



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۷۹۴-۱

چاپ اول

آذر ۱۳۹۱

**ISIRI**

**14794-1**

**1st. Edition**

**Dec.2012**

کارایی حرارتی درب‌ها و پنجره‌ها-تعیین  
انتقال حرارت به روش جعبه داغ  
قسمت ۱:

درب‌ها و پنجره‌های کامل

**Thermal performance of windows and  
doors — Determination of thermal  
transmittance by the hot-box method —  
Part 1:  
Complete windows and doors**

**ICS:91.120.10;91.060.50**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

تدوین استاندارد در 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 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 فنی 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 و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. 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 کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
"کارایی حرارتی درب‌ها و پنجره‌ها- تعیین انتقال حرارت به روش جعبه داغ  
قسمت ۱: درب‌ها و پنجره‌های کامل"

<u>رئیس:</u>	<u>سمت و/یا نمایندگی</u>
ترکمن، لیلا (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی
<u>دبیر:</u>	
رنجبر، سید فرامرز (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه تبریز
<u>اعضاء:</u>	
آذریان، پیمان (لیسانس فیزیک)	شرکت طرح ابتکار انرژی
اکبری، امیر (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی
پیری، لعیلا (لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت چرخشگر
ترکمن، بهاره (فوق لیسانس مهندسی برق)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبیگ
ترکمن، حمیده (فوق لیسانس شیمی)	شرکت طرح ابتکار انرژی
حمیرا سراجان (لیسانس مهندسی برق)	شرکت بهین سولار کاسپین
سیدحسینی، سیدسعید (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت بازرسی بهینه‌سازان اعتماد صنعت آذربایجان
جسور، یاشار (فوق لیسانس معماری و شهرسازی)	شرکت بازرسی پارس بینش

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد - ادامه

### اعضاء:

فرشی حق رو، ساسان  
(فوق لیسانس مهندسی عمران)

محمدی، رضا  
(لیسانس مهندسی مکانیک)

فاطمه سادات منافیان  
(فوق لیسانس مهندسی پزشکی)

### سمت و/یا نمایندگی

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی  
آذربایجان شرقی

شرکت صنایع بنیان موتور

شرکت بهین سولار کاسپین

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها
۵	۴ اصول
۱۱	۵ الزامات نمونه مورد آزمون و دستگاه
۱۵	۶ روش آزمون
۲۱	۷ گزارش آزمون
۲۲	پیوست الف (الزامی)، دماهای محیط
۲۶	پیوست ب (الزامی)، انتقال حرارتی خطی لبه
۳۰	پیوست پ (اطلاعاتی)، طراحی انتقال کالیبره استاندارد
۳۵	پیوست ت (اطلاعاتی) مثال آزمون کالیبره و اندازه‌گیری نمونه پنجره
	پیوست ث (اطلاعاتی) فرایند کالیبره تحلیلی با استفاده از معادلات تعادلی گرما
	کتابنامه

## پیش گفتار

استاندارد " کارایی حرارتی دربها و پنجرهها- تعیین انتقال حرارت به روش جعبه داغ- قسمت ۱: دربها و پنجرههای کامل " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط شرکت طرح ابتکار انرژی تهیه و تدوین شده و در سیصد و پنجاه و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآوردههای ساختمانی مورخ ۹۱/۱۲/۲۰ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

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

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

ISO12567-1: 2010, Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by the hot-box method — Part 1: Complete windows and doors

# کارایی حرارتی درب‌ها و پنجره‌ها - تعیین انتقال حرارت به روش جعبه داغ

## قسمت ۱: درب‌ها و پنجره‌های کامل

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روشی برای اندازه‌گیری انتقال حرارت از سامانه درب یا پنجره می‌باشد و برای چارچوب‌ها، قاب‌ها، درب‌های کرکره‌ای، پرده‌ها، پنجره‌های توری، پانل‌ها، لنگه‌های درب و اتصالات قابل کاربرد است.

این استاندارد در موارد زیر کاربرد ندارد:

الف- اثرهای لبه در خارج از محیط نمونه؛

ب- انتقال انرژی به دلیل تابش‌های خورشیدی روی نمونه؛

پ- تاثیرات اتلاف هوا از طریق نمونه؛

ت- پنجره‌های سقفی و محصولات طرح‌ریزی شده در سطوح خارجی به روی سطح سرد با هم.

یادآوری - به روش ارائه شده در استاندارد ISO 12567-2، برای پنجره‌های سقفی و واحدهای طرح‌ریزی شده مراجعه کنید.

پیوست "الف" روش‌های ارائه شده برای محاسبه دمای محیط را ارائه می‌دهد.

### ۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۳۱، عایق‌های حرارتی - تعیین مقاومت حرارتی و خواص مربوط به آن، در حالت پایدار توسط دستگاه لوح گرم محافظت شده - روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶، پل حرارتی در ساختمان سازی - جریان حرارتی و دماهای سطحی - محاسبات

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۷۸-۳، ترموکوپل‌ها - قسمت سوم: کابل‌های الحاقی و جبرانی - رواداری‌ها و سیستم شناسایی

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۷۶، عایق حرارتی - کمیت‌های فیزیکی و تعاریف

2-5 ISO 8301, Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Heat flow meter apparatus

2-6 ISO 8990:1994, Thermal insulation — Determination of steady-state thermal transmission properties — Calibrated and guarded hot box

2-7 ISO 9288, Thermal insulation — Heat transfer by radiation — Physical quantities and definitions

2-8 EN 12898, Glass in building — Determination of the emissivity

### ۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

#### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۷۶ و استانداردهای ISO 8990 و ISO 9288 به کار می‌رود.

#### ۲-۳ نمادها

در این استاندارد علاوه بر نمادهای ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۷۶ و استاندارد ISO 9288 از نمادهای داده شده در جدول‌های ۱ و ۲ نیز استفاده می‌شود.

جدول ۱- نمادها و یکاها

یکای	کمیت فیزیکی	نماد
m <sup>2</sup>	سطح	A
m	ضخامت (عمق)	d
-	شکست	F
-	ضریب دید	f
W/(m <sup>2</sup> .K)	ضریب انتقال گرمای سطحی	h
m	ارتفاع	H
m	طول محیط	L
W/m <sup>2</sup>	شار گرما	q
m <sup>2</sup> .K/W	مقاومت حرارتی	R
K	دمای ترمودینامیکی	T
W/(m <sup>2</sup> .K)	انتقال حرارت	U
m/s	سرعت هوا	v
m	عرض	w
-	ضریب تابش	$\alpha$
K	اختلاف دما	$\Delta T, \Delta \theta$
-	گسیلندگی نیم‌کره‌ای کل	$\varepsilon$
°C	دما	$\theta$
W/(m.K)	هدایت حرارتی	$\lambda$
W/(m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )	ثابت استفان-بولتزمن	$\sigma$
W	شار گرمایی	$\Phi$
W/(m.K)	انتقال حرارت خطی	$\psi$



جدول ۲- زیرنویس ها

مفهوم	زیرنویس
پانل منحرف کننده	b
هدایت (هوا)	c
کالیبراسیون	cal
خارجی، معمولا طرف سرد	e
داخلی، معمولا طرف گرم	i
ورودی	in
اندازه گیری شده	m
متوسط	me
محیطی	n
محیط خارجی	ne
محیط داخلی	ni
آشکارسازی پانل پیرامون	p
تابش (متوسط)	r
سطح	s
سطح خارجی، معمولا طرف سرد	se
سطح داخلی، معمولا طرف گرم	si
نمونه	sp
استاندارد شده	st
پانل پیرامون	sur
کل	t
پنجره	W
پنجره با کرکره بسته شده یا پرده	WS
در	D

جدول ۳- نمادها جهت تحلیل عدم قطعیت برای جعبه داغ

$m^2$	سطح طرح ریزی شده نمونه مورد آزمون	$A_{SP}$
$m^2$	سطح طرح ریزی شده پانل پیرامون	$A_{sur}$
m	ارتفاع نمونه مورد آزمون	$H_{sp}$
m	ارتفاع پانل پیرامون	$H_{sur}$
W/m.K	هدایت حرارتی پانل پیرامون	$\lambda_{sur}$
m	ضخامت نمونه آزمون (عمق)	$d_{sp}$
m	ضخامت پانل پیرامون (عمق)	$d_{sur}$
%	ضریب اطمینان	P
W	انتقال گرمای خارجی در محفظه اندازه گیری	$\Phi_{EXTRA}$
W	انتقال گرمای جانبی نمونه مورد آزمون	$\Phi_{FL,SP}$
W	ورودی توان کل به محفظه اندازه گیری	$\Phi_{IN}$
W	انتقال گرما از طریق نمونه مورد آزمون	$\Phi_{SP}$
W	انتقال گرما از طریق پانل پیرامون	$\Phi_{sur}$
	متغیر وابسته	R
y	انحراف استاندارد نمونه از مقادیر اندازه گیری شده متغیر	$s_y$
$^{\circ}C$	دمای هوای محیط جعبه داغ	$\theta_n$
$^{\circ}C$	دمای هوای خارجی (هوای محفظه) طرف سرد	$\theta_e$
$^{\circ}C$	دمای هوای داخلی (اتاق اندازه گیری) طرف سرد	$\theta_i$
	مقدار t درجه آزادی v ها و سطوح اطمینان p	$t_{v,p}$
W/m <sup>2</sup> .K	انتقال حرارت (CTS) استاندارد انتقال کالیبراسیون	$U_{CTS}$
W/m <sup>2</sup> .K	انتقال حرارت نمونه مورد آزمون	$U_{sp}$
W/m <sup>2</sup> .K	انتقال حرارت نمونه آزمون استاندارد شده	$U_{st}$
mV	ولتاژ پیل حرارتی دیواره محفظه اندازه گیری	V
m	عرض نمونه مورد آزمون	$w_{sp}$
m	عرض پانل پیرامون	$w_{sur}$
	متغیر وابسته، $i=1,2,\dots,n$	$x_i$
	مقدار محاسبه شده متغیر وابسته y	$y_c$
	متغیر وابسته	Z
$^{\circ}C$	دمای محیط خارجی	$\theta_{AMB}$
$^{\circ}C$	دمای متوسط پانل پیرامون	$\theta_{me,sur}$
W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>	ثابت استفان-بولتزمن، $5,669 \times 10^{-8}$	$\sigma$
	عدم قطعیت، اختلاف	$\Delta$
$^{\circ}C$	دما، اختلاف	$\delta\theta$
$^{\circ}C$	اختلاف دمای هوا بین داخل و خارج محفظه	$\delta\theta_{ie}$
	مشتق جزئی	$\partial$
	درجه آزادی	$\nu$
$^{\circ}C$	اختلاف دمای سطح پانل پیرامون	$\delta\theta_{sur}$

تحلیل عدم قطعیت برای جعبه داغ در پیوست «ج» ارائه شده است.

## ۴ اصول

انتقال گرما، U، در یک نمونه، به روش کالیبره شده یا جعبه داغ محافظت شده، براساس استاندارد ISO 8990 اندازه‌گیری می‌شود.

تعیین انتقال حرارت شامل دو بخش است:

الف- اندازه‌گیری‌ها روی دو یا چند پانل کالیبراسیون با خواص حرارتی مشخص انجام می‌گیرد، که ضریب سطحی انتقال گرما (اجزاء همرفتی و تابشی) روی هر دو طرف پانل کالیبراسیون با تشعشع سطح روی میانگین، شبیه به نمونه‌هایی که آزمون می‌شوند و مقاومت حرارتی پانل پیرامون تعیین می‌شود؛

ب- اندازه‌گیری‌ها به وسیله نمونه‌های در و پنجره در محل شکاف و دستگاه جعبه داغ با همان تنظیمات فن روی طرف سرد، در طول فرایند کالیبراسیون، انجام می‌گیرد. از یک پانل پیرامون، برای نگهداری نمونه در وضعیت ثابت که به آن داده شده است، استفاده می‌شود. این پانل با ابعاد خارجی مناسب اندازه و دستگاه با داشتن یک شکاف برای جا دادن نمونه ساخته شده است (به شکل‌های ۱ تا ۴ مراجعه کنید).

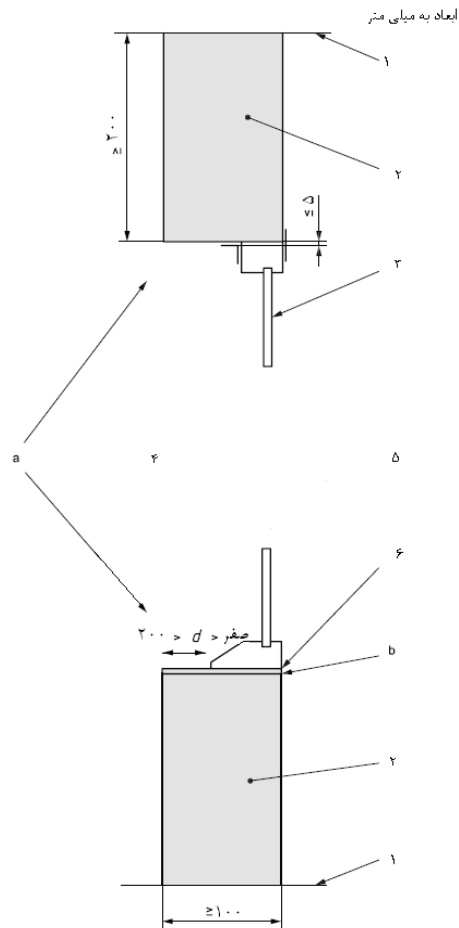
جریان‌های اصلی گرما در سراسر پانل پیرامون و پانل کالیبراسیون (یا نمونه مورد آزمون) در شکل ۵ نشان داده شده است. جریان گرمای لبه مرزی، از طریق جاگذاری پانل کالیبراسیون در پانل پیرامون به صورت جداگانه توسط مقدار عبور حرارت خطی،  $\Psi$  تعیین می‌شود.

