری

اندازه‌گیری به شرح زیر انجام می‌شود:

الف- قبل از تنظیم تجهیزات، بایستی فشارسنج فشار استاتیک و فشارسنج مربوط به اندازه‌گیری دبی هوا بررسی شود تا اطمینان حاصل شود که فشار تفاضلی هنگام خاموش بودن بادزن کمکی، صفر است.

ب- لبهٔ قطعهٔ مخروطی تا آن جا که امکان دارد به سطح پخشگر یا ورودی مورد اندازه‌گیری، چسبانده می‌شود.

پ- بادزن کمکی به کار انداخته می‌شود و سرعت دورانی دمندهٔ کمکی یا دریچهٔ تنظیم دبی هوا تنظیم می‌شود تا فشار تفاضلی فشارسنج فشار استاتیک صفر شود.

ت- هنگامی که فشار تفاضلی فشارسنج فشار استاتیک صفر می‌شود، مقدار فشارسنج اندازه‌گیری‌کنندهٔ دبی هوا یا بادسنج سیم داغ خوانده می‌شود.

۷-۴-۳ محدودهٔ اثربخش برای کاربرد

با روش اندازه‌گیری جبران افت فشار، اندازه‌گیری را می‌توان بدون تاثیرگذاری بر حالت طبیعی تهویه انجام داد. استفاده از این روش اندازه‌گیری، در موارد زیر به مراتب اثربخش‌تر است. در این موارد، کاربرد هر روش دیگری مشکل خواهد بود.

الف- نیروی محرکهٔ جریان نسبتا ضعیف است و اگر تجهیزات اندازه‌گیری دبی با مخروط، و غیره مورد استفاده قرار گیرد، میزان دبی به دلیل بالا بودن مقاومت گذرگاه، تغییر می‌یابد.

مثال: تهویهٔ مطبوع طبیعی که در آن از اختلاف دمایی یا جریان هوای خارجی استفاده می‌شود، میزان دبی در خروجی، یا ورودی سیستم‌های تهویهٔ غیرفعال[1].

ب- اندازه‌گیری دبی در دهانه‌های هواکش یا ورودی.

مثال: دبی هوا در درگاه خروجی در اتاقی که فقط بادزن دمنده کار می‌کند، دبی هوا در دهانهٔ مکش هوا در اتاقی که در آن فقط بادزن مکنده کار می‌کند.

پ- معمولاً از یک کانال، پخشگرهای مختلف یا پایانه‌های مکش منشعب می‌شوند، و اگر تجهیزات اندازه‌گیری مخروط‌دار دبی هوا، و غیره در یک پایانه برای اندازه‌گیری دبی هوا به کار برده شوند، تعادل مقاومتی کانال تغییر می‌کند.

۷-۵ روش اندازه‌گیری اختلاف فشار

در روش اندازه‌گیری فشار تفاضلی، دبی هوا با اندازه‌گیری اختلاف فشار بین داخل و خارج قطعات، مانند دستگاه پایانهٔ هوا که در آن رابطهٔ بین اختلاف فشار داخل/خارج و دبی هوا معلوم است، تعیین می‌شود. این روش اغلب با اندازه‌گیری اختلاف فشار بین دو نقطه، در داخل همان قطعه، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷-۵-۱ تجهیزات اندازه‌گیری

تجهیزات اندازه‌گیری شامل سه جزء زیر است:

الف- فشارسنج تفاضلی[2]؛

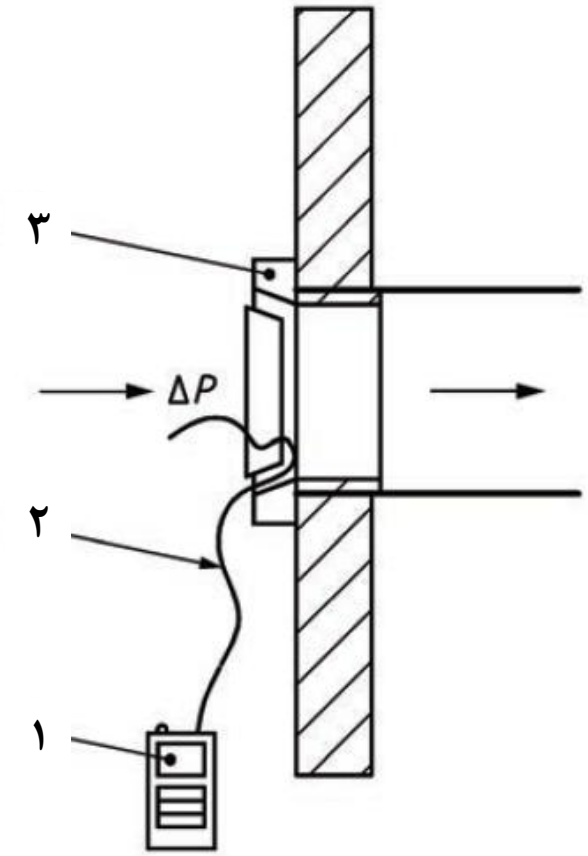
ب- لوله برای انتقال فشار؛

پ- دستگاه پایانهٔ هوا که قرار است اندازه‌گیری شود.

