



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۲۳۶۴۳
چاپ اول
۱۴۰۳

INSO
23643
1st Edition
2024

Modification of
ANSI/AHRI 79:
2015

دستگاه‌های فن‌کوئل –
روش آزمون

Fan-coils units –
Test method

ICS: 91.140.30

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

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

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی 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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«دستگاه‌های فن‌کوئل - روش آزمون»

سمت و/یا محل اشتغال:

دانشگاه تهران

رئیس:

سجادی، بهرنگ
(دکترای مهندسی مکانیک)

دبیر:

سازمان ملی استاندارد ایران

ایمانی بیدگلی، فاطمه
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

پژوهشگاه استاندارد

اشراقی، زهرا
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

سیدی نیاکی، کیوان
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

انجمن صنفی تولیدکنندگان سیستم‌های تهویه
مطبوع ایران

شمایلی یگانه، ناجی
(کارشناسی مهندسی صنایع)

وزارت نیرو

صالحیان پیرمرد، محمد
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت گروه مشاوران ساختمانی کندو

صبوری، محسن
(کارشناسی مهندسی کامپیوتر)

انجمن صنعت تاسیسات ایران

طباطبایی، مجتبی
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت تهویه

فارغی، صالح
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

بازنشسته سازمان ملی استاندارد

قزلباش، پریچهر
(کارشناسی فیزیک)

اعضا : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کاشانی حصار، محمد حسین
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

نهادوندی، ایمان
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

ویراستار :

قزلباش، پریچهر
(کارشناسی فیزیک)

سمت و / یا محل اشتغال:

شرکت خانه ارزیابی کیفیت تجهیزات ساختمانی
کندو

شرکت مشهد چینه

بازنشسته سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ شرایط آزمون
۶	۴-۱ تغییرات
۶	۴-۲ رواداری‌ها
۸	۴-۳ اندازه‌گیری‌ها
۸	۵ ابزار اندازه‌گیری آزمون
۸	۵-۱ ابزار اندازه‌گیری دما
۹	۵-۲ اندازه‌گیری فشار
۱۰	۵-۳ اندازه‌گیری مقدار گذر هوا
۱۲	۵-۴ اندازه‌گیری مقدار گذر آب
۱۴	۵-۵ دیگر اندازه‌گیری‌ها
۱۴	۶ دستگاه آزمون
۱۴	۶-۱ امکانات اندازه‌گیری جریان هوا و دما
۱۸	۶-۲ روش‌های آزمون، سمت هوا
۲۳	۶-۳ تجهیزات هواساز
۲۳	۶-۴ دستگاه اندازه‌گیری آب
۲۴	۶-۵ اندازه‌گیری توان الکتریکی
۲۸	۷ نصب فن‌کویل تحت آزمون
۲۸	۷-۱ فن‌کویل
۲۸	۷-۲ اندازه‌گیری فشار استاتیک خارجی
۲۸	۷-۳ اندازه‌گیری سرعت دورانی (RPM) فن
۲۹	۷-۴ مکان اتصال در آزمون افت فشار آب
۲۹	۷-۵ تغییرات در فن‌کویل تحت آزمون
۲۹	۷-۶ حسگرهای فشار از راه دور
۲۹	۷-۷ تغییرات فشار بارومتری

صفحه	عنوان
۲۹	۸ روش‌ها و دستورالعمل‌های انجام آزمون
۲۹	۸-۱ کلیات
۳۰	۸-۲ آزمون‌های تحویل هوای هم‌دما
۳۰	۸-۳ آزمون‌های ظرفیت سرمایشی و گرمایشی
۳۲	۹ محاسبات
۳۲	۹-۱ آزمون‌های تحویل هوای هم‌دما
۳۳	۹-۲ آزمون‌های تعیین ظرفیت سرمایشی و گرمایشی
۳۵	۹-۳ محاسبات موازنه حرارتی و متوسط ظرفیت‌ها
۳۶	۹-۴ آزمون‌های افت فشار آب
۳۹	۹-۵ نمادها
۴۱	۹-۶ رواداری‌های آزمون
۴۱	۹-۷ داده‌هایی که باید ثبت شوند
۴۱	۱۰ روش‌ها و فرآیندهای اندازه‌گیری صدا
۴۱	۱۰-۱ شرایط آزمون
۴۱	۱۰-۲ فن‌کویل کانالی
۴۲	۱۰-۳ فن‌کویل بدون کانال
۴۲	۱۰-۴ روش‌های اندازه‌گیری صدا برای واحدهای فن‌کویل با ورودی‌ها و تخلیه آزاد
۴۴	۱۰-۵ داده‌های صدای ثبت شده و محاسبات
۴۶	۱۱ مرجع اطلاعات و مشخصات ترمودینامیکی
۴۷	پیوست الف (الزامی) اندازه‌گیری جریان هوای اولیه
۵۱	پیوست ب (الزامی) روش جایگزین برای اندازه‌گیری جریان هوا
۵۵	پیوست پ (آگاهی دهنده) ابعاد مرجع لوله مخلوط کننده
۵۷	پیوست ت (آگاهی دهنده) مثال‌هایی از انواع مختلف فن‌کویل‌های توکار و روکار
۵۸	پیوست ث (آگاهی دهنده) تغییرات اعمال شده در متن نسبت به مرجع اصلی
۵۹	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «دستگاه‌های فن‌کویل-روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک‌هزار و نهصد و نود و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک مورخ ۱۴۰۳/۰۲/۲۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ANSI/ASHRAE 79:2015, Method of test for fan-coil units

مقدمه

در این استاندارد علاوه بر تعاریف و اصطلاحات، روش‌های آزمایشگاهی تعیین ظرفیت دستگاه‌های فن‌کویل ارایه شده است. در بند ۵ این استاندارد با هماهنگی با سایر استانداردهای مرتبط قابلیت ردیابی برای کالیبراسیون ابزارهای آزمایشگاهی تبیین شده است. ابزار اندازه‌گیری آزمون شامل ابزار اندازه‌گیری دما (آب و هوا)، فشار، مقدار گذر جریان هوا و آب، اندازه‌گیری زمان، وزن، کمیت‌های الکتریکی و سرعت فن می‌باشد. این استاندارد، مکمل استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۴۰ با عنوان «دستگاه‌های فن‌کویل - تعیین ظرفیت عملکردی» است.

دستگاه‌های فن‌کویل - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌های آزمایشگاهی آزمون دستگاه‌های فن‌کویل برای بدست آوردن اطلاعات عملکردی مطمئن برای تعیین ظرفیت این دستگاه‌ها است. این استاندارد برای توصیف و تعیین موارد زیر کاربرد دارد:

الف- ابزار و دستگاه آزمون؛

ب- روش‌ها و فرآیندهای آزمون آزمایشگاهی؛

پ- داده‌های آزمونی که باید ثبت شوند؛

ت- محاسباتی که باید با استفاده از داده‌های آزمون انجام شوند؛

ث- عبارت‌های استفاده شده در آزمون؛ و

ج- خواص ترمودینامیکی استاندارد.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ANSI/ASHRAE Standard 41.1:2013, Standard Method for Temperature Measurement.

2-2 ASHRAE Standard 41.3:1989, Standard Method for Pressure Measurement. Atlanta: ASHRAE.

2-3 ASHRAE Standard 41.2:1987 (RA 92), Standard Methods for Laboratory Airflow Measurement. Atlanta: ASHRAE.

2-4 ASHRAE- ASHRAE Handbook—Fundamentals-2013 Atlanta: ASHRAE.

2-5 IEC 60038:2000, Standard Voltage

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶: سال ۱۳۹۱ به همراه اصلاحیه ۱: سال ۱۴۰۲، ولتاژهای استاندارد، با استفاده از استاندارد IEC 60038:2009+A1:2021 تدوین شده است.

2-6 ANSI/AHRI Standard 260:2012, Standard for Sound Rating of Ducted Air Moving and Conditioning Equipment. Arlington, VA: Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute.

2-7 ANSI/ASA S12.58:2012, American National Standard Sound Power Level Determination for Sources Using a Single-Source Position. Melville, NY: Acoustical Society of America.

۳ اصطلاحات و تعاریف

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

۱-۳

تعادل

equilibrium

یک وضعیت پایا^۱ می‌باشد که طی آن نوسانات متغیرهای اندازه‌گیری شده در آزمون، به مدت ۳۰ min در محدوده رواداری‌های مندرج در جدول ۱ باقی بماند.

۲-۳

تعادل تبخیری

evaporative equilibrium

شرایطی که در دستگاه اندازه‌گیری رطوبت، زمانی که اندازه‌گیری رطوبت به دمای پایدار و ثابت رسیده باشد، حاصل می‌شود.

۳-۳

فشار استاتیک خارجی

external static pressure

مجموع مقادیر مطلق به دست آمده از گیج^۲ فشار استاتیک تخلیه و گیج فشار استاتیک ورودی است.

1- Steady – state

2 -Guage

۴-۳

دستگاه فن کویل

fan-coil unit

یک دستگاه کارخانه ساخت است که با گردش هوای ناشی از اختلاف فشار استاتیکی تولید شده توسط فن، سرمایش یا سرمایش و گرمایش و پالایش هوا را فراهم می‌نماید، اما منبع سرمایش یا گرمایش را شامل نمی‌شود.

۵-۳

fpm

feet per minute

فوت بر دقیقه که واحد اندازه‌گیری سرعت^۱ است.

۶-۳

صحت ابزار

instrument accuracy

توانایی یک ابزار برای نشان دادن یا ثبت مقدار واقعی یک کمیت اندازه‌گیری شده می‌باشد.

۷-۳

دقت ابزار

instrument precision

خطای آماری یک ابزار که تحت اندازه‌گیری‌های مکرر در محدوده‌ای از مقادیر ورودی قرار می‌گیرد.

۸-۳

ظرفیت سرمایشی نهان

latent cooling capacity

نرخ کاهش رطوبت موجود در هوای عبوری از درون فن‌کویل‌های تحت آزمون که بر حسب وات (Btu/hr) محاسبه می‌گردد.

۹-۳

ظرفیت محسوس

sensible capacity

1 - Velocity

نرخ افزایش یا کاهش دمای حباب خشک^۱ هوای عبوری از درون فن کویل‌های تحت آزمون که بر حسب وات (Btu/hr) محاسبه می‌گردد.

۱۰-۳

هوای استاندارد

standard air

هوایی که وزن آن (0.075 lb/ft^3) (1.2 kg/m^3) باشد. این هوا تقریباً معادل هوای خشک (70°F) (21.1°C) در فشار بارومتری استاندارد می‌باشد.

۱۱-۳

فشار بارومتری استاندارد

standard barometric pressure

فشار معادل (29.92 in.Hg) (101 kPa) می‌باشد.

۱۲-۳

آزمون

test

در حالت تعادل یک تعداد از اطلاعات مورد نیاز آزمون خوانده و ثبت شده که در محاسبه نتایج استفاده می‌شود، که شامل موارد زیر می‌شوند:

- موارد مشاهده شده یا ثبت شده در طول یک دوره کافی برای نشان دادن اینکه قبل از آزمون واقعی به تعادل بدست آمده است و
- مواردی که در طول دوره‌ی آزمون ثبت شدند.

۱۳-۳

انجام آزمون

test run

گروه کاملی از مقادیر خوانده شده از داده‌های لازم آزمون است (به جدول ۲ مراجعه شود).

۱۴-۳

رواداری عملیاتی انجام آزمون

test-run operating tolerance

1- Dry- bulb

حداکثر تغییرات مجاز هر مشاهده در طول آزمون ظرفیت است.

۱۵-۳

رواداری شرایط آزمون

test condition tolerance

حداکثر انحرافات^۱ مجاز از میانگین مشاهدات آزمون از شرایط استاندارد یا شرایط آزمون مطلوب است.

۱۶-۳

ظرفیت سرمایشی کل

total cooling capacity

مجموع ظرفیت‌های محسوس و نهان سرمایشی می‌باشد.

جدول ۱- رواداری‌های آزمون

نماد	شرح	یکایها (SI (IP	رواداری عملیاتی انجام آزمون ±	رواداری شرایط آزمون ±
t_{a1}	دمای حباب خشک هوای ورودی به واحد مورد آزمون	$^{\circ}\text{C} (^{\circ}\text{F})$	۰٫۵ (۱٫۰)	۰٫۲۵ (۰٫۵)
$\dot{t}_{a1}$	دمای حباب مرطوب هوای ورودی به واحد مورد آزمون	$^{\circ}\text{C} (^{\circ}\text{F})$	۰٫۱۶ (۰٫۳)	۰٫۱۶ (۰٫۳)
Q_{an}	گذر جریان هوا	%	۱٫۰	-
t_{w1}	دمای آب ورودی به واحد مورد آزمون برای آزمون تعیین ظرفیت سرمایشی	$^{\circ}\text{C} (^{\circ}\text{F})$	۰٫۱ (۰٫۲)	۰٫۱ (۰٫۲)
Δt_w	افزایش دمای آب (سرمایشی)	$^{\circ}\text{C} (^{\circ}\text{F})$	۰٫۱ (۰٫۲)	۰٫۱ (۰٫۲)
Δt_w	کاهش دمای آب (گرمایشی)	$^{\circ}\text{C} (^{\circ}\text{F})$	۰٫۵ (۱٫۰)	۰٫۵ (۱٫۰)
Q_w	نرخ گذر جریان آب	%	۱٫۰	۱٫۰
	اختلاف فشار هوای بین اتاق آزمون و رابط دریچه خروجی واحد یا بین ورودی واحد و رابط دریچه خروجی واحد	Pa (In.wc)	۲٫۵ (۰٫۰۱)	۱٫۲۵ (۰٫۰۰۵)
	ولناژ اعمال شده به واحد مورد آزمون	V	۲٫۰	۱٫۰

۴ شرایط آزمون

۴-۱ تغییرات

روش‌های ارائه شده در این استاندارد باید برای تعیین عملکرد فن‌کویل در شرایط مختلف آزمون که ممکن است در دیگر استانداردها یا مشخصات استفاده شود، رعایت گردد.

۴-۲ رواداری‌ها

در تمام موارد، در طول انجام آزمون عملکرد فن‌کویل، شرایط آزمون باید در محدوده رواداری‌های مشخص شده در بند ۹-۶ حفظ شود.

جدول ۲- داده مورد نیاز آزمون

نماد	شرح	یکاها (SI (IP)	هوای تحویلی	ظرفیت سرمايشی آب	ظرفیت گرمايشی آب	افت فشار آب	گرماكن حرارتي
-	زمان و مکان	-	×	×	×	×	×
-	مشاهده‌گران	-	×	×	×	×	×
-	مشخصات پلاک شناسایی فن‌کویل مورد آزمون	-	×	×	×	×	×
P_b	فشار بارومتری	kpa (in. Hg)	×	×	×		
-	ولتاژ اعمال شده به فن‌کویل	V	×	×	×		
-	فرکانس	Hz	×	×	×		
-	سرعت فن	rpm	×	×	×		
P_e	توان ورودی به موتور فن	W	×	×	×		
P_{ee}	توان ورودی به المان‌های الکتریکی	W					×
A_n	مساحت گلویی نازل	$m^2 (ft^2)$	×	×	×		
t_{a1}	دمای حباب خشک هوای ورودی به فن‌کویل	$^{\circ}C (^{\circ}F)$	×	×	×		
t'_{a1}	دمای حباب مرطوب هوای ورودی به فن‌کویل	$^{\circ}C (^{\circ}F)$	×	×	×		
t_{a2}	دمای حباب خشک هوای خروجی از فن‌کویل	$^{\circ}C (^{\circ}F)$	×	×	×		
t'_{a2}	دمای حباب مرطوب هوای خروجی از فن‌کویل	$^{\circ}C (^{\circ}F)$	×	×	×		
t_{an}	دمای حباب خشک هوای ورودی به نازل	$^{\circ}C (^{\circ}F)$	×	×	×		
t_{a3}	دمای حباب خشک هوای اطراف پلنوم و محفظه اختلاط	$^{\circ}C (^{\circ}F)$		×	×		

نماد	شرح	یکایها (SI (IP)	هوای تحویلی	ظرفیت سرمايشی آب	ظرفیت گرمايشی آب	افت فشار آب	گرمکن حرارتی
P_v	فشار ناشی از سرعت در گلویی نازل یا فشار استاتیک در سراسر نازل	pa (in. wc)	×	×	×		
P_n	فشار در گلویی نازل	kpa (in. Hg)	×	×	×		
Q_w w_w	نرخ گذر جریان آب	L/s (gpm)		×	×	×	
		kg/s (lb/h)					
t_{w1}	دمای آب ورودی به فن کویل	°C (°F)		×	×		
t_{w2}	دمای آب خروجی از فن کویل	°C (°F)		×	×		
P_w	افت فشار آب بین حلقه‌های پیزومتر	kpa (in. Hg)		×	×	×	
$X-$	نرخ جمع‌آوری آب چگالیده	lb/h(kg/s)		×			

جدول ۳- دقت و صحت ابزارهای اندازه‌گیری دما

ردیف	شرح	صحت ابزار	دقت ابزار
۱	دماهای حباب خشک و مرطوب	$\pm 0.1^\circ\text{C}$ ($\pm 0.2^\circ\text{F}$)	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{F}$)
۲	دماهای آب	$\pm 0.08^\circ\text{C}$ ($\pm 0.15^\circ\text{F}$)	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{F}$)
۳	دما در نقطه اندازه‌گیری گذر هوا	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{F}$)	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{F}$)
۴	سایر دماها	$\pm 0.3^\circ\text{C}$ ($\pm 0.5^\circ\text{F}$)	$\pm 0.3^\circ\text{C}$ ($\pm 0.5^\circ\text{F}$)

۳-۴ اندازه‌گیری‌ها

اندازه‌گیری‌های حاصل از ابزارها باید براساس استانداردهای اولیه کالیبره شده بوسیله‌ی سازمان ملی استاندارد ایران (INSO) یا دفتر بین‌الملل اوزان و مقیاس‌ها (BIPM) در صورت استفاده از موسسه ملی اندازه‌شناسی (NMI) به غیر از (INSO) قابل ردیابی باشند. ابزار باید در یک جدول زمانی منظم که برای هر ابزار مناسب است مجدداً کالیبره شوند و سوابق کالیبراسیون باید ذخیره شوند. تمام ابزارها باید به نحوی بکار گرفته شوند که مطابقت با صحت مشخص شده برای آزمون را تضمین کند.

۵ ابزار اندازه‌گیری آزمون

۱-۵ ابزار اندازه‌گیری دما

ابزار اندازه‌گیری دما باید الزامات استاندارد ASHRAE Standard 41.1 (به زیربند ۲-۱ مراجعه شود) را برآورده کند.

۱-۱-۵ دقت و صحت ابزار اندازه‌گیری دما

دقت و صحت ابزار اندازه‌گیری دما باید در محدوده نشان داده شده در جدول ۳ باشد.

۲-۱-۵ واحد تقسیم‌بندی (زینه بندی)^۱

در هیچ موردی نباید کوچکترین واحد تقسیم‌بندی ابزارهای اندازه‌گیری دما، از دو برابر دقت مشخص شده ابزار اندازه‌گیری بیشتر شود.

۳-۱-۵ دمای هوا

۱-۳-۱-۵ دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب

دماهای حباب خشک و مرطوب هوا باید در شرایطی اندازه‌گیری و خوانده شوند که سرعت هوا بین (۷۰۰ m/s (۳/۵ و (۱۰۰۰ fpm) ۵ m/s بر روی حباب مرطوب تضمین شده و همچنین زمان کافی برای بدست آوردن تعادل نیز فراهم شده باشد. فتیله مورد استفاده در دماسنج حباب مرطوب باید تمیز بوده و به درستی و محکم به دماسنج وصل شده باشد و توسط آب مقطر مرطوب گردد. دماسنج‌هایی که برای اندازه‌گیری دمای حباب مرطوب هوا به کار گرفته می‌شوند باید در پائین دست دماسنج‌هایی که برای اندازه‌گیری دمای حباب خشک هوا به کار می‌روند، قرار گیرند.