روش اجرایی در این استاندارد شامل بهینه‌سازی جریان گرما در لبه مرزی است. به طوری که، خواص انتقال حرارت، تجدیدپذیر و استاندارد شده‌اند.

قدر مطلق جریان گرمای لبه مرزی به عنوان تابعی از هندسه، ضخامت پانل کالیبراسیون و هدایت گرمایی، توسط مقادیری که در جدول پیوست «ب» ارائه شده، قابل تعیین می‌باشد، یا مطابق استاندارد ISO 10211 محاسبه می‌شود.

نتایج اندازه‌گیری برای استاندارد کردن ضریب انتقال گرمای سطح، به وسیله درون‌یابی یا روش تحلیل تکراری، که از اندازه‌گیری‌های کالیبراسیون ناشی می‌شود، تصحیح می‌شوند.

نتایج اندازه‌گیری (برای مثال، معادله فشار بین سطوح سرد و گرم یا آب بندی اتصالات داخلی) برای اطمینان از این که هوای نفوذ یافته نمونه مورد آزمون، تأثیری روی اندازه‌گیری ندارد، داده شده است.



عرض دهانه کل بین بالا و پایین نمونه و شکاف پانل پیرامون نباید بیش از 5 mm باشد، باید بوسیله نوار غیر فلزی یا ماستیک آببندی شود. عرض دهانه کل روی هر دو طرف بین نمونه و شکاف پانل پیرامون نباید از 5mm بیشتر باشد.

#### راهنما:

۱ مرز محدوده اندازه گیری

۲ پانل پیرامون،  $\lambda \leq 0,04 W/(m.K)$

۳ جداره

۴ طرف سرد

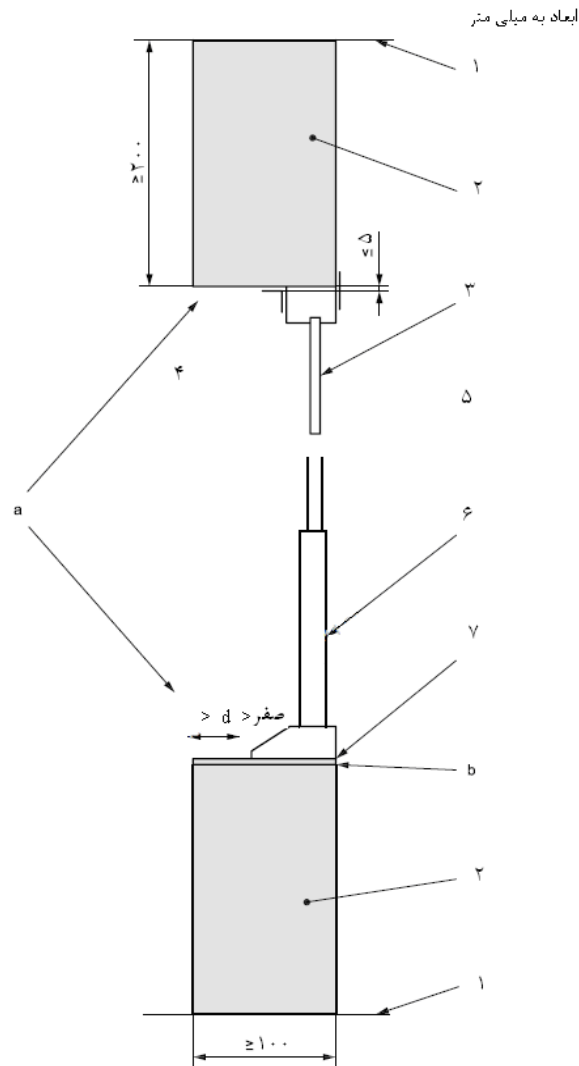
۵ طرف گرم

۶ پایه تراز

(a) توصیه می شود محدوده اندازه گیری، حتماً در وسط پانل پیرامون لحاظ شود.

(b) ماده پر کننده با خواص حرارتی یکسان به عنوان هسته پانل پیرامون به کار ببرید.

#### شکل ۱- سامانه پنجره در پانل پیرامون



عرض دهانه کل بین بالا و پایین نمونه و شکاف پانل پیرامون نباید بیش از 5 mm باشد، باید بوسیله نوار غیر فلزی یا ماستیک آببندی شود. عرض دهانه کل روی هر دو طرف بین نمونه و شکاف پانل پیرامون نباید از 5mm بیشتر باشد.

#### راهنما:

۱ مرز محدوده اندازه گیری

۲ پانل پیرامون،  $\lambda \leq 0,04 W/(m.K)$

۳ جداره

۴ طرف سرد

۵ طرف گرم

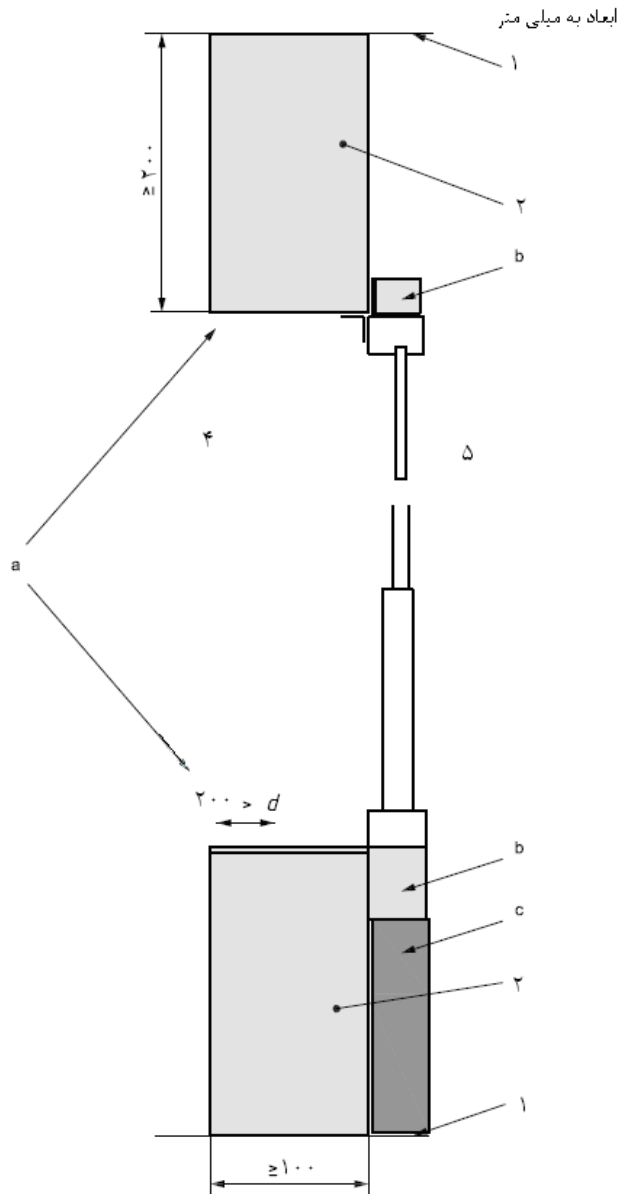
۶ لنگه درب

۷ آستانه درب

(a) توصیه می شود محدوده اندازه گیری، حتماً در مرکز پانل پیرامون لحاظ شود.

(b) ماده پرکننده با خواص حرارتی یکسان به عنوان هسته پانل پیرامون به کار ببرید.

#### شکل ۲- سیستم درب در پانل پیرامون نصب



راهنما:

۱ مرز محدوده اندازه گیری

۲ پانل پیرامون،  $\lambda \leq 0.04 W/(m.K)$

۴ طرف سرد

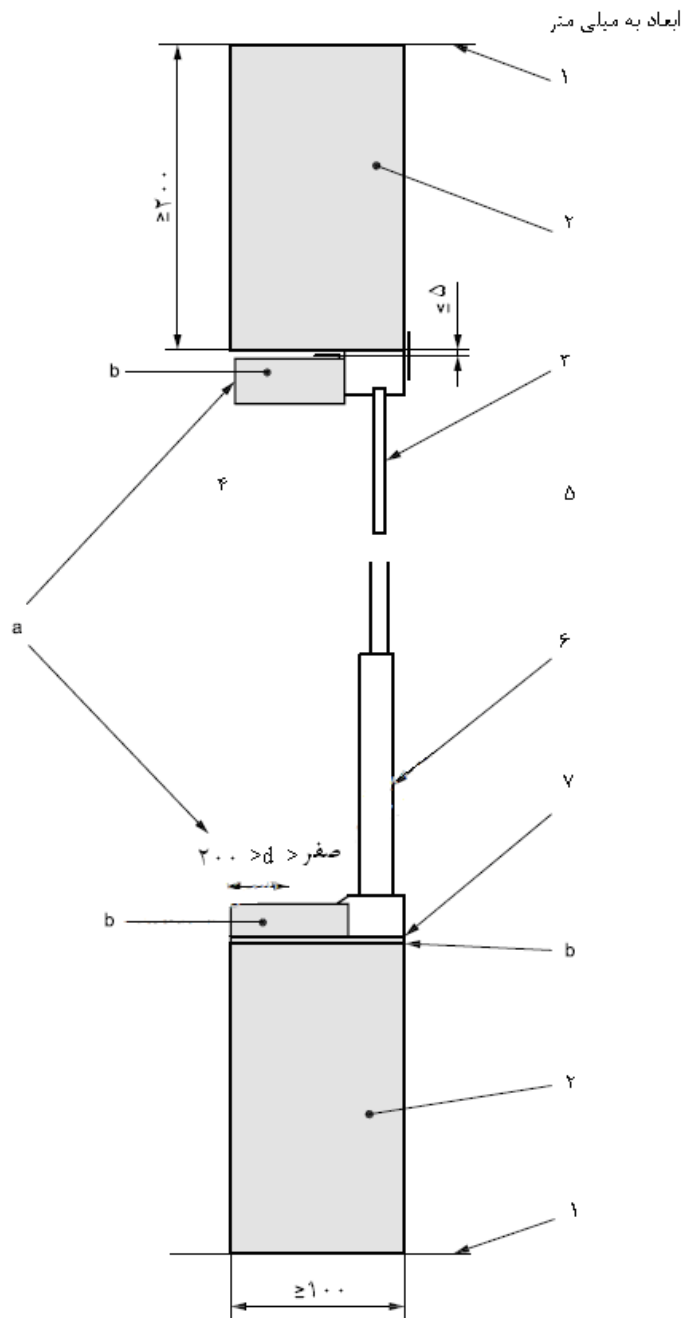
۵ طرف گرم

(a) توصیه می شود محدوده اندازه گیری، حتماً در مرکز پانل پیرامون لحاظ شود.

(b) ماده پرکننده با خواص حرارتی یکسان به عنوان هسته پانل پیرامون، با حداقل اندازه عرض چارچوب به کار ببرید.

(c) ساختاری جهت نگه داری وزن درب

شکل ۳- سیستم درب در پانل پیرامون-نصب سطح گرم



راهنما:

۱ مرز محدوده اندازه گیری

۲ پانل پیرامون،  $\lambda \leq 0,4 W/(m.K)$

۳ درزگیر (شیشه، پانل)

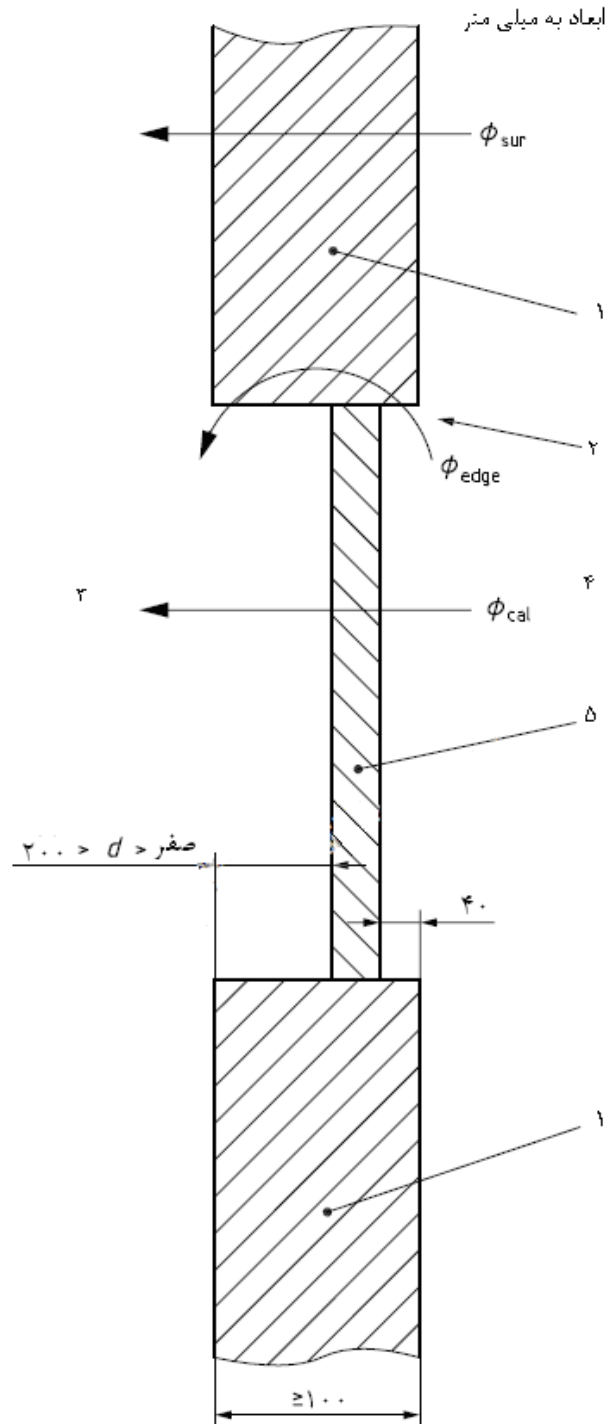
۴ طرف سرد

۵ طرف گرم

(a) توصیه می شود محدوده اندازه گیری، حتماً در مرکز پانل پیرامون لحاظ شود.