1-Passive

سیستم‌های تهویه‌ای که در آنها برای حرکت دادن هوا از عنصر فعال (مانند الکتروموتور) استفاده نمی‌شود، مانند سیستم‌های ونتوری در دودکش‌ها یا هواکش‌هایی که جریان هوای بیرون باعث ایجاد اختلاف فشار و حرکت دادن هوا در یک کانال می‌شود.

2-Pressure difference meter



راهنما

۱ فشارسنج تفاضلی

۲ لولهٔ انتقال فشار

۳ ورودی یا خروجی اندازه‌گیری‌شده

شکل ۷ – نقشهٔ مفهومی اندازه‌گیری با استفاده از روش اندازه‌گیری اختلاف فشار

از فشارسنج تفاضلی برای تبدیل اختلاف فشار به دبی هوا، استفاده می‌شود. لولهٔ انتقال فشار برای اتصال قطعهٔ مورد اندازه‌گیری و فشارسنج تفاضلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، و طوری متصل می‌شود که از شل شدن دو قطعه نسبت به هم جلوگیری شود. ورودی و خروجی مورد نظر برای اندازه‌گیری، در کانال، کار گذاشته شده و از قبل نقطه‌هایی برای اندازه‌گیری اختلاف فشار مشخص می‌شود. رابطهٔ بین اختلاف فشار نقطهٔ اندازه‌گیری شده و دبی هوا نیز معلوم است. طرح شماتیک تجهیزات اندازه‌گیری در شکل ۷ نشان داده شده است که در آن اختلاف فشار، درون وسیلهٔ پایانهٔ هوا و داخل اتاق اندازه‌گیری و به دبی تبدیل می‌شود.

۷-۵-۲ انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری

در مورد تجهیزات تهویه برای یک خانه با دبی کم هوا، سنجهٔ فشار تفاضلی باید از تفکیک‌پذیری[1] ۱ Pa یا کمتر برخوردار باشد، چون تمایز اختلاف فشار در قطعهٔ اندازه‌گیری‌شده دشوار است و مکانیزم آن باید قابلیت محاسبه میانگین زمان را داشته باشد. فشارسنج تفاضلی باید در وضعیتی پایدار و هموار نصب و به صفر تنظیم شود.

1-Resolution

۳-۵-۷ شیوه‌های اندازه‌گیری

وقتی از این روش، برای ارزیابی یک قطعه استفاده می‌شود، دست کم یک نقطهٔ اندازه‌گیری در داخل وسیله لازم خواهد بود، و در اتاق آزمون، داده‌های مختلف با دبی Q و اختلاف فشار به دست آمده ΔP (اختلاف فشار بین دو نقطهٔ اندازه‌گیری در قطعه) و مقادیر k و n طبق معادلهٔ (۸) تعیین می‌شود:

(۸)

که در آن:

Q دبی هوا، برحسب متر مکعب بر ساعت؛

k ضریب جریان در روش اختلاف فشار، برحسب متر مکعب بر ($\text{hour Pa}^{1/n}$) قلمدادشده به عنوان مقدار k [دبی (متر مکعب در ساعت) در اختلاف فشار ۱ Pa]؛

n ثابت تعیین شده توسط آزمایش، $n = ۰٫۵$ تا ۱٫۰ (غالبا $n = ۰٫۵$ مورد استفاده قرار می‌گیرد)؛

ΔP اختلاف فشار بین داخل/خارج درگاه کنترل هوا، برحسب Pa؛

۸ عدم قطعیت

۸-۱ عدم قطعیت هر یک از اندازه‌گیری‌ها

۸-۱-۱ روش اندازه‌گیری چندنقطه‌ای سرعت هوا

به طور کلی، هنگام استفاده از روش اندازه‌گیری چند نقطه‌ای سرعت هوا در کانال، خطای کلی اندازه‌گیری در حدود ٪ ۱۰ قابل انتظار است [۲] [۸]. نتایج به‌دست آمده برای بررسی عدم قطعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تک‌تک ابزارهای اندازه‌گیری، مقدار تعیین شده برای درستی اندازه‌گیری در کتابچهٔ مشخصات فنی آنها یا مقادیر تعیین شده به عنوان مرجع در پیوست ب استفاده می‌شود.