1- Scale Division

۵-۱-۳-۲ دمای آب

دمای آب داخل مجاری و خطوط لوله با قرار دادن ابزار اندازه‌گیری دما به طور مستقیم در مسیر جریان آب یا در خلاف مسیر جریان آب، اندازه‌گیری و خوانده می‌شود. روش جایگزین قابل قبول برای اندازه‌گیری دمای آب با یک چاهک پر از مایع است که در لوله قرار می‌گیرد.

۵-۱-۳-۳ قابلیت تعویض پذیری ابزارهای اندازه‌گیری

در صورت امکان، ابزارهای اندازه‌گیری تغییرات دمای آب یا هوا باید طوری چیده شوند که بتوانند پس از هر بار خوانده شدن داده، بمنظور افزایش دقت، به آسانی بین موقعیت های ورودی و خروجی تعویض شوند.

۵-۲ اندازه‌گیری فشار

۵-۲-۱ ابزار اندازه‌گیری فشار باید الزامات استاندارد ASHRAE Standard 41.3 (به زیربند ۲-۲ از بند ۲ مراجعه شود) و بخش‌های زیر را برآورده کند.

۵-۲-۲ دقت و صحت ابزار اندازه‌گیری فشار هوا

دقت و صحت ابزار اندازه‌گیری فشار هوا باید حداقل ۱٪ از مقیاس کامل یا بهتر از آن باشد.

۵-۲-۲-۱ واحد تقسیم بندی

در هیچ موردی نباید کوچکترین واحد تقسیم‌بندی ابزارهای اندازه‌گیری فشار از دقت مشخص شده بیشتر شود.

۵-۲-۳ دقت و صحت ابزار اندازه‌گیری فشار آب

دقت و صحت ابزار اندازه‌گیری فشار آب نباید بزرگتر از ۱٪ از مقیاس کامل باشد.

۵-۲-۳-۱ واحد تقسیم بندی

در هیچ موردی نباید کوچکترین واحد تقسیم‌بندی ابزارهای اندازه‌گیری فشار از دقت مشخص شده بیشتر شود.

۵-۲-۴ حسگرهای فشار

حسگرهای فشار باید یک تفکیک‌پذیری^۱ خروجی حداقل $\pm 0.1\%$ از مقدار خوانده شده را برای دماهای عملیاتی محیط^۲ بین 15°C و 40°C (59°F و 104°F) فراهم کنند.

۳-۵ اندازه‌گیری مقدار گذر هوا

۳-۵-۱ سیستم اندازه‌گیری جریان هوا شامل حسگر سنجش جریان و سیستم جمع‌آوری داده می‌باشد که هریک از اجزا می‌بایست به صورت مستقل کالیبره شوند و علاوه بر آن سیستم اندازه‌گیری جریان هوا نیز می‌بایست به عنوان یک واحد کالیبره شود. ابزار اندازه‌گیری جریان هوا باید الزامات ASHRAE Standard 41.2 (به زیربند ۲-۳ از بند ۲ مراجعه شود) یا روش توصیف شده در پیوست الف را برآورده کند.

۳-۵-۲ نوع ابزار اندازه‌گیری‌های جریان هوا

نوع ابزار اندازه‌گیری جریان هوا باید با یکی از ابزارهای زیر انجام شود:

الف لوله پیتو-استاتیک آزمایشگاهی با حسگرهای فشار با دقت بالا؛

ب- صفحه سوراخ‌دار^۳ یا نازل‌ها با حسگرهای اختلاف فشار با دقت بالا؛

پ- ابزار اندازه‌گیری سرعت یا گذر جریان حجمی هوا.

۳-۵-۳ اندازه‌گیری‌ها برای تعیین چگالی هوا

اگر مرجع جریان هوا به محاسبه‌ی چگالی هوا بستگی داشته باشد، الزامات این بخش اعمال می‌شوند.

1- Resolution
2- Ambient operating temperatures
3- Orifice plate

چگالی باید بر اساس فصل ۶ ASHRAE Handbook Fundamentals (به زیربند ۲-۴ از بند ۲ مراجعه شود) محاسبه شود. ابزارهای سنجش چگالی باید مشخصات زیر را داشته باشند. عدم قطعیت^۱ در جریان هوای مرجع اندازه‌گیری شده بعلاوه عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌های مربوط به چگالی هوا باید محاسبه و گزارش شوند.

۱-۳-۳-۵ فشار بارومتری

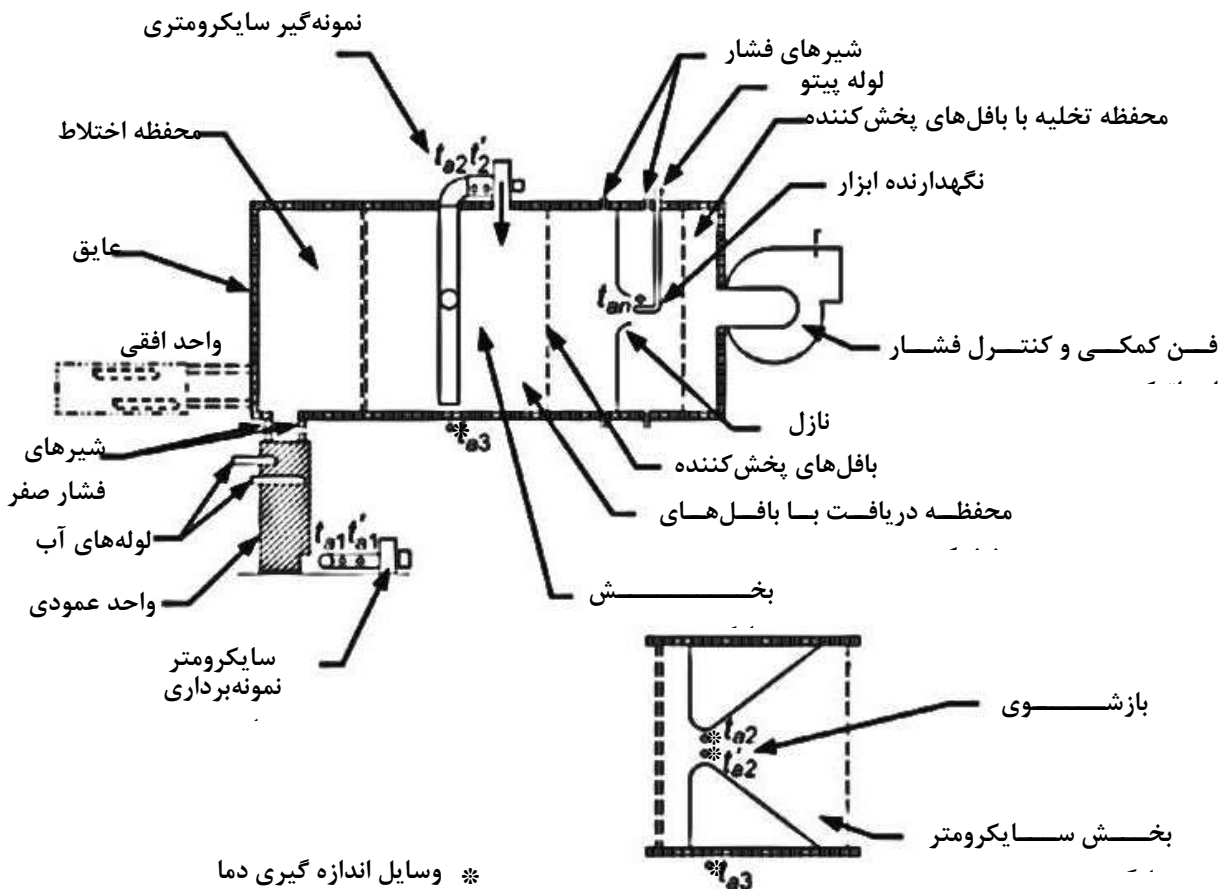
فشار بارومتری باید بوسیله‌ی یک فشارسنج قرار داده شده در مجاورت محل ورودی ناحیه آزمون با شرایط محیطی مشخص شده (دما و رطوبت) بدست آید.

۲-۳-۳-۵ رطوبت

مقدار رطوبت هوا باید بوسیله‌ی اندازه‌گیری یکی از خواص زیر تعیین شود:

- الف- دمای حباب مرطوب: اندازه‌گیری باید بر اساس ویژگی‌های مندرج در زیربند ۵-۱-۳-۱ انجام شود و براساس مشخصات ذکر شده در فصل ۶ ASHRAE Handbook Fundamentals محاسبه شود.
- ب- رطوبت نسبی یا دمای نقطه شبنم: یک رطوبت‌سنج نسبی یا نقطه شبنم‌سنج الکترونیکی اگر بتواند مقادیر خوانده‌شده رطوبت نسبی را در حداقل $\pm 5\%$ یا مقادیر خوانده‌شده نقطه شبنم را در $(\pm 1.0^\circ\text{F})$ $(\pm 0.5^\circ\text{C})$ فراهم کند باید به کار گرفته شود، یا یک نم‌سنج^۲ که رطوبت نسبی یا نقطه شبنم را در شرایط گذر جریان هوای مناسب سنسور مورد استفاده اندازه‌گیری می‌کند، باید به کار گرفته شود.

1- Uncertainty
2- Hygrometer



شکل ۱- دستگاه اندازه‌گیری دما و گذر جریان هوا

۴-۵ اندازه‌گیری مقدار گذر آب

۱-۴-۵ سیستم اندازه‌گیری جریان آب

سیستم اندازه‌گیری جریان آب، بعنوان یک واحد، باید بوسیله‌ی مقایسه عدم قطعیت‌های قابل ردیابی با یک مرجع کالیبراسیون همانطور که در زیر بند ۴-۳ تعیین شده، کالیبره و صحت آن تایید شود. سیستم اندازه‌گیری جریان آب شامل تمام حسگر سنجش جریان و سیستم داده‌برداری است. اندازه‌گیری گذر جریان آب باید با ابزارهایی که صحت حداقل برابر با $\pm 2/0\%$ از قرائت را دارند، انجام شود. ابزار معمول شامل موارد زیر می‌باشند، ولی محدود به این موارد هم نیستند:

الف- جریان سنج ونتوری^۱: وسیله‌ای است روی خط لوله که فشار را اندازه می‌گیرد. جریان سنج ونتوری شامل یک بخش گلویی مخروطی است که برای به حداقل رساندن افت فشار به روش مهندسی طراحی شده است.

ب- صفحه سوراخ‌دار: یک صفحه واسط هم‌راستا با جریان که بین فلنچ‌های دارای شیرهای فشار برای اندازه‌گیری اختلاف فشار، نصب می‌شود. این صفحه سوراخ‌دار بگونه‌ای است که با افت‌های فشار دائمی که تابعی از نرخ جریان و نسبت قطر سوراخ اوریفیس به قطر لوله است، تولید اختلاف فشار می‌نماید.

پ- جریان سنج توربینی^۲: یک وسیله مکانیکی که از یک چرخ قرار گرفته در مسیر جریان مایع استفاده می‌کند. سرعت جریان مایع باعث می‌شود چرخ در سرعت‌های متناسب با نرخ جریان بچرخد و یک سیگنال الکتریکی تولید کند که جریان را مستقیماً برحسب واحدهای (gpm, L/s) و مانند این‌ها) یا بصورت یک خروجی ۴ mA تا ۲۰ mA بدست می‌دهد.

ت- جریان سنج فراصوتی^۳: یک وسیله که با استفاده از سیگنال‌های صوتی^۴ جریان را مستقیماً برحسب واحدهای (gpm, L/s و ...) اندازه‌گیری می‌کند. ایستگاه جریان سنج فراصوتی می‌تواند یک قسمت از سیستم لوله‌کشی یا یک وسیله اندازه‌گیری که روی لوله بسته می‌شود^۵ باشد. در اینجا هیچ دخالتی در داخل جریان مایع وجود ندارد بنابراین هیچ افت فشاری نیز وجود ندارد. دو نوع مختلف از وسایل اندازه‌گیری فراصوتی وجود دارد، نوع زمان-گذرا^۶ برای سیستم‌های تهویه مطبوع یا اندازه‌گیری‌های آب تمیز و نوع داپلر^۷ برای جریان‌های حاوی ذرات بسیار ریز در مایع.

ث- جریان سنج ضربه - سرعت^۸: در این نوع از جریان سنج، ضربه ناشی از سرعت جریان، یک فنر مدرج را برای خواندن جریان در مقیاسی خاص حرکت می‌دهد.

ج- جریان سنج جرمی کوریولیس^۹: این جریان سنج جرم بر واحد زمان (کیلوگرم بر ثانیه) را که در دستگاه جریان می‌یابد با استفاده از اصل اثر کوریولیس اندازه‌گیری می‌کند. نرخ جریان حجمی آب، نرخ جریان جرمی تقسیم بر چگالی آب است. اثر کوریولیس انحراف اجسام متحرک می‌باشد هنگامی که از دستگاه مختصات مرجع دوار مشاهده می‌شوند.

-
- 1- Venturi flowmeter
 - 2- Turbine meter
 - 3- Ultrasonic flowmeter
 - 4- Acoustic signals
 - 5- Strap-on meter
 - 6- Transit-time
 - 7- Doppler
 - 8- Velocity-impact meter
 - 9- Coriolis mass flowmeter

۵-۵ دیگر اندازه‌گیری‌ها

۱-۵-۵ زمان

زمان باید با یک ابزار که صحت آن در محدوده‌ی $\pm 0.5\%$ از مقدار مشاهده شده است اندازه‌گیری شود.

۲-۵-۵ وزن

وزن باید با یک ابزار که صحت آن در محدوده‌ی $\pm 0.5\%$ از مقدار مشاهده شده است اندازه‌گیری شود.

۳-۵-۵ الکتریکی

اندازه‌گیری‌های الکتریکی باید با ابزاری که صحت آن‌ها در محدوده‌ی $\pm 1.0\%$ از مقدار مشاهده شده است انجام شوند.

۴-۵-۵ سرعت فن

اندازه‌گیری‌های سرعت فن باید با ابزارهایی انجام شوند که صحت آن‌ها در محدوده‌ی $\pm 2.0\%$ از مقدار مشاهده شده است.

۶ دستگاه آزمون

۱-۶ امکانات اندازه‌گیری جریان هوا و دما

۱-۶-۱ دستگاه اندازه‌گیری دما و جریان هوا

۲-۱-۶ شرح کلیات

نرخ جریان هوا، فشار استاتیک و درجه حرارت‌های حباب خشک و مرطوب هوای خروجی از فن‌کویل تحت آزمون باید به وسیلهٔ دستگاهی که در شکل ۱ مشخص شده، اندازه‌گیری شوند. سایر روش‌های اندازه‌گیری جریان هوا در پیوست ب نشان داده شده است. جریان هوای عبوری از این دستگاه به شرح زیر است:

الف- هوا درون محفظه پلنوم^۱ (کانال واسطه) که به خروجی فن‌کویل تحت آزمون متصل شده است، جریان می‌یابد. یک فشارسنج باید به این کانال متصل شود تا فشار استاتیک درون کانال (محفظه پلنوم) را نشان دهد.

ب- سپس هوا وارد محفظه اختلاط^۲ می‌شود. هوا با عبور از محفظهٔ اختلاط و سپس عبور از درون وسیله مخلوط‌کننده، وارد محفظه دریافت^۳ می‌گردد.

1- Plenum chamber
2- Mixing chamber
3- Receiving chamber

پ- سپس هوا درون محفظه دریافت، جریان یافته و در آنجا درجه حرارت حباب خشک و مرطوب آن توسط یک نمونه گیر سایکرومتری^۱ اندازه گیری می شود.

ت- هوا با عبور از محفظه دریافت و ترک آن، وارد دستگاه اندازه گیری جریان هوا می شود. هوا از میان دستگاه اندازه گیری جریان هوا عبور کرده و وارد محفظه تخلیه می شود. در محفظه تخلیه، هوا از میان بافل های پخش کننده در مواقع لازم عبور می کند.

ث- هوا محفظه تخلیه را ترک کرده و وارد فن تخلیه می شود.

۱-۲-۱-۶ محفظه پلنوم

مانومترهای (فشارسنج های) مورد استفاده در محفظه پلنوم باید دارای حداقل ۴ شیر اندازه گیری فشار استاتیک باشند که با فواصل 90° از یکدیگر قرار می گیرند. شیر این مانومترها باید هم سطح با دیواره داخلی محفظه پلنوم نصب شوند. باید قرائت های جداگانه ای از فشار استاتیکی اندازه گیری شده توسط مانومترها صورت پذیرد تا اطمینان حاصل شود که اختلاف فشار بین شیرهای فشار از 1.25 Pa (0.05 in.wc) افزایش نیافته است.

۲-۲-۱-۶ محفظه اختلاط

محفظه اختلاط باید شامل صفحات با پره های منحرف کننده جریان یا وسایل دیگر باشد تا اختلاط جریان هوا به گونه ای صورت پذیرد که درجه حرارت های اندازه گیری شده هوا در سطح مقطع صفحه اندازه گیری، بیش از 1.0°F (0.5°C) تفاوت نداشته باشد.

۳-۲-۱-۶ محفظه دریافت

الف- دماهای حباب خشک و مرطوب هوا باید به یکی از روش های زیر اندازه گیری شود:

۱- دماها باید توسط یک سایکرومتر نمونه برداری هوا در دهانه خروجی محفظه اختلاط اندازه گیری شود.

۲- درجه حرارت ها باید بوسیله ابزار اندازه گیری دما که مستقیماً در یک دهانه یا دهانه های خروجی محفظه اختلاط نصب می شوند، اندازه گیری شوند به طوری که شرط محدودیت سرعت جریان هوا مطابق زیربند ۱-۳-۱-۵ فراهم و تامین گردد.

ب- محفظه دریافت باید به گونه ای باشد که سرعت جریان هوای ورودی به نازل های اندازه گیری نرخ جریان هوا را به صورت یکنواخت در آورد. حداکثر سرعت نباید از 3 m/s (600 fpm) بیشتر شود و

حداکثر سرعت متوسط نیز نباید از 2 m/s (400 fpm) بیشتر شود. محفظه دریافت باید مجهز به یک درب درزگیری شده یا صفحه قابل برداشتن باشد.

۴-۲-۱-۶ ترتیب قرار گرفتن نازل

نازل‌ها (اگر برای اندازه‌گیری جریان هوا استفاده شوند) باید طبق مشخصات پیوست الف ساخته شوند و باید در یک دیوار از محفظه دریافت‌کننده که در حال تخلیه به داخل محفظه تخلیه است نصب گردند. فاصله مرکز به مرکز نازل‌های مورد استفاده نباید کمتر از سه برابر قطر گلولی نازل‌ها بوده و به علاوه فاصله بین مرکز هر یک از نازل‌ها تا هر یک از دیواره‌های مجاور آن‌ها نیز نباید کمتر از $1/5$ برابر قطر گلولی نازل باشد. چنانچه قطر گلولی نازل‌های مورد استفاده با یکدیگر متفاوت باشد، فاصله بین محور نازل‌ها باید بر مبنای بزرگترین قطر گلولی در نازل‌های مورد استفاده در نظر گرفته شود.

سایر روش‌های تشریح شده در پیوست ب برای اندازه‌گیری جریان هوا را می‌توان جایگزین روش نازل‌ها کرد.

۵-۲-۱-۶ ساختمان محفظه تخلیه

دیواره‌های محفظه تخلیه باید صاف و هموار بوده و مقطع اتصال محفظه دریافت به محفظه تخلیه مسیری پیوسته و بدون لبه را تشکیل دهد و فاصله بین خروجی هر یک از نازل‌ها تا نزدیک ترین مانع موجود نباید کمتر از پنج برابر قطر گلولی نازل‌ها (بزرگترین قطر گلولی در بین نازل‌های مورد استفاده) باشد. اگر از بافل‌های پخش‌کننده استفاده می‌شود، این فاصله باید برابر با 2.5 برابر قطرهای معادل باشد.