(b) ماده پر کننده با خواص حرارتی یکسان به عنوان هسته پانل پیرامون، به کار ببرید.

شکل ۴- سیستم درب در پانل پیرامون-نصب داخل



راهنما:

- ۱ پانل پیرامون
- ۲ تاثیر مرز
- ۳ طرف سرد
- ۴ طرف گرم
- ۵ پانل کالیبراسیون

شکل ۵- نصب پانل کالیبراسیون در شکاف



## ۵ الزامات نمونه مورد آزمون و دستگاه

### ۵-۱ کلیات

ساختار و عملکرد دستگاه باید مطابق با الزامات تعیین شده در استاندارد ISO 8990 باشد، مگر در مواردی که در این استاندارد اصلاح شده است. برای انجام محاسبات انتقال گرما روی نمونه، باید نمونه روی پانل پیرامون مناسب، نصب شود و جریان گرم عبوری از آن، از کل جریان گرم عبوری از پانل پیرامون کم شود. چون عنصر<sup>۱</sup> آزمون و پانل پیرامون معمولاً ضخامت های متفاوتی دارند، بنابراین بین مسیره های جریان های گرم و دماها در محیط مرزی بین این دو، اختلاف وجود دارد. آزمون باید طوری انجام شود که تصحیح های لبه قابل استفاده و کاربردی باشند.

### ۵-۲ پانل پیرامون

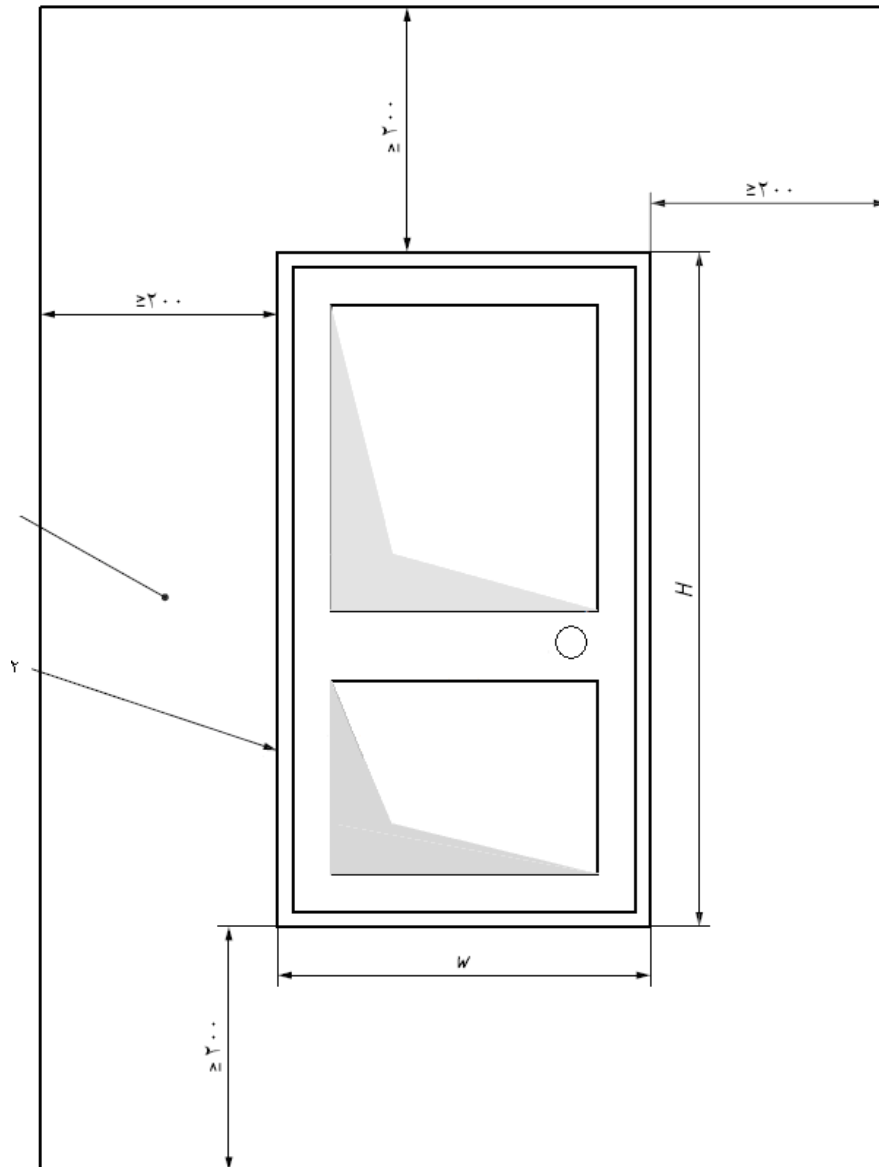
پانل پیرامون مانند دیواری ایده آل با مقاومت حرارتی بالا عمل می کند و در و پنجره را در وضعیت صحیح نگه می دارد. و جعبه سرد و گرم را از هم جدا می کند. پانل پیرامون باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند طرف باز جعبه محافظ را در صورت استفاده از دستگاه جعبه داغ کالیبره شده، محفوظ نگه دارد. ضخامت پانل پیرامون نباید کمتر از ۱۰۰ mm یا بیشینه ضخامت نمونه، هر کدام بزرگتر باشد، بیشتر باشد. و باید با مواد هسته رسانای حرارتی پایدار بیشتر از  $0.4 \text{ W/(m.K)}$  ساخته شود. یک شکاف مناسب مطابق پانل کالیبره یا نمونه مورد آزمون (به شکل های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ مراجعه کنید)، باید برای آن ایجاد شود. استفاده از رویه تخته سه لای آب بندی شده یا ورقه پلاستیکی روی هر دو طرف پانل پیرامون برای ایجاد استحکام مجاز می باشد. هیچ ماده ای از رسانای حرارتی بالاتر از  $0.4 \text{ W/(m.K)}$  (غیر از نوار نازک غیرفلزی) نباید برای شکاف، نقش پل را بازی کند. سطح پانل پیرامون و صفحات منحرف کننده جریان سیال، باید قابلیت تابش نسبی بالائی داشته باشند (۸، >).

### ۵-۳ نمونه های مورد آزمون

برای کاربردهای عمومی، اندازه های نمونه باید به اندازه نمونه های نوعی باشد که از روی تکرار به دست آمده اند. برای اطمینان از ثبات اندازه گیری، نمونه باید به شکل زیر قرار داده شود: سامانه پنجره باید شکاف پانل پیرامون را پر کند. طرف قاب داخلی باید به اندازه کافی نزدیک به سطح پانل پیرامون باشد. اما هیچ قطعه ای نباید فراتر از سطوح سرد و گرم لحاظ شود مگر برای دستگیره ها، ریل ها، پره ها یا اجزایی که به شکل عادی لحاظ می شود (به شکل ۱ مراجعه کنید). سامانه درب روی هر دو طرف پانل پیرامون (به شکل ۲ و ۴ مراجعه کنید) یا روی سطح گرم (به شکل ۳ مراجعه کنید) مطابق با تعاریف و آموزش های ارائه شده توسط کارخانه می تواند نصب شود. توصیه می شود که شکاف در مرکز پانل لحاظ شده و حداقل با فاصله ۲۰۰ mm از داخل جعبه های سرد و گرم برای جلوگیری یا محدود شدن تصحیحات جریان گرم لبه، متناسب با محیط پانل پیرامون باشد (شکل ۶). برای

کاربردهای آزمون استاندارد شده، اندازه‌های کلی نمایش داده شده در جدول ۴ یا مطابق اندازه خواسته شده مطابق استاندارد ملی یا تنظیمات دیگر توصیه می‌شود. در هر صورت، محدوده شکاف نباید کمتر از  $8m^2$  باشد، این مقدار برای دستیابی به دقت بالا مورد نیاز است. مفصل‌های ارتباطی بین محیط پانل پیرامون و نمونه باید در هر دو طرف با نوار آب‌بندی شود (به وسیله ماده درزگیر یا ماستیک).

ابعاد به میلی‌متر



راهنما:

- ۱ پانل پیرامون
- ۲ نمونه آزمون

شکل ۶- پانل پیرامون با نمونه مورد آزمون

جدول ۴- ابعاد پیشنهادی نمونه

عرض mm	ارتفاع mm	جزء
۱۲۳۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	۱۴۸۰ (با رواداری نسبی -۲۵٪)	پنجره
۱۴۸۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	۲۱۸۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	پنجره
۱۲۳۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	۲۱۸۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	در
۲۰۰۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	۲۱۸۰ (با رواداری نسبی ±۲۵٪)	در

#### ۴-۵ پانل‌های کالیبراسیون

پانل‌های کالیبراسیون باید ابعادی مشابه نمونه آزمون داشته باشند (بین ۴۰٪ در ارتفاع و عرض نمونه مورد آزمون) این صفحات برای ایجاد مقدمه وضعیت‌های آزمون تعیین شده و برای تعیین ضرایب سطح انتقال حرارت و برای ایجاد مقاومت حرارتی پانل پیرامون مورد نیازند. حداقل ۲ پانل کالیبره باید ساخته شود که نیازمند موارد زیر است:

الف- ماده هسته پانل کالیبره باید از ماده هم جنس، با هدایت حرارتی شناخته شده یا مقاومت حرارتی ساخته شود و این ماده نباید به مرور زمان کهنه شود؛

ب- طبیعت سطح پانل کالیبراسیون باید شبیه نمونه آزمون باشد. تابش نسبی سطح باید مشخص بوده (برای مثال شبیه شیشه متحرک معمولی) یا باید مطابق استاندارد En 28980 اندازه‌گیری شود.

پ- صفحات کالیبراسیون باید محدوده دلخواه چگالی نمونه آزمون دبی جریان حرارتی را پوشش دهد. استفاده از دو پانل کالیبره با ضخامت‌های کلی متفاوت به شکل زیر توصیه می‌شود:

- ۱- ضخامت کلی تقریبی ۲۰ mm؛
- ۲) ضخامت کلی تقریبی ۶۰ mm؛

جزئیات بیشتر و راهنمایی درباره چگونگی ساخت صفحات کالیبراسیون در پیوست «پ» داده شده است. مقاومت حرارتی مواد عایق استفاده شده در صفحات باید برای دمای متوسط در محدوده  $^{\circ}\text{C}$  صفر تا  $150^{\circ}\text{C}$  با استفاده از یک پانل داغ یا دستگاه اندازه‌گیری جریان گرم، به ترتیب مطابق با استانداردهای ISO 8301 و ISO 8302 می‌تواند اندازه‌گیری شود. متناوباً صفحات کالیبراسیون می‌توانند با خواص مجاز با منبعی معتبر استفاده شوند. در هر صورت صفحات کالیبراسیون باید در شکاف پانل پیرامون به فاصله ۴۰ mm از سطح گرم نصب شوند. همانطوری که در شکل ۳ نشان داده شده است.

