INSO
20794
1st. Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۲۰۷۹۴
چاپ اول
۱۳۹۵

عملکرد حرارتی ساختمان‌ها – تعیین میزان نفوذپذیری هوا در ساختمان‌ها- روش اعمال فشار توسط فن

Thermal Performance of Buildings- Determination of Air Permeability of buildings - Fan Pressurization Method

ICS:91.120.10

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در 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 وکوششی 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، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی‌استاندارد(ISO)[۱] ، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[۲] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[۳] است و به عنوان تنها رابط[۴] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[۵] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

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

1- International organization for Standardization
2 - International Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«عملکرد حرارتی ساختمان‌ها – تعیین میزان نفوذپذیری هوا در ساختمان‌ها- روش اعمال فشار توسط فن»

رییس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ریحانیان، مهرناز (دکتری مهندسی مکانیک، سیالات و انرژی)	مرکز تحقیقات ساختمان، وزرات راه، مسکن و شهرسازی
دبیر:	
کریمی، الهه (کارشناس ارشد زمین شناسی)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ارجمندزاده، رضا (دکتری زمین شناسی)	دانشگاه پیام نور بجنورد
اسدالهی یزدی، مهدی (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت مهندسی سامان ساخت مرو
اعتضادی، حسین (کارشناس مهندسی مواد،متالورژی)	مهندسین مشاور عمران شاخص البرز
حساسی، بیتا (کارشناس مهندسی مواد)	اداره کل استاندارد زنجان
حسنی، اسما (کارشناس زمین شناسی)	نظام مهندسی معدن خراسان شمالی
غلامیان، حسام (کارشناس شیمی کاربردی)	پشم شیشه به‌بام ممتاز شرق
ضرابی راد، راحله (کارشناس ارشد زمین‌شناسی)	کارشناس استاندارد، شرکت نسل برتر مشاورین آبان کیفیت
طاهری ، احسان (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی
فرجی، احمدرضا (کارشناس ارشد زمین شناسی)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی

کاظمیان، احسان (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی
مرگان، حسین (کارشناس شیمی کاربردی)	سازمان همیاری شهرداری‌های خراسان شمالی
مزینانی، سید مصطفی (کارشناس مهندسی شیمی،گاز)	پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد
مکرمی، احسان (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی
وهاب زاده، بابک (کارشناس مکانیک سیالات)	شهرداری بجنورد
همای رضوی، سیدمحمد (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان شمالی
یزدان مهر، محسن (کارشناس صنایع)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی
ویراستار:	
فرجی، احمدرضا (کارشناس ارشد زمین شناسی)	اداره کل استاندارد خراسان شمالی

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		د
پیش گفتار		و
مقدمه		ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۱
۴	تجهیزات	۴
۵	روش اندازه‌گیری	۵
۶	بیان نتایج	۱۰
۷	گزارش آزمون	۱۶
۸	عدم قطعیت	۱۷
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) توصیف تجهیزات مورد استفاده برای قراردادن ساختمان‌ها تحت فشار		۱۸
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) وابستگی چگالی هوا به درجه‌حرارت، نقطه شبنم و فشار هوا		۲۰
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) روش توصیه‌شده برای برآورد عدم قطعیت		۲۱
پیوست ت (آگاهی دهنده) مقیاس بیفورت باد		۲۴
پیوست ث (آگاهی دهنده) تشخیص محل نشت		۲۷

پیش‌گفتار

استاندارد « عملکرد حرارتی ساختمان‌ها – تعیین میزان نفوذپذیری هوا در ساختمان‌ها- روش اعمال فشار توسط فن» که پیش نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و پنجاه و هشتمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ 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 زمینهٔ 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 9972: 2015, Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method

مقدمه

روش اعمال فشار توسط فن، با هدف تعیین میزان نفوذپذیری هوای پوسته و یا قسمت‌های از ساختمان، تدوین شده است. این روش می‌تواند در موارد زیر به کار گرفته شود:

الف- برای اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری هوای کل و یا بخشی از ساختمان، جهت بررسی مطابقت آن با میزان الزام تعیین شده؛

ب- برای مقایسه میزان نسبی نفوذپذیری هوای تعدادی ساختمان و یا بخش‌هایی از ساختمان‌های مشابه؛

ج- برای مشخص کردن میزان کاهش نشت هوا در ساختمان‌های موجود (یا درقسمتی ازآن‌ها) پس از انجام هر اقدام بهسازی.

روش حاضر، روش اندازه‌گیری میزان دبی نفوذ هوا به یک ساختمان نیست. بلکه، نتایج این آزمون می‌تواند از طریق محاسبات، جهت تعیین میزان نفوذ هوا و بار حرارتی ناشی از آن به کار می‌رود.

روش‌های دیگری مانند روش "گازدریاب "، در مواقعی که تعیین میزان دبی نفوذ هوا به ساختمان، به طور مستقیم، مدنظر است، قابل استفاده می‌باشند.

هر چند که تنها انجام آزمون گاز ردیاب، اطلاعات محدودی در خصوص عملکرد تهویه و نفوذپذیری هوای ساختمان می‌دهد.

روش تحت فشارگذاری توسط فن، برای اندازه‌گیری میزان جریان هوایی که از پوسته خارجی ساختمان عبور می‌کند، (ازبیرون به داخل و یا بالعکس) به کار گرفته می‌شود. بنابراین این روش، جهت اندازه‌گیری میزان دبی هوایی که از بیرون به ساختمان وارد شده و سپس از آن دوباره خارج می‌شود ، به کار نمی‌رود.

بدیهی است که استفاده از این استاندارد نیاز به معلومات در زمینه اصول اندازه‌گیری دبی و فشار دارد. شرایط ایده آل توصیف شده برای انجام آزمون در این استاندارد، اختلاف کم دما و سرعت پایین باد، می‌باشد.

عملکرد حرارتی ساختمان‌ها – تعیین نفوذپذیری هوا در ساختمان‌ها- روش اعمال فشار توسط فن

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری هوای پوسته ساختمان و یا بخش‌هایی از ساختمان در محل است. این استاندارد به کارگیری روش اعمال فشار مکانیکی مثبت و منفی را در ساختمان یا بخشی از ساختمان مشخص می‌کند. این استاندارد، به توصیف اندازه‌گیری دبی هوایی که ناشی از یک محدوده اختلاف فشار استاتیکی بین داخل و خارج است، می‌پردازد.

این استاندارد برای اندازه‌گیری میزان نشت هوا از پوسته خارجی ساختمان‌های تک‌منطقه‌ای[1] درنظر گرفته‌شده است. برای اهداف این استاندارد، بسیاری از ساختمان‌های چندمنطقه‌ای می‌توانند به عنوان ساختمان‌های تک‌منطقه‌ای درنظر گرفته شوند مشروط به اینکه درب‌های داخلی باز شوند و یا فشار یکسان در مناطق مجاور اعمال شود..

این استاندارد برای ارزیابی نفوذپذیری هوای اجزاء منفرد درنظر گرفته نشده 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 می‌شوند.

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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی شماره ۱۳۲۷۶، عایق حرارتی – کمیت‌های فیزیکی و تعاریف

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ذکر شده در استاندارد زیربند ۲-۱، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۱-۳

دبی نشت هوا

air leakage rate

دبی هوایی که از پوسته خارجی ساختمان عبور می‌کند.

---

1 - Zone

یادآوری- این جریان هوا دربرگیرنده جریان عبوری از میان درزها، ترک‌ها و سطوح متخلخل و یا ترکیبی از آن‌ها است که توسط تجهیزات تهویه مورد استفاده در این استاندارد، القاء شده‌اند (بند ۴).

۲-۱-۳

پوسته ساختمان

building envelope

مرز یا مانعی که حجم داخلی ساختمان یا بخشی از ساختمان که تحت آزمون است را از محیط خارج یا از ساختمان دیگر یا از سایر بخش‌های ساختمان جدا می‌کند.

۳-۱-۳

نرخ تعویض هوا

air change rate

دبی نشت هوای گذرنده از پوسته، بر حجم داخلی ساختمان است.

۴-۱-۳

نفوذپذیری هوا

air permeability

دبی نشت هوای گذرنده از پوسته، بر مساحت پوسته خارجی ساختمان است.

۵-۱-۳

دبی نشت ویژه «پوسته»

specific leakage rate envelope

دبی نشت هوای گذرنده از پوسته، بر مساحت پوسته تحت اختلاف فشار مرجع است.

۶-۱-۳

دبی نشت ویژه « دال کف»

specific leakage rate floor

دبی نشت هوای گذرنده از پوسته، بر مساحت خالص کف ساختمان تحت اختلاف فشار مرجع است.

۷-۱-۳

مساحت نشت موثر

effective leakage area

مساحت نشت گذرنده از پوسته ساختمان و محاسبه‌شده تحت اختلاف فشارهای مرجع آزمون است.

۳-۱-۸

مساحت نشت موثر ویژه «پوسته»

specific effective leakage area

مساحت نشت گذرنده از پوسته ساختمان بر مساحت پوسته، تحت اختلاف فشار مرجع است.

۳-۱-۹

مساحت نشت مؤثر ویژه «دال کف»

specific effective leakage area floor

مساحت نشت گذرنده از پوسته بر مساحت کف خالص در اختلاف فشار مرجع است.

۳-۱-۱۰

مسدود کردن یک دریچه

to close an opening

مسدود کردن یک دریچه از حالت باز به بسته با استفاده از یک وسیله مسدودکننده موجود بر روی دریچه، بدون افزایش نفوذپذیری هوا از طریق دریچه است.

یادآوری- در صورتی که راهی برای مسدودکردن دریچه وجود نداشته باشد (دریچه بدون وسیله مسدودکننده)، دریچه باز می‌ماند.

۳-۱-۱۱

درزبندی یک دریچه

to seal an opening

غیرقابل‌نفوذ کردن یک دریچه توسط ابزار مناسب (چسب، بالن متورم‌شونده، درپوش و همانند این‌ها) است.

۳-۱-۱۲

دریچه‌های عمدی

intentional opening

دریچه‌هایی که (به عمد) جهت انجام تهویه، در پوسته ساختمان درنظر گرفته شده‌اند.