۶-۲-۱-۶ بافل‌های پخش‌کننده

در صورتی که از بافل‌های پخش‌کننده استفاده شود، بافل‌ها باید تمام سطح مقطع محفظه‌ای را که در آن نصب می‌شوند، بپوشانند. بافل‌های پیشنهادی، ورقه‌های فلزی مشبکی هستند که در صورت استفاده از یک ورق، مساحت سطح آزاد آن (سطح مجموعه سوراخ‌های بافل) باید 40% مساحت ورق باشد و در صورت استفاده از دو ورق مشبک جداگانه، سطح آزاد هر یک از ورق‌ها باید 65% مساحت آنها را تشکیل دهد. چنانچه بیش از یک ورق مشبک (به عنوان بافل) استفاده می‌شود، فاصله نصب ورق‌ها از یکدیگر باید حداقل چهار برابر فاصله مرکز به مرکز سوراخ پره‌ها باشد.

۷-۲-۱-۶ فن تخلیه

فن تخلیه متصل به محفظه تخلیه باید به گونه‌ای باشد که اختلاف فشار استاتیکی ایجاد شده بین ورودی و خروجی فن کویل تحت آزمون، حداکثر $1,25 \text{ Pa}$ ($0,005 \text{ in.wc}$) شود.

۸-۲-۱-۶ اندازه‌گیری جریان هوا

اندازه‌گیری جریان هوا باید بوسیله یکی از سه روش زیر انجام شود: روش‌های ۱ و ۲ از نازل استفاده می‌کنند.

الف- در روش اول، مجموعه‌ای از ۴ شیر اندازه‌گیری فشار استاتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد که باید با فاصله 90° از یکدیگر در بالادست نازل و هم سطح با دیواره داخلی محفظه دریافت نصب شوند. به طور مشابه، مجموعه‌ای از ۴ شیر اندازه‌گیری فشار استاتیک باید با فاصله 90° از یکدیگر در پائین دست صفحه نازل و هم سطح با دیواره داخلی محفظه تخلیه نصب شوند. افت فشار جریان هوا در امتداد نازل یا نازل‌های مورد استفاده در آزمون باید توسط یک مانومتر که یک سر آن به مجموعه شیرهای اندازه‌گیری فشار استاتیک در بالادست نازل و سر دیگر آن به مجموعه شیرهای اندازه‌گیری فشار استاتیک در پایین دست نازل متصل است، اندازه‌گیری شود. برای اطمینان از آنکه اختلاف فشار در سراسر سطح مقطع صفحه‌ای که شیرهای اندازه‌گیری فشار استاتیکی نصب شده‌اند از 2% بیشتر نشود، باید قرائت‌های جداگانه‌ای از فشار استاتیکی در این مقطع انجام پذیرد.

ب- در صورتی که به جای اندازه‌گیری افت فشار در امتداد نازل، فشار سرعتی جریان هوایی که نازل را ترک می‌کند اندازه‌گیری شود، باید فشار سرعتی جریان هوا توسط یک لوله پیتو در مرکز مقطع خروجی نازل اندازه گرفته شود. اما اگر بیش از یک نازل استفاده شود، فشار سرعتی باید برای هر یک از نازل‌ها اندازه‌گیری گردد.

پ- همچنین هر روش دیگر اندازه‌گیری جریان هوا که در پیوست ب ارائه شده است می‌تواند بکار رود.

۹-۲-۱-۶ تعیین چگالی هوا

درجه حرارت حباب خشک هوا و فشار استاتیکی باید در دستگاه اندازه‌گیری جریان هوا اندازه‌گیری شود.

۱۰-۲-۱-۶ نشی هوا در تجهیزات آزمون

محفظة پلنوم، محفظة اختلاط و محفظة دریافت باید به خوبی آب‌بندی شوند به طوری که میزان نشی هوا، در نقاطی که بر مقادیر اندازه‌گیری شده ظرفیت هوا تأثیر می‌گذارد، از 1% نرخ جریان هوای آزمون بیشتر نشود.

۱۱-۲-۱-۶ نشی حرارت

محفظة پلینوم، محفظة اختلاط و محفظة دریافت باید به خوبی عایق‌کاری شوند به طوری که مقدار محاسبه شده نشی حرارت از طریق دیواره‌های محفظة‌ها از 2% ظرفیت فن‌کویل بیشتر نشود.

۳-۱-۶ سایکرومتر نمونه‌گیری هوا^۱

این دستگاه باید شامل لوله‌های نمونه‌برداری با ایستگاه‌های نمونه‌برداری کافی که با فاصله مساوی در امتداد سطح کانال یا دهانه آزمون توزیع شده‌اند باشند تا یک نمونه هوای مناسب برای آزمون بدست آید. لوله‌های نمونه‌گیری باید به گونه‌ای قرار گیرند که اثر نامطلوبی بر هوای ورودی یا عبوری از دهانه یا دستگاه آزمایش نداشته باشند. در نقطه‌ای در یک لوله نمونه‌گیری هوا جایی که ابزار اندازه‌گیری دما وارد می‌شوند قطر داخلی نباید کمتر از ۷۵ mm (۳ in) باشد. موتورهای فن سایکرومتر نمونه‌گیری هوا باید طوری نصب شوند که حرارت آنها باعث لایه لایه شدگی هوای عبوری از درون فن‌کویل تحت آزمون نشود. فن‌ها باید هوا را از روی ابزارهای اندازه‌گیری درجه حرارت عبور دهند و به نحوی تخلیه کنند که بر روی اندازه‌گیری دمای هوا، فشار استاتیکی، هوای گردشی به فن‌کویل تحت آزمون تأثیر نگذارند.

۴-۱-۶ اتاق آزمون

۱-۴-۱-۶ کلیات

یک فضای داخلی جداگانه به عنوان اتاق آزمون برای آزمون فن‌کویل مورد نیاز است. اتاق آزمون باید فضای (حجم) کافی داشته باشد و باید به نحوی هوا را به گردش در آورد که الگوی عادی هوای گردشی برگشتی به واحد فن‌کویل تحت آزمون تغییر نکند. ابعاد اتاق آزمون باید به گونه‌ای باشد که فاصله از هر کدام از سطوح اتاق تا دهانه‌های مکش یا تخلیه تجهیزات آزمون از ۱٫۸۳ m (۶ ft) نباشد و فاصله از هر سطوح اتاق آزمون تا هر یک از سطوح دیگر تجهیزات آزمون از ۰٫۹۱ m (۳ ft) کمتر نباشد، بجز برای کف یا دیوار مورد نیاز برای نصب عادی تجهیزات.

۲-۴-۱-۶ هواساز (تجهیزات بازسازی شرایط دمایی) اتاق آزمون^۲

هواساز (تجهیزات بازسازی شرایط دمایی) اتاق آزمون باید داخل یا خارج فضای تهویه شده نصب گردیده و توانائی نگهداری دماهای خشک و مرطوب با رواداری‌های در نظر گرفته شده را برای آزمون داشته باشد. هواساز اتاق آزمون بایستی هوا را با نرخ که از نرخ جریان هوای عبوری از فن‌کویل تحت آزمون کمتر نیست به جریان در آورده و سیستم توزیع هوا باید طوری طرح شود که سرعت هوا در فاصله ۳ ft (۰٫۹۱ m) از فن‌کویل تحت آزمون از ۰٫۷۵ m/s (۱۵۰ fpm) بیشتر نشود.

۲-۶ روش‌های آزمون، سمت هوا

۱-۲-۶ ترتیب روش آزمون تونلی انتالپی هوا^۳

1- Air-Sampling Psychrometer
2 -Test Room Reconditioning Equipment
3 - Tunnel Air- Enthalpy Test Method Arrangement

۱-۱-۲-۶ کلیات

با توجه به شکل ۲-الف فن کویل تحت آزمون را در اتاق آزمون نصب کرده و منابع انرژی گرمایی و/یا سرمایی را به آن متصل نمائید.

۲-۱-۲-۶ وصل کردن تجهیزات اندازه‌گیری درجه حرارت و جریان هوا

این تجهیزات اندازه‌گیری را به خروجی فن کویل تحت آزمون وصل کنید.

۳-۱-۲-۶ نصب سایکرومتر نمونه‌گیر هوا

برای نمونه‌گیری هوای ورودی به دهانه‌های ورود هوای برگشتی به فن کویل، یک سایکرومتر نمونه‌گیری هوا نصب نمایید. ساختمان لوله نمونه‌گیری هوا باید این امکان را فراهم آورد که حداقل ۶ نقطه نمونه‌گیری هوا به طور یکسان در سطح مقطع دهانه‌های ورود هوا به فن کویل تحت آزمون توزیع شده‌اند، وجود داشته باشد و فاصله لوله‌های نمونه‌گیری هوا از جلوی دهانه ورودی هوا بیشتر از (۶ in) ۱۵۰ mm نباشد.

۲-۲-۶ ترتیب روش آزمون حلقه‌ای (مدار بسته) انتالپی هوا^۱

۱-۲-۲-۶ کلیات

با توجه به شکل ۲-ب فن کویل تحت آزمون را در اتاق آزمون مناسب نصب کرده و منابع انرژی گرمایی و/یا سرمایی را به آن متصل نمائید.

۲-۲-۲-۶ وصل کردن تجهیزات اندازه‌گیری درجه حرارت و جریان هوا

تجهیزات اندازه‌گیری درجه حرارت و جریان هوا را به خروجی فن کویل تحت آزمون وصل کنید.

۳-۲-۲-۶ وصل کانال خروجی هوای هواساز

قسمت خروجی (تخلیه) فن هواساز (تجهیزات بازسازی شرایط دمایی هوا) (زیربند ۲-۲-۲-۶) را از طریق کانال هوا به ورودی فن کویل تحت آزمون وصل نمائید. اتصال ورودی را به طوری که هیچ تداخلی با عملکرد عادی فن کویل تحت آزمون نداشته باشد، ایجاد کنید. هواساز باید شامل وسایلی برای جذب یا اضافه کردن حرارت به هوا و همچنین اضافه کردن رطوبت به هوای آزمون عبوری از فن کویل تحت آزمون باشد. نرخ افزایش یا جذب حرارت و رطوبت از هوای آزمون باید درست به همان میزانی باشد که هوای عبوری از فن کویل تحت آزمون حرارت از دست داده و یا کسب کرده است. فن هواساز باید هوا را به گونه‌ای

در تجهیزات اندازه‌گیری درجه حرارت و جریان هوا و همچنین تجهیزات هواساز به گردش درآورد که اختلاف فشار استاتیکی بین ورودی و خروجی فن‌کویل تحت آزمون حداکثر (0.05 in.wc) یا 1.25 Pa شود.

۴-۲-۲-۶ وصل دستگاه اندازه‌گیری فشار

دستگاه اندازه‌گیری فشار این دستگاه را به ورودی و خروجی فن‌کویل مورد آزمون وصل کنید. به زیربند ۷-۲ مراجعه شود.

۵-۲-۲-۶ نصب سایکرومتر نمونه‌گیری هوا

یک سایکرومتر نمونه‌گیری هوا را تا حد امکان نزدیک به ورودی فن‌کویل تحت آزمون در کانال نصب نمایید. ساخت لوله نمونه‌گیری هوا را طوری ترتیب دهید که تعداد و توزیع ایستگاه‌های نمونه‌گیری هوا برای بدست آوردن یک نمونه دقیق هوا کافی باشد.

۶-۲-۲-۶ هوابندی کلیه کانال‌ها و هواساز

کلیه کانال‌ها (کانال کشی بصورت یک مدار بسته از خروجی تا ورودی فن‌کویل) و هواساز را هوابند کنید: این تجهیزات را به خوبی هوابند کنید به نحوی که میزان نشتی هوا در نقاطی که بر مقادیر اندازه‌گیری شده ظرفیت هوا تأثیر می‌گذارد، از ۱٪ نرخ جریان هوای آزمون بیشتر نشود.

۷-۲-۲-۶ حفظ دمای حباب خشک هوا

دمای حباب خشک هوای اطراف فن‌کویل تحت آزمون را در محدوده (5°F) یا 3°C از دمای مطلوب حباب خشک هوای ورودی حفظ کنید.

۳-۲-۲-۶ ترتیب روش آزمون کالریمتری انتالپی - هوا^۱

۱-۳-۲-۶ کلیات

با توجه به شکل ۲-پ فن‌کویل تحت آزمون را در اتاق آزمون مناسب نصب کرده و منبع انرژی سرمایی و یا گرمایی را به آن متصل نمایید.

۲-۳-۲-۶ وصل دستگاه اندازه‌گیری دما و جریان هوا

دستگاه اندازه‌گیری دما و جریان هوا این دستگاه را به خروجی فن‌کویل تحت آزمون وصل کنید.

۳-۳-۲-۶ نصب سایکرومتر نمونه‌گیری هوا

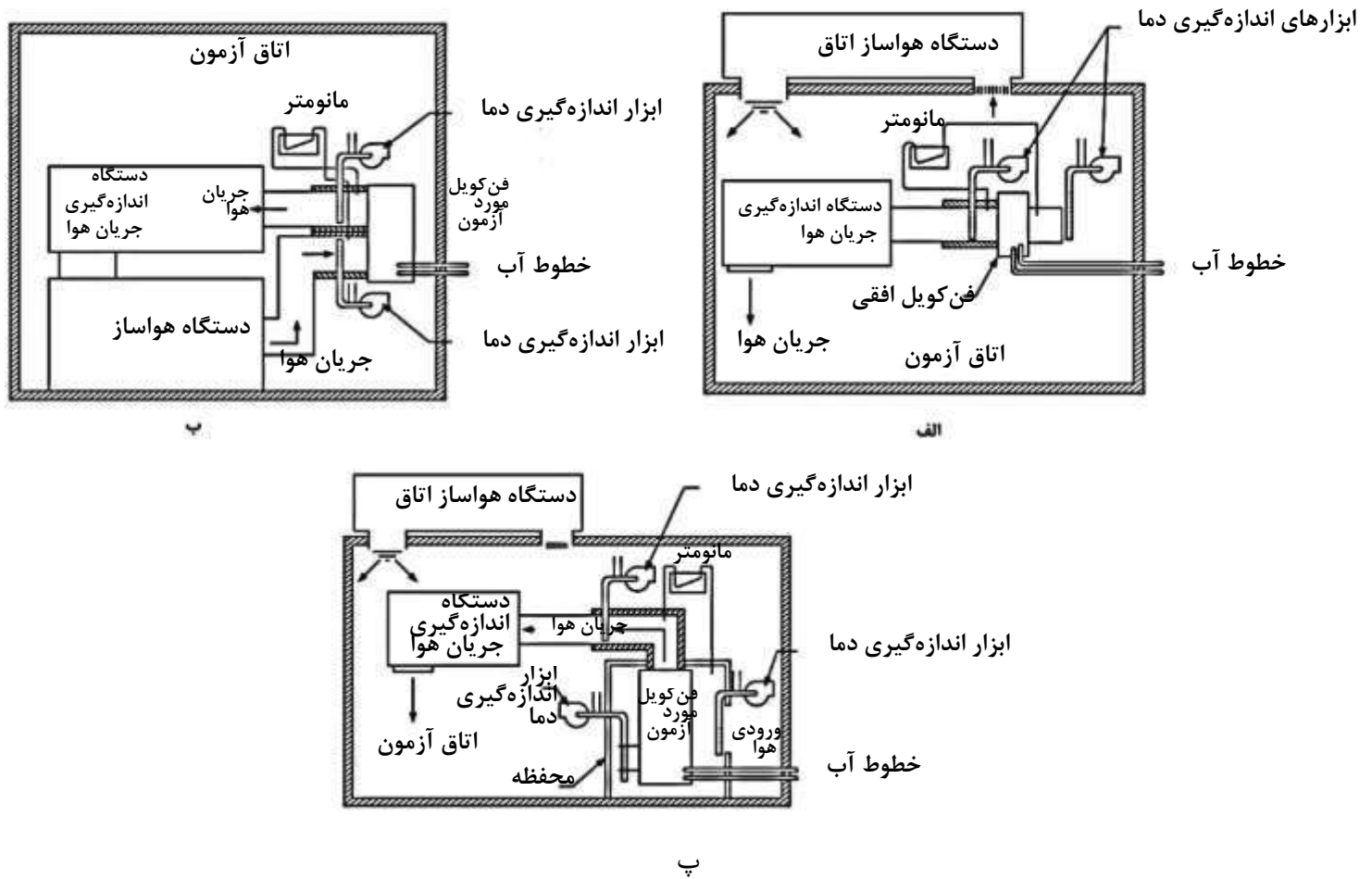
سایکرومتر نمونه‌گیری هوا را با ایستگاه نمونه‌گیری در جلوی دهانه ورودی هوای برگشتی به فن‌کویل تحت آزمون و در جلوی دهانه ورودی هوا به محفظه کالریمتر نصب کنید. لوله نمونه‌گیری هوا را طوری بسازید که حداقل شش ایستگاه نمونه‌گیری هوا به طور مساوی در سطح دهانه‌های ورودی هوای فن‌کویل تحت آزمون و محفظه کالریمتر توزیع شوند و فاصله لوله‌های نمونه‌گیری هوا از جلوی دهانه‌ها بیشتر از از ۱۵۰ mm (۶ in) نباشد.

۴-۳-۲-۶ محفظه کالریمتر

محفظه‌ای با مشخصات زیر بر روی فن‌کویل تحت آزمون قرار دهید. این محفظه باید از ماده مناسب و لزوماً هوابند^۱ ساخته شود. محفظه باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا هوای ورودی بتواند آزادانه بین فن‌کویل تحت آزمون و محفظه چرخش داشته باشد و در هیچ حالتی محفظه نباید نزدیکتر از ۱۵۰ mm (۶ in) به هر قسمت از فن‌کویل تحت آزمون باشد. ورودی هوای محفظه باید از دریچه ورودی هوای فن‌کویل تحت آزمون دور باشد، به گونه‌ای که امکان گردش هوا در کل فضای محصور شده وجود داشته باشد. ابعاد دریچه ورودی باید به نحوی باشد که سرعت هوای عبوری از دریچه بیشتر از ۵۰۰ fpm (۲/۵ m/s) نشود. محفظه باید به خوبی عایق‌کاری شود، به طوری که میزان انتقال حرارت از جداره آن (تلفات حرارتی) حداکثر معادل ۲٪ ظرفیت حرارتی فن‌کویل تحت آزمون باشد.

۵-۳-۲-۶ نصب دستگاه اندازه‌گیری فشار

دستگاه اندازه‌گیری فشار را با اتصالات به پلنوم فن‌کویل تحت آزمون و محفظه کالریمتر نصب نمایید. فن دستگاه اندازه‌گیری درجه حرارت و جریان هوا باید هوا را به نحوی به گردش درآورد که اختلاف فشار استاتیکی بین خروجی فن‌کویل تحت آزمون و فضای داخل محفظه کالریمتر در حد صفر حفظ شود.



شکل ۲ - الف: ترتیب روش آزمون تونلی انتالپی هوا ب: ترتیب روش آزمون مدار بسته انتالپی هوا

پ: ترتیب روش آزمون کالریمتری انتالپی هوا

۳-۶ تجهیزات هواساز

۱-۳-۶ تجهیزات گرمایش و تهویه مطبوع

این تجهیزات باید برای اتاق آزمون تهیه شوند تا کیفیت هوای ورودی به فن کویل تحت آزمون در محدوده رواداری‌های ذکر شده در جدول ۱ حفظ شود.