۸-۱-۲ روش اندازه‌گیری گاز ردیاب

درستی و خطاهای نتایج اندازه‌گیری به درستی غلظت‌سنج گاز ردیاب، غلظت گاز ردیاب مورد استفاده، و موقعیت نقطهٔ نمونه‌برداری بستگی دارد. از این رو، برای موقعیت نمونه‌برداری، حائز اهمیت است که مکانی انتخاب شود که در آن انحراف استاندارد غلظت در هر نقطه کمتر از ٪ ۳ است یا حالت مخلوط‌شده به گونه‌ای است که نمونه‌برداری را می‌توان در محدودهٔ درستیِ غلظت‌سنج یا پایشگر گاز حفظ کرد.

۸-۱-۳ روش دبی‌سنج مخروطی

گسترهٔ اندازه‌گیری دبی هوا در دبی‌سنج‌های هوای موجود در بازار برابر m^3/h (۰ تا ۴۰۰۰) است، و دبی هوای قابل اندازه‌گیری بسته به اندازه و شکل تجهیزات متفاوت است. گستره تفکیک‌پذیری این ادوات برابر m^3/h (۰٫۱ تا ۲۰) است. خطا، برای بزرگترین مقیاس ٪ ۳ ± تا ٪ ۵ ± است.

۸-۱-۴ روش اندازه‌گیری جبران افت فشار

این روش بر سرعت تهویهٔ سیستم اختلال ایجاد نمی‌کند. بنابراین، تنها درستی تجهیزات اندازه‌گیری باید در نظر گرفته شود. عدم قطعیت سرعت‌سنج‌های جریان هوا در پیوست ب ارائه شده است.

۸-۱-۵ روش اندازه‌گیری اختلاف فشار

عدم قطعیت کلی اندازه‌گیری حدود ٪ ۱۰ ± است.

۸-۲ تحلیل عدم قطعیت

خطا به طور معمول، در همه اندازه‌گیری‌ها، وجود دارد. حتی روشن است که در نتایج به دست آمده برای دبی هوا و فشار سیستم تهویه که با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری، محاسبه می‌شوند، خطاهایی در فرآیندهای محاسبهٔ آن دخالت دارد. بنابراین، مقدار خطاهای کمیت‌های اندازه‌گیری‌شده یا نتایج محاسبات را می‌توان با تحلیل عدم قطعیت، تعیین کرد.

تحلیل عدم قطعیت عموما لازم است و دبی هوای به دست آمده از اِعمال این استاندارد، باید از نظر عدم قطعیت مطابق با استاندارد ISO 5168 تحلیل شود.

۹ گزارش اندازه‌گیری

دبی هوا سیستم‌های تهویه/تهویهٔ مطبوع برای مقاصد مختلف، از جمله تنظیم دبی در حین ساخت، آزمون‌های تکمیلی، یا بازرسی تایید و بهره‌برداری در ساختمان، اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین، جزئیاتی که باید در گزارش اندازه‌گیری ذکر شود، بسته به هدف اندازه‌گیری، متفاوت است و بنابراین فرآیند تصدیق برای نتایج اندازه‌گیری با اطلاعات زیر مشخص می‌شود.

موارد زیر باید در تهیه گزارش اندازه‌گیری، به صورت انتخابی مطابق با هدف اندازه‌گیری دبی هوا، به کار برده شود:

الف- اطلاعات مربوط به شیء مورد اندازه‌گیری؛

ب- اطلاعات مربوط به روش اندازه‌گیری؛

پ- نتایج اندازه‌گیری.

۹-۱ اطلاعات مربوط به شیء مورد اندازه‌گیری

اطلاعات زیر باید در گزارش شرح داده شود:

الف- نام یا پلاک ساختمان، محل، کاربری ساختمان، مساحت زیربنا؛

ب- تاریخ/زمان اندازه‌گیری؛

پ- اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌کننده: نام تجهیزات/ مؤسسهٔ اندازه‌گیری‌کننده، نشانی، شمارهٔ تماس، نام فرد مسئول؛

ت- هدف از اندازه‌گیری: بازرسی در حین ساخت، بازرسی تایید پس از تنظیم دبی هوا، بازرسی‌های دوره‌ای حین بهره‌برداری از ساختمان؛ و

ث- اطلاعات در مورد تجهیزات تهویه/تهویهٔ مطبوع: نمودار سیستم، مقدار طراحی دبی هوا، مشخصات تجهیزات، موقعیت نصب و راه‌اندازی تجهیزات.