۲-۳ نمادها

نماد	مقدار	واحد
A_E	مساحت پوسته	m^2
A_F	مساحت کف	m^2
ELA_{pr}	مساحت نشت موثر در اختلاف فشار مرجع	m^2
ELA_{Epr}	مساحت نشت موثر ویژه بر مساحت پوسته تحت اختلاف فشار مرجع	m^2/ m^2
ELA_{Fpr}	مساحت نشت موثر ویژه بر مساحت کف تحت اختلاف فشار مرجع	m^2/ m^2
C_{env}	ضریب جریان هوا	$m^3/(h.Pa^n)$
C_L	ضریب نشت هوا	$m^3/(h.Pa^n)$
n_{pr}	نرخ تعویض هوا تحت اختلاف فشار مرجع	h^{-1}
p	فشار	Pa
p_{bar}	فشار بارومتری تصحیح نشده	Pa
p_v	فشار جزئی بخار آب	Pa
p_{vs}	فشار بخار اشباع آب	Pa
q_{50}	دبی نشت هوا در ۵۰Pa	m^3/h
qE_{pr}	دبی نشت ویژه گذرنده از پوسته ساختمان بر مساحت پوسته تحت اختلاف فشار مرجع	$m^3/(h.m^2)$
qf_{pr}	دبی نشت ویژه گذرنده از پوسته ساختمان بر مساحت کف تحت اختلاف فشار مرجع	$m^3/(h.m^2)$
q_m	دبی اندازه‌گیری‌شده	m^3/h
q_{pr}	دبی نشت هوا تحت اختلاف فشار مرجع	m^3/h
q_r	دبی خوانش‌شده	m^3/h
V	حجم داخلی	m^3
Δp	اختلاف فشار اعمال شده	Pa
$\Delta p0$	اختلاف فشار در دبی صفر (به‌طور میانگین)	Pa
$\Delta p0.1;\Delta p0.2$	اختلاف فشار در دبی صفر، قبل و بعد از آزمون (تجهیزات مکانیکی محرک هوا خاموش باشند)	Pa
$\Delta p0+;\Delta p0-$	میانگین مقادیر مثبت و منفی اختلاف فشار در دبی صفر (علامت + و – به ترتیب به معنی فشار مثبت و فشار منفی گذرنده از پوسته می‌باشتد)	Pa
Δpm	اختلاف فشار اندازه‌گیری‌شده	Pa
Δpr	اختلاف فشار مرجع	Pa
φ	رطوبت نسبی	-
$T0$	دمای مطلق در شرایط استاندارد	K
T_e	دمای مطلق هوای خارج	K
T_{int}	دمای مطلق هوای داخل	K
θ	دمای سلسیوس	°C
ρ	چگالی هوا	Kg/m^3
$\rho 0$	چگالی هوا در شرایط استاندارد	Kg/m^3
ρe	چگالی هوای خارج	Kg/m^3
ρ_{int}	چگالی هوای داخل	Kg/m^3

۴ تجهیزات

۴-۱ کلیات

تجهیزات توصیف‌شده در ادامه، نوع متداول آن است. هر ترکیبی از وسایل مشروط به این‌که از همین اصول پیروی کند و آزمون را در بازه رواداری‌های مجاز انجام دهد، قابل‌قبول است. مثال‌هایی از ترکیب‌بندی وسایلی که به‌طور معمول استفاده می‌شوند در پیوست الف ذکر شده است.

واسنجی دوره‌ای سامانه اندازه‌گیری مورد استفاده در این روش آزمون، مطابق با مشخصات تولیدکننده و یا سامانه‌های تضمین کیفیت استاندارد، ضروری است.

۴-۲ تجهیزات

۴-۲-۱ تجهیزات حرکت‌دادن هوا

وسیله‌ای که قادر به ایجاد محدوده خاصی از اختلاف فشار مثبت و منفی گذرنده از پوسته ساختمان یا بخشی از آن باشد. سامانه باید یک دبی ثابت هوا برای هر اختلاف فشار را در طول بازه زمانی موردنیاز، جهت دستیابی به خوانش‌های دبی تولید کند.

۴-۲-۲ وسیله اندازه‌گیری فشار

ابزاری که قادر به اندازه‌گیری اختلاف فشار با دقت ۱Pa± در محدوده ۰Pa تا ۱۰۰Pa باشد.

۴-۲-۳ سامانه اندازه‌گیری دبی هوا

وسیله‌ای که قادر به اندازه‌گیری دبی هوا با دقت ٪۷± عددخوانش شده باشد.

اگر اندازه‌گیری دبی حجمی، بر اساس اصل اریفیس[1] است، باید احتیاط شود. عدد خوانش شده برای دبی باید مطابق با چگالی هوا اصلاح شود (به فرمول (۲) مراجعه کنید).

۴-۲-۴ وسیله اندازه‌گیری دما

ابزاری که قادر به اندازه‌گیری دما با دقت ۰٫۵K± باشد.

۵ روش اندازه‌گیری

۵-۱ شرایط اندازه‌گیری

۵-۱-۱ کلیات

دو شیوه برای این روش اندازه‌گیری وجود دارد: اعمال فشار مثبت و اعمال فشار منفی در یک ساختمان یا در بخشی از یک ساختمان، صرف‌نظر از شیوه‌ای که استفاده می‌شود، نشت هوا از پوسته ساختمان می‌تواند اندازه‌گیری شود. دقت این روش اندازه‌گیری تا حد زیادی به ابزار و وسایل مورداستفاده و شرایط محیطی که تحت آن برداشت اطلاعات انجام می‌شود، وابسته است.

یادآوری۱- فشار مثبت یعنی، فشار داخل ساختمان بیشتر از خارج است. فشار منفی یعنی، فشار داخل ساختمان کمتر از خارج است.

1- Orifice

یادآوری۲- اگر نتیجه حاصل‌ضرب اختلاف دمای هوا بین داخل و خارج، برحسب K، در ارتفاع پوسته ساختمان یا بخشی از آن، بر حسب m، بیشتر از ۲۵۰mK باشد، بعید است که اختلاف فشار در دبی صفر رضایت‌بخشی به دست آید (به زیربند ۵-۳-۳ مراجعه کنید).

یادآوری۳- اگر سرعت باد در نزدیکی زمین بیش از ۳m/s و یا سرعت باد هواشناسی بیش از ۶m/s یا به عدد ۳ در مقیاس بیوفورت[1] برسد، بعید است که اختلاف فشار در دبی صفر رضایت‌بخشی بتوان به‌دست آورد (به زیربند ۵-۳-۳ مراجعه کنید).

۵-۱-۲ حوزه اندازه‌گیری

حوزه‌ایی که اندازه‌گیری در آن در ساختمان یا بخشی از ساختمان انجام می‌شود، به هدف آزمون بستگی دارد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

الف- معمولا، حوزه‌ای از ساختمان که برای آن اندازه‌گیری انجام می‌شود، دربرگیرنده تمام قسمت‌های کنترل شده ساختمان است (به عنوان مثال اتاق‌هایی که درنظر گرفته شده‌اند تا به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم گرم شوند، سرد شوند و/یا کاملا تهویه شوند) است.

ب- اگر هدف از انجام اندازه‌گیری، بررسی مطابقت هوابندی[2] ساختمان با الزامات مشخص شده برای آن در یک مجموعه قوانین و مقررات ساختمان باشد و حوزه اندازه‌گیری برای آن در این استاندارد تعریف شده باشد، حوزه اندازه‌گیری برای آن طبق این استاندارد تعریف می‌شود.

ج- اگر هدف از انجام اندازه‌گیری، بررسی مطابقت هوابندی ساختمان با الزامات مشخص شده برای آن در یک مجموعه قوانین و مقررات ساختمان باشد و حوزه اندازه‌گیری برای آن در این استاندارد تعریف نشده باشد، حوزه اندازه‌گیری طبق بند الف تعریف می‌شود.

د- در موارد خاص، حوزه اندازه‌گیری را می‌توان در توافق با مشتری تعریف کرد.

بخش‌های مستقل یک ساختمان را می‌توان جداگانه اندازه‌گیری کرد، به عنوان مثال، در ساختمان‌های آپارتمانی، هر آپارتمان را می‌توان به صورت جداگانه اندازه‌گیری کرد. با این حال، در تفسیر نتایج باید درنظر گرفته شود که نشت هوای اندازه‌گیری شده در این شیوه می‌تواند شامل جریان نشت به قسمت‌های مجاور ساختمان نیز باشد.

یادآوری۱- امکان دارد که یک ساختمان آپارتمانی مطابق با الزامات هوابندی باشد، اما این انطباق یرای یک یا چند آپارتمان منفرد در آن صدق نکند.

یادآوری۲- یک اجرای خوب مستلزم اندازه‌گیری فشار القاء شده در فضاهای مجاور مانند زیر شیروانی و زیرزمین و یا آپارتمان‌های مجاور، از آن جایی که جریان هوا به طرف این فضاها یا از این فضاها می‌تواند توسط روش آزمون ایجاد شده باشد، است.

۵-۱-۳ زمان اندازه‌گیری

اندازه‌گیری می‌تواند تنها پس از تکمیل پوسته ساختمان یا بخشی از ساختمان که مورد آزمون قرار می‌گیرد، انجام شود.

یادآوری- اندازه‌گیری مقدماتی نفوذپذیری هوای پوسته یا بخشی از ساختمان که تحت آزمون قرار می‌گیرد، در حالی که ساختمان در حال ساخت است راحت‌تر اجازه حذف نشت را می‌دهد.

1- Beaufort
2- Air-tightness

۵-۲ آماده‌سازی

۵-۲-۱ روش‌های آماده‌سازی ساختمان

این استاندارد چندین نوع روش آزمون را بر اساس هدف توصیف می‌کند. آماده‌سازی ساختمان به روش آزمون انتخاب شده وابسته است.

الف- روش ۱ آزمون برای ساختمان‌های در حال استفاده است، در آن‌ها دریچه‌های مورد استفاده برای تهویه طبیعی کاملاً بسته و کل دریچه‌های سامانه تهویه مکانیکی یا هواساز به خوبی درزبندی می‌شوند.

ب- روش ۲ آزمون پوسته ساختمان است که در آن تمامی بازشوهای عمدی ساختمان درزبندی می‌گردند و درب‌ها، پنجره‌ها و دریچه‌های دسترسی بسته می‌شوند.

ج- روش ۳ آزمون ساختمان برای یک هدف ویژه می‌باشد. این که چه کاری بر روی بازشوهای عمدی انجام می‌شود، بسته به هدف و مطابق با استاندارد یا سیاست هر کشور است.

یادآوری- انتخاب روش به هدف از آزمون بستگی دارد. به عنوان مثال، روش ۱ می‌تواند در زمینه اتاق‌های تمیز استفاده شود، روش ۲ برای مقایسه تکنیک‌های مختلف ساخت و ساز و روش ۳ برای مطابقت با الزامات هوابندی نسبت به یک نوع استاندارد، یا قوانین و مقررات ساختمان، به منظور محاسبه عملکرد انرژی ساختمان به کار می‌رود.