۴-۶ دستگاه اندازه‌گیری آب

۱-۴-۶ اندازه‌گیری مقدار مایع

نرخ جریان آب را می‌توان با تجهیزات اندازه‌گیری مقدار وزنی یا حجمی مایع به یکی از روش‌های زیر تعیین کرد:

الف- مخزن مدرج شده^۱: یک مخزن مدرج شده، با ظرفیت کافی، برای انباشت و ذخیره جریان آب فراهم کنید به طوری که قادر باشد حداقل به مدت دو دقیقه جریان آب مورد نیاز آزمون را فراهم کند. محل استقرار مخزن باید در جایی باشد که آب خروجی از فن کویل تحت آزمون به راحتی درون آن تخلیه شود.

ب- جریان سنج مایع^۲: در این روش، از یک جریان‌سنج برای اندازه‌گیری نرخ جریان آب عبوری از فن کویل تحت آزمون استفاده می‌شود.

۲-۴-۶ ابزارهای اندازه‌گیری دما

این ابزارهای اندازه‌گیری باید در محلی نصب شوند که به طور صحیح دمای آب ورودی و خروجی از فن کویل تحت آزمون را اندازه‌گیری کنند. خطوط لوله آب باید حداقل در مسیر بین فن کویل تحت آزمون و ابزارهای اندازه‌گیری درجه حرارت آب و تا ۱۵۰ mm (۶ in) پس از ابزارهای اندازه‌گیری درجه حرارت آب، عایق کاری شود. برای به حداقل رساندن خطاهای اندازه‌گیری دما که ناشی از لایه شدن دما^۳ می‌باشد، باید مخلوط کننده‌هایی در خط لوله ورودی و خروجی آب در بالادست ابزارهای اندازه‌گیری درجه حرارت آب نصب کرد. شکل ۳ یک طرح پیشنهادی برای لوله‌کشی خطوط آب را برای اطمینان یافتن از مخلوط شدن همگن آب نشان می‌دهد. شکل ۴ همچنین طرح پیشنهادی نحوه استقرار دماسنج در چاهک ترمومتر^۴ را که باید در مخلوط کننده خط لوله آب در شکل ۳ پیچ شود، نشان می‌دهد. شکل‌های ۵ و ۶ نیز طرح‌های دیگر پیشنهادی اندازه‌گیری دما را نشان می‌دهند.

1- Calibrated tank
2- Liquid flow meter
3- Temperature Stratification
4- Thermometer well

۳-۴-۶ افت فشار آب

افت فشار آب در کویل‌های فن‌کویل تحت آزمون در مسیر ورودی تا خروجی فن‌کویل باید اندازه‌گیری شود. شکل ۷ طرح پیشنهادی دستگاه اندازه‌گیری افت فشار آب را نشان می‌دهد. حلقه‌های پیزومتر^۱ باید مطابق با ابعاد نشان داده شده در شکل ۷ قرار داده شوند و همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است ساخته شوند. خوانش افت فشار باید با فشارسنج اختلافی انجام شود.

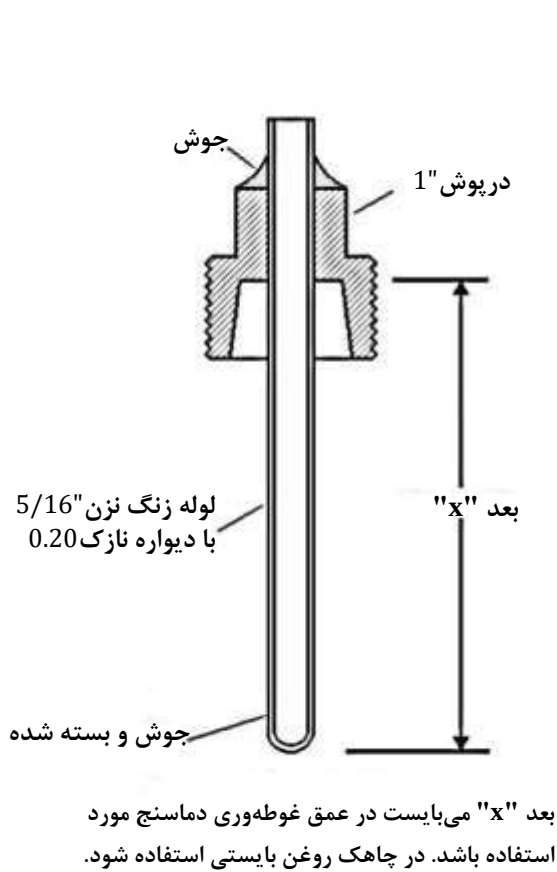
۵-۶ اندازه‌گیری توان الکتریکی

۱-۵-۶ دستورالعمل آزمون

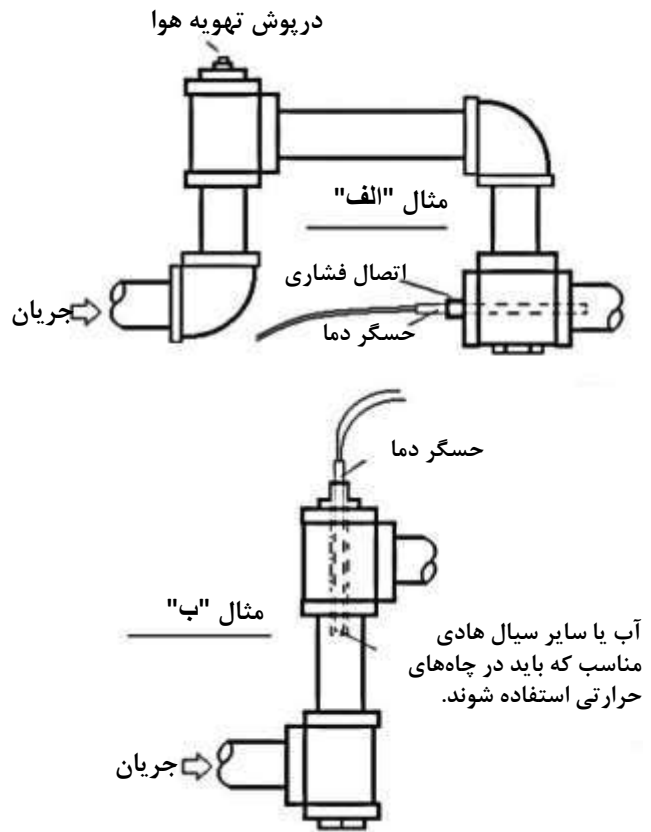
اندازه‌گیری‌های الکتریکی باید توسط ابزارهایی صورت پذیرد که الزامات ذکر شده در زیربند ۳-۵-۵ را برآورده سازند. قرائت داده‌ها باید پس از آنکه آزمون به تعادل حرارتی رسید، انجام گیرد. اندازه‌گیری توان الکتریکی باید از نزدیکترین نقطه ممکن به بار پایانه^۲ انجام شود تا تلفات خطوط الکتریکی کاهش یابد. در فن‌کویل‌هایی که از المنت‌های الکتریکی برای تأمین حرارت استفاده می‌کنند، اندازه‌گیری توان باید به طور جداگانه برای مدار الکتریکی موتور فن و المنت‌های الکتریکی گرمایش انجام شود.

1- Piezometer rings

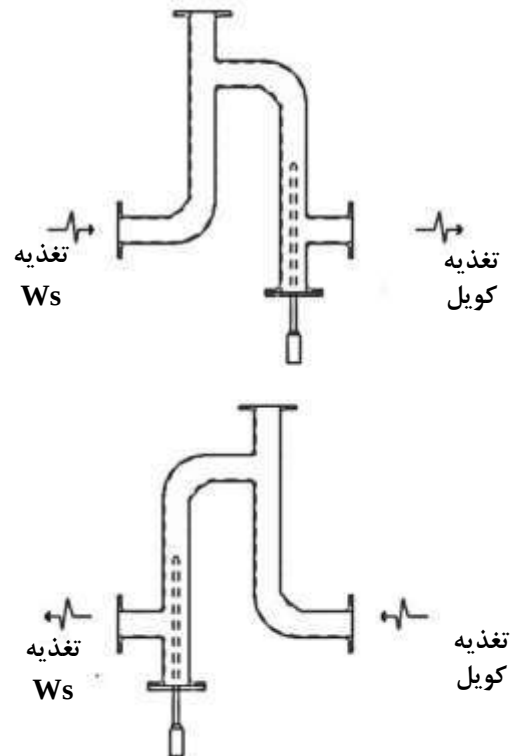
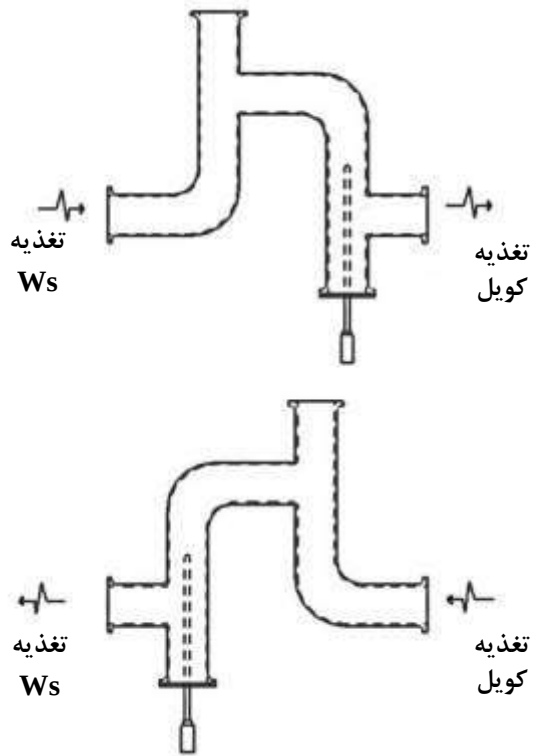
2- Terminal load



شکل ۴- نحوه استقرار چاهک ترمومتر که باید در مخلوط کننده خط لوله آب در شکل ۳ پیچ شود.

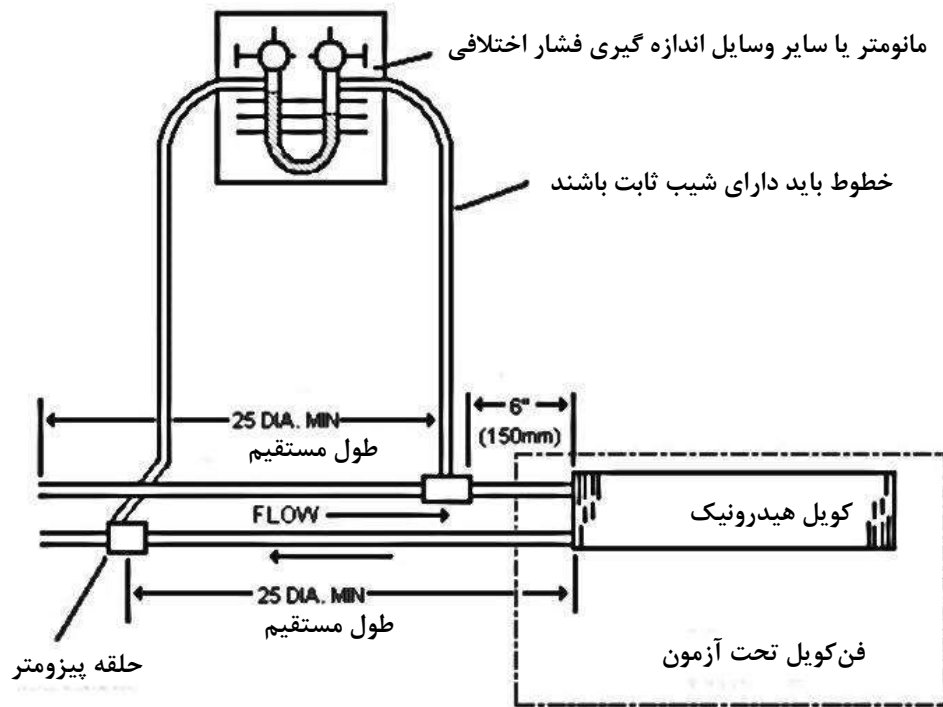


شکل ۳- ترتیب لوله‌کشی پیشنهادی برای اطمینان از کامل بودن اختلاط

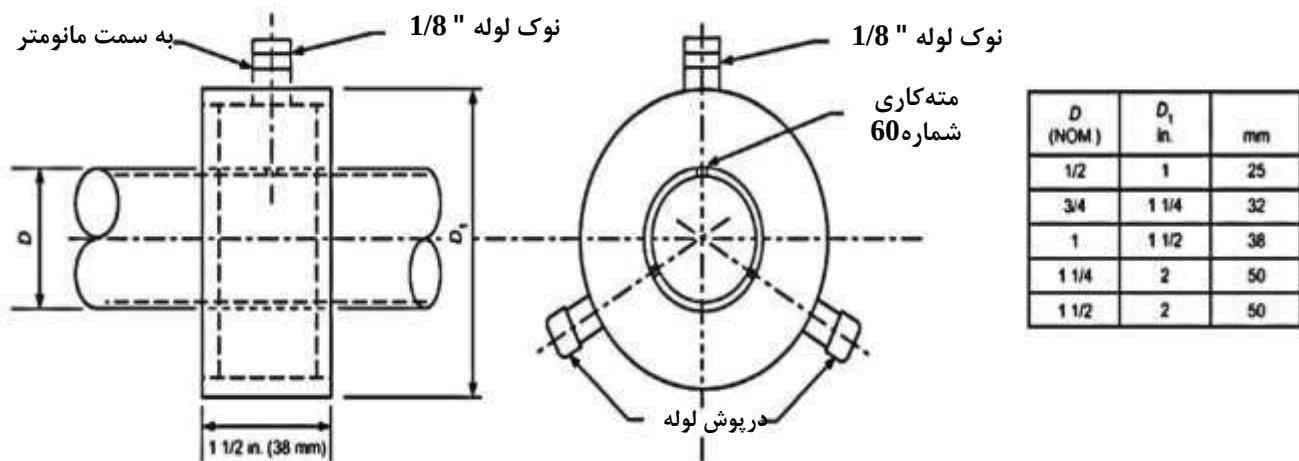


شکل ۵- روش پیشنهادی برای اطمینان از
اختلاط کامل برای کاربرد مانیفولد (۳/۴ in)
۱۸/۸ mm (برای ابعاد مرجع به پیوست پ
مراجعه شود).

شکل ۶- روش پیشنهادی برای اطمینان از اختلاط
کامل برای کاربرد مانیفولد (۰/۵in) ۱۲/۵ mm
(برای ابعاد مرجع به پیوست پ مراجعه شود).



شکل ۷- دستگاه برای تعیین افت فشار آب عبوری از کویل آبی دستگاه تحت آزمون



دستورالعمل: با استفاده از مقیاس ابعاد و دما برای بدست آوردن مقیاس شاخص (X) وارد نمودار شوید. مقیاس فشار و شاخص را برای به دست آوردن عدد رینولدز و ضریب تخلیه بکار ببرید.

شکل ۸- جزییات حلقه پیزومتر

۷ نصب فن کویل تحت آزمون

۷-۱ فن کویل

فن کویل تحت آزمون را در اتاق آزمون مطابق با توضیحات تولیدکننده نصب کنید. به خصوص رعایت فاصله بین فن کویل و دیواره‌های مجاور و سقف‌ها.

۷-۲ اندازه‌گیری فشار استاتیک خارجی

۷-۲-۱ شیرهای فشار استاتیک خارجی باید روی یک محفظه پلنوم کوتاه متصل به خروجی سمت تخلیه فن کویل نصب شوند. این پلنوم باید ابعاد سطح مقطع برابر با ابعاد خروجی فن کویل داشته باشد و باید به داخل یک دستگاه اندازه‌گیری هوا تخلیه شود. یک طرف دستگاه اندازه‌گیری فشار باید به چهار اتصال شیر فشار در قسمت تخلیه پلنوم متصل شود. این شیرها باید در یک فاصله دو برابر میانگین ابعاد سطح مقطع هندسی از خروجی فن کویل قرار داده شوند، همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده است.

یادآوری - برای کانال‌های دایره‌ای، $P_{ie}D_i/4$ را به جای $C \times D$ و $P_{ie}D_o^2/4$ را به جای $A \times B$ جایگزین کنید. طول کانال ورودی، $1.5(C \times D)^{1/2}$ ، حداقل اندازه است. برای نتایج دقیق‌تر، از $4(C \times D)^{1/2}$ استفاده کنید.

۷-۲-۲ اگر پلنوم مستطیلی باشد هر شیر فشار استاتیک باید در مرکز هر وجه از پلنوم قرار داده شود، یا برای پلنوم گرد یا بیضی در چهار موقعیت با توزیع مساوی در امتداد محیط قرار گیرد.

۷-۲-۳ توصیه می‌شود که شیرهای فشار شامل مغزی‌هایی به قطر 6.25 mm (0.25 in) به سطح خارجی پلنوم متصل شوند (به صورت لحیم‌کاری یا استفاده از واشر) و از طریق پلنوم در مرکز سوراخ‌های به قطر 1.0 mm (0.04 in) قرار داده شوند. لبه‌های این سوراخ‌ها باید بدون پلیسه و دیگر ضایعات سطحی باشد.

۷-۲-۴ شیرهای فشار استاتیک باید با استفاده از یکی از دو گزینه اتصال توصیه شده در شکل ۱۰ به یکدیگر متصل شوند.

۷-۳ اندازه‌گیری سرعت دورانی (RPM) فن

در آزمون عملکرد، باید وسایلی برای مشاهده و اندازه‌گیری سرعت فن در نظر گرفته شود. به این منظور چنانچه از تجهیزات استروبوسکوپ استفاده می‌شود، لازم است تا سوراخی به عنوان دریچه دید^۱ استروبوسکوپ در فن کویل تحت آزمون ایجاد شود. این سوراخ باید توسط لایه‌ای شفاف پوشانده و هوابندی شود. محل تعبیه دریچه دید استروبوسکوپ در فن کویل باید به گونه‌ای انتخاب شود که به هیچ وجه بر عملکرد فن کویل تحت آزمون تأثیری نگذارد.

1. Sight hole

۴-۷ مکان اتصال در آزمون افت فشار آب

در تمامی آزمون‌های اندازه‌گیری افت فشار آب باید از لوله‌ها و اتصالاتی که اندازه آنها معادل اندازه پیشنهادی تولید کننده فن‌کوئل است، استفاده شود. به این منظور چنانچه نیاز به یک سری (هدر)^۱ مخصوص و یا اتصالات خاصی باشد، اندازه‌گیری افت فشار شامل افت فشار در این اجزاء هم می‌شود.

۵-۷ تغییرات در فن‌کوئل تحت آزمون

به جز در روش‌های تجویز شده برای اتصال تجهیزات آزمون و دستگاه‌های اندازه‌گیری لازم، هیچگونه تغییر در اجزاء فن‌کوئل مورد آزمون نباید صورت بپذیرد. چنین تغییراتی در فن‌کوئل تحت آزمون بهیچوجه نباید بر عملکرد عادی آن تأثیر بگذارد.

۶-۷ حسگرهای فشار از راه دور

در صورت لزوم، حسگرهای فشار باید به گونه‌ای به تجهیزات مورد نظر نصب شوند که قرائت‌ها تحت تأثیر گرمای سیال درون لوله‌ها یا طول و ابعاد لوله قرار نگیرند.

۷-۷ تغییرات فشار بارومتری

برای اصلاح تغییرات فشار بارومتری، نباید هیچگونه تغییری در سرعت فن و یا مقاومت (فشاری) سیستم ایجاد شود.

۸ روش‌ها و دستورالعمل‌های انجام آزمون

۱-۸ کلیات

۱-۱-۸ رواداری‌ها

تمامی مشاهدات آزمون‌ها باید منطبق بر رواداری‌های مشخص شده در جدول ۱ متناسب با نوع آزمون باشد. حداکثر تغییرات مجاز هر یک از موارد اندازه‌گیری در طول انجام آزمون در ستونی که با عنوان «رواداری عملیاتی انجام آزمون» در جدول ۱ مشخص گردیده، فهرست شده است. مقادیر مندرج در این ستون نشان‌دهنده بیشترین فاصله مجاز بین مقدار هر یک از موارد اندازه‌گیری شده و شرایط مشخص شده در آزمون عملکرد است. چنانچه شرایط خاصی برای آزمون مشخص نشده باشد، مقادیر مندرج در این ستون، بیشترین فاصله مجاز بین مقدار هر یک از موارد اندازه‌گیری شده را با متوسط مقادیر موارد اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. همچنین ماکزیمم فاصله مجاز بین متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده با شرایط مشخص شده در آزمون عملکرد در ستونی که با عنوان «رواداری شرایط آزمون» در جدول ۱

مشخص گردیده، فهرست شده است.