۹-۲ اطلاعات مربوط به روش اندازه‌گیری

الف- شرح اندازه‌گیری به عمل آمده مطابق با این استاندارد؛

ب- روش اندازه‌گیری انتخاب شده؛

پ- موقعیت مکانی اندازه‌گیری؛

ت- نام تجهیزات اندازه‌گیری.

۹-۳ نتایج اندازه‌گیری

الف- داده‌های ثبت‌شده؛

ب- روش محاسبهٔ دبی هوای تجهیزات تهویه و نتایج؛

پ- شرایطی از تجهیزات تهویه که باید ثبت شود (به عنوان مثال، سیستم متغیر حجم هوا و کنترل CO_2 و غیره).

پیوست الف

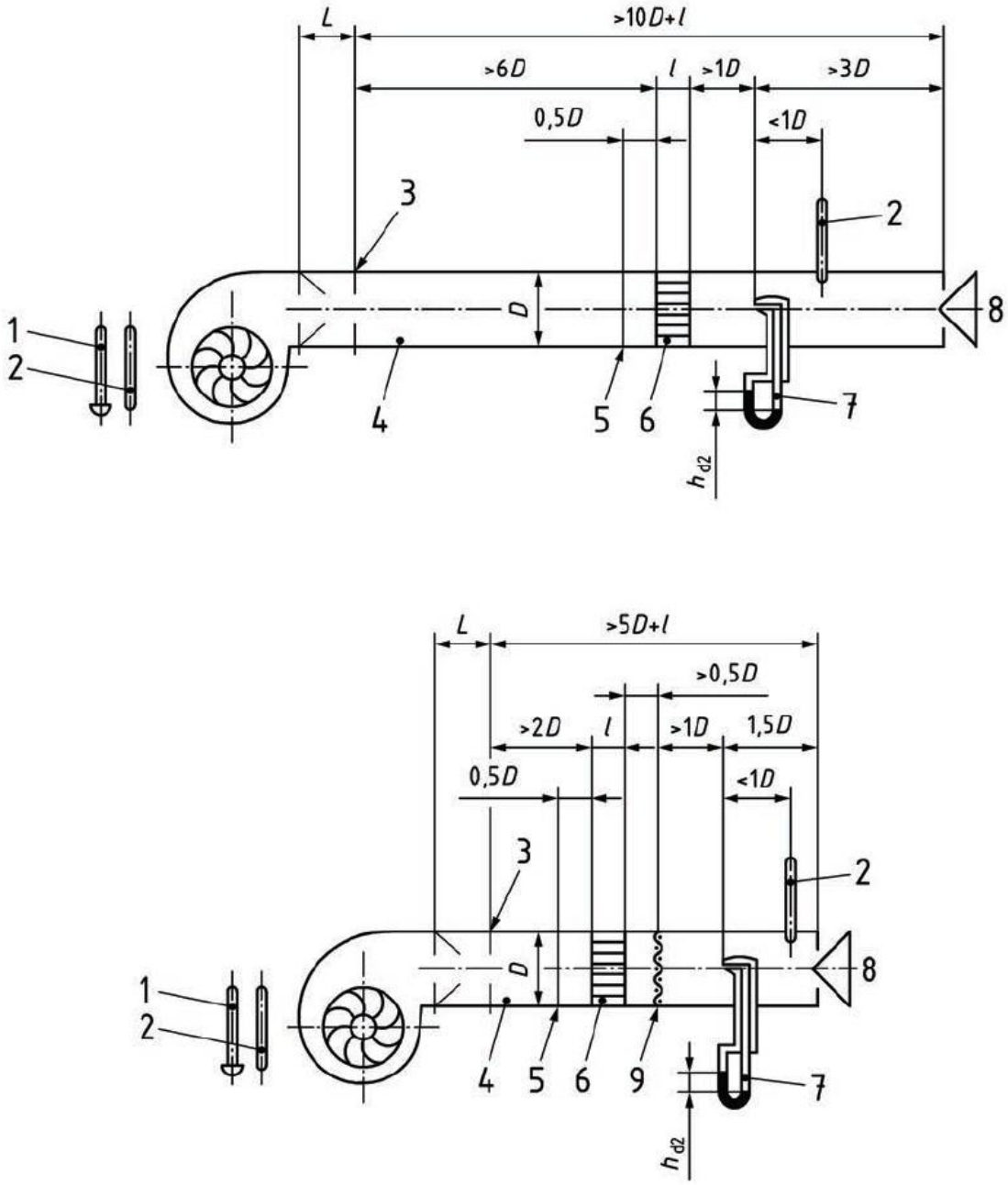
(الزامی)

موقعیت برای اندازه‌گیری سطح مقطع در کانال با استفاده از روش اندازه‌گیری چند نقطه‌ای

الف-۱ موقعیت مکانی اندازه‌گیری سطح مقطع

مثالی از فاصلهٔ مستقیم به سمت بالادست و پایین‌دست مقطع اندازه‌گیری در شکل الف۱ نشان داده شده است. هنگامی که اندازه‌گیری بسیار دقیقی مورد نیاز است، از مستقیم‌سازی[1] طبق شرح نشان داده شده در شکل، استفاده کنید.