۵-۲-۲ سامانه‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع هوا و سایر تجهیزات ساختمان

تمام دستگاه‌های گرفتن هوا از خارج یا پس‌زدن هوا به خارج، که برای اعمال فشار مثبت و منفی مطابق با زیربند ۵-۲-۵ استفاده نمی‌شوند، باید خاموش شوند، مانند سامانه‌های گرمایشی با مصرف هوای داخل ساختمان، سامانه‌های تهویه مکانیکی و تهویه مطبوع، هود[1] آشپزخانه، خشک‌کن‌های چرخشی و همانند این‌ها. سیفون‌های آب در سامانه‌های لوله‌کشی بهداشتی باید با آب پر شده و یا درزبندی شوند.

باید خاکستر شومینه‌های باز تمیز شوند.

باید برای اجتناب از خطرات خروج هوای ناشی از سامانه‌های گرمایشی اقداماتی انجام شود. منابع گرمایشی در آپارتمان‌های مجاور را به حساب آورید.

۵-۲-۳ دریچه‌های (بازشوهای) عمدی در پوسته

در جهت انجام روش آزمون ۱:

تمام پنجره‌ها، درب‌ها و دریچه‌های دسترسی موجود در پوسته ساختمان را ببندید.

دریچه‌های تهویه موجود در پوسته جهت تهویه طبیعی باید بسته شوند.

دریچه‌های سامانه تهویه مکانیکی یا تهویه مطبوع در کل ساختمان باید درزبندی شوند، که به عنوان مثال، شامل درزبندی بخش های زیر نیز می باشد:

الف- مجراهای اصلی، بین فن و پوسته ساختمان؛

ب- کلیه دستگاه‌های هوایی مستقل موجود در فضاهای داخلی؛

ج- دریچه‌ها به خارج (ورودی‌ها و خروجی‌های هوا).

1- Hoods

سایر دریچه‌های عمدی در پوسته ساختمان شامل دریچه‌های غیردائمی هوا مورد استفاده در تهویه مکانیکی یا تهویه مطبوع باید بسته شوند.

محافظ‌های آتش و محافظ‌های دود باید در موقعیت طبیعی استفاده خود قرار داشته باشند به عنوان مثال، محافظ‌های آتش و محافظ‌های دودی که به‌طور معمول بسته هستند و به‌طور خودکار در موارد آتش‌سوزی باز می‌شوند، در حال بسته باقی می‌مانند؛ محافظ‌های آتش و محافظ‌های دودی که به‌طور معمول باز هستند و به‌طور خودکار در موارد آتش‌سوزی بسته می‌شوند، باز می‌مانند.

دریچه‌هایی که جهت انجام تهویه طبیعی در پوسته درنظر گرفته نشده‌اند، مثل، صندوق پست نصب‌شده روی درب‌ها و یا دیوارهای خارجی، وسایل احتراقی و همانند این‌ها، باید بسته شود. ترک‌ها در پوسته مستثنی هستند.

هیچ‌گونه اقدامات دیگری برای بهبود هوابندی پوسته ساختمان نباید صورت گیرد.

در جهت انجام روش آزمون ۲:

تمام پنجره‌ها، درب‌ها و دریچه‌های موجود در پوسته ساختمان باید بسته شوند.

دریچه‌های تهویه جهت تهویه طبیعی باید درزبندی شوند. دریچه‌های مورد استفاده برای تهویه مکانیکی یا تهویه مطبوع باید همان‌طور که در روش ۱ مشخص شد، درزبندی شوند.

تمام دریچه‌های عمدی باقی‌مانده در پوسته به جز پنجره‌ها، درب‌ها و دریچه‌هایی که بسته باقی می‌مانند، باید درزبندی شوند.

در جهت انجام روش آزمون ۳:

دریچه‌های عمدی در پوسته باید مطابق با هدف خاص آزمون (برای مثال، برای مطابقت با الزامات هوابندی یک نوع قوانین و مقررات ساختمان یا استاندارد) بسته، درزبندی یا باز شوند.

دریچه‌های که عمدی و جهت انجام تهویه در پوسته درنظر گرفته نشده‌اند باید مطابق با هدف خاص آزمون بسته، درزبندی یا باز شوند.

برای همه روش‌ها:

مشاهدات کلی از شرایط ساختمان داشته باشید. موقعیت پنجره‌ها، درب‌ها، جدارهای مات[1]، سقف و کف، موقعیت دریچه‌های قابل تنظیم و هر درزبندی اعمال‌شده بر دریچه‌های عمدی را یادداشت کنید.

۵-۲-۴ حوزه اندازه‌گیری دریچه‌های داخلی

کل ساختمان یا بخشی از ساختمان که تحت آزمون قرار داده می‌شود باید در وضعیتی قرار گیرد که به اعمال فشار همانند یک منطقه منفرد پاسخ دهد.

تمام دریچه‌های اتصال داخلی (درب، دریچه دسترسی و همانند این‌ها) موجود در بخشی از ساختمان که تحت آزمون قرار می‌گیرد، باید باز باشند.

به دلایل اجرایی و ایمنی، بستن برخی درب‌ها، به عنوان مثال، درب دسترسی به آسانسور یا اتاقک‌های ولتاژ بالا، مجاز است.

1- Opaque walls

جدول۱- شرایط دریچه‌ها در اندازه‌گیری

	روش ۱	روش ۲	روش ۳
رده‌بندی دریچه‌های ساختمان‌ها	**ساختمان در حال استفاده**	**پوسته ساختمان**	**اهداف خاص**
دریچه‌های تهویه جهت انجام تهویه طبیعی	بسته شود	درزبندی شود	همان‌طور که مشخص شده، بسته، درزبندی یا بازشود
دریچه‌ها برای تهویه مکانیکی یا تهویه مطبوع کل ساختمان	درزبندی شود	درزبندی شود	همان‌طور که مشخص شده، بسته، درزبندی یا بازشود
دریچه‌ها برای تهویه مکانیکی یا تهویه مطبوع (فقط استفاده غیردائمی)	بسته شود	درزبندی شود	همان‌طور که مشخص شده، بسته، درزبندی یا بازشود
پنجره‌ها، درب‌ها و دریچه‌های دسترسی در پوسته	بسته شود	بسته شود	همان‌طور که مشخص شده، بسته، درزبندی یا بازشود
دریچه‌هایی که برای تهویه درنظر گرفته نشده‌اند	بسته شود	درزبندی شود	همان‌طور که مشخص شده، بسته، درزبندی یا بازشود

۵-۲-۵ تجهیزات ایجاد جریان هوا

تجهیزات ایجاد جریان هوا را به پوسته ساختمان، از طریق یک پنجره، درب یا دریچه هوا متصل کنید. جهت حذف هرگونه نشتی هوا، از هوابندی درزهای بین تجهیزات و ساختمان اطمینان حاصل کنید.

اگر سامانه گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، به‌عنوان وسایل ایجاد جریان هوا استفاده می‌شوند، ترتیب قرارگرفتن پروانه‌ها[1] و دمپرها[2] (وسایل تنظیم‌کننده جریان هوا) را طوری قرار دهید که به سامانه اجازه دهد تا ساختمان را به نحوی تحت اعمال فشار مثبت و منفی قرار دهد تا کل دبی جریان هوای ورودی و خروجی را بتوان اندازه‌گیری کرد (به بند الف-۴ مراجعه کنید).

یادآوری- هنگام انتخاب موقعیت وسایل ایجاد جریان هوا به دقت عمل کنید. ممکن است که درب، پنجره یا دریچه هوای انتخاب شده، محل اصلی نشت هوای ساختمان باشد و به علت حضور وجود وسایل ایجاد جریان هوا از اندازه‌گیری حذف شوند.

۶-۲-۵ وسایل اندازه‌گیری فشار

اختلاف فشار بین داخل/خارج به‌طور معمول در سطح پایین‌ترین طبقه پوسته درنظر گرفته شده، اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری- در ساختمان‌های بلند، بهتر است اندازه‌گیری اختلاف فشار در سطح، بالاترین طبقه پوسته درنظر گرفته شده نیز بررسی شود.

مطمئن شوید که فشارسنج داخلی و خارجی تحت‌تأثیر تجهیزات ایجاد جریان هوا قرار نگرفته باشند. فشارسنج بیرونی باید از اثرات فشار پویا محافظت شوند، مثل اتصال یک لوله Tشکل یا اتصال آن به یک جعبه سوراخ شده. به‌ویژه در شرایط بادی، قرار دادن فشارسنج بیرونی با مقداری فاصله از ساختمان روش خوبی است، اما نباید به موانع دیگری نزدیک باشد.

برای اندازه‌گیری فشار، لوله‌ها نباید در معرض اختلاف زیاد دمایی (برای مثال در اثر تابش مستقیم نور خورشید)قرار گیرد.

1- Fans
2- Dampers

۵-۳ مراحل روش

۵-۳-۱ بازرسی اولیه

همیشه کل پوسته ساختمان را تحت یک اختلاف فشار بسیار نزدیک به بالاترین اختلاف فشار مورد استفاده در هنگام آزمون، جهت شناسایی نشت‌های مهم و نواقص درزبندی و هم‌چنین پرکردن موقتی دریچه‌ها، بازرسی کنید. اگر چنین نشت‌هایی شناسایی شد، جزئیات را یادداشت کنید.

هرگونه درزبندی موقتی از بین رفته یا ناقص، مثل اجزاء سامانه‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع، باید در این زمان ثابت شود.

۵-۳-۱ شرایط باد و دما

برای اصلاح اندازه‌گیری دبی هوا با چگالی، دمای داخل و خارج از ساختمان را قبل، در هنگام یا بعد از آزمون خوانش کنید.

سرعت یا نیروی باد را ثبت کنید. تعیین نیروی باد توسط ارزیابی چشمی درختان، آب، و همانند این‌ها، از نظر مقیاس بیوفورت (به جدول ت-۱ مراجعه کنید) کافی است.

۵-۳-۲ اختلاف فشار در دبی صفر

مدار گردش کوتاه در دستگاه اندازه‌گیری فشار و خوانش صفر را در شروع آزمون بازرسی یا تنظیم کنید.

به‌طور موقت دریچه وسایل ایجاد جریان هوا را بپوشانید و دستگاه اندازه‌گیری فشار را جهت اندازه‌گیری اختلاف فشار داخل و خارج متصل کنید. مقادیر اختلاف فشار در دبی صفر را در یک دوره حداقل ۳۰ ثانیه (حداقل ۱۰ مقدار) ثبت و محاسبه کنید:

- میانگین مقادیر مثبت اختلاف فشار در دبی صفر، Δp_{01+}؛
- میانگین مقادیر منفی اختلاف فشار در دبی صفر، Δp_{01-}؛
- میانگین همه مقادیر اختلاف فشار در دبی صفر، Δp_{01}.