۸-۱-۲ میانگین مقادیر خوانده شده

میانگین مقادیر خوانده شده در هر آزمونی، چنانچه بیش از یک مجموعه قرائت از داده‌های اندازه‌گیری انجام می‌پذیرد، باید متوسط حسابی مقادیر قرائت شده از اندازه‌گیری‌ها در محاسبات آزمون مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۲ آزمون‌های تحویل هوای هم‌دما^۱

۸-۲-۱ تجهیزات

نرخ تحویل هوای هم‌دما توسط فن‌کویل تحت آزمون، باید بوسیله تجهیزات^۱ که در زیربند ۶-۱ مشخص شده، تعیین شود.

۸-۲-۲ تنظیم فن‌کویل تحت آزمون

انتخاب سرعت فن در فن‌کویل‌های مورد آزمون باید با موقعیت مطلوب تنظیم شود. ولتاژی که بر فن‌کویل تحت آزمون اعمال می‌شود باید منطبق بر مقادیر استاندارد IEC 60038 (به زیربند ۲-۵ بند ۲ مراجعه شود) و در محدوده مشخص شده توسط تولید کننده تنظیم شود. دمای هوای ورودی به فن‌کویل تحت آزمون و اختلاف فشار بین اتاق آزمون و محفظه پلنوم باید بر روی مقادیر مورد نظر تنظیم شود. هیچ عامل تولید گرما و سرما نباید در ارتباط با کویل‌های فن‌کویل تحت آزمون قرار گیرد.

۸-۳ آزمون‌های ظرفیت سرمایشی و گرمایشی

۸-۳-۱ متوسط آزمون ورودی - خروجی

برای تأمین الزامات این استاندارد در تعیین ظرفیت کل سرمایشی و گرمایشی فن‌کویل مورد آزمون، باید دو روش همزمان به کار برده شود. در روش اول باید ظرفیت سرمایشی و گرمایشی خروجی از فن‌کویل مورد آزمون در سمت تحویل هوا اندازه‌گیری شود و در روش دوم باید ظرفیت گرمایشی و سرمایشی ورودی در سمت آب گردش‌دهی اندازه‌گیری شود. مقدار ظرفیت‌های اندازه‌گیری شده خروجی (تحویل هوا) و ورودی (آب گردش‌دهی) باید با اختلاف ۵٪ با یکدیگر همخوانی داشته باشند. متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده از روش‌های فوق، باید به عنوان ظرفیت کل سرمایشی و گرمایشی فن‌کویل مورد آزمون، مورد استفاده قرار گیرد.

1. Isothermal

۸-۳-۲ تأثیرات گرمایش و سرمایش در سمت هوا

ظرفیت گرمایشی و سرمایشی خروجی از فن کویل در سمت هوا باید با استفاده از تجهیزات و روش‌هایی که در زیربندهای ۶-۱ و ۶-۲ مشخص شده، اندازه‌گیری و تعیین شود. نشتی انرژی حرارتی از پلنوم و محفظه‌های دریافت و اختلاط هوا باید محاسبه شده و متناسب با آن ظرفیت گرمایشی و سرمایشی خروجی فن کویل مطابق زیربند ۹-۲-۲-۲ تصحیح شود.

۸-۳-۳ ظرفیت سرمایشی ورودی

ظرفیت سرمایشی فن کویل در سمت واسطه سرمایشی (آب گردشی) باید با استفاده از دستگاه مناسب که در زیربند ۶-۴ مشخص شده، اندازه‌گیری و تعیین شود.

۸-۳-۴ ظرفیت گرمایشی ورودی

ظرفیت گرمایشی فن کویل در سمت واسطه گرمایشی (آب گردشی) باید با استفاده از دستگاه مناسب که در زیربندهای ۶-۴ و ۶-۵ مشخص شده، اندازه‌گیری و تعیین شود.

۸-۳-۵ مدت زمان انجام آزمون

داده‌ها باید در بازه‌های مساوی که در محدوده ۱ min یا کمتر برای یک دوره نیم ساعته است نمونه‌برداری شوند. فشار بارومتری باید حداقل یکبار در طول هر آزمون ثبت شود.

۸-۳-۶ تنظیمات فن کویل در سمت تحویل هوا

سرعت فن در فن کویل‌های تحت آزمون باید بر روی موقعیت مناسب تنظیم شود. ولتاژ اعمالی بر فن کویل تحت آزمون باید بر روی مقداری تنظیم شود که در آزمون تحویل هوای هم‌دما در بخش تنظیم فن کویل‌های تحت آزمون مطابق زیربند ۸-۲-۲ مشخص شده است. اختلاف فشار بین اتاق آزمون و پلنوم و همچنین دمای هوای ورودی به فن کویل تحت آزمون باید بر روی مقادیر مناسب تنظیم شود.

۸-۳-۷ تنظیمات فن کویل در سمت آب

در انجام آزمون‌های ظرفیت در سمت آب باید دمای آب ورودی و خروجی از فن کویل بر روی مقادیر مناسب تنظیم شوند.

۸-۳-۸ آزمون گرمایش الکتریکی

در انجام آزمون‌های تعیین ظرفیت گرمایشی، چنانچه از المان‌های مقاومت الکتریکی برای تأمین انرژی گرمایی استفاده می‌شود، باید ولتاژ اعمالی بر المان‌های الکتریکی منطبق بر مقادیر استاندارد IEC 60038

(به زیربند ۲-۵ مراجعه شود) و در محدوده مشخص شده توسط تولیدکننده تنظیم شود.

۹ محاسبات

۹-۱ آزمون های تحویل هوای هم‌دما

یادآوری - برای تعریف شناسه نمادها به زیربند ۹-۵ مراجعه شود.

۹-۱-۱ حجم مخصوص مخلوط هوا و بخار آب در نازل باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$v'_n = \frac{v_1}{1+W_1} \times \frac{29.92}{P_b+(P_v/13.62)} \times \frac{460+t_{an}}{460+t_{a1}} \quad (۱)$$

$$\text{یا} = \frac{29.92v_n}{P_n(1+W_n)}$$

$$v'_n = \frac{v_1}{1+W_1} \times \frac{101}{P_b+(P_v/1000)} \times \frac{273+t_{an}}{273+t_{a1}} \quad (۲)$$

$$\text{یا} = \frac{101v_n}{P_n(1+W_n)}$$

نسبت رطوبت باید از روابط زیر محاسبه شود: ۹-۱-۱-۱

$$W_1 = \frac{(1093 - 0.556t'_{a1})W_{s1} - 0.240(t_{a1} - t'_{a1})}{1093 + 0.444t_{a1} - t'_{a1}} \quad (۳)$$

$$= \left[\frac{(2.5 \times 10^6 - 3155t'_{a1})W_{s1} - 1005(t_{a1} - t'_{a1})}{2.5 \times 10^6 + 1035t_{a1} - 4190t'_{a1}} \right]$$

$$W_n = \frac{(1093 - 0.556t'_{a2})W_{sn} - 0.240(t_{a2} - t'_{a2})}{1093 + 0.444t_{a2} - t'_{a2}} \quad (۴)$$

$$= \left[\frac{(2.5 \times 10^6 - 3155t'_{a2})W_{sn} - 1005(t_{a2} - t'_{a2})}{2.5 \times 10^6 + 1035t_{a2} - 4190t'_{a2}} \right]$$

حجم مخصوص باید از روابط زیر محاسبه شود: ۹-۱-۱-۲

$$v_1 = \frac{53.352(460+t_{a1})}{70.726P_b} (1 + 1.6078W_1) \quad (۵)$$

$$= \left[\frac{0.287(273 + t_{a1})}{P_b} (1 + 1.6078W_1) \right]$$

$$v_n = \frac{53.352(460+t_{an})}{70.726P_n} (1 + 1.6078W_n) \quad (۶)$$

$$= \left[\frac{0.287(273 + t_{an})}{P_n} (1 + 1.6078W_n) \right]$$

۲-۱-۹ نرخ جریان حجمی از یک نازل باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$Q_{an} = 1096 A_n C_n (P_v v'_n)^{0.5} = [1414 A_n C_n (P_v v'_n)^{0.5}] \quad (۷)$$

۳-۱-۹ نرخ کل جریان هوا از مجموعه‌ای از چند نازل برابر است با مجموع نرخ جریان هوا از هر یک از نازل‌های مورد استفاده.

۴-۱-۹ حجم مخصوص مخلوط هوا و بخار آب ورودی به فن کویل تحت آزمون باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$v'_1 = \frac{v_1}{1 + W_1} \quad (۸)$$

۵-۱-۹ نرخ تحویل هوا برای فن کویل تحت آزمون باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$Q_a = Q_{an} \frac{(v'_1)}{(v'_n)} \quad (۹)$$

۶-۱-۹ برای تصحیح نرخ تحویل هوا به جریان هوای استاندارد، باید از معادله زیر استفاده شود:

$$Q_s = \frac{Q_a}{0.075(v'_1)} - \left(\frac{Q_a}{1.2(v'_1)} \right) \quad (۱۰)$$

۲-۹ آزمون‌های تعیین ظرفیت سرمایشی و گرمایشی

۱-۲-۹ محاسبات جریان هوا

۱-۱-۲-۹ حجم مخصوص مخلوط هوا و بخار آب در نازل باید به شکل زیر محاسبه شود:

$$v'_n = \frac{29.92 v_n}{P_n (1 + W_n)} = \left[\frac{101 v_n}{P_n (1 + W_n)} \right] \quad (۱۱)$$

یادآوری - برای معادلات مربوط به W_n و v_n به زیربندهای ۹-۱-۱ و ۹-۲-۱-۱ مراجعه شود.

۹-۲-۱-۲ نرخ جریان جرمی هوا در یک نازل، بر حسب kg/s (lb/h) باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$W_a = 4.5Q_s = (0.0012 \times Q_s) \quad (12)$$

۹-۲-۱-۳ نرخ کل جریان جرمی هوا از مجموعه‌ای از چند نازل، برابر است با مجموع نرخ جریان هوا از هر یک از نازل‌های مورد استفاده.

۹-۲-۲ محاسبات نشت حرارت

۹-۲-۲-۱ نشت حرارت از محفظه‌های پلنوم، دریافت و اختلاط به صورت حاصلضرب مساحت کل سطح در برگیرنده محفظه‌ها برحسب m^2 (ft^2) در ضریب انتقال حرارت (بسته به جنس جداره‌ها و عایق به کار رفته) در اختلاف دما محاسبه می‌شود. ضریب انتقال حرارت را می‌توان از طریق آزمون و یا محاسبه تعیین نمود. مقدار t_{a3} ، یعنی دمای حباب خشک هوای محیط اطراف محفظه‌های پلنوم، اختلاط و دریافت که در این محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید میانگین اندازه‌گیری‌هایی باشند که حداقل در ۲ مکان اندازه‌گیری شده است.

۹-۲-۲-۲ نشت حرارت باید از روابط زیر محاسبه شود:

الف - آزمون‌های تعیین ظرفیت سرمایشی:

$$q_k = A_K U_K (t_{a3} - t_{a2}) \quad (13)$$

ب - آزمون‌های تعیین ظرفیت گرمایشی:

$$q_k = A_K U_K (t_{a2} - t_{a3}) \quad (14)$$

۹-۲-۳ محاسبات گرمای موتور فن

گرمای توان الکتریکی ورودی به موتور فن باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$q_e = 3.41 P_e = (P_e) \quad (15)$$

۹-۲-۴ محاسبات ظرفیت سرمایشی سمت هوا

۹-۲-۴-۱ ظرفیت کل سرمایشی سمت هوا باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$q_{tca} = \frac{W_a[(h_{a1} - h_{a2}) - (W_1 - W_n)(t'_{a2} - 32)]}{(1 + W_n)} + q_K \quad (16)$$

$$[q_{tca} = \frac{1000W_a[(h_{a1} - h_{a2}) - (W_1 - W_n)(4.2t'_{a2})]}{(1 + W_n)} + q_K]$$

انتالپی مخلوط هوا و بخار آب با کاهش فشار بارومتریک و دمای حباب مرطوب باید تصحیح شود. به این

منظور به شکل‌های (۱۱ و ۱۲) مراجعه شود.

۲-۴-۲-۹ ظرفیت سرمایشی محسوس سمت هوا باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$q_S = \frac{W_a C_{Pa}(t_{a1} - t_{a2})}{(1 + W_n)} + q_K \quad (۱۷)$$

$$C_{Pa} = 0.24 + 0.444W_n = [1.0056 + 1.86W_n]$$

۵-۲-۹ محاسبات ظرفیت گرمایشی سمت هوا

ظرفیت گرمایشی سمت هوا باید از رابطه زیر محاسبه شود:

$$q_{tha} = \frac{W_a C_{Pa}(t_{a2} - t_{a1})}{(1 + W_n)} + q_K \quad (۱۸)$$

۶-۲-۹ محاسبات جریان آب

در مواردی که نرخ جریان آب برحسب حجم بجای جرم اندازه‌گیری می‌شود، محاسبه تبدیل به واحد اندازه‌گیری نرخ جریان جرمی باید بصورت زیر باشد.

$$W_W = 8.02 \rho_W Q_w = \left[\frac{(\rho_W Q_w)}{1000} \right] \quad (۱۹)$$

۷-۲-۹ محاسبات ظرفیت سرمایشی سمت آب

ظرفیت کل سرمایشی سمت آب باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$q_{tcw} = W_W C_{PW}(t_{W2} - t_{W1}) = [1000 W_W C_{PW}(t_{W2} - t_{W1})] \quad (۲۰)$$

۸-۲-۹ محاسبات ظرفیت گرمایشی سمت آب

ظرفیت کل گرمایشی سمت آب باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$q_{thw} = W_W C_{PW}(t_{W1} - t_{W2}) = [1000 W_W C_{PW}(t_{W1} - t_{W2})] \quad (۲۱)$$

۹-۲-۹ محاسبات ظرفیت گرمایشی المنت الکتریکی

ظرفیت گرمایشی المنت الکتریکی باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$q_{ee} = 3.41 \times p_{ee} = [P_{ee}] \quad (۲۲)$$

۳-۹ محاسبات موازنه حرارتی و متوسط ظرفیت‌ها

۱-۳-۹ متوسط ظرفیت‌های سرمایشی در سمت آب و هوا باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$q_c = 0.5(q_{tca} + q_{tcw} - q_e) \quad (۲۳)$$

موازنه حرارتی بین ظرفیت‌های سمت آب و هوا باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$HB = \frac{100(q_{tca} - q_{tcw} + q_e)}{q_c} \quad (24)$$

موازنه حرارتی باید در محدوده مشخص شده در زیربند ۸-۳-۱ قرار گیرد.

۲-۳-۹ متوسط ظرفیت‌های گرمایشی باید به صورت زیر محاسبه شود:

۱-۲-۳-۹ کویل‌های آبی

$$q_h = 0.5(q_{tha} + q_{thw} + q_e) \quad (25)$$

موازنه حرارتی بین ظرفیت‌های سمت آب و هوا باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$HB = \frac{100(q_{tha} - q_{thw} - q_e)}{q_h} \quad (26)$$

۲-۲-۳-۹ کویل‌های الکتریکی

$$q_h = 0.5(q_{tha} + q_{ee} + q_e) \quad (27)$$

موازنه حرارتی بین ظرفیت‌های سمت هوا و کویل الکتریکی باید از معادله زیر محاسبه شود:

$$HB = \frac{100(q_{tha} - q_{ee} - q_e)}{q_h} \quad (28)$$

۴-۹ آزمون‌های افت فشار آب

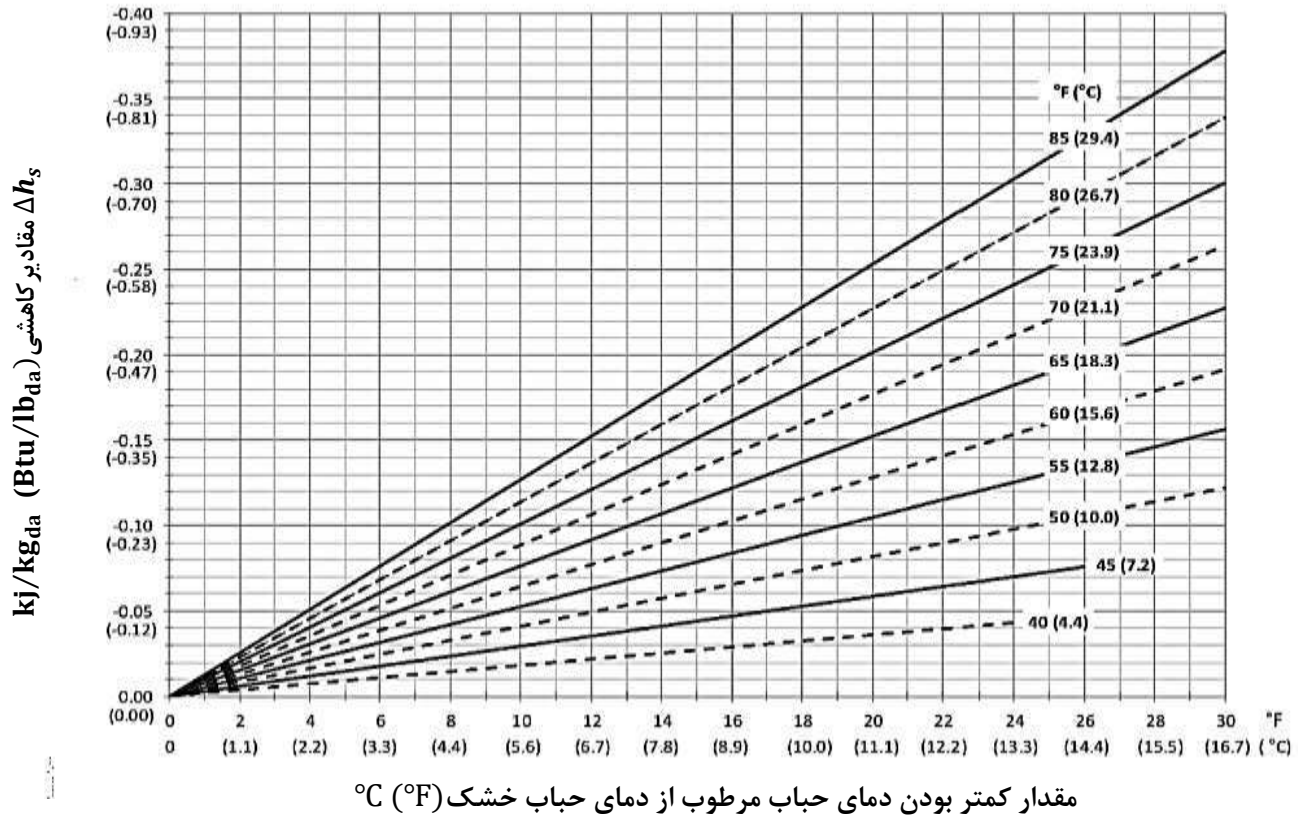
آزمون افت فشار آب باید جدا از آزمون عملکرد حرارتی انجام شود. جریان هوا در سراسر کویل باید صفر باشد. به ازای هر کدام از مقادیر جریان آب در آزمون عملکرد حرارتی باید یک آزمون افت فشار انجام شود. محفظه‌های اختلاط دمای آب باید حذف شود و با دستگاه آزمون فشار جایگزین شوند. دمای آب ورودی باید میانگین دماهای آب ورودی و خروجی از آزمون عملکرد حرارتی باشد.