1-Straightening



راهنما

1 فشارسنج

2 دماسنج

3 کانال اندازه‌گیری

4 لوله رابط

5 موقعیت اندازه‌گیری در فشار استاتیک

6 مستقیم‌سازی

7 لولهٔ پیتو (حجم هوا)

8 خفانش*

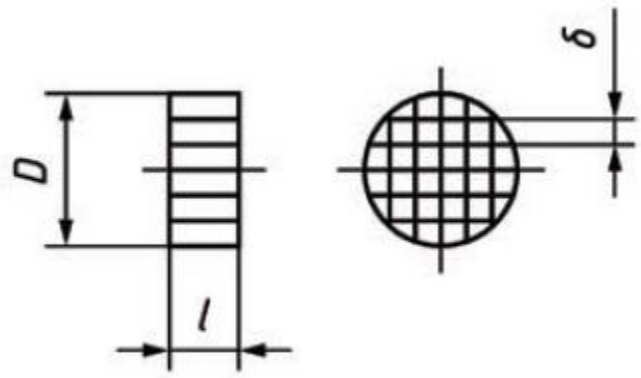
۹ توری

* Choke

شکل الف۱ – موقعیت مقطع اندازه‌گیری (استاندارد ISO 5801)

الف-۲ مستقیم‌سازی

طول δ یک ضلع شبکهٔ مستقیم‌ساز باید یک‌چهارم تا یک‌دوازدهم قطر داخلی D کانال اندازه‌گیری طبق شکل الف۲، و طول محوری l مستقیم‌سازی باید بیشتر از سه برابر δ باشد.



یادآوری-

شکل الف۲ - اندازه شبکه مستقیم‌سازی (استاندارد ISO 5801)

الف-۳ شبکهٔ سیمی

ضریب گذردهی μ شبکهٔ سیمی باید ۰٫۶ تا ۰٫۴۵ باشد.

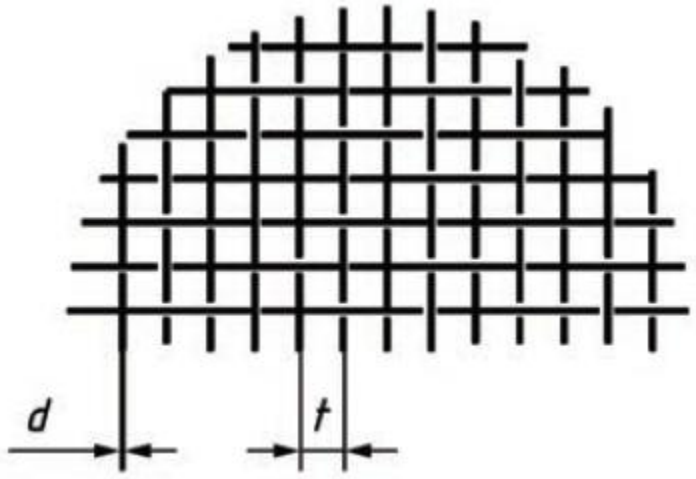
μ باید طبق معادله (الف۱) به دست آید:

(الف۱)

که در آن:

d اندازهٔ سیم توری، برحسب میلی‌متر؛

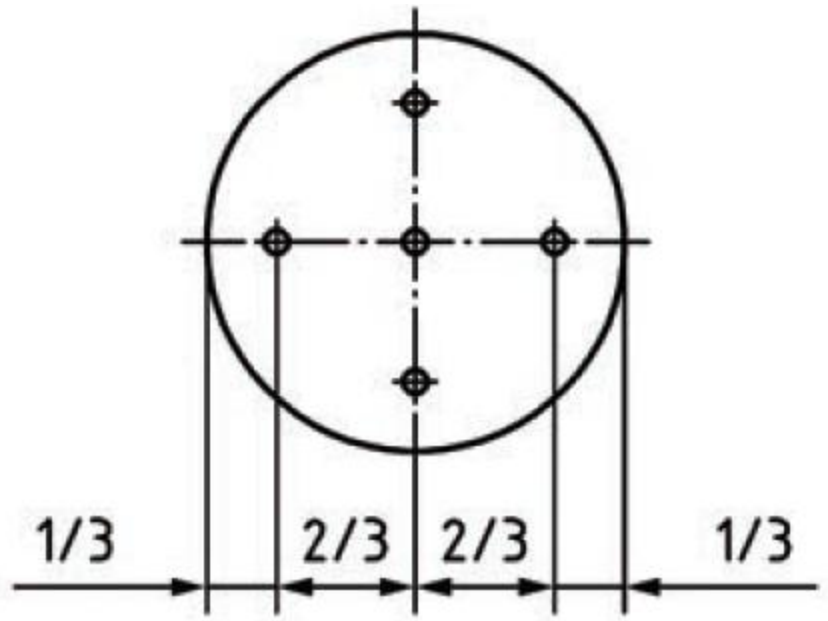
t گام توری، برحسب میلی‌متر.