این فرآیند را در پایان آزمون تکرار کنید (برای به دست آوردن Δp_{02+}، Δp_{02-} و Δp_{02}).

اگر مقدار مطلق Δp_{01+}، Δp_{01-}، یا Δp_{02+}، Δp_{02-} بالاتر از ۵Pa شود، باید اعلام شود آزمون معتبر نیست. اگر یک گزارش آزمون برای چنین آزمونی تهیه می‌شود، این عدم تطابق در مطابقت با الزامات شرایط آزمون باید در گزارش آزمون درج شود.

یادآوری- مقدار فشار مرجع (صفر) در خارج است.

۵-۳-۴ توالی اختلاف فشار

وسایل ایجاد جریان هوا را بدون پوشاندن روشن کنید.

آزمون با اندازه‌گیری دبی هوا و اختلاف فشار داخل- خارج در بازه‌های با اختلاف فشارهای اعمال‌شده به‌صورت پله‌ای ، با بیشینه ۱۰Pa در هر مرحله، انجام می‌شود. برای هر آزمون، باید حداقل پنج نقطه داده با فاصله تقریباً برابر بین پایین‌ترین و بالاترین اختلاف فشار باید تعریف شود. کمترین اختلاف فشار باید به صورت تقریبی (به عنوان مثال با حد مجاز ۳Pa±) ۱۰Pa یا پنج برابر مقدار اختلاف فشار در دبی صفر (Δp_{01})، هرکدام که بیشتر است، باشد.

بالاترین اختلاف فشار باید حداقل ۵۰Pa باشد، اما توصیه می‌شود که خوانش‌ها در اختلاف فشار تا ۱۰۰Pa برای بهترین دقت نتایج محاسبه شده انجام شود.

با این حال، به دلیل اندازه بزرگ بسیاری از ساختمان‌های غیرمسکونی و محدودیت‌های کاربردی در ظرفیت تجهیزات قابل‌حمل ایجاد جریان هوا، انجام آزمون با اختلاف فشار ۵۰Pa در این شرایط غیرعملی است. در این موارد، هم وسایل ایجاد جریان مکمل یا وسایل ایجاد جریان هوا با ظرفیت بالاتر باید به کار روند (برای افزایش ظرفیت کل) و/ یا آزمون می‌تواند تا بالاترین اختلاف فشاری که می‌توان در وسایل ایجاد جریان موجود به آن رسید، انجام شود. در چنین مواردی، آزمون معتبر نخواهد بود، مگر این که بتوان اختلاف فشار حداقل ۲۵Pa را تأمین کرد. در جایی که در آن بالاترین اختلاف فشار بین ۲۵Pa تا ۵۰Pa است، این موضوع باید به وضوح در گزارش آزمون، با اعلام این که الزامات این استاندارد به‌طور کامل رعایت نشده است، ثبت شود و دلایل آن توضیح داده شود. یک راه‌حل جایگزین برای اندازه‌گیری در ساختمان‌های بزرگ، تقسیم آن‌ها به بخش‌های متعدد کوچک است.

توصیه می‌شود که دوسری اندازه‌گیری، برای حالت اعمال فشار مثبت و برای حالت اعمال فشار منفی، انجام شود. با این حال، حتی اگر فقط یک سری اندازه‌گیری، هم برای حالت فشار مثبت و هم برای حالت فشار منفی انجام شود، مطابقت با الزامات این استاندارد کماکان تأمین‌شده تلقی می‌گردد.

یادآوری۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری داده‌ها در اختلاف فشارهای بالاتر، در مقایسه با نتایج به‌دست آمده در اختلاف فشارهای پایین‌تر، بسیار دقیق‌تر است. بنابراین، مهم است که مراقبت‌های ویژه‌ای، در هنگام انجام اندازه‌گیری‌ها در اختلاف فشارهای پایین اعمال شود.

یادآوری۲- توصیه می‌شود بازرسی شود که شرایط پوسته ساختمان در طول هر آزمون تغییر نکرده باشد. به عنوان مثال، وضعیت درزگیری دریچه درزبندی شده، تغییر نکرده باشد یا درب‌ها، پنجره‌ها یا دمپرها، در اثر فشار اعمال شده، باز نشده باشند.

۶ بیان نتایج

۶-۱ مقادیر مرجع

بسته به هدف آزمون، ممکن است برای انطباق با قوانین، مقررات ساختمان یا استاندارد خاصی، مقادیر مرجع مکمل استفاده شوند. برای مثال، مساحت دیوارها و سقف پوسته یا مساحت بخشی از پوسته که از طریق آن انتقال حرارت صورت می‌گیرد، برای تعیین عملکرد انرژی ساختمان، می‌تواند ملاک عمل قرار گیرد.

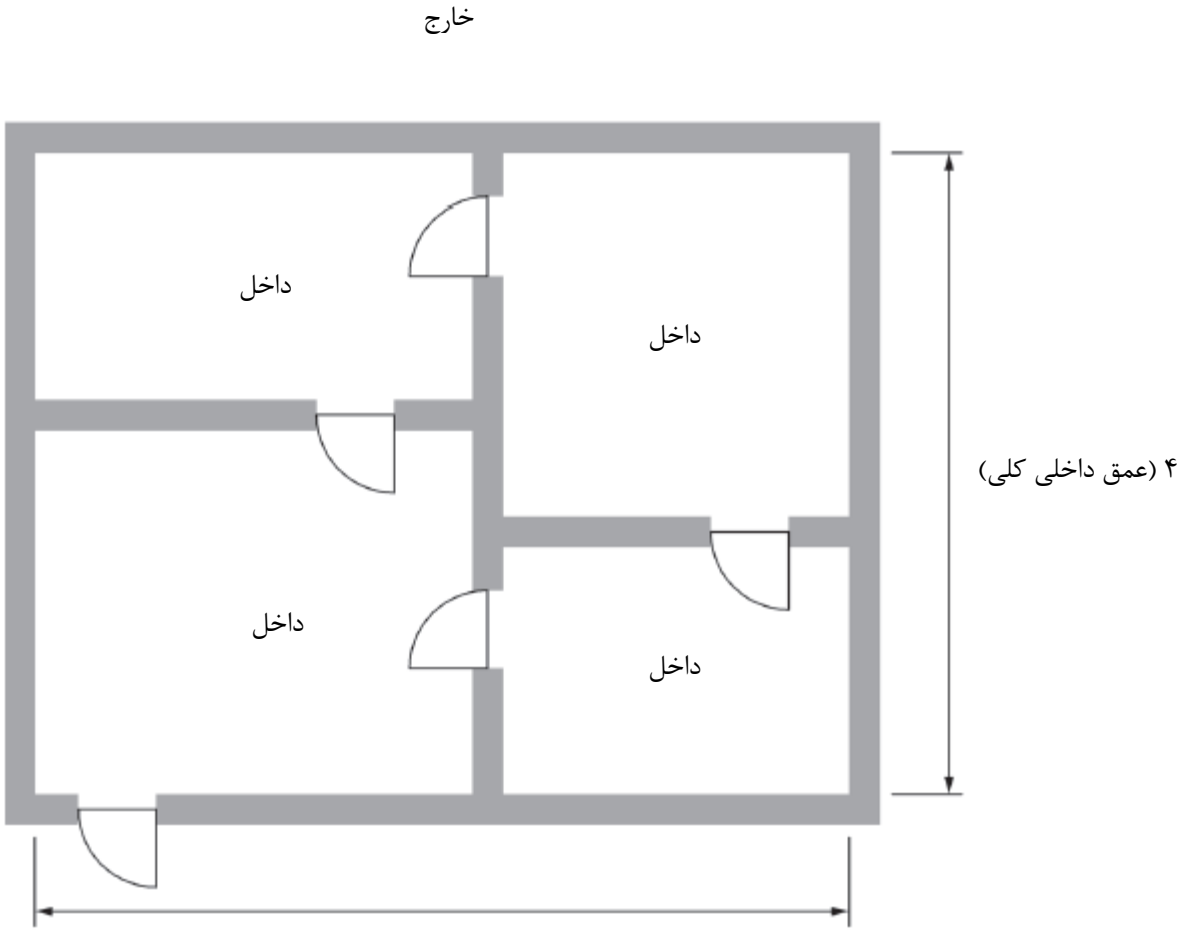
اگر چنین مقادیری استفاده شود، موارد باید در گزارش تعریف شوند.

۶-۱-۱ حجم داخلی

حجم داخلی(V)، حجم داخل ساختمان یا حجم بخش اندازه‌گیری شده ساختمان است.

ابعاد داخلی کلی باید برای محاسبه این حجم مورد استفاده قرار گیرند (به شکل ۱ مراجعه کنید). نباید حجم دیوارها یا کف‌های داخلی از آن کم شود. نباید حجم منافذ موجود در پوسته ساختمان از آن کم شود.

حجم مبلمان نباید کم شود.



شکل۱- ابعاد داخلی کلی در یک نقشه

۶-۱-۲ مساحت پوسته

مساحت پوسته، (A_E)، ساختمان یا بخش اندازه‌گیری شده ساختمان، مساحت کل کف‌ها، دیوارها و سقف‌ها، هم‌مرز با حجم داخلی است. این مساحت شامل دیوارها و کف‌هایی که پایین‌تر از سطح تراز زمین قرار دارند نیز هست.

ابعاد داخلی کلی باید برای محاسبه این مساحت مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال، مساحت کف می‌تواند از ضرب کردن عرض ۲ در طول ۴ محاسبه شود. نباید مساحت در محل اتصال دیوارهای داخلی، کف‌ها و سقف‌ها با دیوارها، کف‌ها و سقف‌های خارجی از آن کم شود (به شکل ۱ مراجعه کنید).

یادآوری- در متن این استاندارد، مساحت پوسته یک ردیف خانه شامل دیوار(های) جداکننده است. مساحت پوسته یک آپارتمان در یک ساختمان چندطبقه شامل کف‌ها، دیوارها و سقف‌های مشرف به آپارتمان مجاور است.

۶-۱-۳ مساحت خالص کف

مساحت خالص کف، (A_F)، مساحت کل تمام طبقات متعلق به ساختمان و یا بخش اندازه‌گیری‌شده ساختمان است، که با توجه به مقررات ملی ساختمان، محاسبه می‌شود.

۲-۶ محاسبه دبی نشت هوا

تفریق میانگین اختلاف فشار در دبی صفر (متعادل کردن[1]) از هرکدام از اختلاف فشارهای اندازه‌گیری شده (Δp_m)، برای به‌دست آوردن اختلاف فشارهای القاء شده (Δp)، با استفاده از فرمول (۱) است.