هر آزمون افت فشار آب باید حداقل ۱۰ min پس از دستیابی به پایداری انجام شود. افت فشار گزارش شده باید میانگین داده‌های ثبت شده به طور یکنواخت در طول زمان انجام آزمون باشد.

آزمون اندازه‌گیری فشار آب فقط شامل افت فشار از اتصال ورودی به واحد تا اتصال خروجی از واحد می‌شود. بنابراین، افت فشار دستگاه برابر خواهد بود با افت فشار کل اندازه‌گیری شده منهای افت فشار لوله‌کشی‌های منتهی به دستگاه اندازه‌گیری فشار. این تلفات لوله‌کشی باید از طریق کالیبراسیون دستگاه

آزمون یا بوسیله محاسبه فشار بر اساس جنس مصرفی در نصب تعیین شود. به شکل ۷ مراجعه شود.

تصحیحات افت حباب مرطوب هوا به انتالپی مخلوط بخار آب- هوا (IP)



(زمانی کاربرد دارد که هیچگونه یخزدگی روی فتیله حباب مرطوب ایجاد نشده باشد)

$$t = \text{دمای حباب خشک مخلوط}$$

$$t' = \text{دمای حباب مرطوب مخلوط}$$

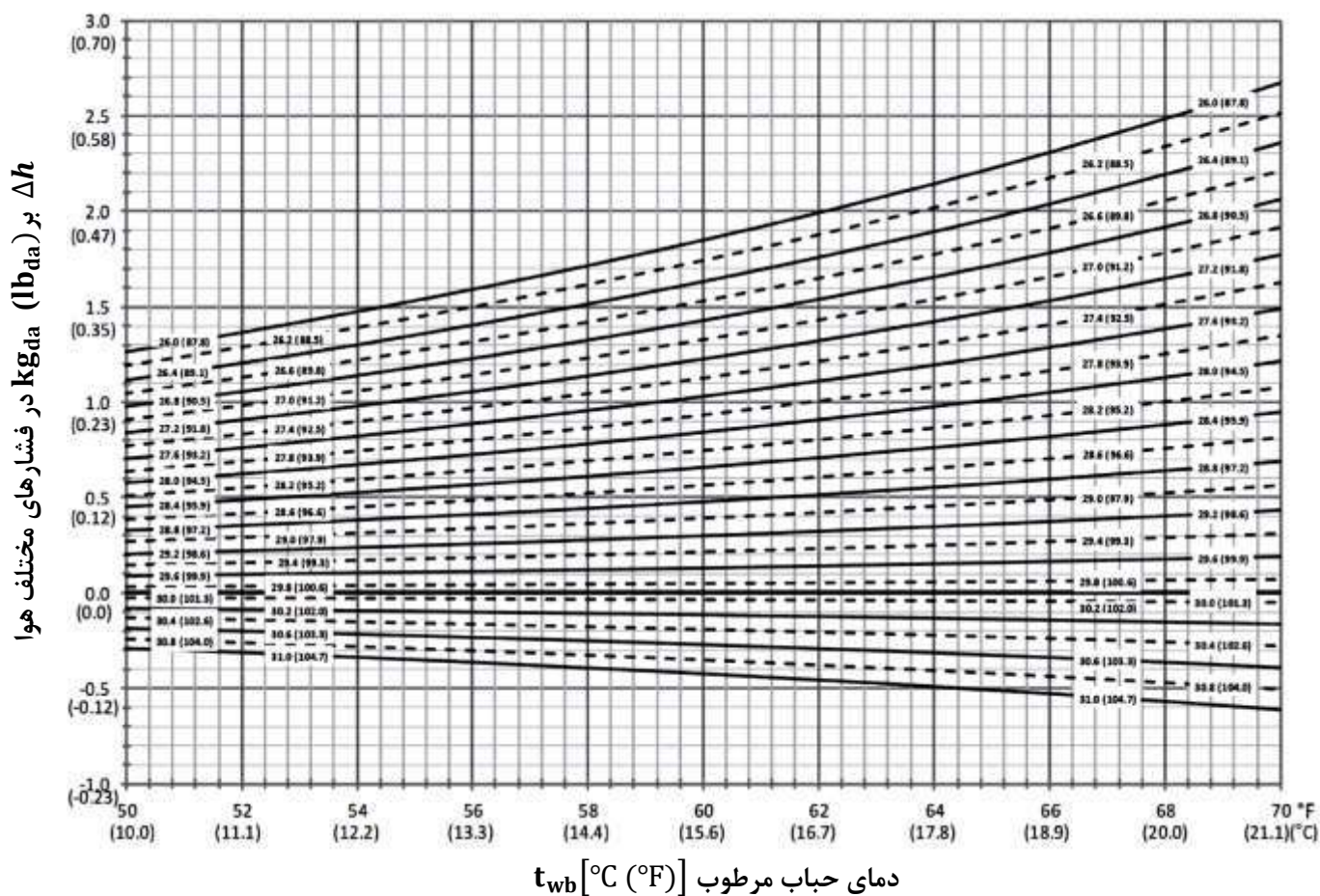
$$h' = \text{انتالپی هوای اشباع در } t' ; \text{ تصحیح شده برای فشار بارومتري واقعي}$$

$$h = \text{انتالپی مخلوط در } t \text{ و } t' ; \text{ تصحیح شده برای فشار بارومتري واقعي}$$

$$\Delta h_1 = \text{تصحیح انتالپی برای افت حباب مرطوب هوا}$$

$$h = h' - \Delta h_1$$

شکل ۱۱- تصحیحات انتالپی مخلوط بخار آب- هوا بر حسب تفاوت دمای حباب مرطوب و خشک



h'_0 = انتالپی هوای اشباع در دمای حباب مرطوب هوا و بارومتري استاندارد، ۲۹/۹۲ in. Hg

$\hat{h}$ = انتالپی هوای اشباع در دمای حباب مرطوب هوا و فشار بارومتري واقعي

Δh_0 = تصحيح فشار بارومتري

$$h' = \hat{h}_0 + \Delta h_0$$

يادآوری - اين نمودار بايد همراه با شكل ۱۱ برای تصحيح افت حباب مرطوب هوا استفاده شود.

شكل ۱۲- مقادير تصحيح انتالپی مخلوط اشباع بخار آب- هوا بر حسب فشار بارومتري

۵-۹ نمادها

در این استاندارد نمادهای زیر به کار می رود.

A_K	مساحت، سطح دیوارهای محفظه‌های پلنوم، اختلاط و دریافت، m^2 (ft^2)
A_n	مساحت، گلوپی نازل، m^2 (ft^2)
C_n	ضریب تخلیه، نازل
C_{pa}	گرمای ویژه هوا (برحسب دمای هوای خشک) $kJ/kg^{\circ}C$ ($Btu/lb^{\circ}F$)
C_{pw}	گرمای ویژه آب، $kJ/kg^{\circ}C$ ($Btu/lb^{\circ}F$)
h_{a1}	آنتالپی، هوای ورودی به مجموعه آزمون، kJ/kg (Btu/lb)
h_{a2}	انتالپی، هوای خروجی از مجموعه آزمون، kJ/kg (Btu/lb)
HB	رواداری موازنه حرارتی، در صد
P_b	فشار بارومتری، kPa ($inHg$)
P_e	توان ورودی به موتور فن، W
P_{ee}	توان ورودی به المنت مقاومت الکتریکی، W
P_n	فشار در گلوپی نازل، فشار مطلق kPa ($inHg$)
P_v	فشار سرعتی در گلوپی نازل یا اختلاف فشار استاتیکی در نازل، (P_a) in H_2O
q_c	متوسط ظرفیت سرمایشی در سمت آب و هوا W (Btu/hr)
q_e	معادل گرمای ورودی ناشی از عملکرد موتور فن، W (Btu/hr)
q_{ee}	معادل گرمای ورودی به المنت مقاومت الکتریکی، W (Btu/hr)
q_h	متوسط ظرفیت گرمایشی در سمت هوا و آب (یا در سمت المنت الکتریکی) W (Btu/hr)
q_k	نشت حرارت از پلنوم و / یا از کانال قبل از تجهیزات اندازه‌گیری درجه حرارت، W (Btu/hr)
q_s	ظرفیت حرارتی محسوس، W (Btu/hr)
q_{tca}	ظرفیت کل سرمایشی، سمت هوا، W (Btu/hr)
q_{tha}	ظرفیت کل گرمایشی، سمت هوا W (Btu/hr)
q_{tcw}	ظرفیت کل سرمایشی، سمت آب W (Btu/hr)
q_{thw}	ظرفیت کل گرمایشی، سمت آب W (Btu/hr)
Q_{an}	جریان هوا، اندازه‌گیری شده، L/s (cfm)
Q_a	جریان هوا در واحد آزمون، L/s (cfm)
Q_s	جریان هوا، هوای استاندارد، L/s (cfm)
Q_w	جریان آب، L/s (gpm)
t_{a1}	دمای حباب خشک، هوای ورودی به واحد آزمون، $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)
t'_{a1}	دمای حباب مرطوب، هوای ورودی به واحد آزمون، $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

نمادها - (ادامه)

t_{a2}	دمای حباب خشک، هوای خروجی از واحد آزمون، °C (°F)
t'_{a2}	دمای حباب مرطوب، هوای خروجی از واحد آزمون، °C (°F)
t_{a3}	دمای حباب خشک، هوای محیط اطراف محفظه‌های پلنوم و اختلاط، °C (°F)
t_{w1}	دمای آب ورودی به واحد آزمون، °C (°F)
t_{w2}	دمای آب خروجی از واحد آزمون، °C (°F)
U_k	ضریب، نشت حرارت، W/m ² .°C (Btu/h.ft ² .°F)
ν_1	حجم مخصوص هوای ورودی به واحد آزمون، m ³ /kg (ft ³ /lb)
ν_n	حجم مخصوص هوای نازل در دمای حباب خشک و مرطوب اما در فشار استاندارد بارومتریک، m ³ /kg (ft ³ /lb)
ν'_n	حجم مخصوص هوا در نازل (برحسب جرم مخلوط هوا و بخار آب) m ³ /kg (ft ³ /lb)
W_a	نرخ جریان جرمی هوا، kg/s (lb/h)
W_w	نرخ جریان جرمی آب، kg/s (lb/h)
W_1	نسبت رطوبت در ورودی، kg بخار آب / kg هوای خشک (lbs بخار آب / lb هوای خشک)
W_n	نسبت رطوبت در نازل، kg بخار آب / kg هوای خشک (lbs بخار آب / lb هوای خشک)
W_{S1}	نسبت رطوبت در حالت اشباع و در دمای حباب مرطوب در ورودی، kg بخار آب / kg هوای خشک (lbs بخار آب / lb هوای خشک)
W_{Sn}	نسبت رطوبت در حالت اشباع و در دمای حباب مرطوب در نازل، kg بخار آب / kg هوای خشک (lbs بخار آب / lb هوای خشک)
ρ_w	چگالی آب، kg/m ³ (lb/ft ³)

۹-۶ رواداری‌های آزمون

۹-۶-۱ تمام اندازه‌گیری‌های آزمون باید منطبق بر روش‌های انجام آزمون زیربند ۸-۱-۱ (بخش رواداری‌ها) بوده و در محدوده رواداری‌های مشخص شده در جدول ۱ قرار گیرند.

۹-۶-۲ حداکثر تغییرات مجاز هر یک از موارد اندازه‌گیری در طول آزمون ظرفیت در ستونی که با عنوان «رواداری عملیاتی انجام آزمون» در جدول ۱ مشخص گردیده، فهرست شده است. مقادیر مندرج در این ستون نشان‌دهنده بیشترین اختلاف مجاز بین حداکثر و حداقل مقادیر اندازه‌گیری در طول آزمون می‌باشد. چنانچه مقادیر اندازه‌گیری بر حسب درصد بیان شوند، حداکثر تغییر مجاز بصورت درصد میانگین حسابی مشاهدات مشخص می‌شود.

۹-۶-۳ حداکثر انحراف مجاز بین متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمون با مقادیر استاندارد و یا سایر شرایط مشخص شده در آزمون در ستونی که با عنوان «رواداری شرایط آزمون» در جدول ۱ مشخص شده نشان داده شده است.

۹-۶-۴ تغییرات یا انحرافات بزرگتر از مقادیر مشخص شده در جدول رواداری‌ها، آزمون عملکرد فن‌کوئل را بی‌اعتبار می‌سازد.

۹-۷ داده‌هایی که باید ثبت شوند

داده‌هایی که در طول آزمون باید ثبت شوند، به طور کلی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. اندازه‌گیری مواردی که با علامت «X» در جدول مشخص شده‌اند، برای انجام آزمون الزامی هستند.

۱۰ روش‌ها و فرایندهای اندازه‌گیری صدا

۱۰-۱ شرایط آزمون

شرایط گرمایی برای یک اندازه‌گیری دقیق صدا حیاتی نیستند؛ بنابراین، فن‌کوئل تحت آزمون لازم نیست در یک فضا با شرایط دمایی مشخص شده باشد و نیاز نیست در کوئل فن‌کوئل آب وجود داشته باشد.

۱۰-۲ فن‌کوئل کانالی

برای هر فن‌کوئلی که دارای کانالی در ورودی یا تخلیه می‌باشد، روش آزمون موجود در AHRI Standard 260 (به زیربند ۲-۶ مراجعه شود) را دنبال کنید، بجز داده‌های صدا باید برای دامنه باند اکتاو از ۱۲۵ Hz تا ۸۰۰۰ Hz ثبت شوند (۶۳ Hz انتخابی است).

برای اهداف این استاندارد، یک کانال، یک مسیر هوای محصور شده با طولی بزرگتر از ۱ قطر موثر است که بر اساس معادله زیر بدست می‌آید:

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2} \quad (۲۹)$$

که در آن:

A = مساحت سطح مقطع کانال، m^2

D = قطر موثر، m

۱۰-۳ فن کویل بدون کانال

برای هر فن کویل بدون پیش‌بینی برای نصب یک کانال و/یا هر فن کویل که ورودی(های) آزاد و تخلیه آزاد دارد، روشی آزمون موجود در بند ۱۰-۴ را دنبال کنید.

۱۰-۴ روش‌های اندازه‌گیری صدا برای واحدهای فن کویل با ورودی‌ها و تخلیه آزاد

آزمون صدا برای دامنه باند اکتاو ۱۲۵ Hz تا ۸۰۰۰ Hz باید با استفاده از روش مقایسه اتاق بازآوایی^۱ توصیف شده در (ANSI/AHRI 220-2014) و ANSI/ASA S12.58 (به زیربند ۲-۷ مراجعه شود) یا روش شدت صوت توصیف شده در AHRI 230-2013 انجام شود.

۱۰-۴-۱ تنظیمات آزمون‌ها می‌تواند به دو نوع اصلی تقسیم شود، مدل‌های روکار و توکار.

۱۰-۴-۱-۱ فن کویل‌های روکار برای نصب در فضای اشغال شده طراحی شده‌اند و باید برای تخلیه آزاد و بدون محفظه و کانال نصب شوند. برای واحدهای مستقر درون فضاها اشغال شده، این تنظیم آزمون شامل صدای انتشار یافته از ورودی، تخلیه و قاب می‌شود (شکل ۱۳).

۱۰-۴-۱-۲ فن کویل‌های توکار برای نصب در خارج از فضای اشغال شده طراحی شده و باید با قابی که از نظر انتشار صوت نسبت به مقادیر ترکیبی صدای ورودی و تخلیه عایق شده باشد نصب شوند. و همچنین در شرایط تهویه آزاد بکار انداخته شوند. ایزولاسیون صوتی باید با یکی از روش‌های توصیف شده در بخش‌های بعدی بدست آید.

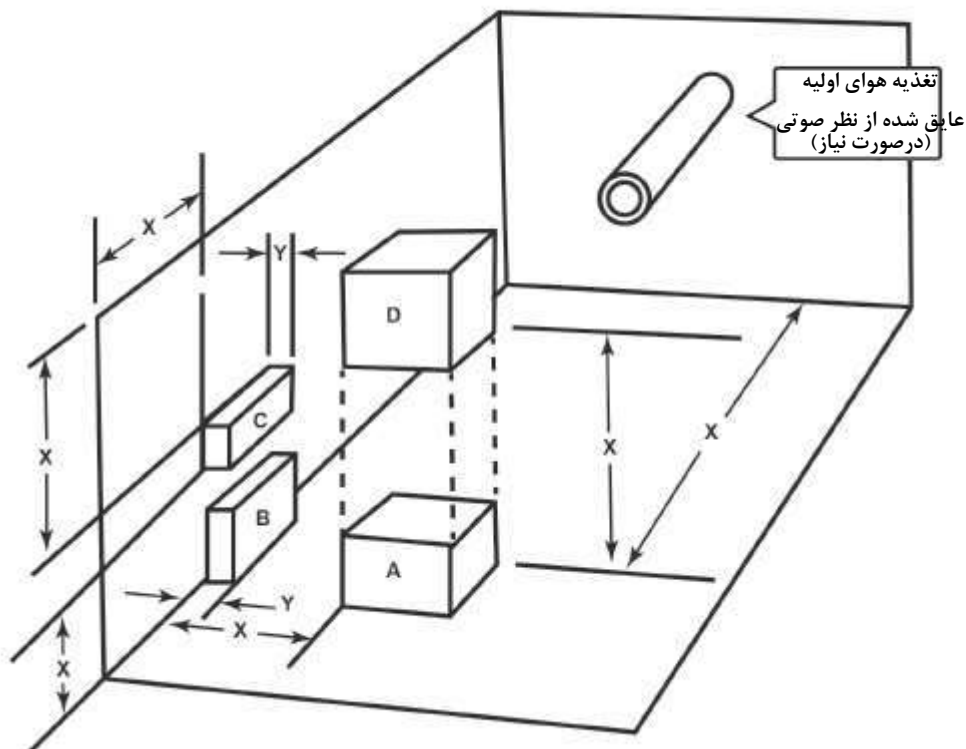
۱۰-۴-۱-۲-۱ یک محفظه با ساختمان تقویت شده^۲ متشکل از دیوار خشک^۳ به ضخامت حداقل ۱۳ mm (۰/۵ in) و با چگالی حداقل برابر با $(۱/۶ \text{ lb/ft}^2)$ $(۷/۸ \text{ kg/m}^2)$ محفظه نباید با تجهیز تحت آزمون بجز در ورودی و خروجی در تماس باشد.

۱۰-۴-۱-۲-۲ اتصال مستقیم دیوار خشک با ضخامت ۱۳ mm (۰/۵ in) با یک چگالی حداقل برابر $(۱/۶ \text{ lb/ft}^2)$ $(۷/۸ \text{ kg/m}^2)$ به تجهیز با پیچ‌های خودکار رزوه آهن یا چسب.

1- Reverberation room comparison method
2- A Stud Construction
3- drywall

آزمایشگاه باید ساختمان محفظه را با مشخصه‌های زیر تثبیت کند: نوع چهارچوب، جهت‌گیری و فاصله‌بندی، ضخامت دیوار خشک، فاصله‌بندی میان تجهیز و دیوار خشک، و ماده جاذب صدا اگر وجود دارد. اگر مستقیماً متصل شود، روش اتصال باید ذکر شود.

شرحی از دریچه‌ها، پخش‌کننده‌ها^۱، یا صفحات صوتی استفاده شده در مجموعه انجام آزمون باید ثبت شوند.



- A = موقعیتی برای تجهیز استفاده شده دور از یک دیوار
- B = موقعیت تجهیز استفاده شده جلوی یا درون دیوار روی کف
- C = موقعیت تجهیز نصب شده جلو یا درون دیوار
- D = مکان برای تجهیز معلق شده یا محکم شده در سقف
- X = ۱٫۵ m (۵٫۰ ft) حداقل تا سطوح اتاق، بجز سطح محل نصب
- Y = حداقل توصیه شده‌ی تولیدکنندگان

شکل ۱۳- موقعیت تجهیزات در اتاق آزمون

۱۰-۴-۱-۳ یک روش دیگر برای مورد موجود در زیربند ۱۰-۴-۱-۲، ثبت مولفه‌های صدا است که شامل صدای تخلیه، صدای ورودی و صدای انتشار یافته بدنه می‌شود.