#### ۵-۵ اندازه‌گیری‌های دما و وضعیت‌های پانل‌های منعکس‌کننده

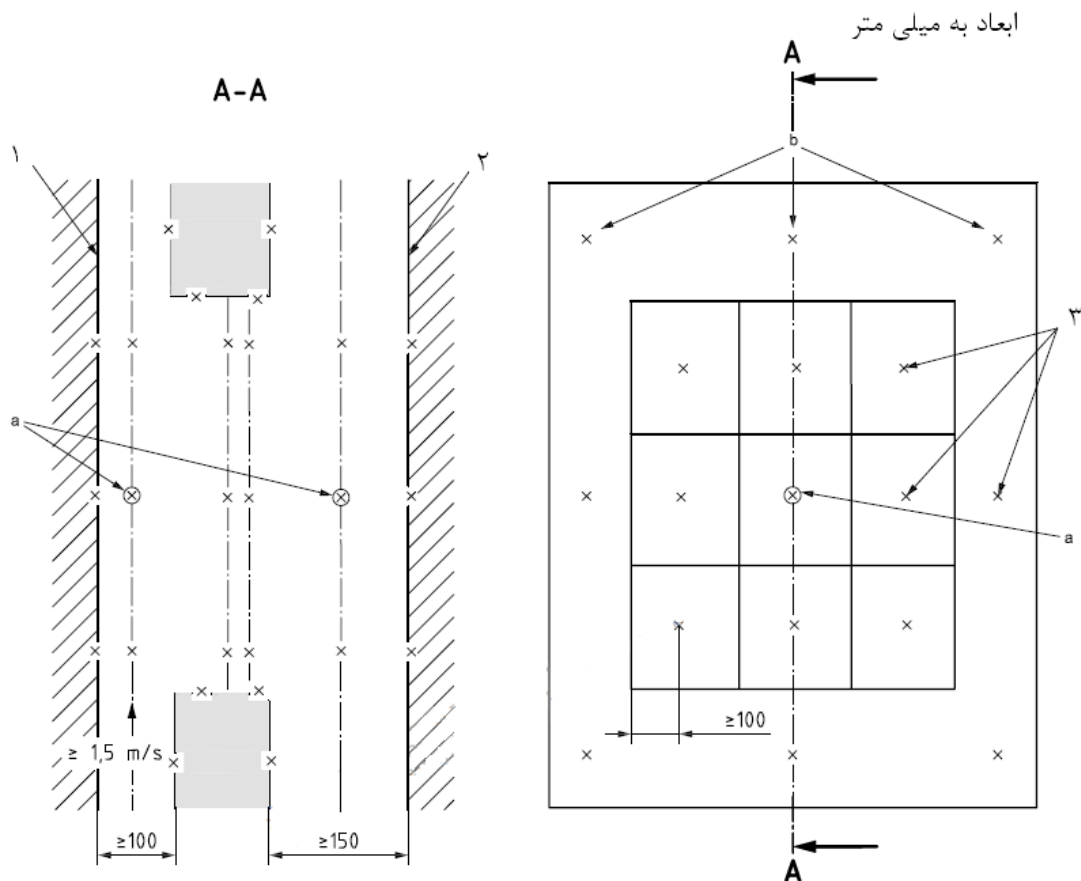
برای اندازه‌گیری‌های کالیبره، دمای سطوح سرد و گرم با اندازه‌گیری شود یا محاسبه گردد. (برای طراحی صفحات کالیبره و نصب سنسور، به پیوست «پ» رجوع کنید) حداقل یک وضعیت از ۹ وضعیت ممکن در مرکز یک شبکه چهار ضلعی با محدوده‌های مساوی باید برای پانل کالیبره استفاده شود و ۸ وضعیت روی پانل پیرامون (شکل ۵) باید استفاده گردد. هیچکدام از سنسورهای دما نباید نزدیک‌تر از ۱۰۰ mm به لبه

پانل کالیبره باشند. سنسورهای دما و سامانه‌های ثبت تغییرات باید به صورت دقیق کالیبره شوند. توصیه می‌شود که سنسورهای دمای استفاده شده برای اندازه‌گیری دمای سطح از نوع ترموکوپل نوع T (مس - کنستانت) که مطابق با استاندارد IEC60584-1 ساخته شده‌اند، باشد و قطر سیم استفاده شده در آن بیشتر از  $0.3 \text{ mm}$  نباشد، این سنسورها باید به وسیله چسب یا نوار چسب به سطح چسبانده شوند. هم‌چنین سطح خارجی آنها باید تابش نسبی بیش از  $0.8$  داشته باشد. اگر سنسورهای جایگزین استفاده می‌شوند حتماً باید دقتی در حد سنسورهایی که به آنها اشاره شد داشته باشند. هم‌چنین نباید دارای انحراف یا پسماند باشند و باید به اندازه کافی کوچک باشند. برای اینکه از اغتشاشات محدوده دمای نزدیک محل اتصال جلوگیری شود بهتر است که برای بررسی بیشتر از یک دوربین مادون قرمز تحت شرایط جریان گرما مشابه مشخصات عملکرد موردنیاز استفاده شود. اندازه‌گیری‌های معتبر دمای سطح باید به طور کامل محدود گردد. توصیه می‌شود که همان طرح شبکه دمای سطح روی پانل کالیبره برای دمای هوا و اندازه‌گیری‌های مربوط به پانل منعکس کننده استفاده شود.

برای رسانای طبیعی طرف گرم، فاصله بین پانل منعکس کننده و پانل سطح گرم پانل پیرامون نباید کمتر از  $100 \text{ mm}$  باشد. در مورد سرعت مناسب هوا (نباید کمتر از  $1.5 \text{ m/s}$  در طول اولین آزمون کالیبره باشد) به بند ۵-۶ و ۶-۲-۲-۱ رجوع کنید). دمای هوا باید در هر دو طرف خارجی لایه مرزی اندازه‌گیری شود (شکل ۷).

#### ۵-۶ اندازه‌گیری جریان هوا

سرعت هوای طرف سرد باید در وضعیتی که جریان آزاد وجود دارد، اندازه‌گیری شود. برای هر دو وضعیت افقی و عمودی الگوهای جریان، باید سنسور روی سطوح مرزی سطح نمونه آزمون قرار نگیرد یا در مسیر جریان‌های حلقوی ملحقات نمونه آزمون نباشد. اگر فن کوچکی در طرف گرم استفاده شده، باید یک سنسور اندازه‌گیری سرعت هوا (شکل ۷) استفاده گردد تا بررسی شود که آیا سرعت هوا نمایانگر تغییرات هدایت طبیعی هست یا نه (کمتر از  $0.3$  متر بر ثانیه).



(a) توصیه می شود که سنسورهای اندازه گیر سرعت هوا برای اندازه گیری سرعت جریان های موازی در یک ردیف قرار بگیرند.

(b) تمامی ترموکوپل های پانل پیرامون باید در مرکز قرار داده شوند.

راهنما:

(۱) پانل منعکس کننده طرف سرد

(۲) پانل منعکس کننده طرف گرم

(۳) سنسور دما

(وضعیت قرار گرفتن سنسورهای اندازه گیری سرعت هوا و دما شکل ۷)

## ۶ روش آزمون

### ۶-۱ کلیات

روش عملکرد کلی برای اندازه گیری های جعبه داغ باید مطابق با بند 2.9 استاندارد ISO 8990:1994 باشد. علاوه بر این بررسی نحوه اجرای نصب که در استاندارد ISO 8990 به آن اشاره شده است به علاوه شرایط ذیل باید مطابق با این استانداردها باشد.

## ۶-۲ اندازه‌گیری‌های کالیبراسیون

موارد زیر آزمون‌های کالیبره اضافی را که برای آزمون پنجره‌ها و درها مورد نیازند، توصیف می‌نماید:

### ۶-۲-۱ کلیات

این آزمون‌ها برای اطمینان از اینکه شرایط مناسب آزمون فراهم آمده، مورد نیاز است و برای اطمینان از محاسبه کامل جریان گرم پانل پیرامون و ضرایب انتقال گرمای سطح لازم است.

اندازه‌گیری‌های کالیبراسیون: باید حداقل در چگالی مختلف آهنگ جریان گرما که محدوده مورد نیاز آزمون نمونه را پوشش می‌دهد، لحاظ گردد. توصیه می‌شود که اندازه‌گیری برای کالیبراسیون حداقل در سه دمای هوای متوسط  $\theta_{c,me} [\theta_{c,me} = (\theta_{c,i} + \theta_{c,e}) / 2]$  در مراحل تغییر دمای  $\pm 5K$  هوای طرف سرد و با نگره داشتن وضعیت‌های ثابت برای حرکت هوا در طرف سرد و دمای هوای ثابت و هدایت طبیعی روی طرف گرم انجام شود. با این فرایند مقاومت سطح و ضرایب انتقال حرارت می‌تواند به عنوان تابع چگالی کلی آهنگ جریان حرارت در پانل کالیبره تعیین شود.

یادآوری - باید توجه شود که برای نمونه‌های آزمون ناهمگن مانند درها و پنجره‌ها، متوسط وضعیت‌های انتقال گرما در محدوده مورد اندازه‌گیری قابل مقایسه با مواردی‌اند که در پانل کالیبره داده شده است.

### ۶-۲-۲ مقاومت کلی سطح

#### ۶-۲-۲-۱ اندازه‌گیری

اولین آزمون کالیبراسیون باید با یک پانل نازک  $d_{cal} \approx 20\text{mm}$  در دمای ثابت در حدود  $10^\circ\text{C}$  یا متناسب با استانداردهای ملی و تغییرات دمای  $\Delta\theta_c$  بین سطوح سرد و گرم  $(2 \pm 2)^\circ\text{K}$  یا متناسب با استانداردهای ملی انجام شود. (به پیوست «الف» و استاندارد ISO 8990 را برای تعیین دمای محیطی ملاحظه کنید).

سرعت هوا روی سطح سرد باید برای اولین آزمون کالیبره به وسیله دریچه کنترل یا بوسیله تنظیم سرعت فن برای مقاومت گرمای سطح کل (سطوح سرد و گرم)  $R_{s,t} = (R_{(s,t),st} \pm 0.01)m^2.K / W$  به عنوان مثال:  $(0.17 \pm 0.01)m^2.K / W$  یا متناسب با استانداردهای ملی تنظیم شود. پس از آن تنظیمات سرعت فن و وسایل دریچه کنترل جریان هوا باید برای همه اندازه‌گیری‌های کالیبره بعدی ثابت بماند. سرعت هوای لحاظ شده برای فرایند کالیبره باید برای همه آزمون‌ها با نمونه‌های درها و پنجره‌های بعدی هم تکرار شود.

#### ۶-۲-۲-۲ محاسبات

مقاومت گرمائی سطح کل سطوح سرد و گرم،  $R_{s,t}$ ، بر حسب  $m^2.K / W$ ، با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{s,t} = \frac{\Delta\theta_{n,cal} - \Delta\theta_{s,cal}}{q_{cal}} \quad (1)$$

که در آن:

اختلاف دماهای محیطی روی هر دو طرف پانل کالیبره بوده و برحسب دمای کلوین است و  $\Delta\theta_{n,cal}$  بر حسب پیوست «الف» محاسبه می‌شود؛

اختلاف دمای سطح پانل کالیبره برحسب درجه کلوین؛  $\Delta\theta_{s,cal}$   
 چگالی آهنگ جریان گرمای پانل کالیبره است که از روی مقاومت گرمای معین،  $R_{cal}$ ، پانل کالیبره (در دمای متوسط  $\theta_{cal}$ ) و اختلاف دمای سطح  $\Delta\theta_{s,cal}$  تعیین شده است و از رابطه ۲ بدست آمده است:

$$q_{cal} = \frac{\Delta\theta_{s,cal}}{R_{cal}} \quad (۲)$$

و در آن  $R_{cal}$  مقاومت حرارتی پانل کالیبره در دمای متوسط پانل است و معادله ۳ به دست آمده،

$$R_{cal} = \sum \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (۳)$$

$d_j$  ضخامت لایه  $j$  برحسب متر؛ و

$\lambda_j$  هدایت حرارتی لایه برحسب  $W / (m.K)$  می‌باشد.

نمودار مقاومت سطح کل،  $R_{s,t}$  باید بعنوان تابعی از چگالی آهنگ جریان گرما،  $q_{cal}$ ، مربوط به پانل کالیبره رسم شود. این شاخص‌ها برای تعیین مقاومت‌های سطح کل همه اندازه‌گیری‌های بعدی نمونه‌های آزمون باید استفاده شود. (درها و پنجره‌ها)

### ۳-۲-۶ مقاومت‌های سطح و ضرایب سطح انتقال حرارت

#### ۱-۳-۲-۶ کلیات

ضرایب سطح انتقال حرارت (قسمت‌های رسانا و تابش) برای تعیین دماهای محیطی مورد نیاز (مطابق فرایند های ارائه شده در پیوست الف و استاندارد ISO 8990) اندازه‌گیری‌های دمای سطح روی پانل کالیبره در چگالی‌های مختلف آهنگ جریان هوای گرم امکان تعیین ضرایب سطح انتقال حرارت را می‌دهد. مقاومت‌های سطح باید بوسیله معادله ۴ و ۵ محاسبه شوند.

$$R_{si} = \frac{\theta_{ni,cal} - \theta_{si,cal}}{q_{cal}} \quad (۴)$$

$$R_{se} = \frac{\theta_{se,cal} - \theta_{ne,cal}}{q_{cal}} \quad (۵)$$

که در آن:

$q_{cal}$  چگالی آهنگ جریان گرم در پانل کالیبره بر حسب  $W / m$ ؛  
 $\theta_{ni,cal}$  دمای محیطی طرف گرم بر حسب  $^{\circ}C$ ؛  
 $\theta_{si,cal}$  دمای سطح طرف گرم پانل کالیبره بر حسب  $^{\circ}C$ ؛  
 $\theta_{se,cal}$  دمای سطح طرف سرد پانل کالیبره بر حسب  $^{\circ}C$ ؛  
 $\theta_{ne,cal}$  دمای محیطی طرف سرد بر حسب  $^{\circ}C$  می‌باشد.