توجه کنید که علامت تفریق یا جمع باید مشخص شود.

$$\Delta p = \Delta pm - \frac{\Delta p_{0.1} + \Delta p_{0.2}}{2} \qquad (۱)$$

ابتدا، خوانش‌های (q_r) سامانه اندازه‌گیری دبی را به دبی‌های اندازه‌گیری شده (q_m)، در دما و فشار دستگاه اندازه‌گیری جریان، مطابق با ویژگی‌های تولیدکننده، تبدیل کنید:

$$q_m = f\ (q_r) \qquad (۲)$$

سپس، دبی (q_m) را به دبی هوای گذرنده از پوسته ساختمان (q_{env}) برای حالت اعمال فشار منفی با استفاده از فرمول (۳) تبدیل کنید:

$$q_{env} = q_m \left(\frac{\rho_{int}}{\rho_e}\right) \approx q_m \left(\frac{T_e}{T_{int}}\right) \qquad (۳)$$

که در آن:

ρ_{int} چگالی هوای داخلی، برحسب kg/m^3؛

ρ_e چگالی هوای خارجی، برحسب kg/m^3؛

T_{int} دمای مطلق هوای داخلی، برحسب K؛

T_e دمای مطلق هوای خارجی، برحسب K.

دبی هوای اندازه‌گیری شده (q_m) را به دبی هوای گذرنده از پوسته ساختمان (q_{env}) برای حالت اعمال فشار مثبت توسط فرمول (۴) تبدیل کنید:

$$q_{env} = q_m \left(\frac{\rho_e}{\rho_{int}}\right) \approx q_m \left(\frac{T_{int}}{T_e}\right) \qquad (۴)$$

دبی گذرنده از پوسته ساختمان را نسبت به اختلاف فشارهای متناظر آن بر روی یک کاغذ لگاریتمی رسم کنید تا نمودار نشت هوا برای هر دو حالت اعمال فشار مثبت و اعمال فشار منفی تکمیل شود (به شکل ۲ مراجعه کنید).

داده‌های تبدیل شده باید برای تعیین ضریب جریان هوا (C_{env}) و توان در رابطه جریان هوا(n) ، مطابق با فرمول (۵) و با استفاده از روش حداقل مربعات استفاده شوند:

$$q_{env} = C_{env}\ (\Delta p)^n \qquad (۵)$$

که در آن:

n توان در رابطه جریان هوا ؛

Δp اختلاف فشار القاء شده، برحسب Pa؛

q_{env} دبی هوا گذرنده از پوسته ساختمان، برحسب m^3/h است.

1- Offset

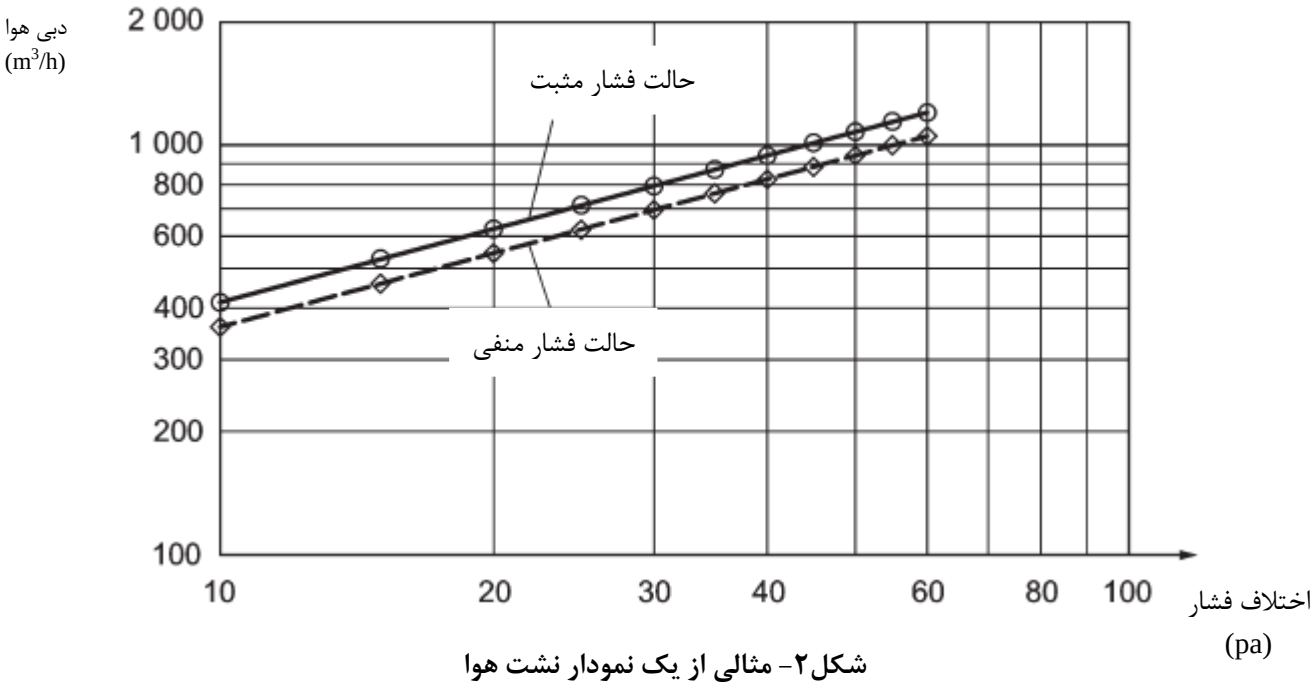
برای تعیین رگرسیون فرمول (۵)، شایسته است فواصل اطمینان ضریب جریان هوا (C_{env}) و توان در رابطه جریان هوا(n) محاسبه شوند.

یادآوری- C_{env} و n را می‌توان با استفاده از روش ذکر شده در پیوست پ محاسبه کرد.

هم‌چنین، ضریب تعیین r^2 (در نمودار لگاریتمی) باید محاسبه شود.

C_{env}، n و r^2 باید به‌طور جداگانه برای حالت اعمال فشار مثبت و اعمال فشار منفی محاسبه شوند.

برای این که نتایج آزمون از نظر این استاندارد معتبر باشند، باید مقدار n در محدوده ۰٫۵ تا ۱ و r^2 نباید کمتر از ۰٫۹۸ باشد.



شکل۲- مثالی از یک نمودار نشت هوا

ضریب نشت هوا (C_L) با تصحیح ضریب جریان هوا (C_{env}) ،در شرایط استاندارد [۲۰°C و $۱۰^۵$ Pa× ۱٫۰۱۳]، با استفاده از فرمول (۶) برای حالت فشار منفی و فرمول (۷) برای حالت فشار مثبت به دست آمده است:

$$C_L = C_{env}\left(\frac{\rho_s}{\rho_0}\right)^{1-n} \approx C_{env}\left(\frac{T_0}{T_s}\right)^{1-n} \qquad (۶)$$

که در آن:

ρ_0 چگالی هوا در شرایط استاندارد، بر حسب kg/m^3؛

T_0 دمای مطلق هوا در شرایط استاندارد، بر حسب K است.

$$C_L = C_{env}\left(\frac{\rho_{int}}{\rho_0}\right)^{1-n} \approx C_{env}\left(\frac{T_0}{T_{int}}\right)^{1-n} \qquad (۷)$$

پیوست ب شامل جداول مناسب و فرمول برای دما، فشار هوا و رطوبت نسبی بر اساس ρ، است. به‌طور کلی، اثر فشار هوا قابل چشم‌پوشی است، ولی در صورت تمایل به در نظر گرفتن تأثیر آن، از فشار هوای اصلاح

نشده اندازه‌گیری شده در محل یا فشار هوا مطابق با ارتفاع از سطح دریا استفاده می‌شود. رطوبت نسبی را می‌توان بر روی ۰٪ (هوای خشک) تنظیم کرد.

دبی نشت هوا (q_{pr}) در اختلاف فشار مرجع (Δpr) بر حسب m^3/h ، با استفاده از فرمول (۸) تعیین شده است:

$$q_{pr} = C_L \, (\Delta p_r)^n \qquad (۸)$$

فشار مرجع برای دبی نشت هوا به‌طور معمول برابر با ۵۰Pa است.

همانند: $q_{50} = C_L \, (50Pa)^n$

۶-۳ کمیت‌های مشتق

۶-۳-۱ کلیات

کمیت‌های مشتق برای محاسبه مقدار میانگین دبی نشت، در فشار مرجع برای آزمون در حالت‌های اعمال فشار مثبت و اعمال فشار منفی محاسبه می‌شوند. با این حال، در صورتی که آزمون فقط برای یک حالت انجام شود، دبی نشت در دسترس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۳-۲ نرخ تعویض هوا در اختلاف فشار مرجع

نرخ تعویض هوا (n_{pr}) در اختلاف فشار مرجع از تقسیم دبی نشت هوا در همان اختلاف فشار مرجع، بر حجم داخلی طبق زیربند ۶-۱-۱ با استفاده از فرمول (۹) محاسبه می‌شود:

$$n_{pr} = \frac{q_{pr}}{V} \qquad (۹)$$

فشار مرجع برای این کمیت مشتق به‌طور معمول برابر با ۵۰Pa است.

مثال - $n_{50} = \frac{q_{50}}{V}$

۶-۳-۳ دبی نشت ویژه (پوسته)

دبی نشت ویژه پوسته (q_{Epr}) در اختلاف فشار مرجع، از تقسیم دبی نشت هوا در همان اختلاف فشار مرجع بر مساحت پوسته طبق زیربند ۶-۱-۲، با استفاده از فرمول (۱۰) محاسبه می‌شود:

$$q_{Epr} = \frac{q_{pr}}{A_E} \qquad (۱۰)$$

فشار مرجع برای این کمیت مشتق به‌طور معمول برابر با ۵۰Pa است.

مثال - $q_{E50} = \frac{q_{50}}{A_E}$

۶-۳-۴ دبی نشت ویژه (کف)

دبی نشت ویژه کف (q_{Fpr}) در اختلاف فشار مرجع، از تقسیم دبی نشت هوا در همان اختلاف فشار مرجع بر مساحت کف، طبق زیربند ۶-۱-۳، با استفاده از فرمول (۱۱) محاسبه می‌شود:

$$q_{Fpr} = \frac{q_{pr}}{A_F} \qquad (۱۱)$$

فشار مرجع برای برای این کمیت مشتق به‌طور معمول برابر با ۵۰Pa است.