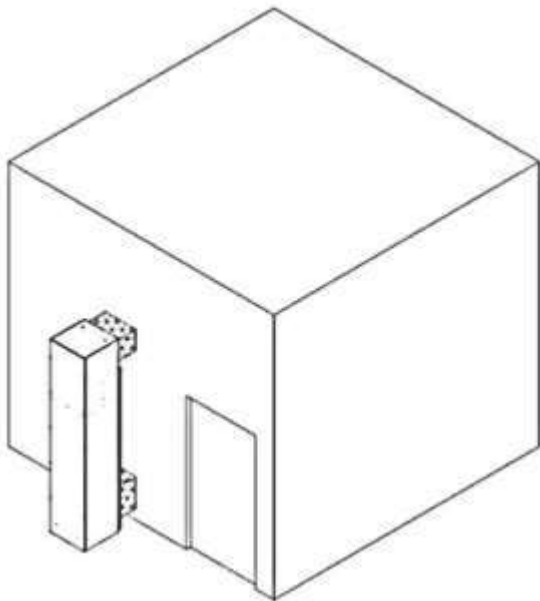
برای این واحدها، صدای تخلیه باید طبق شکل ۱۴ (واحدهای عمودی) و شکل ۱۵ (واحدهای افقی) اندازه‌گیری شود. طول کانال هاشور خورده، بصورت یک قطر موثر کانال یا کمتر تعریف می‌شود.

برای اهداف این استاندارد، یک کانال، یک مسیر بسته هوا است با طولی بزرگتر از ۱ قطر موثر مطابق با معادله موجود در زیربند ۱۰-۲.

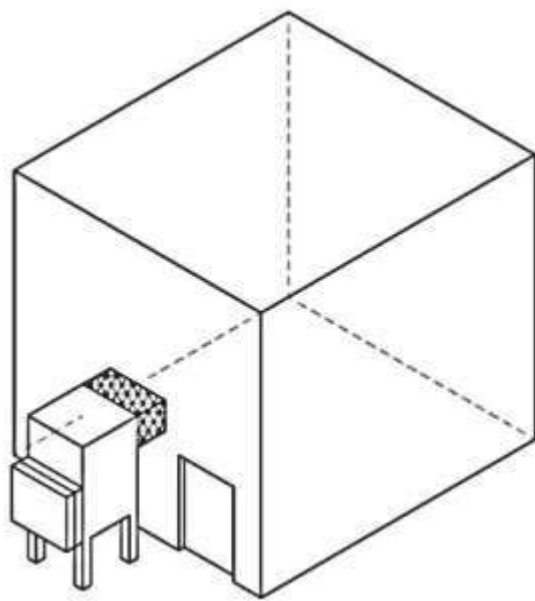
صدای ترکیبی انتشار یافته توسط قاب دستگاه و ورودی (یا تخلیه‌ی) آزاد باید طبق شکل ۱۶ (واحدهای عمودی) و شکل ۱۷ (واحدهای افقی) اندازه‌گیری شوند. برای ورودی آزاد، فقط صدا را طریق شکل ۱۸ اندازه بگیرید.

۱۰-۵ داده‌های صدای ثبت شده و محاسبات

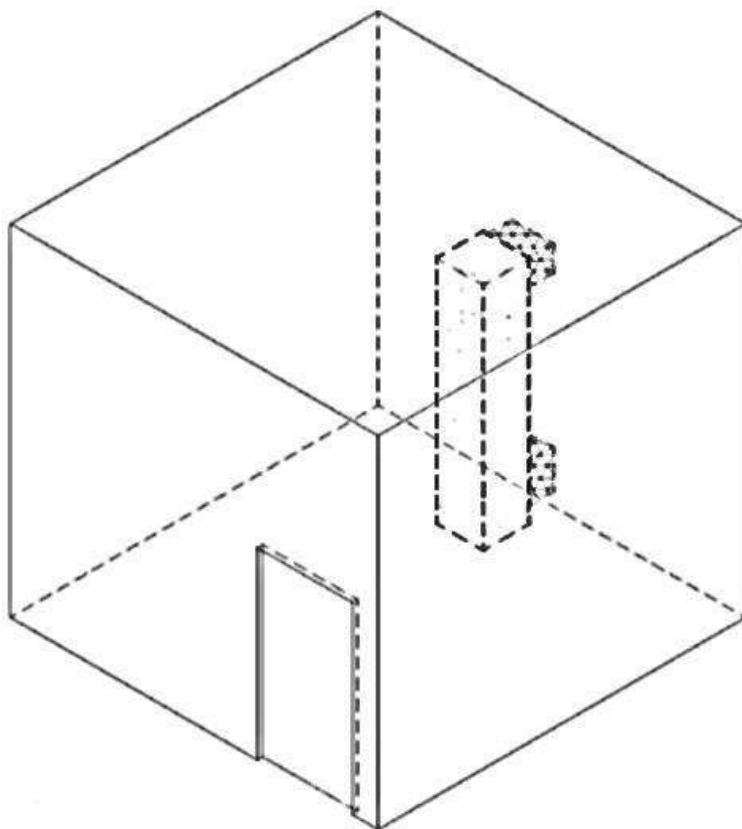
اطلاعاتی که باید ثبت شوند، باید بصورت نشان داده شده در زیربند ۹-۴ استاندارد ANSI/AHRI 260 (به زیربند ۲-۶ مراجعه شود) باشد. محاسبه سطح صدا باید بصورت نشان داده شده در بند ۵ استاندارد ANSI/AHRI 260 انجام شود.



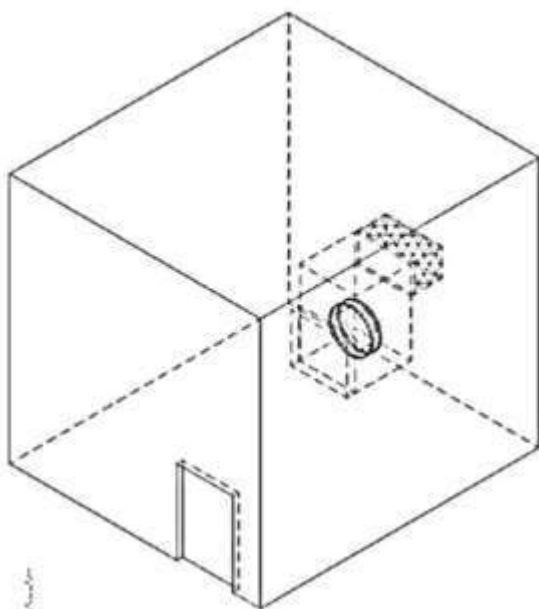
شکل ۱۴- فن‌کویل عمودی با ورودی و خروجی
روی یک سمت کابینت - با تخلیه



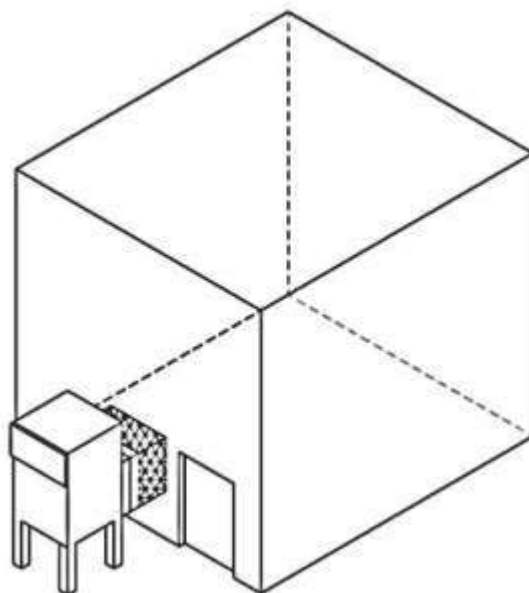
شکل ۱۵- فن‌کویل افقی با تخلیه آزاد



شکل ۱۶- فن کویل عمودی با ورودی و خروجی روی یک سمت کابینت- با انتشار صوت



شکل ۱۷- فن کویل افقی با تخلیه آزاد (یا ورودی) برای قاب دارای انتشار صوت



شکل ۱۸- فن کویل افقی با ورودی آزاد

۱۱ مرجع اطلاعات و مشخصات ترمودینامیکی

۱-۱۱ خواص ترمودینامیکی هوا

مشخصات ترمودینامیکی مخلوط هوا و بخار آب باید بر اساس *ASHRAE Hand book- Fundamentals* باشد.

۲-۱۱ خواص ترمودینامیکی آب

مشخصات ترمودینامیکی آب باید براساس *ASHRAE Hand book- Fundamentals* باشد.

۳-۱۱ ضرایب انتقال حرارت

ضرایب انتقال حرارت انواع مواد باید براساس *ASHRAE Hand book- Fundamentals* باشد.

پیوست الف

(الزامی)

اندازه‌گیری جریان هوای اولیه

الف-۱ نازل‌ها

الف-۱-۱ ساختار

ساختار نازل‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری جریان هوا، باید مطابق با شکل الف-۱ باشد. اندازه نازل‌ها باید به گونه‌ای باشد که سرعت جریان هوا در گلویی نازل کمتر از 3000 fpm (15 m/s) یا بیشتر از 7000 fpm (36 m/s) شود. چنانچه این نازل‌ها بر اساس طرح شکل الف-۱ ساخته شوند و منطبق بر جزئیات تشریح شده در بخش نصب تجهیزات اندازه‌گیری این استاندارد، بند ۶-۱-۱ نصب گردند، می‌توانند بدون نیاز به کالیبراسیون مورد استفاده قرار گیرند.

اگر قطر گلویی نازل برابر با 125 mm (5 in) یا بیشتر باشد، ضریب تخلیه نازل^۱ برابر با 99% در نظر گرفته می‌شود. برای نازل‌های با قطر گلویی کمتر از 125 mm (5 in) یا هنگامی که ضریب تخلیه نازل با دقت بالاتری مورد نظر است، مقدار نشان داده شده در شکل الف-۱ یا مقدار ضریب تخلیه از نمودار شکل الف-۲ خوانده می‌شود.

عدد رینولدز ^۱ ، N_{Re}	ضریب تخلیه، C_n
۵۰۰۰۰	۰٫۹۷
۱۰۰۰۰۰	۰٫۹۸
۱۵۰۰۰۰	۰٫۹۸
۲۰۰۰۰۰	۰٫۹۹
۲۵۰۰۰۰	۰٫۹۹
۳۰۰۰۰۰	۰٫۹۹
۴۰۰۰۰۰	۰٫۹۹
۵۰۰۰۰۰	۰٫۹۹
1- Reynolds number	

1- Nozzle Discharge Coefficient

عدد رینولدز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$N_{Re} = fV_a D \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

V_a = سرعت هوا در نازل، m/s (fpm)

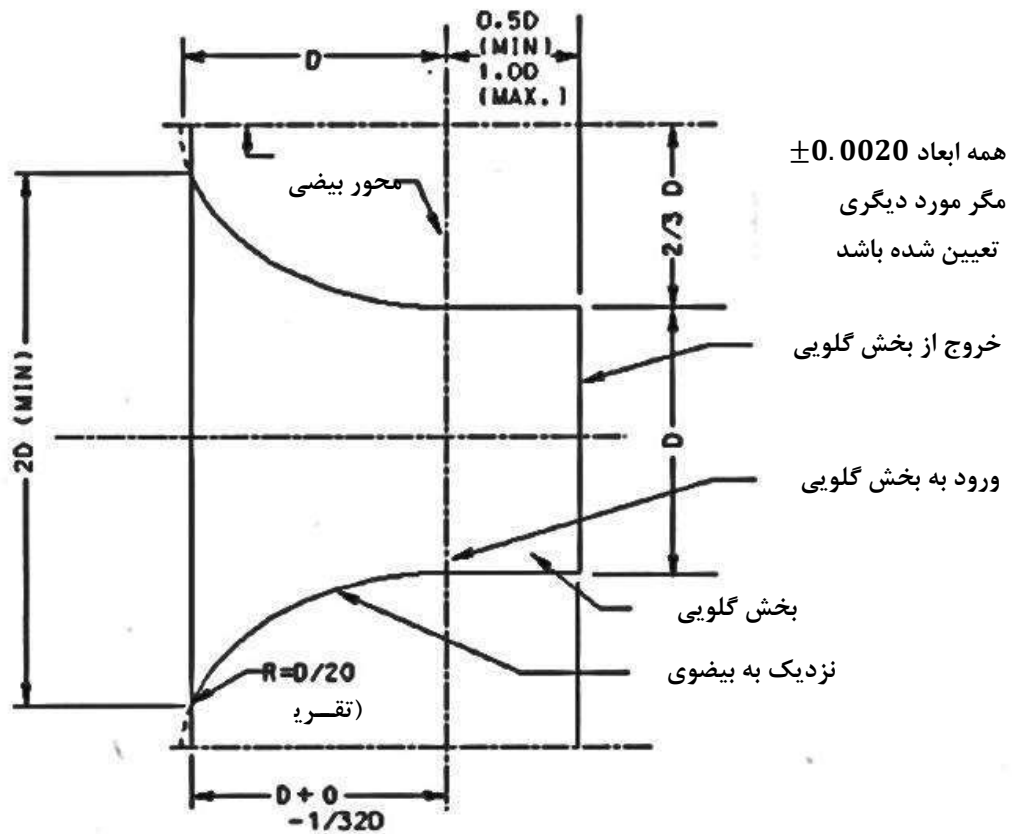
D = قطر گلوله نازل، mm (in.)

وضرب دمای f از جدول زیر برداشته می‌شود:

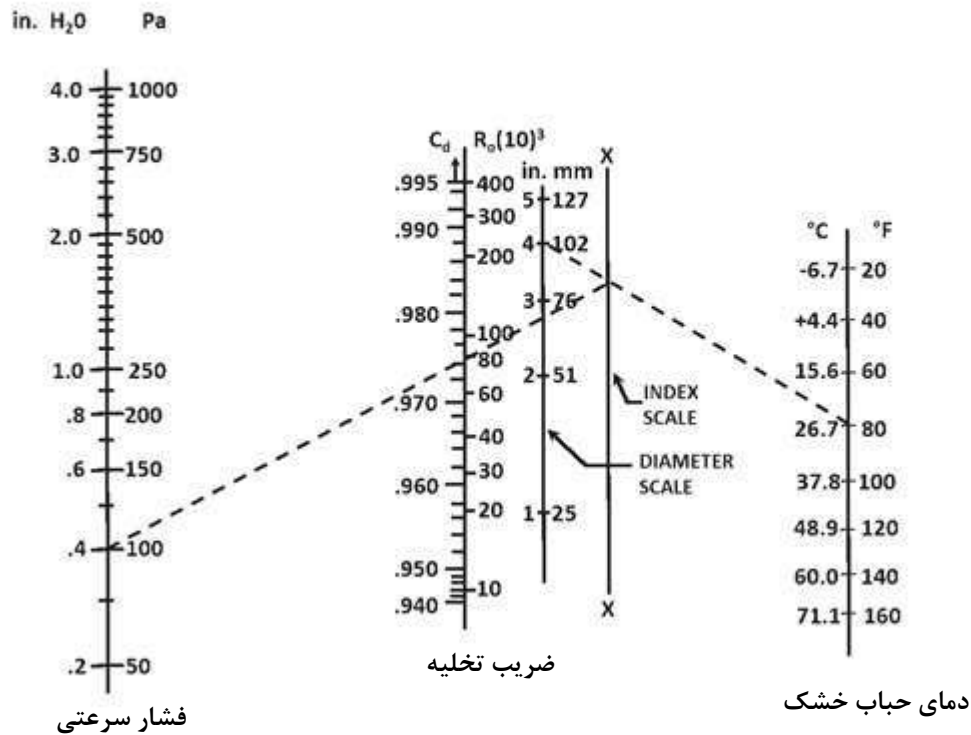
فاکتور f	درجه حرارت	
	°C	°F
۱۰/۱ (۷۸/۲)	-۶/۷	۲۰
۹/۳ (۷۲/۰)	۴/۴	۴۰
۸/۷ (۶۷/۴)	۱۵/۶	۶۰
۸/۱ (۶۲/۸)	۲۶/۷	۸۰
۷/۵ (۵۸/۱)	۳۷/۸	۱۰۰
۷/۱ (۵۵/۰)	۴۸/۹	۱۲۰
۶/۷ (۵۱/۹)	۶۰/۰	۱۴۰
۶/۳ (۴۸/۸)	۷۱/۱	۱۶۰

الف-۱-۲ مساحت‌ها

سطح مقطع نازل باید بر مبنای متوسط قطر دهانه‌های نازل در دو صفحه مقطع طرفین گلوله نازل که یکی خروجی نازل و دیگری درست مقطع نزدیک به شعاع انحنای نازل است، محاسبه گردد. اندازه‌گیری قطر مقاطع فوق با دقت $\pm 0.2\%$ و در هر مقطع، در چهار نقطه از مقطع که از هم به اندازه 45° فاصله دارند، صورت می‌پذیرد.



شکل الف ۱- نازل اندازه گیری جریان هوا



شکل الف ۲- تعیین ضریب تخلیه نازل

دستورالعمل: با استفاده از مقیاس ابعاد و دما برای بدست آوردن مقیاس شاخص (X) وارد نمودار شوید. برای بدست آوردن عدد رینولدز و ضریب تخلیه مقیاس‌های فشار و شاخص را بکار ببرید.

این نمودار راه حل معادلات زیر است:

$$C_n = f(R_0); R_0 = VD \rho / v$$

C_n — ضریب تخلیه

R₀ — عدد رینولدز

که در آن:

V = سرعت

D = قطر

ρ = چگالی

v = سرعت دینامیکی

پیوست ب

(الزامی)

روش جایگزین برای اندازه‌گیری جریان هوا

ب-۱ سیستم بادسنج^۱ پره‌ای اندازه‌گیری جریان

ب-۱-۱ یک روش اندازه‌گیری دقیق نرخ‌های جریان هوا با افت فشار کم، استفاده از یک بادسنج پره‌ای است که براساس یک استاندارد تایید شده با دقت لازم در محل^۲ کالیبره شده است.

ب-۱-۲ سیستم اندازه‌گیری جریان بادسنج پره‌ای شامل یک طول مستقیم از کانال با یک پروانه بادسنج، ابزار اندازه‌گیری رطوبت، و یک پراب^۳ دما در داخل است (به شکل ب-۱ مراجعه شود). کانال دارای بخش ورودی پنج برابر قطر، یک بخش مستقیم‌کننده خطوط جریان و یک بخش خروجی به طول سه برابر قطر است. یک دستگاه تنظیم کننده فشار معکوس^۴ بطور دلخواه برای تنظیم فشار معکوس در ایستگاه تخلیه جریان دقیق نصب شود. یک جریان‌سنج بادسنج پره‌ای که خوب کالیبره شده باشد می‌تواند در یک دامنه جریان بسیار وسیع تا $\pm 2\%$ دقیق باشد. در قسمت زیر مولفه‌های شماره‌گذاری شده یک سیستم بادسنج پره‌ای اندازه‌گیری جریان آمده است (به شکل ب-۱ مراجعه شود):

الف مورد ۱ یک بخش از کانال مستقیم برای اجازه دادن به پایداری جریان هوا در یک کانال است.

ب مورد ۲ پروانه بادسنج است.

پ مورد ۳ مقطع مرکزی کانال است جایی که تمام ابزارها نصب هستند.

ت مورد ۴ سنسور دمای حباب مرطوب

ث مورد ۵ سنسور دمای حباب خشک

ج مورد ۶ کانال تخلیه است.

چ مورد ۷ انتقال تخلیه است.

ح مورد ۸ میراکننده^۵ فشار معکوس که اختیاری است.