### ۶-۲-۳-۲ کسر<sup>۱</sup> هدایت

قسمت‌های رسانا و تابشی ضریب انتقال حرارت از داده‌های کالیبره برای سطوح سرد و گرم مطابق با فرایند ارائه شده در پیوست «الف» را بررسی کنید. و کسر هدایت  $F_c$  را با استفاده از معادله ۶ تعیین کنید.

$$F_c = \frac{h_c}{h_c + h_r} \quad (۶)$$

$h_c$  ضریب هدایت انتقال حرارت بر حسب  $W / (m^2.K)$ ؛  
 $h_r$  ضریب تابش انتقال حرارت بر حسب  $W / (m^2.K)$ .

نمودار پراکندگی کسر هدایت ( $F_c$ ) باید برای هر دو طرف بعنوان تابعی از  $q_{cal}$  (چگالی آهنگ جریان گرم پانل کالیبره) رسم گردد. که برای استفاده در روش درون‌یابی برای تعیین دماهای محیطی همه اندازه‌گیری‌های بعدی نمونه‌های آزمون بوسیله معادله ۷ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\theta_n = F_c \theta_c + (1 - F_c) \theta_r \quad (۷)$$

پیوست «ث» فرایند کالیبراسیون تحلیلی را به عنوان جایگزین ارائه می‌کند. از معادله‌های تعادل حرارت توابع تحلیلی برای قسمت‌های رسانا و تابش چگالی آهنگ جریان گرما  $q_{cal}$  تعیین می‌شود. این توابع باید برای همه اندازه‌گیری‌های بعدی نمونه‌های آزمون استفاده شوند (درها و پنجره‌ها).

### ۶-۲-۴ پانل پیرامون و تصحیحات لبه

از داده‌های پانل کالیبره ضخیم‌تر ( $d_{cal} \approx 60 \text{ mm}$ ) و مقاومت حرارتی،  $R_{sur}$ ، پانل پیرامون به عنوان تابع دمای متوسط برای محاسبه و رسم نمودار آن استفاده کنید. معادلات (۸) و (۹) و (۱۰) از جریان‌های گرم نشان داده شده در شکل ۵ مشتق شده‌اند.

$$R_{sur} = \frac{A_{sur} \Delta \theta_{s,sur}}{\varphi_{in} - \varphi_{cal} - \varphi_{edge}} \quad (۸)$$

$A_{sur}$  محدوده طراحی شده برای پانل پیرامون بر حسب متر؛  
 $\Delta \theta_{s,sur}$  اختلاف بین دماهای سطح متوسط پانل پیرامون بر حسب کلونین؛



گرمای ورودی به جعبه اندازه‌گیری متناسب با جریان گرم عبوری از دیواره‌های جعبه اندازه‌گیری و تلفات جانبی تصحیح شده بر حسب وات (به بند 2.9.3.3 استاندارد ISO 8990 رجوع کنید)؛

آهنگ جریان گرم عبوری از پانل کالیبره بر حسب وات ارائه شده به وسیله معادله (۹)؛

$$\phi_{cal} = A_{cal} q_{cal} \quad (9)$$

آهنگ جریان گرم عبوری از منطقه لبه بین پانل کالیبره و پانل پیرامون بر حسب وات، ارائه شده در معادله (۱۰)؛

$$\phi_{edge} = L_{edge} \psi_{edge} \Delta \theta_c \quad (10)$$

طول محیط بین پانل پیرامون و نمونه بر حسب متر؛

انتقال حرارتی خطی ناحیه لبه بین پانل پیرامون و نمونه بر حسب  $W / (m.K)$  و مقادیر  $\psi_{edge}$  در پیوست «ب» و جدول ب-۱ ارائه شده است؛

اختلاف دماهای بین سطوح سرد و گرم بر حسب K.

این فرایند کالیبره این امکان را به وجود می‌آورد که نتایج از یک اندازه داده شده پانل کالیبره به اندازه‌های مختلف نمونه‌های آزمایش تعمیم داده شود، بدون این که عمل تکرار برای فرایند اندازه‌گیری کالیبره در مورد همه نمونه‌ها انجام شود.

### ۳-۶ روش اندازه‌گیری برای نمونه‌های مورد آزمون

اندازه‌گیری نمونه‌های آزمون باید تحت شرایط مشابه انجام شود مانند آنچه که برای کالیبره‌های مشابه توصیف شده در بند ۲-۲-۶ در دمای هوای متوسط تقریبی  $10^{\circ}C$  و اختلاف دمای هوای  $\Delta \theta \approx (20 \pm 2) K$  یا مطابق استانداردهای ملی انجام می‌شود. نقاط چگالیده یا یخی شکل روی نمونه می‌تواند روی انتقال حرارت تاثیر گذارد. بنابراین رطوبت موجود در محفظه اندازه‌گیری باید به اندازه کافی پایین نگه داشته شود، تا از این حالت جلوگیری شود. چگالی آهنگ جریان گرما،  $q_{sp}$ ، بر حسب وات بر متر مربع، در نمونه مورد آزمون در طول اندازه‌گیری از معادله ۱۱ باید محاسبه گردد.

$$q_{sp} = \frac{\phi_{in} - \phi_{sur} - \phi_{edge}}{A_{sp}} \quad (11)$$

محدوده طراحی شده برای نمونه مورد آزمون بر حسب متر مربع؛

گرمای ورودی به جعبه اندازه‌گیری متناسب با جریان گرم عبوری از دیواره‌های جعبه اندازه‌گیری و تلفات تصحیح شده بر حسب وات (به بند 2.9.3.3 استاندارد ISO 8990 رجوع کنید)؛.

آهنگ جریان حرارتی منطقه لبه مطابق معادله (۱۰) برحسب وات مقدار واقعی  $\psi_{edge}$  باید از جدول ب-۲ استخراج شود یا مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶ محاسبه شود. آهنگ جریان گرم در پانل پیرامون برحسب وات ارائه شده در معادله (۱۲).

$$\varphi_{sur} = \frac{A_{sur} \Delta \theta_{s,sur}}{R_{sur}} \quad (12)$$

محدوده طراحی شده برای پانل پیرامون برحسب متر مربع؛  
 اختلاف بین دماهای سطح متوسط پانل پیرامون برحسب درجه کلونین؛  
 مقاومت حرارتی پانل پیرامون برحسب  $m^2.K/W$  که بوسیله کالیبراسیون تعیین می‌شود (به مثال ارائه شده در شکل ت-۱ رجوع کنید).  
 انتقال حرارتی کل اندازه‌گیری شده  $U_m$  و برحسب  $W/(m^2.K)$  بوده و برای نمونه آزمون باید از معادله (۱۳) محاسبه شود.

$$U_m = \frac{q_{sp}}{\Delta \theta_n} \quad (13)$$

اختلاف بین دماهای محیطی دو طرف سامانه تحت آزمون برحسب کلونین (به معادله (۷) که در آن  $F_{ci}$  و  $F_{ce}$  به وسیله کالیبراسیون تعیین می‌شوند، رجوع کنید) (به مثال ارائه شده در شکل ت-۳ رجوع کنید).

#### ۴-۶ بیان نتایج برای کاربردهای آزمون استاندارد شده

مقاومت سطح کل،  $R_{s,t}$  و برحسب  $m^2.K/W$  مطابق با انتقال حرارتی اندازه‌گیری شده،  $U_m$ ، باید از داده‌های کالیبره به عنوان تابعی از چگالی آهنگ جریان گرما،  $q$ ، سنجیده شود (به مثال ارائه شده در شکل ت-۲ رجوع کنید) که از روش درون‌یابی یا بوسیله فرایند تکرار تحلیلی مشتق شده است (به پیوست ت رجوع کنید). انتقال حرارتی اندازه‌گیری شده نمونه  $U_m$ ، باید برای تاثیر  $q$  روی مقاومت سطح کل تصحیح شود (به دست می‌آید).  
 $R_{s,t}$  تا انتقال حرارتی استاندارد شده به دست آید و  $U_{st}$  که برحسب  $W/(m^2.K)$  بوده و از معادله (۱۴)

$$U_{st} = \left[ U_m^{-1} - R_{s,t} + R_{(s,t),st} \right]^{-1} \quad (14)$$

در اروپا برای درب‌ها و پنجره‌ها مقدار استاندارد شده  $R_{(s,t),st} = 0.17 m^2.K/W$  استفاده می‌شود. یادآوری - برای مثال کاربردی اندازه‌گیری کالیبره و آزمون پنجره، به پیوست «ت» رجوع کنید.

## ۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل همه اطلاعات مورد نیاز برای یک گزارش تعیین شده بر اساس بند 3.7 استاندارد ISO 8990 باشد، هم چنین اطلاعات ذیل باید ارائه شود:

الف- همه جزئیات ضروری برای مشخص شدن محصول آزمون شده:

۱- طول، عرض و ضخامت، شامل پوسته، خم شدگی قسمت شیشه کاری شده تحت شرایط آزمایشگاهی و بلافاصله بعد از آزمون؛

۲- جزئیات ثبت شده قسمت شیشه کاری درب یا پنجره، جزئیات جداکننده و ترکیب قاب و مواد ساختار آن و هم چنین مقطع عرض نمونه؛

۳- نقشه ساده‌ای که ساختار نمونه را نشان دهد (به عنوان مثال وضعیت و ضخامت قطعه شیشه، ضخامت فضاهای گاز، نوع گاز پر شده بعنوان عایق، ترکیب لنگه درب، وضعیت فویل‌های داخلی، ترکیب قاب‌ها و هندسه آن، پنجره‌ها، قاب‌ها و هر آنچه که برای عایق کاری لوله‌ها اضافه شده است؛

۴- وضعیت مربوط به پانل پیرامون؛

ب- روش کالیبره یعنی خلاصه جزئیات محدوده کالیبره‌های متناسب با این آزمون‌ها (منحنی‌های کالیبراسیون یا توابع کالیبراسیون تحلیلی).

پ- نتایج اندازه‌گیری‌های زیر:

۱- داده‌های اصلی اندازه‌گیری‌ها (استاندارد ISO 8990)؛

۲- دمای محیطی متوسط سطح گرم،  $\theta_{ni}$ ، بر حسب °C؛

۳- دمای محیطی متوسط سطح سرد،  $\theta_{ne}$ ، بر حسب °C؛

۴- سرعت هوا و جهت آن روی سطوح سرد و گرم (هنگامی که اندازه‌گیری شده) بر حسب متر بر ثانیه؛

۵- انتقال حرارت اندازه‌گیری شده  $U_m$  همان‌گونه که از آزمون‌ها به دست می‌آید؛

۶- برای آزمون‌های استاندارد شده انتقال حرارت،  $U_{st}$ ، که بر حسب  $W / (m^2.K)$  است. برای مقاومت سطح کل استاندارد، تصحیح شده و برای دو حالت گرد شده است.

۷- با هدف اعلام محصول، فهرست زیر استفاده می‌شود:

- پنجره‌ها  $U_W = U_{st}$ ؛

- پنجره‌ها با کرکره بسته یا پرده  $U_{WS} = U_{st}$ ؛

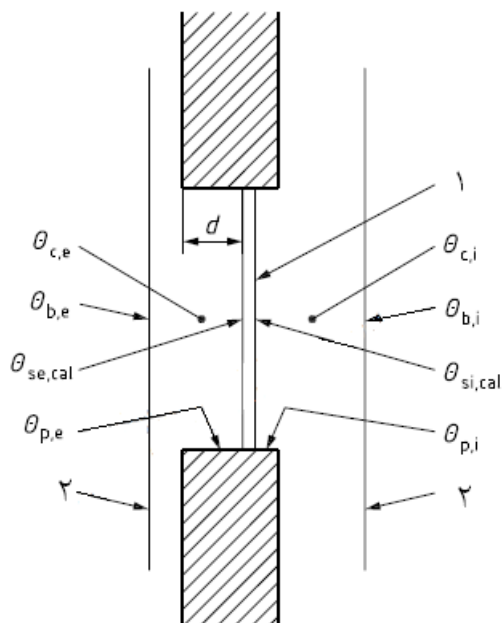
- درب‌ها  $U_D = U_{st}$ ؛

۸- تخمین خطاهای تقریبی اندازه‌گیری (برای مثال فرایند ارائه شده در مرجع [۷])

پیوست الف  
(الزامی)  
دماهای محیط

الف-۱ کلیات

در این پیوست نمادهای نشان داده شده در شکل الف-۱ استفاده شده اند.



راهنما:

(۱) پانل کالیبره یا نمونه آزمون

(۲) پانل منعکس کننده

$\theta_{s,cal}$  متوسط دمای سطح پانل کالیبره بر حسب  $^{\circ}C$

$\theta_p$  پوشش پانل کالیبره (بالا، کنار، پایین) بر حسب  $^{\circ}C$

$\theta_b$  متوسط دمای سطح پانل منعکس کننده بر حسب  $^{\circ}C$

$\theta_c$  متوسط دمای هوا بر حسب  $^{\circ}C$

شکل الف-۱ نمادهای بکار رفته برای دمای محیط

## الف-۲ دمای محیطی

دمای محیطی،  $\theta_n$  و  $\theta_c$  دمای هدایت، دمای محیطی  $\theta_n$  برحسب  $^{\circ}C$  را بر روی هر دو سطح با استفاده از معادله الف-۱ محاسبه کنید.

$$\theta_n = \frac{h_c \theta_c + h_r \theta_r}{h_c + h_r} \quad (\text{الف-۱})$$

$h$  ضرایب سطح انتقال حرارت برحسب  $W / (m^2.K)$  ؛  
 $c$  اندیس دمای هوای متوسط؛  
 $r$  اندیس دمای تابش متوسط.