شکل الف۳ - توری سیمی (استاندارد ISO 5801)

الف-۴ روش اندازه‌گیری ساده‌شده

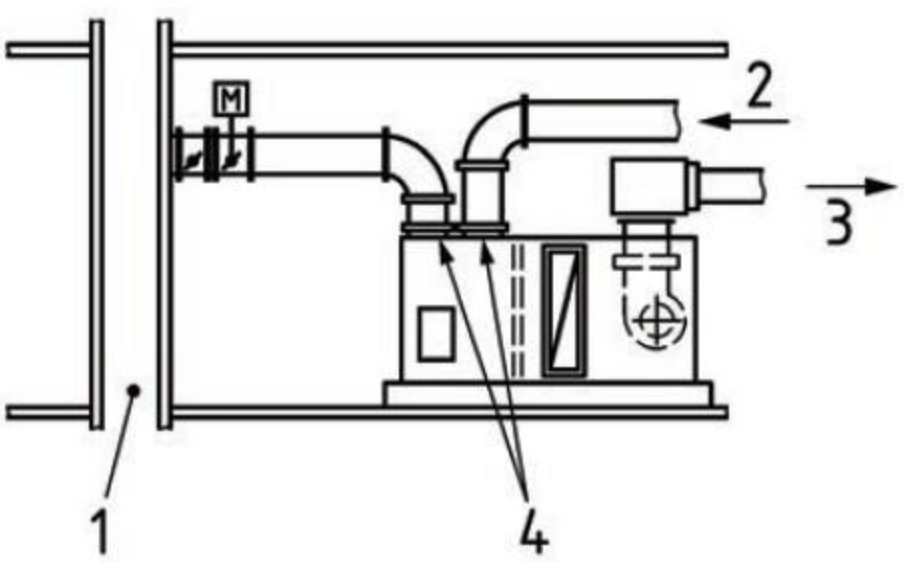
با روش اندازه‌گیری ساده‌شده، طبق شکل الف۴، پنج نقطه به عنوان نقاط اندازه‌گیری انتخاب می‌شود. میانگین حسابی پنج نقطه به عنوان میانگین سرعت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر شرایط مورد نیاز برآورده شود، از جمله تامین طول لولهٔ راست، درستی اندازه‌گیری عملی (حدود ٪ ۱۰±) را می‌توان حتی با نقاط اندازه‌گیری کمتر تامین کرد. اگر، با این حال، طول کافی از لولهٔ مستقیم در بالادست موقعیت اندازه‌گیری تامین نشود، تعداد نقاط اندازه‌گیری تا یک واحد نزدیک‌تر به روش اندازه‌گیری دقیق، افزایش داده می‌شود.



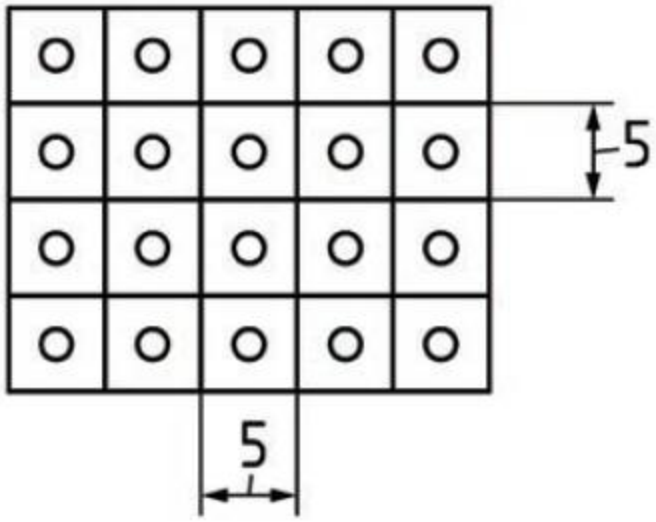
شکل الف۴ - موقعیت نقاط اندازه‌گیری در روش اندازه‌گیری ساده شده