مثال - $q_{F50} = \frac{q_{50}}{A_F}$

۶-۳-۵ مساحت نشت مؤثر

مساحت نشت مؤثر (ELA_{pr}) در اختلاف فشار مرجع (Δp_r) با استفاده از فرمول ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$ELA_{pr} = \frac{1}{3600}\ C_L \left(\frac{\rho 0}{2}\right)^{0.5} (\Delta p_r)^{n-0.5} \qquad (۱۲)$$

فشار مرجع برای این کمیت مشتق به‌طور معمول برابر با ۱۰Pa است.

۶-۳-۶ مساحت نشت موثر ویژه پوسته

مساحت نشت مؤثر ویژه پوسته(ELA_{Epr}) از تقسیم مساحت نشت در اختلاف فشار مرجع، بر مساحت پوسته طبق بند ۶-۱-۲ با استفاده از فرمول (۱۳) محاسبه می‌شود:

$$ELA_{Epr} = \frac{ELA_{pr}}{A_E} \qquad (۱۳)$$

فشار مرجع برای این کمیت مشتق به‌طور معمول برابر با ۱۰Pa است.

مثال- $ELA_{E10} = \frac{ELA_{10}}{A_E}$

۶-۳-۶ مساحت نشت مؤثر ویژه کف

مساحت نشت مؤثر ویژه کف (ELA_{Fpr}) از تقسیم مساحت نشت در اختلاف فشار مرجع، بر مساحت کف طبق بند ۶-۱-۳ با استفاده از فرمول (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$ELA_{Fpr} = \frac{ELA_{pr}}{A_F} \qquad (۱۴)$$

فشار مرجع برای این کمیت مشتق به‌طور معمول برابر با ۱۰Pa است.

مثال- $ELA_{F10} = \frac{ELA_{10}}{A_F}$

۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

۷-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۷-۲ تمام جزئیات لازم برای شناسایی ساختمان مورد آزمون: آدرس پستی (از جمله شماره پلاک آپارتمان در صورت وجود) و برآورد تاریخ اتمام عملیات ساخت؛

۷-۳ روش آزمون (۱، ۲ یا ۳) و شیوه آزمون (فشار مثبت، فشار منفی یا هر دو)؛

۷-۴ موضوع آزمون؛

۷-۴-۱ توصیف بخش‌هایی از ساختمان که مورد آزمون قرار گرفته‌اند؛

۷-۴-۲ حجم داخلی حوزه‌ای که مورد آزمون قرار گرفته است؛

۷-۴-۳ اسناد محاسبات، به طوری که نتایج قابل بررسی باشند؛

۷-۴-۴ وضعیت تمامی دریچه‌های موجود در پوسته ساختمان: بسته، درزبندی شده، باز و همانند این‌ها؛

۷-۴-۵ توصیف دریچه‌های درزبندی‌شده به‌صورت موقت با جزئیات (شامل وسایل) در صورت وجود؛

۷-۴-۶ وضعیت درزبندی دریچه‌های تهویه مکانیکی، در صورت وجود؛

۷-۴-۷ نوع سامانه گرمایشی، تهویه و تهویه مطبوع؛

۷-۵ دستگاه‌ها، مراحل و روش های به کار گرفته شده؛

۷-۶ داده‌های آزمون؛

۷-۶-۱ اختلاف فشار در دبی صفر $\Delta p_{0.1+}$، $\Delta p_{0.1-}$، $\Delta p_{0.2+}$، $\Delta p_{0.2-}$، $\Delta p_{0.1}$ و $\Delta p_{0.2}$ برای آزمون در حالت فشار مثبت و فشار منفی؛

۷-۶-۲ دمای داخل و خارج؛

۷-۶-۳ سرعت باد، فشار هوا (در صورتی که در بخشی از محاسبات مورد استفاده قرار گرفته است)؛

۷-۶-۴ جدول اختلاف فشارهای القاشده و دبی‌های متناظر آن‌ها؛

۷-۶-۵ نمودار نشت هوا (برای مثال به شکل ۲ مراجعه کنید)؛

۷-۶-۶ ضریب جریان هوا (C_V) **توان در رابطه جریان هوا** (n) و ضریب نشت هوا (C_L) برای هر دو آزمون فشار مثبت و فشار منفی؛

۷-۷ تاریخ انجام آزمون.

۸ عدم قطعیت

۸-۱ کلیات

عدم قطعیت کلی یک آزمون برای حالت فشار مثبت به عوامل بسیاری وابسته است. برای هر کمیت مشتق شده، یک تخمین برای بازه اطمینان، باید در تجزیه و تحلیل داده‌ها گنجانده شود.

یادآوری- در پیوست پ یک روش ساده را برای تخمین عدم قطعیت مقادیر مشتق شده C و n توصیف می‌کند. این عدم قطعیت، عدم دقت در اندازه‌گیری نیست.

۸-۲ مقادیر مرجع

دقت مقادیر مرجع را می‌توان به کمک محاسبه انتشار خطا تخمین زد.

یادآوری- به‌طور معمول، عدم قطعیت بین ٪۳ تا ٪۱۰ است.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

توصیف تجهیزات برای تحت فشار قراردادن ساختمان‌ها

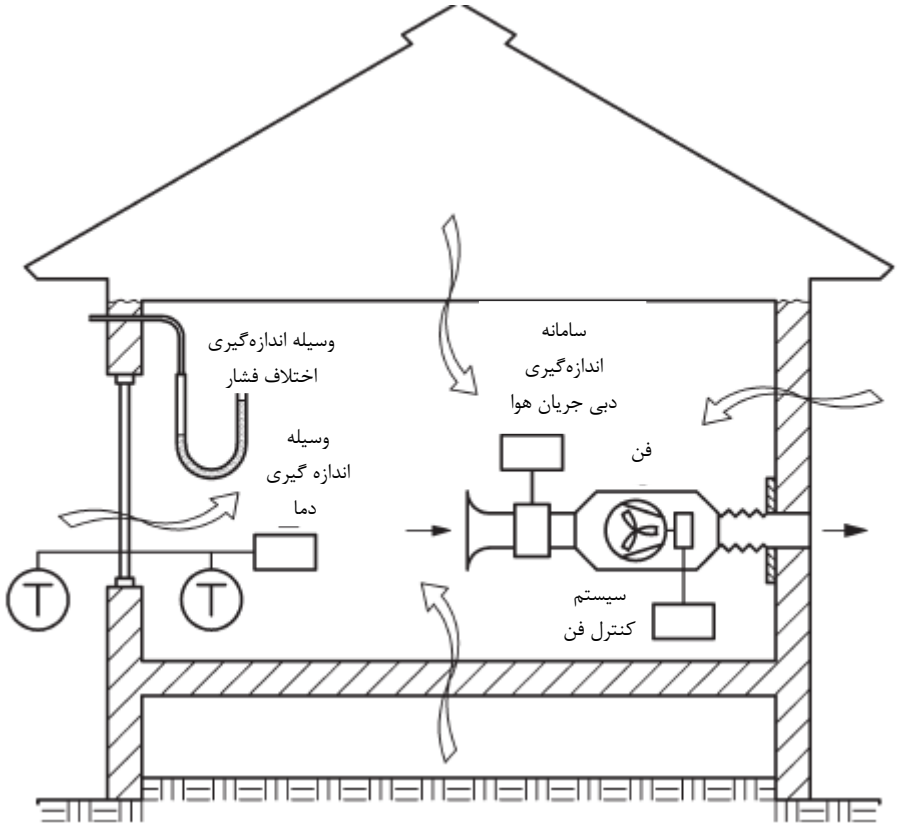
الف-۱ کلیات

راه‌های مختلفی برای اعمال یک فشار منفی یا مثبت در پوسته ساختمان وجود دارد. متداول‌ترین آن‌ها در بند الف-۲ تا الف-۴ توصیف شده است.

الف-۲ سامانه فن و مجرا

یک مجموعه، شامل یک فن، یک مجرا و یک دبی‌سنج هوا، به ساختمان متصل می‌شوند (به شکل الف-۱ مراجعه کنید).

اندازه مجرای هوا و ظرفیت فن باید با هم مطابقت داده شوند، به‌طوری که دبی جریان خطی در مجرای هوا در محدوده اندازه‌گیری دبی‌سنج هوا قرار گیرد.



شکل الف۱- طرح تصویری تجهیزات برای آزمون کل ساختمان

الف-۳ درب دمنده

مجموعه درب دمنده یک دستگاه است که برای انجام اندازه‌گیری نفوذپذیری پوسته ساختمان استفاده می‌شود. مجموعه شامل یک درب یا پنجره است که قابلیت تنظیم و هم‌اندازه شدن با بازشوهای درب و یا پنجره ساختمان را دارد و یک فن یا دمنده بر روی آن سوار می‌شود. فن یا دمنده باید دارای یک موتور با دبی قابل‌تغییر برای سازگار شدن با محدوده دبی‌های مورد نیاز باشد.

الف-۴ فن‌های سامانه گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان

برای تعیین نفوذپذیری هوا در ساختمان‌های بزرگ، امکان استفاده از فن سامانه تهویه ساختمان برای اعمال فشار مثبت و فشار منفی در ساختمان وجود دارد. یک بازرسی اولیه محل جهت تخمین تعداد فن دمنده (یا مکنده)، عملکرد احتمالی دبی هوا، امکان عملکرد فن‌ها با ٪۱۰۰ هوای خارج یا ٪۱۰۰ هوای مکش‌شده و راه‌های قابل‌دسترس برای کنترل دبی دمیده شده (و یا مکش‌شده) (به عنوان مثال تنظیم دریچه دمپرها و یا تنظیم سرعت فن)، توصیه می‌شود. سامانه مجرا نیز می‌تواند بررسی شود و مکان‌های مناسب برای اندازه‌گیری دبی هوا انتخاب شوند.

از آنجا که در اکثر موارد، تأمین شرایط و معیارهای پذیرفته شده برای اندازه‌گیری دبی هوا در مجاری یک سامانه در گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع موجود، دشوار است، تعیین دبی ($q_{env,s}$) می‌تواند با استفاده از تزریق مداوم گاز ردیاب به داخل جریان هوای ورودی به ساختمان انجام شود. دبی هوا ($q_{env,s}$) بر حسب m^3/s، (به شکل الف۱ مراجعه کنید) با استفاده از فرمول (الف-۱) تعیین می‌شود.

$$q_{env,s} = \frac{q}{W_B} \qquad \text{(الف-۱)}$$

که در آن:

q دبی گاز ردیاب تزریق‌شده، بر حسب m^3/s؛

W_B غلظت گاز ردیاب، بر حسب m^3/m^3 است.