کسر هدایت  $F_c$ ، همانگونه که در ۶-۲-۳-۲ توضیح داده شد باید از اندازه‌گیری‌های کالیبره به عنوان تابعی از چگالی آهنک جریان گرم  $q_{cal}$ ، محاسبه گردد. (به مثال شکل ت-۳ رجوع کنید).

## الف-۳ دمای متوسط تابشی

دمای متوسط تابشی  $\theta_r$ ، برحسب  $^{\circ}C$  از سطوح، رویت شده روی سطح نمونه آزمون (پانل کالیبره یا پنجره) باید با استفاده از معادله‌های (الف-۲)، (الف-۳) و (الف-۴) محاسبه گردد.

الف- اگر عمق پوشش پانل پیرامون  $d \leq 50mm$  باشد انگاز از معادله (الف-۲) استفاده می‌شود:

$$\theta_r = \theta_b \quad (\text{الف-۲})$$

ب- اگر عمق پوشش پانل  $|\theta_b - \theta_p| \leq 5K$  انگاز از معادله (الف-۳) استفاده می‌شود:

$$\theta_r = \frac{\alpha_{cb} \theta_b + \alpha_{cp} \theta_p}{\alpha_{cb} + \alpha_{cp}} \quad (\text{الف-۳})$$

پ- در غیر این صورت از معادله (الف-۴) استفاده می‌شود:

$$\theta_r = \frac{\alpha_{cb} \theta_b + \alpha_{cp} \theta_p}{\alpha_{cb} + \alpha_{cp}} \quad (\text{الف-۴})$$

ضریب انتقال حرارت تابش  $h_r$ ، برحسب  $W / (m^2.K)$  از رابطه (الف-۵) محاسبه می‌شود

$$h_r = \alpha_{cb} h_{cb} + \alpha_{cp} h_{cp} \quad (\text{الف-۵})$$

$h_{cb}$  و  $h_{cp}$  ضرایب انتقال حرارت تابش بخش‌های تاریک می‌باشد که از معادلات (الف-۶) و (الف-۷) به دست می‌آید.

$$h_{cb} = \sigma (T_{cal}^2 + T_b^2) (T_{cal} + T_b) \quad (\text{الف-۶})$$

$$h_{cp} = \sigma (T_{cal}^2 + T_p^2) (T_{cal} + T_p) \quad (\text{الف-۷})$$

$\sigma$  ثابت بولتزمن است.  $(W / (m^2 \cdot K^4))$   $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$

$\alpha_{cb}, \alpha_{cp}$  ضریب‌های تابش از پانل منعکس‌کننده به پانل کالیبره و پوشش‌های پانل پیرامون به پانل پیرامون کالیبره است و از معادلات (الف-۸) و (الف-۹) به دست می‌آید.

مقادیر  $h_{cb}$  و  $h_{cp}$  از مجموعه داده‌های پانل کالیبره محاسبه می‌شود و می‌تواند برای کل نمونه‌ها با دمای سطح سرد مناسب استفاده شود.

ضرایب تابش  $\alpha_{cb}$  و  $\alpha_{cp}$  بدون توجه به بازتاب‌های ثانویه با استفاده از معادلات (الف-۸) و (الف-۹) محاسبه می‌شود.

$$\alpha_{cb} \approx \varepsilon_{cal} \varepsilon_b [f_{cb} + (1 - \varepsilon_p) f_{cp} f_{pb}] \quad (\text{الف-۸})$$

$$\alpha_{cp} \approx \varepsilon_{cal} \varepsilon_p [f_{cp} + (1 - \varepsilon_b) f_{cb} f_{bp} + (1 - \varepsilon_p) f_{cp} f_{pp}] \quad (\text{الف-۹})$$

$f$  ضریب دید بین سطوح؛

$\varepsilon$  تابش نسبی نیم‌کره‌ای.

زیر نوشت‌های ذیل جهت تبادل حرارت تابش را نمایش می‌دهد.

$cb$  از پانل کالیبره به طرف پانل منعکس‌کننده؛

$cp$  از پانل کالیبره به طرف پوشش پانل پیرامون؛

$pb$  از طرف پوشش پانل پیرامون به طرف پانل منعکس‌کننده؛

$bp$  از طرف پانل منعکس‌کننده به طرف پوشش پانل پیرامون؛

$pp$  از طرف پوشش پانل پیرامون به طرف پوشش پانل پیرامون.

ضریب‌های دید به عمق پوشش پانل پیرامون بستگی داشته،  $d$ ، و برای شکاف آزمون استاندارد شده در جدول (الف-۱) و (الف-۲) ارائه شده‌اند.

#### الف-۴ ضریب انتقال حرارتی سطح هدایت

ضریب انتقال حرارتی سطح هدایت،  $h_c$ ، برای سطوح سرد و گرم باید از معادله (الف-۱۰) محاسبه گردد.

$$h_c = \frac{q_{cal} - h_r |\theta_r - \theta_{cal}|}{|\theta_c - \theta_{cal}|} \quad (\text{الف-۱۰})$$

$q_{cal}$  چگالی آهنگ جریان گرم عبوری از پانل کالیبره بر حسب  $W/m^2$ .

جدول الف-۱- ضریب دید برای شکاف با ابعاد  $1230mm \times 1480mm$

عمق پوشش (d)					ضریب دید
۲۰۰mm	۱۵۰mm	۱۰۰mm	۵۰mm	۰mm	
۰٫۷۵۶	۰٫۸۰۹	۰٫۸۶۷	۰٫۹۳	۱	$f_{cb}$
۰٫۱۷۷	۰٫۱۴۲	۰٫۱۰۳	۰٫۰۵۹	۰	$f_{pp}$
۰٫۲۴۴	۰٫۱۹۱	۰٫۱۳۳	۰٫۰۷	۰	$f_{cp} = f_{bp}^a$
۰٫۴۱۲	۰٫۴۲۹	۰٫۴۴۹	۰٫۴۷۱	۰٫۵	$f_{bp}^b$
a به معادله (الف-۱۱) رجوع کنید.					
b به معادله (الف-۱۲) رجوع کنید.					

جدول الف-۲- ضریب دید برای شکاف با ابعاد  $1200mm \times 1200mm$

عمق پوشش (d)					ضریب دید
۲۰۰mm	۱۵۰mm	۱۰۰mm	۵۰mm	۰mm	
۰٫۷۳۳	۰٫۷۹	۰٫۸۵۳	۰٫۹۲۲	۱	$f_{cb}$
۰٫۱۹۸	۰٫۱۶	۰٫۱۱۷	۰٫۰۶۸	۰	$f_{pp}$
۰٫۲۶۷	۰٫۲۱	۰٫۱۴۷	۰٫۰۷۸	۰	$f_{cp} = f_{bp}^a$
۰٫۴۰۱	۰٫۴۲	۰٫۴۴۲	۰٫۴۶۶	۰٫۵	$f_{bp}^b$
a به معادله (الف-۱۱) رجوع کنید.					
b به معادله (الف-۱۲) رجوع کنید.					

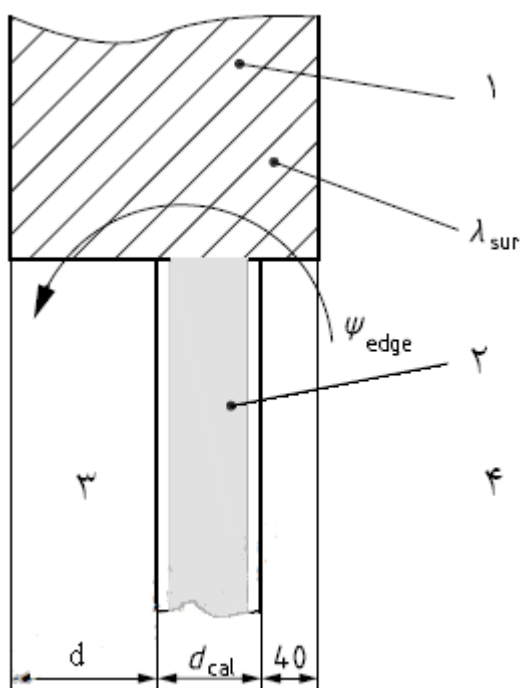
$$f_{cp} = f_{bp} = 1 - f_{cb} \quad (\text{الف-۱۱})$$

$$f_{pb} = \frac{(1 - f_{pp})}{2} \quad (\text{الف-۱۲})$$

برای سایر حالات هندسی یک فرایند محاسبه تبادل حرارت تابشی تفصیلی باید استفاده شود (به مراجع [۸] و [۹] رجوع کنید).

پیوست ب  
(الزامی)  
انتقال حرارتی خطی لبه

ب-۱ برای انتقال حرارتی خطی لبه به شکل‌های ب-۱ و ب-۲ و جدول ب-۱ رجوع کنید.



راهنما:

(۱) پانل پیرامون

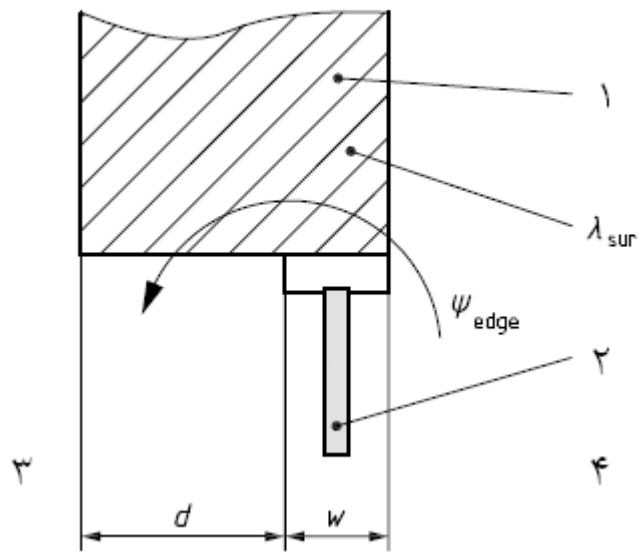
(۲) پانل کالیبره

(۳) سطح سرد

(۴) سطح گرم

شکل ب-۱- پانل کالیبره شیشه کاری شده با ضخامت  $d_{cal}$





راهنما

- (۱) پانل پیرامون
- (۲) نمونه مورد آزمون
- (۳) سطح سرد
- (۴) سطح گرم

شکل ب-۲- نمونه مورد آزمون با عرض قاب  $W$

جدول ب-۱- انتقال حرارتی خطی برای پانل کالیبره شیشه کاری شده

$d_{cal}=100 \text{ mm}$ برای $\Psi_{edge}$			$d_{cal}=60 \text{ mm}$ برای $\Psi_{edge}$			d
W/(m.K)			W/(m.K)			
$\lambda_{sur}$	$\lambda_{sur}$	$\lambda_{sur}$	$\lambda_{sur}$	$\lambda_{sur}$	$\lambda_{sur}$	mm
۰٫۰۴۰	۰٫۰۳۵	۰٫۰۳۰	۰٫۰۴۰	۰٫۰۳۵	۰٫۰۳۰	
W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	
۰٫۰۰۳۱	۰٫۰۰۲۷	۰٫۰۰۲۳	۰٫۰۰۵۷	۰٫۰۰۵۰	۰٫۰۰۴۴	صفر
۰٫۰۰۳۲	۰٫۰۰۲۸	۰٫۰۰۲۴	۰٫۰۰۵۴	۰٫۰۰۴۸	۰٫۰۰۴۱	۲۰
۰٫۰۰۴۰	۰٫۰۰۳۵	۰٫۰۰۳۰	۰٫۰۰۶۵	۰٫۰۰۵۸	۰٫۰۰۵۰	۴۰
۰٫۰۰۵۲	۰٫۰۰۴۶	۰٫۰۰۳۹	۰٫۰۰۸۲	۰٫۰۰۷۲	۰٫۰۰۶۳	۶۰
۰٫۰۰۶۵	۰٫۰۰۵۷	۰٫۰۰۵۰	۰٫۰۱۰۰	۰٫۰۰۸۸	۰٫۰۰۷۷	۸۰
۰٫۰۰۷۹	۰٫۰۰۷۰	۰٫۰۰۶۰	۰٫۰۱۱۸	۰٫۰۱۰۴	۰٫۰۰۹۰	۱۰۰
۰٫۰۰۹۳	۰٫۰۰۸۲	۰٫۰۰۷۱	۰٫۰۱۳۶	۰٫۰۱۲۰	۰٫۰۱۰۴	۱۲۰
۰٫۰۱۰۷	۰٫۰۰۹۴	۰٫۰۰۸۱	۰٫۰۱۵۳	۰٫۰۱۳۵	۰٫۰۱۱۷	۱۴۰
۰٫۰۱۲۰	۰٫۰۱۰۶	۰٫۰۰۹۱	۰٫۰۱۷۰	۰٫۰۱۵۰	۰٫۰۱۳۰	۱۶۰
۰٫۰۱۳۳	۰٫۰۱۱۷	۰٫۰۱۰۱	۰٫۰۱۸۵	۰٫۰۱۶۴	۰٫۰۱۴۲	۱۸۰
۰٫۰۱۴۵	۰٫۰۱۲۸	۰٫۰۱۱۱	۰٫۰۲۰۰	۰٫۰۱۷۷	۰٫۰۱۵۳	۲۰۰

مقادیر  $\psi$  برای مقادیر میانی  $\lambda_{sur}$  ،  $d_{cal}$  و  $d$  توسط درون‌یابی خطی به دست آمده‌اند.