الف-۵ روش اندازه‌گیری در اتصال کانال سیستم تهویهٔ مطبوع

هنگامی که مقدار هوای واردشده از خارج و مقدار هوای بازگشتی در اتصال کانال سیستم تهویهٔ مطبوع، اندازه‌گیری می‌شود، موقعیت انتخاب‌شده باید رانهٔ کمتری در اتصال طرف مکش شکل الف۵ داشته باشد. نقاط اندازه‌گیری سرعت هوا باید مطابق قسمت الف بند ۷-۱-۱-۳ باشد، ۱۶ قسمت یا بیشتر با مساحت برابر ایجاد کند و اندازه‌گیری در نقطهٔ مرکزی برای به دست آوردن میانگین سرعت هوا انجام شود. در این صورت، به این دلیل که طول مستقیم کانال، کوتاه است و هوا اغلب رانه دارد، ضلع تقسیمات مربعی باید حدود ۱۵ cm باشد. لازم نیست که بیش از ۶۴ تقسیم‌بندی ایجاد شود. اگر سرعت هوا پایدار نیست، از روش اندازه‌گیری گاز ردیاب استفاده کنید.



الف- موقعیت مکانی اندازه‌گیری مقدار هوای تازه و مقدار هوای بازگشتی در تهویهٔ مطبوع هوا



ب- نمونه‌ای از تقسیم‌بندی‌های مقطع و نقاط اندازه‌گیری

راهنما

1 کانال قائم هوای تازه

2 بازگشتی

3 منبع هوا

4 موقعیت مکانی اندازه‌گیری

5 همه‌گی برابر

شکل الف۵ - اندازه‌گیری در نزدیکی دستگاه هواساز

پیوست ب

(الزامی)

درستی دستگاه اندازه‌گیری سرعت هوا

برای حدود درستی دستگاه سرعت‌سنج هوا مورد استفاده در سیستم تهویهٔ متداول، به مقادیر مشخص شده در جدول ب۱ مراجعه کنید.

جدول ب۱ - تجهیزات اندازه‌گیری و دقت مورد نیاز

سرعت هوا	محدودهٔ اندازه‌گیری	درستی اندازه‌گیری
سرعت‌سنج هوا از نوع حرارتی (نوع سیم داغ و نوع نیمه‌هادی)	۰٫۰۵ m/s تا ۴۰ m/s	۰٫۵ یا بیشتر، هنگامی که مقدار خوانده‌شده ± ۱۰ ٪ m/s (rdg)[a]
لولهٔ پیتو و فشارسنج دقیق	۳ m/s یا بیشتر	± ۵ ٪ کل درجه‌بندی (fs)
سرعت‌سنج هوا از نوع پره‌ای	۰٫۲۵ m/s تا ۵۰ m/s	± ۱۰ ٪ rdg
[a] Reading value [b] Full scale		

پیوست پ

(اطلاعاتی)

انواع گاز ردیاب

انواع گاز ردیاب رایج مورد استفاده برای این اندازه‌گیری در جدول پ۱ نشان داده شده است. جنس گازهای ردیاب باید از نوعی باشد که تخلیهٔ آن در هوای جو ممنوع نبوده و در مقادیر غلظت مورد اندازه‌گیری، برای بدن انسان سمی نباشند. علاوه بر این، در مورد مقدار گاز ردیاب، جذب و جذب سطحی گاز ردیاب بر روی سطح دیوار یا در لولهٔ نمونه‌برداری باید آن قدر ناچیز باشد که قابل چشم‌پوشی تلّقی شود.

جدول پ۱ - انواع گاز ردیاب

نوع گاز	هلیم	کربن دیوکسید		سولفور هگزافلوراید		پرفلوروکربن	اتیلن	نیتروز اکسید
نمادهای شیمیایی	He	CO_2		SF_6		(CF_4 (PFC-14 C_2F_6 (PFC-116)	C_2H_4	N_2O
روش اندازه‌گیری[a]	GC-TCD، غیره	روش جذب گاز: فروسرخ	GC-ECD، غیره	روش جذب گاز: فروسرخ	GC و غیره	GC-ECD، غیره	جذب گاز: فرو سرخ، GC	جذب گاز: فرو سرخ
مثالی از کمینه حد آشکارسازی	۳۰۰×۱۰^{-۶}	۱×۱۰^{-۶}	۷۰×۱۰^{-۶}	$۰٫۰۰۱\times۱۰^{-۶}$	$۰٫۰۰۱\times۱۰^{-۶}$	-	$۰٫۱\times۱۰^{-۶}$	$۰٫۱\times۱۰^{-۶}$
غلظت مجاز [b]	-	۵۰۰۰×۱۰^{-۶}		۵۰۰۰×۱۰^{-۶}		-	-	۲۵×۱۰^{-۶}
چگالی نسبی در برابر هوا [-]	۰٫۱۳۸	۱٫۵۴۵		۵٫۳۰۲		مثال: PFC-14:3.06 PFC-116:4.80	۰٫۹۷۴	۱٫۵۳