در جایی که دمپرها و/یا دبی فن‌ها به‌طور معمول خودکار کنترل می‌شوند (به عنوان مثال توسط سامانه مدیریت انرژی ساختمان)، توجه ویژه لازم است تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها در جایی که برای آزمون نیاز است، می‌توانند به‌طور مستقل عمل کنند. برخی دریچه‌های داخلی یا بازشوهای سامانه‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع نیز ممکن است به منظور انجام آزمون درزبندی شوند.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

وابستگی چگالی هوا به دما، نقطه شبنم و فشار هوا

چگالی هوا (ρ) برحسب kg/m^3 را می‌توان در یک دمای (θ) برحسب °C، فشار هوا (p_{bar}) بر حسب Pa و رطوبت نسبی (φ) بر حسب ٪ با فرمول ب-۱ به دست آورد:

$$\rho = \frac{p_{bar} - 0.37802 p_v}{287.055\ (\theta + 273.15)} \qquad \text{(ب-۱)}$$

که در آن:

p_v فشار جزیی بخار آب در هوا که توسط فرمول ب-۲ محاسبه شده است؛

$$p_v = \varphi\ p_{vs} \qquad \text{(ب-۲)}$$

که در آن:

p_{vs} فشار اشباع بخار آب در دمای θ به دست امده از فرمول ب-۳ است.

$$p_{vs} = exp\left[59.484085 - \frac{6790.44985}{\theta + 273.15} - 5.02802 \ln(\theta + 273.15)\right] \qquad \text{(ب-۳)}$$

برای ابزاری که قادر به اندازه‌گیری رطوبت نسبی است، دقت ٪۵± لازم خواهد بود؛ مقدار رطوبت نسبی هوای خارج برای آزمون اعمال فشار مثبت و هوای داخل برای آزمون اعمال فشار منفی اندازه‌گیری می‌شود.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

روش توصیه‌شده برای برآورد عدم قطعیت کمیت‌های به‌دست آمده

این استاندارد حاوی کمیت‌های مشتق زیادی است که اغلب برای مشخص‌کردن نفوذپذیری هوای ساختمان یا بخشی از ساختمان، که تحت آزمون قرار گرفته‌است، استفاده می‌شوند. روشی که در زیر آمده‌است، توصیه می‌شود: تمام کمیت‌های مشتق به مقدار تخمین زده‌شده برای ضریب نشت هوا (C) و توان در رابطه جریان هوا (n) در فرمول (۵) تا فرمول (۷) وابسته هستند. برای تعیین C و n، باید در هرخوانش یک تبدیل لگاریتمی برای متغییرهای q و Δp انجام شود.

$$x_i = \ln(\Delta p_i)$$

$$y_i = \ln(q_i) \quad \text{برای } i = 1.....N$$

که در آن N تعداد کل خوانش‌های آزمون است. سپس فرمول (۵) به فرمول (پ-۱) تبدیل می‌شود.

$$y = \ln(C) + nx \qquad \text{(پ-۱)}$$

کمیت‌های زیر را محاسبه کنید:

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \qquad \text{(پ-۲)}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i \qquad \text{(پ-۳)}$$

$$s^2{}_x = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2 \qquad \text{(پ-۴)}$$

$$s^2{}_y = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2 \qquad \text{(پ-۵)}$$

$$s_{xy} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \qquad \text{(پ-۶)}$$

سپس بهترین تخمین برای n، ln (C) و C توسط فرمول (پ-۷) تا (پ-۹) به دست می‌آیند:

$$n = \frac{s_{xy}}{s^2{}_x} \qquad \text{(پ-۷)}$$

$$\ln(C) = \bar{y} - n\,\bar{x} \qquad \text{(پ-۸)}$$

$$C = exp^{(\bar{y} - n\,\bar{x})} \qquad \text{(پ-۹)}$$

تخمین بازه اطمینان C و n می‌تواند به شرح زیر تعیین شود.

انحراف معیار n توسط فرمول (پ-۱۰) به دست می‌آید:

$$s_n = \frac{1}{s_x}\left(\frac{s^2{}_y - n\, s_{xy}}{N-2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(پ-۱۰)}$$

تخمین انحراف معیار ln(C) توسط فرمول (پ-۱۱) به دست می‌آید:

$$s_{\ln(C)} = s_n \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} x^2{}_i}{N}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(پ-۱۱)}$$

اگر T(P,N) حد بازه اطمینان دوطرفه توزیع تی- استیودنت[1] برای یک احتمال P روی N واقعه باشد، پس نصف طول بازه‌های اطمینان در این احتمال برای ln(C) و n به ترتیب با فرمول (پ-۱۲) و (پ-۱۳) داده شده است:

$$I_{\ln(C)} = s_{\ln(C)}\, T\,(P, N-2) \qquad \text{(پ-۱۲)}$$

$$I_n = s_n\, T\,(P, N-2) \qquad \text{(پ-۱۳)}$$

مقادیر حد بازه اطمینان دوطرفه T(P,N) برای یک توزیع تی- استیودنت در جدول پ۱ داده شده است.

این به این معنی است که یک احتمال (P) وجود دارد برای این که توان در رابطه جریان هوا (n) در بازه اطمینان ($n-I_n, n+I_n$) قرار بگیرد و این که ضریب نشت هوا (C) در بازه اطمینان نرمال داده شده توسط فرمول (پ-۱۴) قرار بگیرد:

$$\{C\ epx\,[-I_{\ln(C)}], C epx\,[I_{\ln(C)}]\} \qquad \text{(پ-۱۴)}$$

برآورد انحراف معیار در اطراف خط رگرسیون [فرمول (پ-۱)] برای مقدار x با فرمول (پ-۱۵) داده شده است:

$$s_y(x) = s_n \left\{\frac{N-1}{N} s_x{}^2 + (x - \bar{x})^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(پ-۱۵)}$$

نیمی از طول بازه اطمینان در برآورد y با استفاده از فرمول (پ-۱) در هر مقدار x با استفاده از فرمول (پ-۱۶) داده شده است:

$$I_y(x) = s_y\,(x) T(P, N-2) = I_y\,(\ln \Delta p) \qquad \text{(پ-۱۶)}$$

بنابراین، دبی هوا (q) پیش‌بینی شده توسط فرمول (۵) در هر اختلاف فشار (Δp) با یک احتمال P در بازه اطمینان داده شده توسط فرمول (پ-۱۷) قرار می‌گیرد:

$$\{q\ epx\,[-I_y \ln(\Delta p)], q epx\,[I_y \ln(\Delta p)]\} \qquad \text{(پ-۱۷)}$$

1- t-Student

جدول پ۱- حدود اطمینان دوطرفه [T(P,N)] برای یک توزیع تی-استیودنت

N	P					
	۰٫۸	۰٫۹	۰٫۹۵	۰٫۹۹	۰٫۹۹۵	۰٫۹۹۹
۱	۳٫۰۷۸۰	۶٫۳۱۳۸	۱۲٫۷۰۶۰	۶۳٫۶۵۷۰	۱۲۷٫۳۲۰۰	۶۳۶٫۶۱۹۰
۲	۱٫۸۸۶۰	۲٫۹۲۰۰	۴٫۳۰۲۷	۹٫۹۲۴۸	۱۴٫۰۸۹۰	۳۱٫۵۹۸۰
۳	۱٫۶۳۸۰	۲٫۳۵۳۴	۳٫۱۸۲۵	۵٫۸۴۰۹	۷٫۴۵۳۳	۱۲٫۹۲۴۰
۴	۱٫۵۳۳۰	۲٫۱۳۱۸	۲٫۷۷۶۴	۴٫۶۰۴۱	۵٫۵۹۷۶	۸٫۶۱۰۰
۵	۱٫۴۷۶۰	۲٫۰۱۵۰	۲٫۵۷۰۶	۴٫۰۳۲۱	۴٫۷۷۳۳	۶٫۸۶۹۰
۶	۱٫۴۴۰۰	۱٫۹۴۳۰	۲٫۴۴۶۹	۳٫۷۰۷۴	۴٫۳۱۷۰	۵٫۹۵۹۰
۷	۱٫۴۱۵۰	۱٫۸۹۴۶	۲٫۳۶۴۶	۳٫۴۹۹۵	۴٫۰۲۹۳	۵٫۴۰۸۰
۸	۱٫۳۹۷۰	۱٫۸۵۹۵	۲٫۳۰۶۰	۳٫۳۵۵۴	۳٫۸۳۲۵	۵٫۰۴۱۰
۹	۱٫۳۸۳۰	۱٫۸۳۳۱	۲٫۲۶۲۲	۳٫۲۴۹۸	۳٫۶۸۹۷	۴٫۷۸۱۰
۱۰	۱٫۳۷۲۰	۱٫۸۱۲۵	۲٫۲۲۸۱	۳٫۱۶۹۳	۳٫۵۸۱۴	۴٫۵۷۸۷
∞	-	۱٫۶۴۵۰	۱٫۹۶۰۰	۲٫۵۷۶۰	۲٫۸۰۷۰	۳٫۲۹۱۰

در عمل، تجزیه و تحلیل عدم قطعیت بالا را می‌توان با استفاده از برنامه‌های نرم‌افزاری استاندارد آماری انجام داد.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

مقیاس بیفورت باد (چکیده)