ب-۲ برای انتقال حرارتی خطی نمونه آزمون به جدول ب-۲ رجوع کنید.

جدول ب-۲- انتقال حرارتی خطی نمونه مورد آزمون

$\Psi_{edge}$ W/(m.K)			d	w	$\Psi_{edge}$ W/(m.K)			d	w
$\lambda_{sur}$ ۰٫۰۴۰	$\lambda_{sur}$ ۰٫۰۳۵	$\lambda_{sur}$ ۰٫۰۳۰	mm	mm	$\lambda_{sur}$ ۰٫۰۴۰	$\lambda_{sur}$ ۰٫۰۳۵	$\lambda_{sur}$ ۰٫۰۳۰	mm	mm
W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)			W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)		
۰٫۰۰۳۶	۰٫۰۰۳۳	۰٫۰۰۲۹	۴۰	۱۰۰	۰٫۰۱۳۹	۰٫۰۱۲۶	۰٫۰۱۱۲	۶۰	۴۰
۰٫۰۰۷۹	۰٫۰۰۷۱	۰٫۰۰۶۳	۸۰		۰٫۰۱۷۷	۰٫۰۱۶۰	۰٫۰۱۴۲	۸۰	
۰٫۰۱۱۸	۰٫۰۱۰۶	۰٫۰۰۹۳	۱۲۰		۰٫۰۲۳۸	۰٫۰۲۱۴	۰٫۰۱۸۹	۱۲۰	
۰٫۰۱۵۵	۰٫۰۱۳۸	۰٫۰۱۲۰	۱۶۰		۰٫۰۲۹۲	۰٫۰۲۶۲	۰٫۰۲۳۰	۱۶۰	
۰٫۰۱۸۶	۰٫۰۱۶۶	۰٫۰۱۴۴	۲۰۰		۰٫۰۳۳۵	۰٫۰۲۹۹	۰٫۰۲۶۳	۲۰۰	
۰٫۰۰۳۲	۰٫۰۰۲۹	۰٫۰۰۲۶	۴۰	۱۱۰	۰٫۰۰۹۷	۰٫۰۰۸۸	۰٫۰۰۷۹	۵۰	۵۰
۰٫۰۰۷۲	۰٫۰۰۶۴	۰٫۰۰۵۷	۸۰		۰٫۰۱۵۰	۰٫۰۱۳۵	۰٫۰۱۱۹	۸۰	
۰٫۰۱۰۹	۰٫۰۰۹۷	۰٫۰۰۸۵	۱۲۰		۰٫۰۲۰۶	۰٫۰۱۸۵	۰٫۰۱۶۳	۱۲۰	
۰٫۰۱۴۳	۰٫۰۱۲۷	۰٫۰۱۱۱	۱۶۰		۰٫۰۲۵۶	۰٫۰۲۲۹	۰٫۰۲۰۱	۱۶۰	
۰٫۰۱۷۳	۰٫۰۱۵۳	۰٫۰۱۳۴	۲۰۰		۰٫۰۲۹۷	۰٫۰۲۶۵	۰٫۰۲۳۲	۲۰۰	
۰٫۰۰۲۸	۰٫۰۰۲۶	۰٫۰۰۲۳	۴۰	۱۲۰	۰٫۰۰۶۵	۰٫۰۰۵۹	۰٫۰۰۵۳	۴۰	۶۰
۰٫۰۰۶۵	۰٫۰۰۵۸	۰٫۰۰۵۱	۸۰		۰٫۰۱۲۹	۰٫۰۱۱۶	۰٫۰۱۰۳	۸۰	
۰٫۰۱۰۰	۰٫۰۰۸۹	۰٫۰۰۷۸	۱۲۰		۰٫۰۱۸۳	۰٫۰۱۶۴	۰٫۰۱۴۴	۱۲۰	
۰٫۰۱۳۲	۰٫۰۱۱۷	۰٫۰۱۰۲	۱۶۰		۰٫۰۲۲۸	۰٫۰۲۰۴	۰٫۰۱۷۸	۱۶۰	
۰٫۰۱۶۱	۰٫۰۱۴۳	۰٫۰۱۲۴	۲۰۰		۰٫۰۲۶۷	۰٫۰۲۳۸	۰٫۰۲۰۸	۲۰۰	
۰٫۰۰۲۶	۰٫۰۰۲۳	۰٫۰۰۲۱	۴۰	۱۳۰	۰٫۰۰۳۹	۰٫۰۰۳۶	۰٫۰۰۳۳	۳۰	۷۰
۰٫۰۰۶۰	۰٫۰۰۵۳	۰٫۰۰۴۷	۸۰		۰٫۰۰۸۴	۰٫۰۰۷۶	۰٫۰۰۶۸	۶۰	
۰٫۰۰۹۲	۰٫۰۰۸۲	۰٫۰۰۷۲	۱۲۰		۰٫۰۱۶۱	۰٫۰۱۴۴	۰٫۰۱۲۶	۱۲۰	
۰٫۰۱۲۳	۰٫۰۱۰۹	۰٫۰۰۹۵	۱۶۰		۰٫۰۲۰۵	۰٫۰۱۸۳	۰٫۰۱۶۰	۱۶۰	
۰٫۰۱۵۰	۰٫۰۱۳۳	۰٫۰۱۱۶	۲۰۰		۰٫۰۲۴۱	۰٫۰۲۱۵	۰٫۰۱۸۸	۲۰۰	
۰٫۰۰۲۳	۰٫۰۰۲۱	۰٫۰۰۱۹	۴۰	۱۴۰	۰٫۰۰۲۱	۰٫۰۰۲۰	۰٫۰۰۱۸	۲۰	۸۰
۰٫۰۰۵۵	۰٫۰۰۴۹	۰٫۰۰۴۳	۸۰		۰٫۰۰۴۷	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۳۸	۴۰	
۰٫۰۰۸۶	۰٫۰۰۷۶	۰٫۰۰۶۷	۱۲۰		۰٫۰۰۹۹	۰٫۰۰۸۹	۰٫۰۰۷۹	۸۰	
۰٫۰۱۱۴	۰٫۰۱۰۲	۰٫۰۰۸۹	۱۶۰		۰٫۰۱۸۵	۰٫۰۱۲۹	۰٫۰۱۱۳	۱۶۰	
۰٫۰۱۴۰	۰٫۰۱۲۵	۰٫۰۱۰۸	۲۰۰		۰٫۰۲۲۰	۰٫۰۱۹۶	۰٫۰۱۷۱	۲۰۰	
۰٫۰۰۲۱	۰٫۰۰۱۹	۰٫۰۰۱۷	۴۰	۱۵۰	۰٫۰۰۰۹	۰٫۰۰۰۹	۰٫۰۰۰۸	۱۰	۹۰
۰٫۰۰۵۰	۰٫۰۰۴۵	۰٫۰۰۴۰	۸۰		۰٫۰۰۲۹	۰٫۰۰۲۷	۰٫۰۰۲۴	۳۰	
۰٫۰۰۷۹	۰٫۰۰۷۱	۰٫۰۰۶۲	۱۲۰		۰٫۰۰۶۵	۰٫۰۰۵۹	۰٫۰۰۵۲	۶۰	
۰٫۰۱۰۷	۰٫۰۰۹۵	۰٫۰۰۸۳	۱۶۰		۰٫۰۱۰۳	۰٫۰۱۱۶	۰٫۰۱۰۲	۱۲۰	
۰٫۰۱۳۲	۰٫۰۱۱۷	۰٫۰۱۰۲	۲۰۰		۰٫۰۲۰۲	۰٫۰۱۸۰	۰٫۰۱۵۷	۲۰۰	

مقادیر  $\Psi$  برای مقادیر میانی  $\lambda_{sur}$  را می توان توسط درون یابی خطی به دست آورد.

اگر  $w > 150mm$  بود، آنگاه  $\Psi_{edge}$  بسیار کوچک خواهد بود و می توان از آن صرف نظر کرد ( $\Psi = 0$ ).

## پیوست پ

(اطلاعاتی)

### طراحی انتقال کالیبره استاندارد

#### پ-۱ طراحی صفحات کالیبره شیشه کاری شده

##### پ-۱-۱ کلیات

برای کالیبراسیون مقاومت‌های سطح و برای بررسی مقاومت حرارتی پانل پیرامون، یک پانل کالیبره که مانند مبدل حرارتی بزرگ عمل می‌کند، استفاده می‌شود. پانل کالیبره متشکل از مواد هسته‌ای با شاخص‌های مناسب و همگن بوده که از تخته‌ای عایق‌کاری شده ساخته شده است. هدایت حرارتی آن مشخص می‌باشد و از هر دو طرف به وسیله موادی که تابش نسبی آنها مشخص است، پوشیده شده است به عنوان مثال ورقه شیشه معمولی (به مرجع [۱۰] رجوع کنید).

##### پ-۱-۲ مواد

پ-۱-۲-۱-۱ مواد هسته، از پلی استایرن منبسط سفید با چگالی تقریبی  $28 \text{ kg/m}^3$  هسته هر دو پانل باید از ورقه همان نوع پلی استایرنی که نمونه‌های هدایت حرارتی با آنها ساخته شده‌اند، ساخته شود؛

پ-۱-۲-۱-۲ مواد پوششی از شیشه سخت کاری شده با ضخامت  $4 \text{ mm}$  با لبه های یخ شده.

پ-۱-۲-۱-۳ چسب دمای پایین پایدار متمایل به سمت دمای کالیبره طرف سرد.

##### پ-۱-۳ جزئیات ساخت

پ-۱-۳-۱-۱ استقرار نقطه جوش: نقشه نقاط استفاده از چسب، شیشه را به پلی استایرن با استفاده از یک چسب مناسب با آرایه نقاط  $4 \times 4$  برای صفحات  $148 \times 148$  بچسبانید. باید دقت شود که نقاط چسب کاری شده نباید با وضعیت قرارگیری ترموکوپل‌های سطح که در طول دستگاه اندازه‌گیری کالیبره جعبه داغ قرار داده شده‌اند تداخل داشته باشد.

پ-۱-۳-۱-۲ روش های استفاده از چسب:

پ-۱-۳-۱-۳-۱ چسب کاری شده را به هسته اصلی پلی استایرن با استفاده از چسب سیلیکون با نقاط چسب کاری شده به قطر  $35 \text{ mm}$  بچسبانید. و ثابت کنید. نقاط چسب زده شده باید به شکل یکنواخت در سطح کار پخش شوند و باید مراقب بود که جاهایی که ترموکوپل‌های سطح قرار دارند، نباشند. این ترموکوپل‌ها همان‌طور که گفته شد در کل دستگاه اندازه‌گیری کالیبره جعبه داغ ثابت شده‌اند.

پ-۱-۳-۱-۳-۲ روش دیگر اجرایی، ارائه روش چسب کاری به شکل یکنواخت با نقاط چسب کاری شده به قطر  $35 \text{ mm}$  می‌باشد. واشرهای فلزی با قطر سوراخ  $28 \text{ mm}$  و ضخامت  $0.5 \text{ mm}$  در سطح پلی استایرن در آرایه‌های مورد نیاز قرار داده می‌شوند. سوراخ واشرها تا بالاترین سطح با چسب پر شده آنگاه واشرها برداشته می‌شوند.

پ-۱-۳-۲-۳ شیشه در جای خود قرار می‌گیرد و باید مطمئن شد که لبه‌ها کاملاً روی مواد پلی استایرن قرار گرفته‌اند. لوله‌ها با قرار دادن یک تکه از تخته سه لا با ضخامت ۱۹mm روی بالاترین قسمت شیشه تحت فشار قرار داده شده و با سطح‌های ماسه پر می‌شود. طبق تجربه وزن ۱۰۰ کیلوگرمی که به شکل یکنواخت روی سطح پخش شده کافی است.