1- Vane anemometer

2- Situ

3- Probe

4- Backpressure

5- Damper

خ مورد ۹ یک مستقیم‌کننده جریان که متشکل از حداقل شبکه‌ای با مربع‌های $12/5 \text{ mm}$ ($0/5 \text{ in}$) با عمقی بیشتر از دو برابر اندازه شبکه است.

د مورد ۱۰ یک پرآب فشار استاتیک داخل کانال است، که به اندازه یک قطر در جلوی پروانه قرار داده شده است.

ذ یک مبدل فشار اتمسفری^۱ است که نشان داده نشده است.

ب-۱-۳ فرایند کالیبراسیون جریان سنج بادسنج پره‌ای

ب-۱-۳-۱ از آنجایی که بادسنج پروانه‌ای معمولاً برای اندازه‌گیری سرعت باد در فضای باز استفاده می‌شود، و از آنجایی که در این روش اندازه‌گیری بادسنج در یک کانال نصب شده است، کالیبراسیون کارخانه معتبر نخواهد بود. مناسب‌ترین و دقیق‌ترین روش برای کالیبره کردن آن، استفاده از استاندارد جریان مانند یک جریان سنج ونتوری که قابل‌ردیابی با مراجع ذیصلاح می‌باشد، در محل مورد استفاده است. در قسمت زیر یک فهرست جزئی از مولفه‌های یک فرایند کالیبراسیون برای یک جریان سنج بادسنج پره‌ای آمده است (به شکل ب-۱ مراجعه شود).

الف- مورد ۱ جریان سنج ونتوری قابل ردیابی با مراجع ذیصلاح است.

ب- مورد ۲ پرآب دما است (باید بالا دست ونتوری باشد).

پ- مورد ۳ واسطه کانال انتقال ورودی است.

ب-۱-۳-۲ بسته به هدف ایستگاه جریان پروانه، چند دامنه جریان برای کالیبره کردن کامل واحد لازم خواهند بود.

ب-۱-۳-۳ ایستگاه جریان بادسنج باید برای به حداقل رساندن امکان نشت در فشارهای استاتیکی بالا بطور محکم ساخته شود. بررسی کنید که جریان سنج و ونتوری کالیبره‌کننده هم‌مرکز، مستقیم، و هم‌تراز هستند. (این موضوع مهم است زیرا عدم هم‌ترازی منجر به دقت کمتر از حالت پیش‌بینی شده می‌شود).

ب-۱-۳-۴ هنگام ساختن جریان سنج بادسنج، مراقب باشید تا بادسنج را در محدوده $0/16$ قطر معادل از مرکز کانال قرار دهید همانطور که در شکل ب-۳ نشان داده شده است.

ب-۱-۳-۵ هدف کالیبراسیون، ساختن یک معادله ریاضی تجربی است که خروجی فرکانس (فرکانس دورانی پره‌ها) از بادسنج را به نرخ جریان (L/s [cmf]) مرتبط می‌کند. بادسنج به اتمام رسیده یک دامنه جریان بسیار وسیع خواهد داشت، (۸ تا 3400 cfm) $3/7$ تا 1604 L/s برای یک کانال با قطر

1- Atmospheric pressure transducer

۳۰۰ mm (۱۲ in) چندین ونتوری برای پوشش کل دامنه نیاز خواهد بود. کانال‌های بزرگتر، یک حداقل بزرگتر و حداکثر بزرگتر خواهند داشت. بطور مشابه، کانال‌های کوچکتر، یک حداقل کوچکتر و حداکثر کوچکتر خواهند داشت.

الف- با کوچکترین ونتوری در ابتدا شروع کنید و در محدوده آن کالیبره کنید. بطور تدریجی نرخ جریان را افزایش و سپس کاهش دهید تا بالاترین مقدار عملی برای آن اندازه ونتوری و در پله‌های کوچک تغییر دهید و نرخ جریان و فرکانس جریان را هر چند ثانیه ثبت کنید.

ب- با ونتوری بعدی با اندازه بزرگتر تکرار کنید تا زمانی که دامنه جریان لازم پوشش داده شود. مطمئن شوید که دامنه هر ونتوری با دامنه اندازه‌های مجاور هم‌پوشانی دارد.

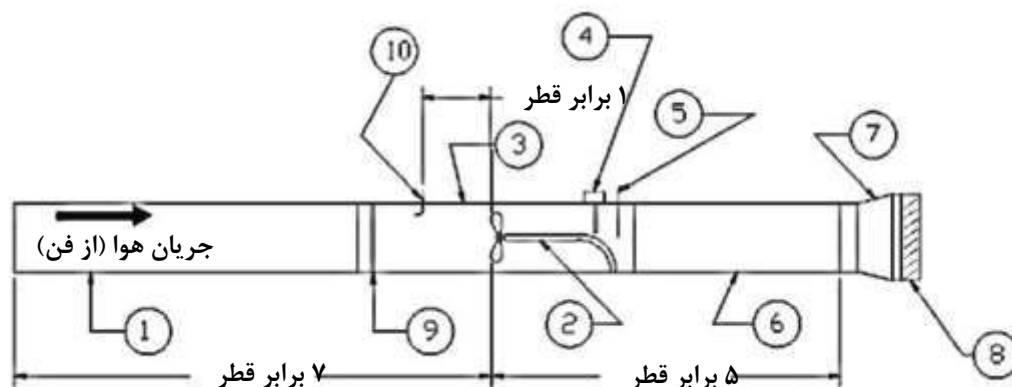
پ- از تحلیل آماری استاندارد برای تعیین رابطه بین جریان و فرکانس استفاده کنید.

ب-۱-۳-۶ جریان‌سنج‌های ونتوری بطور خودکار برای چگالی اتمسفری تصحیح میشوند اما جریان‌سنج‌های بادسنج خیر. راه حل این مسئله، استفاده از مبدل فشار بارومتري و مبدل فشار استاتیک همراه با پراب‌های رطوبت و دما برای تصحیح تغییرات چگالی اتمسفری است. جریان‌سنج بادسنج سپس مقادیری بر حسب لیتر بر ثانیه (فوت مکعب بر دقیقه) استاندارد بدست خواهد داد.

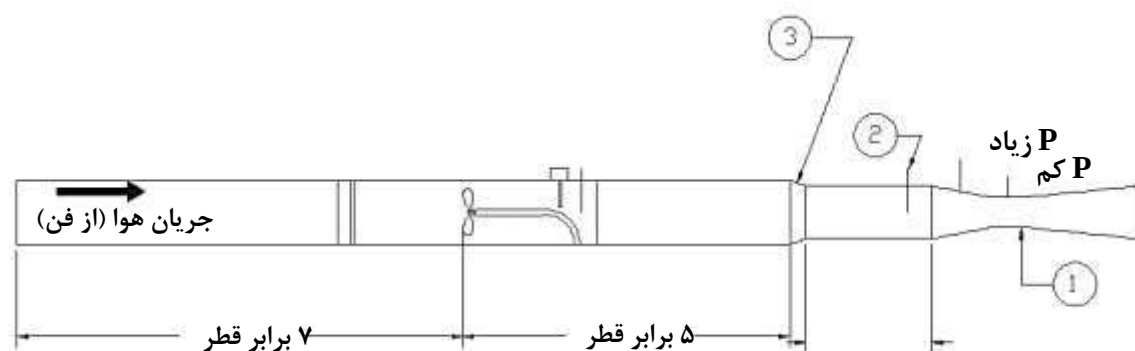
یادآوری جهت اطلاع- جریان‌سنج بادسنج می‌تواند داخل هر اندازه یا شکل کانال باشد و هنوز در یک دامنه جریان بسیار وسیع، بخاطر فرایند کالیبره کردن هنگام کار، بسیار دقیق باشد.

یادآوری ۱- دمپر فشار معکوس (آیتم ۸) برای تنظیم فشار استاتیک پایین‌دست جریان FPTU مورد آزمون تا 0.25" WC استفاده خواهند شد. همه آزمون‌ها در این شرایط انجام خواهد شد.

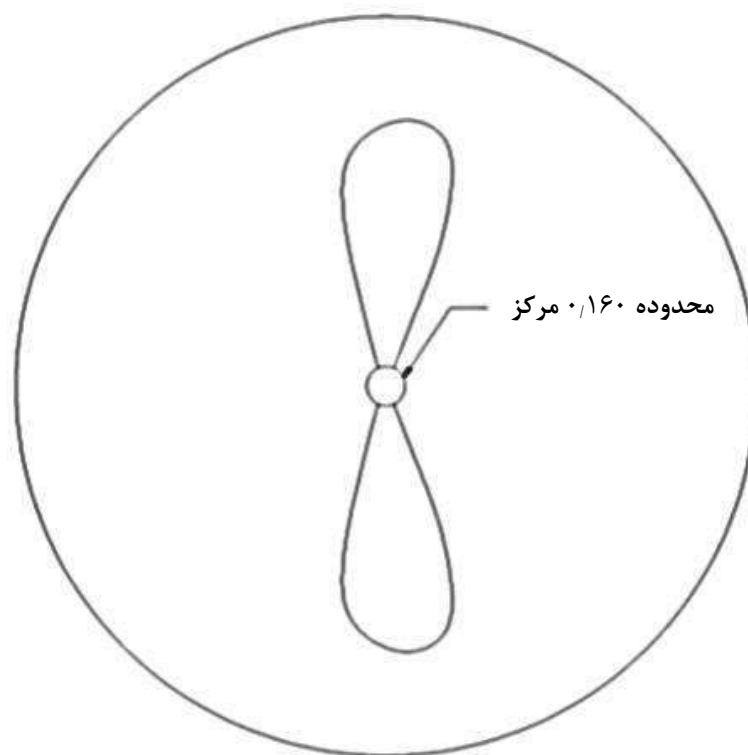
یادآوری ۲- همه کانال‌ها باید متحدالمرکز و در یک خط سرهم شوند.



شکل ب-۱ - سیستم اندازه‌گیری با بادسنج پره‌ای



شکل ب- ۲ - فرایند کالیبراسیون جریان سنج بادسنج پره ای



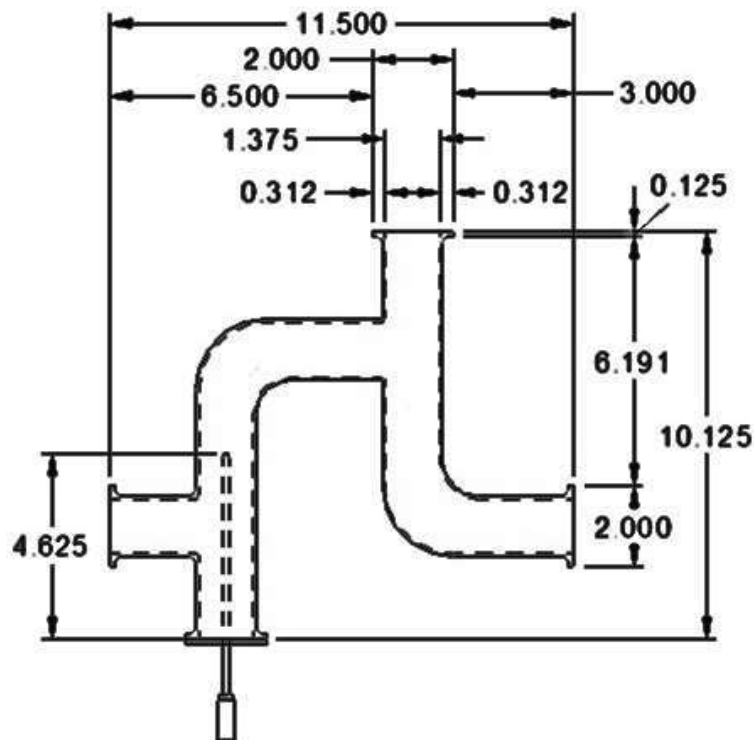
شکل ب- ۳ - روش انجام کالیبراسیون جریان سنج بادسنج پره ای

پیوست پ

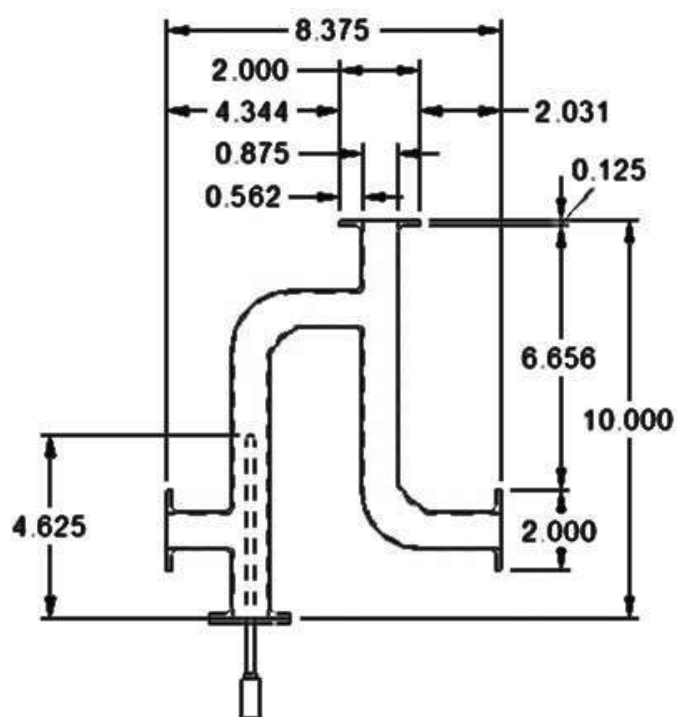
(آگاهی دهنده)

ابعاد مرجع لوله مخلوط کننده

شکل‌های پ-۱ و پ-۲، ابعاد مرجع را هنگام استفاده از لوله‌کشی بهداشتی^۱ برای لوله‌های مخلوط کننده برای تغذیه و برگشت آب نشان می‌دهند. این ابعاد می‌توانند بسته به برند لوله‌کشی بهداشتی و حسگر مقاومت دمایی استفاده شده تغییر کنند. ماده استفاده شده، فولاد ضد زنگ 304 است.



شکل پ-۱- ابعاد مرجع هنگام استفاده از لوله‌کشی بهداشتی برای لوله‌های مخلوط کننده
برای تغذیه و برگشت آب (نیم ۱۲/۵ mm (in) چند راهه)

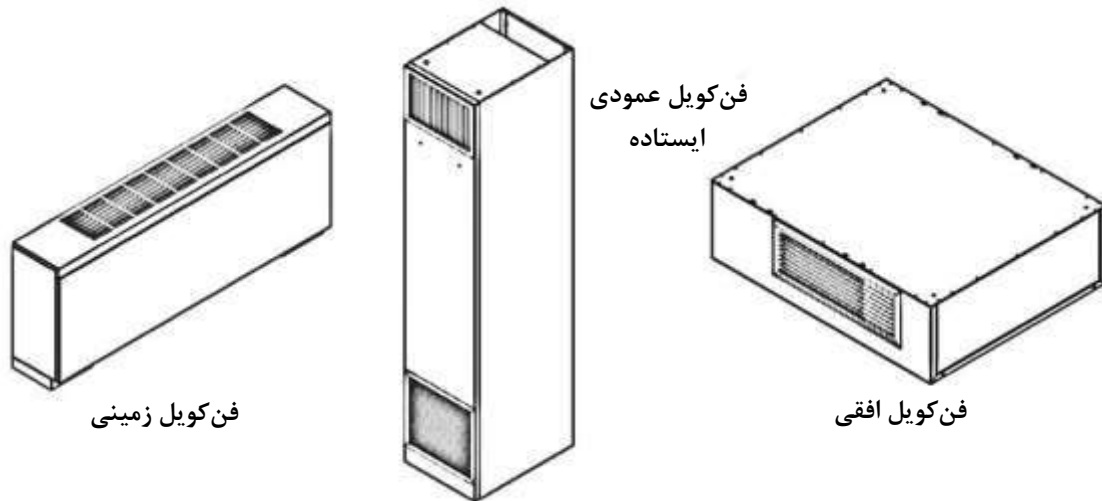


شکل پ-۲- ابعاد مرجع هنگام استفاده از لوله کشی بهداشتی برای لوله های مخلوط کننده برای تغذیه و برگشت آب (۳/۴ in) ۱۸/۸ mm چند راهه)

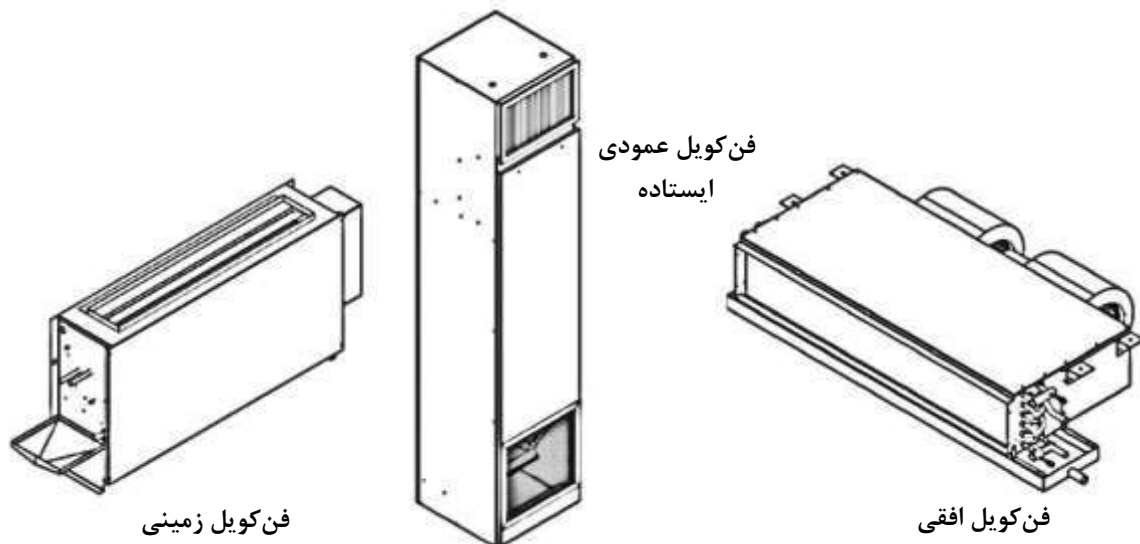
پیوست ت (آگاهی دهنده)

مثال هایی از انواع فن کویل های توکار و روکار

شکل ت- ۱ مثال هایی از فن کویل های روکار با ورودی و تخلیه آزاد در فضای تهویه شده را نشان می دهد.
شکل ت- ۲ مثال هایی را از فن کویل های توکار نزدیک فضای تهویه شده را نشان می دهد.



شکل ت- ۱ - مثال هایی از فن کویل های روکار با ورودی و تخلیه آزاد در فضای تهویه شده



شکل ت- ۲ - مثال هایی از فن کویل های توکار نزدیک فضای تهویه شده

پیوست ث

(آگاهی دهنده)

تغییرات اعمال شده در متن نسبت به مرجع اصلی

- ۱- در کل متن یکاهای دستگاه SI از پرانتز خارج شده است و یکاهای دستگاه انگلیسی به داخل پرانتز منتقل شده است.
- ۲- بند ۱۲ از استاندارد ASHRAE 79-2015 به بند ۲ مراجع الزامی این استاندارد منتقل شده است.
- ۳- کتابنامه به این استاندارد اضافه شد.
- ۴- استانداردهای ASHRAE 2006. ANSI/ASHRAE Standard 41.6-1994 و ASHRAE 2015. ASHRAE Terminology. از مراجع الزامی به کتابنامه منتقل شده است.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۴۰: سال ۱۴۰۲، «دستگاه‌های فن کویل – تعیین ظرفیت عملکردی»
- [2] ANSI/ASHRAE Standard 41.6:1994 (RA 2006), Method for Measurement of Moist Air Properties. Atlanta: ASHRAE.
- [3] ASHRAE Terminology-2015. Atlanta: ASHRAE. wiki.ashrae.org