جدول ت۱- مقیاس بیفورت برای نشان دادن قدرت باد

عدد بیفورت	اصطلاح توصیفی	دبی معادل درارتفاع استاندارد ۱۰m بالاتر از زمین مسطح باز				ویژگی‌ها			ارتفاع احتمالی موج[الف]
		دبی متوسط در برآمدگی‌ها	ms^{-1}	Kmh^{-1}	m.p.h	زمین	دریا	ساحل	m
۰	آرام	<۱	۰ تا ۰٫۲	<۱	<۱	آرام؛ بخار به صورت عمودی بلند می‌شود	دریا شبیه آیینه	ارام	-
۱	هوای آرام	۱ تا ۳	۰٫۳ تا ۱٫۵	۱ تا ۵	۱ تا ۳	جهت باد توسط حرکت بخار مشخص می‌شود نه به وسیله بادنما	ریزموج‌ها با ظاهر فلس مانند اما بدون تاج شکل می‌گیرند	حرکت مختصر قایق ماهیگیری روی آب	۰٫۱ (۰٫۱)
۲	نسیم آرام	۴ تا ۶	۱٫۶ تا ۳٫۳	۶ تا ۱۱	۴ تا ۷	باد بر روی صورت احساس می‌شود؛ برگ‌ها می‌لرزند؛ بادنماهای معمولی توسط باد حرکت داده می‌شوند	ریزموج‌های کوچک، کوتاه اما برجسته‌تر، تاج‌ها دارای ظاهر شیشه‌ای و بدون شکست	باد بادبان‌های قایق ماهیگیری که با سرعت یک گره تا دو گره حرکت می‌کند را پر می‌کند	۰٫۲ (۰٫۳)
۳	نسیم ملایم	۷ تا ۱۰	۳٫۴ تا ۵٫۴	۱۲ تا ۱۹	۸ تا ۱۲	حرکت مداوم برگ‌ها و شاخه‌های کوچک؛ باد پرچم را می‌گستراند	موج‌های بزرگ؛ شروع تاج‌ها شکسته؛ کف با ظاهر شیشه‌ای شکل؛ شاید شبیه اسب‌های سفید پراکنده	قایق‌های ماهیگیری کج می‌شوند و با سرعت ۳ گره تا ۴ گره حرکت می‌کنند	۰٫۶ (۱)
۴	نسیم متعادل	۱۱ تا ۱۶	۵٫۵ تا ۷٫۹	۲۰ تا ۲۸	۱۳ تا ۱۸	باد گرد و غبار و کاغذهای رهاشده را بلند می‌کند؛ حرکت شاخه‌های کوچک	موج‌های کوچک که طویل‌تر می‌شوند؛ اسب‌های سفید نسبتا همه جا هستند	نسیم کافی وجود دارد؛ بادبان‌های قایق‌های ماهیگیری نسبتا تکان می‌خورند	۱ (۱٫۵)
۵	نسیم خنک	۱۷ تا ۲۱	۸٫۰ تا ۱۰٫۷	۲۹ تا ۳۸	۱۹ تا ۲۴	درختان کوچک برگ‌دار شروع به نوسان می‌کنند؛ ریزموج‌های تاج‌دار روی آب‌های داخلی شکل می‌گیرند	موج‌های متوسط، شکل بلندتری به‌خود می‌گیرند؛ اسب‌های سفید زیادی شکل گرفته‌اند (احتمال تشکیل گرد موج)	بادبان‌های قایق‌های ماهیگیری جمع شده‌اند	۲ (۲٫۵)

الف- این جدول تنها به عنوان یک راهنما است که به طور تقریبی آنچه را که می‌توان در دریای باز، دور از زمین انتظار داشت، نشان می‌دهد آن نباید هرگز به‌طور وارونه مورد استفاده قرار گیرد.؛ برای واقع‌انگاری یا گزارش حالت دریا. در آب‌های محصورشده در خشکی یا زمانی که در نزدیکی زمین، با بادی از جانب ساحل، ارتفاع موج بلندتر و کوچکتر و امواج تندتر خواهند بود. ارقام در داخل پرانتز حداکثر ارتفاع احتمالی امواج را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ت۱

عدد بیفورت	اصطلاح توصیفی	دبی معادل درارتفاع استاندارد ۱۰m بالاتر از زمین مسطح باز				ویژگی‌ها			ارتفاع احتمالی موج[الف]
		دبی متوسط در برآمدگی‌ها	ms^{-1}	Kmh^{-1}	m.p.h	زمین	دریا	ساحل	m
۶	نسیم قوی	۲۲ تا ۲۷	۱۰٫۸ تا ۱۳٫۸	۳۹ تا ۴۹	۲۵ تا ۳۱	حرکت شاخه‌های بزرگ؛ شنیدن صدای سوت در سیم‌های تلگراف؛ مشکل در استفاده از چتر	شکل‌گیری موج‌های بزرگ؛ گسترش کف سفید در تاج موج در همه جا (احتمال مقداری گرد موج)	بادبان‌های قایق‌های ماهیگیری دوبرابر جمع شده‌اند؛ هنگام‌ماهیگیری مراقبت لازم است	۳ (۴)
۷	نزدیک تندباد	۲۸ تا ۳۳	۱۳٫۹ تا ۱۷٫۱	۵۰ تا ۶۱	۳۲ تا ۳۸	حرکت کل درختان؛ احساس ناراحتی هنگام راه رفتن در خلاف جهت باد	دریا به صورت توده بالا می‌آید و کف سفید ناشی از شکست موج‌ها شروع به گسترده شدن در جهت وزش باد می‌کنند	قایق‌های ماهیگیری که در بندرگاه هستند و آن-جا باقی می‌ماند و آن-هایی که در آب هستند نیز در آب باقی می‌مانند	۴ (۵٫۵)
۸	تندباد	۳۴ تا ۴۰	۱۷٫۲ تا ۲۰٫۷	۶۲ تا ۷۴	۳۹ تا ۴۶	شکستن شاخه‌های درختان؛ ممانعت از راه رفتن	امواج با ارتفاع نسبتا بلندتر؛ لبه‌های تاج شروع به شکستن در داخل موج می‌کند ؛ کف ناشی از شکست موج‌ها به خوبی در مسیر جهت باد گسترده می‌شود	همه قایق‌های ماهیگیری به بندرگاه می‌آیند اگر نزدیک باشد	۵٫۵ (۷٫۵)
۹	تندباد قوی	۴۱ تا ۴۷	۲۰٫۸ تا ۲۴٫۴	۷۵ تا ۸۸	۴۷ تا ۵۴	آسیب‌های کمی ساختاری رخ می‌دهد (دیگ دودکش‌ها و تخته‌سنگ‌ها جابه‌جا می‌شوند)	موج‌های بلند؛ رگه‌های متراکم کف در امتداد جهت باد؛ تاج امواج شروع به سرنگونی، لغزیدن و چرخش روبه بالا می‌کنند؛ گرد موج می‌تواند دید را تحت تاثیر قرار دهد	-	۷ (۱۰)
۱۰	طوفان	۴۸ تا ۵۵	۲۴٫۵ تا ۲۸٫۴	۸۹ تا ۱۰۲	۵۵ تا ۶۳	به ندرت در خشکی تجربه شده؛ ریشه‌کن شدن درختان؛ آسیب-های ساختاری قابل توجهی رخ می‌دهد	امواج بسیار بلند با تاج‌های طویل مشرف به اطراف؛ کف به وجود آمده در تکه-های بزرگ در رگه‌های سفید متراکم در امتداد جهت باد دمیده می‌شود؛ در کل سطح دریا سفید به نظر می‌رسد؛ طوفان دریا سنگین و شوک‌آورمی‌شود؛ میدان دید تحت تاثیر قرار می‌گیرد	-	۹ (۱۲٫۵)

الف- این جدول تنها به عنوان یک راهنما است که به طور تقریبی آنچه را که می‌توان در دریای باز، دور از زمین انتظار داشت، نشان می‌دهد آن نباید هرگز به‌طور وارونه مورد استفاده قرار گیرد.؛ برای واقع‌انگاری یا گزارش حالت دریا. در آب‌های محصورشده در خشکی یا زمانی که در نزدیکی زمین، با بادی از جانب ساحل، ارتفاع موج بلندتر و کوچکتر و امواج تندتر خواهند بود. ارقام در داخل پرانتز حداکثر ارتفاع احتمالی امواج را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ت۱

عدد بیفورت	اصطلاح توصیفی	دبی معادل درارتفاع استاندارد ۱۰m بالاتر از زمین مسطح باز				ویژگی‌ها			ارتفاع موج احتمالی[الف]
		دبی متوسط در برآمدگی‌ها	ms^{-1}	Kmh^{-1}	m.p.h	زمین	دریا	ساحل	m
۱۱	طوفان شدید	۵۶ تا ۶۳	۲۸٫۵ تا ۳۲٫۶	۱۰۳ تا ۱۱۷	۶۴ تا ۷۲	خیلی به ندرت تجربه شده؛ همراه با خسارت گسترده	امواج فوق‌العاده بلند (کشتی-های کوچک و متوسط ممکن است برای مدتی در پشت امواج از دید پنهان شوند)؛ دریا کاملا با کف‌های بلند و سفید گسترده در امتداد جهت باد پوشیده می‌شود؛ در همه جا لبه‌های تاج‌های موج دارای کف بوده؛ میدان دید تحت تاثیر قرار می‌گیرد	-	۱۱٫۵ (۱۶)
۱۲	گردباد	۶۴ به بالا	۳۲٫۷ به بالا	۱۱۸ به بالا	۷۳ به بالا	-	هوا با کف و گرد موج پر شده است؛ دریا به طور کامل سفید شده و مملو از گرد موج همراه است؛ میدان دید به طور جدی تحت تاثیر قرار گرفته است	-	۱۴ (-)

الف- این جدول تنها به عنوان یک راهنما است که به طور تقریبی آنچه را که می‌توان در دریای باز، دور از زمین انتظار داشت، نشان می‌دهد آن نباید هرگز به‌طور وارونه مورد استفاده قرار گیرد؛ برای واقع‌انگاری یا گزارش حالت دریا. در آب‌های محصورشده در خشکی یا زمانی که در نزدیکی زمین، با بادی از جانب ساحل، ارتفاع موج بلندتر و کوچکتر و امواج تندتر خواهند بود. ارقام در داخل پرانتز حداکثر ارتفاع احتمالی امواج را نشان می‌دهد.

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

تشخیص محل نشت

تشخیص محل نشت برای کاهش مساحت نشت و تخمین توزیع نشت در ساختمان‌ها لازم است. روش‌ها در ادامه ذکر شده‌اند.

الف- روش تفریق

مساحت پوسته و / یا وسایل، جهت شناسایی، با ورقه مانع هوا پوشیده می‌شوند. پس از اندازه‌گیری مساحت نشت با و بدون ورقه مانع هوا، با محاسبه اختلاف این دو، مساحت نشت تعیین می‌گردد.

ب- با استفاده از نمایشگر حرارتی فروسرخ (مادون قرمز)

در هنگام آزمون (اعمال فشار مثبت) می‌توان از یک دوربین حرارتی برای ردیابی محل نفوذ هوا تا زمانی که تفاوت دما بین محیط داخلی و خارجی وجود دارد، استفاده کرد.

پ- با استفاده از دود

دود امکان دیده شدن جریان هوای گذرنده از پوسته، وسایل و همانند این‌ها و هم‌چنین شناسایی محل نشت را فراهم می‌کند. این روش ممکن است به مهارت عملی (برای مثال در خصوص نرخ تولید دود) نیاز داشته باشد.

هم‌چنین، ممکن است جریان هوا در اطراف وسایل و همانند آن‌ها بر روی پوسته با انگشتان دست احساس شود، اما آن به دلیل تفاوت‌های فردی یکسان نیست.

ت- با استفاده از یک دستگاه دبی‌سنج هوا

در هنگام آزمون (اعمال فشار مثبت و فشار منفی)، یک دستگاه دبی‌سنج هوا را می‌توان در برابر مکان‌هایی بر روی مساحت پوسته و یا وسایل، در جاهایی که مشکوک به نشت باشد، قرار داد. اگر دستگاه سرعتی برای جریان هوا نشان دهد، نشانه ای از نشت است.