جدول پ۱- ادامه

نوع گاز	هلیم	کربن دیوکسید	سولفور هگزافلوراید	پرفلوروکربن	اتیلن	نیتروز اکسید
ظرفیت گرمایش زمین (GWP)c	-	۱	۲۳۹۰۰	مثال: PFC-14:6500 PFC-116:9200	-	۳۱۰
ملاحظات	به لحاظ شیمیایی پایدار	CO_2 برای اندازه‌گیری دقیق مناسب نیست چرا که در آب محلول است و به مصالح ساختمانی و اثاثیه می‌چسبد. با این حال، استفاده از آن برای اندازه‌گیری آسان و ایمن است، CO_2 غالبا هنگامی استفاده می‌شود که اندازه‌گیری بسیار دقیق لازم نیست. در صورت حضور ساکنان ، مراقب باشید چرا که آنها می‌توانند منبع انتشار CO_2باشند.	از آن جا که SF_6 ظرفیت گرمایش زمینی بالایی دارد، از استفاده از آن در مقادیر زیاد اجتناب کنید. SF_6 وزن مولکولی زیادی دارد و مخلوط شدن آن با هوا سخت است. زمانی که تا ۵۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده می‌شود، گاز سمی تولید می‌کند. بنابراین، آن را در فضای بسته‌ای که در آن لوازم سوختی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به کار نبرید	از آن جا که PFC ظرفیت گرمایش زمینی بالایی دارد، از استفاده از آن در مقادیر زیاد اجتناب کنید.	مخلوط شدن اتیلن با هوا آسان است چون چگالی آنها مشابه است. با این حال، اتیلن گاز قابل اشتعالی است و در جابجایی آن احتیاط لازم است. حد انفجار آن ۲٫۷ تا ۳۶٫۰ [درصد حجمی] است.	از آن جا که N_2O ظرفیت گرمایش زمینی بالا دارد، از استفاده از آن در مقادیر زیاد اجتناب کنید. N_2O در آب حل می‌شود و واکنشی شیمیایی را با آلومینیوم آغاز می‌کند. موجب آتش‌سوزی در دمای بالا می‌شود. به لحاظ زیان‌بار بودن برای سلامتی بایستی مراقب بود بیش از غلظت قابل قبول مورد استفاده قرار نگیرد.

جدول پ۱-ادامه

یادآوری- علاوه بر موارد فوق، هیدروژن، کربن مونوکسید، اتان، متان، اکتافلوئوروسیکلوبوتان، برومو-۳فلوئورومتان، دی‌کلرو-۲فلوئورومتان، دی‌کلرو-۴-فلوئورومتان، غیره ممکن است به عنوان گاز ردیاب مورد استفاده قرار گیرد. هنگام استفاده از هر گاز مراقب سمیت، غلظت مجاز، ایمنی، و غیره باشید.

[a] GC در جدول به معنی عام کروماتوگرافی گازی است. GC-TCD استفاده از آشکارساز هدایتی حرارتی را به عنوان آشکارساز نشان می‌دهد. GC-ECD نشان‌دهنده استفاده از آشکارساز صید الکترون است.

[b] مطابق استاندارد ASTM E2029.

[c] ظرفیت گرمایش جهانی (GWP) ضریب نسبی اثر گلخانه‌ای به ازای وزن است که در آن از کربن دی اکسید به عنوان مرجع استفاده می‌شود.

کتاب‌نامه

[1] ISO 5801:1997, Industrial fans — Performance testing using standardized airways
[2] ISO 3966:1977, Measurement of fluid flow in closed conduits — Velocity area method using Pitot static tubes
[3] ANSI/ASHRAE111-2008 ASHRAE STANDARD Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building HVAC Systems
[4] ASTM E2029: Standard Test Method for Volumetric and Mass Flow Rate Measurement in a Duct Using Tracer Gas Dilution
[5] Standard Building Equipment Periodic Inspection Japanese Building Equipment and Elevator Center Foundation, 2008 version
[6] Guideline M .E.C.S. A ppendix1 E nvironmental M easurement, W ind s peed/Airflow. P ublic Building Association, Japan, 2007
[7] SHASE-S 116-2011 Ventilation Rate Measurement of a single Zone Using Tracer Gas Technique, Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan
[8] Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer, BYGGFORSKNINGSRÅDET, 1998 (Swedish Standard “Airflow Measurement in Ventilation Facilities”)