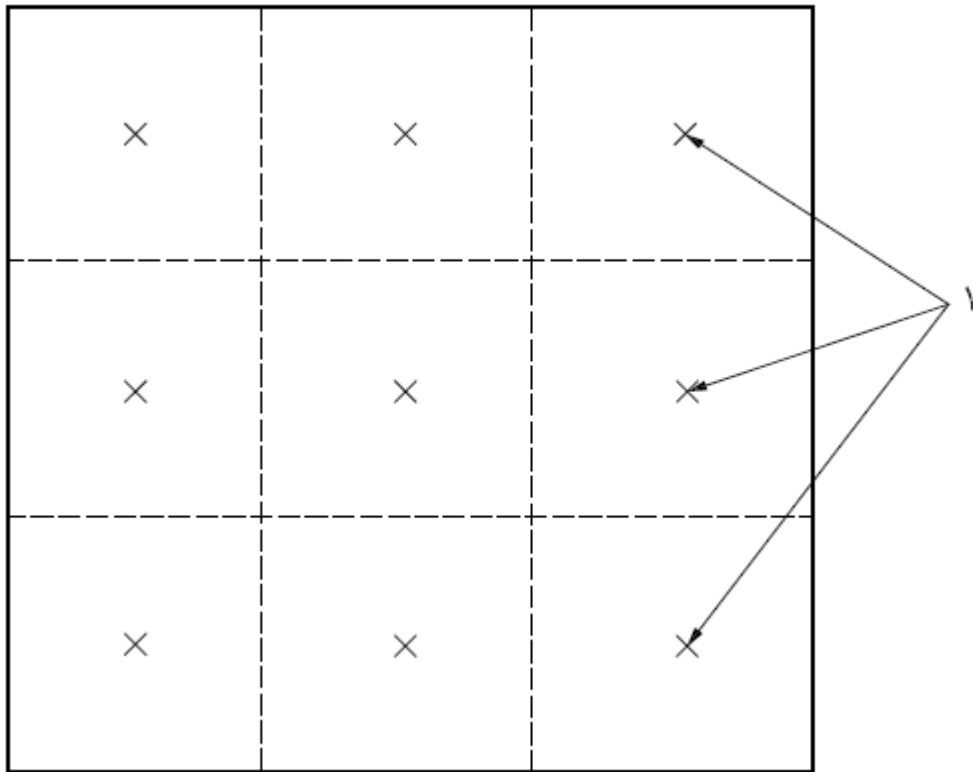
پ-۱-۳-۲-۴ باید تمامی شیشه با استفاده از حلال‌هایی نظیر استون قبل از زدن چسب پاک و تمیز شود.  
پ-۱-۳-۲-۵ لبه‌های صفحات را برای کاهش رطوبت با نوار آب‌بندی کنید و صفحات را همیشه در محیط خشک نگه دارید.

پ-۱-۳-۳ تعیین ضخامت صفحات: تعیین ضخامت پانل EPS و ضخامت کل متوسط یکی از بحرانی‌ترین مراحل ساخت صفحات کالیبره است. ضخامت پانل پلی استایرن و ضخامت پانل شیشه کاری شده متوسط را با بیشینه دقت ممکن تعیین کنید.

در رسانا درجه عدم قطعیت  $\pm 0.1$  mm در  $12$  mm معادل  $\pm 0.8$  می باشد. ضخامت پانل را حداقل در ۲۵ نقطه اندازه بگیرید. این اندازه‌گیری را به شکل یکنواخت در همه جای پانل انجام دهید. به منظور محاسبه هدایت حرارتی پانل کالیبره ضخامت هسته اصلی متوسط شکاف بین داخلی‌ترین سطوح دو ورقه شیشه در نظر گرفته می‌شود. بهتر است برای فاصله هوایی تغییراتی اعمال شود. ضخامت شیشه خیلی یکنواخت بوده و می‌توان ضخامت اندازه‌گیری شده در لبه را به عنوان ضخامت شیشه در نظر گرفت.

پ-۱-۳-۴ اندازه‌گیری هدایت حرارتی: هدایت حرارتی پلی استایرن بهتر است با دستگاه مطابق با مشخصات ارائه شده از طرف تولید کننده و براساس استانداردهای ISO 8301 و ISO 8302 اندازه‌گیری شود. در هر صورت هدایت حرارتی باید با عدم قطعیت بیش از  $\pm 3.6\%$  در سطح اطمینان ۰/۹۵ اندازه‌گیری شود.

پ-۱-۳-۵ روش‌های نصب ترموکوپل‌ها: ترموکوپل‌ها باید از سیم‌هایی با ضخامت حداکثر  $0.3$  mm ساخته شوند. عایق کاری ترموکوپل‌ها باید حتماً به فاصله  $15$  mm از محل نقطه اتصال داغ باشد. ترموکوپل‌ها حداقل به اندازه  $100$  mm روی سطح باید نوار پیچی شوند. نوار باید حتماً از نوع نوارهای پوشاننده باشد. در هر طرف حداقل ۹ سنسور دما به شکل یکنواخت باید نصب شود. (به شکل پ-۱ رجوع کنید).



راهنما:

۱ سنسور دما

یادآوری - اندازه های این شکل براساس مقیاس رسم نشده است. وضعیت سنورهای دما در انتقال کالیبره استاندارد (شکل پ-۱).

شکل پ-۱

## پ-۲ طراحی انتقال کالیبره استاندارد

یک مبدل شار حرارتی با دامنه عملکرد وسیع برای استفاده در کالیبره ضرایب انتقال حرارتی سطح به کاررفته است. (به مراجع رجوع کنید). انتقال کالیبره استاندارد شامل هسته CTS همگن که دارای شاخص-های مناسب است از تخته عایقی که هدایت حرارتی مشخص دارد و این هدایت از طریق اندازه‌گیری به وسیله روش آزمون ارائه شده در مراجع [۱۱] یا [۱۲] می باشد، ساخته شده است. هسته CTS توصیه شده، هسته‌ای است که از پلی استایرن منبسط با ضخامت  $12.7 \text{ mm}$  دارای چگالی بیش از  $20$  کیلو گرم بر متر مکعب ساخته شده باشد که حداقل به مدت  $90$  روز در آزمایشگاه بدون پوشش نگهداری شده است. پلی استایرن منبسط با چگالی نامی  $50$  کیلوگرم برمتر مکعب و هدایت حرارتی نامی  $0.33 \text{ W/mK}$  به خوبی جواب داده است. ماشین کاری سطح پلی استایرن منبسط برای اطمینان از همواری سطح آن توصیه می شود. مواد پوششی مناسب عبارتند از شیشه آب کاری شده به ضخامت  $3 \text{ mm}$  تا  $6 \text{ mm}$  (ورقه‌های شیشه با ضخامت  $4 \text{ mm}$  با هدایت گرمائی نامی  $1 \text{ W/mK}$  و ضریب نفوذ نیم کره‌ای سطح نامی  $84\%$  به خوبی جواب

داده است) یا ورقه پلی کربنات تمیز به ضخامت ۳ mm تا ۶ mm تابش نسبی سطح پلی کربنات باید به دقت اندازه گیری شده و در جاهای مناسب که محاسبات تابش نسبی سطح ۴CTS مورد نیاز است استفاده شود. ورقه های پلی کربنات با ضخامت ۴mm با هدایت حرارتی نامی  $0.2 \text{ W/mK}$  و ضریب نفوذ نیم کره ای سطح نامی  $0.9$  به خوبی جواب داده اند. قبل از سرهم کردن ۴ CTS، هدایت حرارتی ماده مورد استفاده هسته CTS را در یک پانل داغ محافظت شده (روش آزمون C1۷۷ در مرجع [۱۱]) یا یک اندازه گیری جریان گرم (روش آزمون C1۵۸ در مرجع [۱۲]) حداقل در ۳ محدوده دمای کاربردی اندازه بگیرید. ( $10^\circ\text{C}$  و  $0^\circ\text{C}$  و  $10^\circ\text{C}$ ) توصیه می شود. سنسورهای دما در جاهائی که با ماسه پر شده، نصب شده اند جدول پ-۱ حداقل تعداد سنسورهای دما برای هر طرف از محدوده ای وسیع از اندازه ۴CTS را ارائه می دهد.

جدول پ-۱- سنسورهای دما

اندازه CTS m	سطح CTS m <sup>2</sup>	کمترین تعداد سنسورها	تعداد پیشنهادی سنسورها	آرایه های پیشنهادی
۰.۶۱×۱.۲۲	۰.۷۴	۱۲	۱۸	۳×۶
۰.۹۱×۱.۵۲	۱.۳۹	۱۸	۲۴	۴×۶
۱.۲۲×۱.۸۳	۲.۲۳	۲۴	۳۲	۴×۸
۱.۲۲×۲.۱۳	۲.۶	۲۸	۴۲	۶×۷
۱.۸۳×۲.۰۳	۳.۷۲	۴۰	۴۸	۶×۸

سنسورهای دما باید در محدوده های مساوی برای سادگی محاسبه در ناحیه پر شده با ماسه چیده شوند. (میانگین ردیف، ستون یا دمای ناحیه پر شده، متوسط ردیف، ستون یا همه سنسورهای یک طرف لحاظ می شود) سنسورهای دما باید بتوانند دماهای مختلف سراسر هسته CTS را دقیقاً اندازه گیری نمایند. مشخص شده که استفاده از ۳۰ سنسور ترموکوپل با قطر  $0.3 \text{ mm}$  یا کمتر از جنس (مس - کنستانت) عایق شده از جنس همان سیم برای هر دو طرف CTS برای حصول اختلاف دقیق دمای هسته مناسب می باشد. سیم دو رشته با قطر کوچکتر به اندازه تقریبی  $1.0 \text{ mm}$  لخت می شود، و بعد هر سیمی جداگانه به یک طرف ماده نازک واشر مسی به ضخامت تقریبی  $0.8 \text{ mm}$  به اندازه  $20 \times 20 \text{ mm}$  لحیم می شود. سیمی از جنس کنستانتان باید به وسط واشر مسی لحیم شود. و سیم ترموکوپل مس به صورت جداگانه به واشر مسی که تقریباً به فاصله  $6 \text{ mm}$  از آن قرار دارد لحیم می گردد. توصیه می شود از لحیم با ترکیب رزین و سرب ( $40/60$ ) و قطر نامی  $6 \text{ mm}$  استفاده شود. نقاط لحیم کاری باید با الکل پاک شود تا باقی مانده های لحیم کاری از بین برود. طرف هموار دیگر مواد واشر با یک فیلم نازک از اپوکسی به قسمت سطوح شیشه کاری شده داخلی پوشش دار می چسبد. بعد از آنکه اپوکسی خشک شد و از دور و بر سطح شیشه کاری شده زدوده شد، سطوح داخلی پوشش دار شیشه کاری شده و سطوح هسته پلی استایرن منبسط با یک فیلم نازک از پلی استایرن سازگار با چسب پایه آب پوشیده می شود. بعد از خشک شدن چسب (حداقل ۲۴ ساعت در دمای اتاق با رطوبتی کمتر از  $0.50$  توصیه می شود، وقتی خشک شد نباید به دست بچسبد). پلی استایرن

منبسط به سطح شیشه کاری شده با فشار یکنواخت زیاد به سطح‌های خارجی شیشه‌کاری شده در مدت زمان مناسب می‌چسبند. تا سطوح شیشه‌کاری شده به شکل دائمی به پلی استایرن بچسبند. از قبل هدایت حرارتی ماده هسته مشخص است (قبلاً اندازه‌گیری شده) و امکان محاسبه دقیق ضخامت آن وجود دارد، هدایت هسته می‌تواند محاسبه شود. این مسئله به ما اجازه می‌دهد تا فلوی حرارتی را در کل CTS پس از اندازه‌گیری اختلاف دما در کل هسته به دست آوریم. محاسبه دمای سطح CTS شیشه‌کاری شده در سطوح ارتباطی شیشه - هسته با استفاده از مقاومت حرارتی شناخته شده ، شیشه مجاز است.



## پیوست ت

(اطلاعاتی)

### مثال آزمون کالیبره و اندازه گیری نمونه پنجره

#### ت-۱ آزمون کالیبره با پانلی به ابعاد $1.2\text{ m} \times 1.2\text{ m}$

از پانل کالیبره با مقاومت حرارتی کل تقریبی  $0.4\text{ mk/w}$  و  $1.5\text{ mK/w}$  و ضخامت کل  $20\text{ mm}$  و  $59\text{ mm}$  استفاده و صفحات با هسته پلی استایرن منبسط ساخته شدند. و هر دو طرف آنها به ضخامت  $4\text{ mm}$  با شیشه فلوت مطابق پیوست «پ» پوشیده شد. (ابعاد صفحات  $1.2 \times 1.2\text{ mm}$ ) پانل کالیبره اطراف پانل پیرامون از پلی استایرن با ضخامت  $100\text{ mm}$  ساخته شده و نصب گردید. داده‌های اندازه‌گیری شده در جدول ت-۱ تا ت-۴ خلاصه شده‌اند. داده‌های اصلی برای هسته پلی استایرن و مواد پانل پیرامون در یک دستگاه پانل داغ مطابق استاندارد ISO 8302 اندازه‌گیری شد.

داده‌های اندازه‌گیری شده عبارتند از:

$$1- \text{ پانل } 1 (d = 20\text{ mm}) : R_{cal} = 0.408405 - 0.001487\theta_{me}$$

$$2- \text{ پانل } 2 (d = 59\text{ mm}) : R_{cal} = 1.54855 - 0.00488\theta_{me}$$

$$3- \text{ پانل پیرامون } (d = 100\text{ mm}) : \lambda_{sur} = 0.03145 + 0.00018\theta_{me}$$

که  $\theta_{me}$  دمای میانگین پانل بر حسب درجه سلسیوس است.

جدول ت-۱- پانل های کالیبراسیون

پانل ۱						پانل ۲					
مقدار اندازه گیری شده						مقدار اندازه گیری شده					
$d$ ضخامت کل						$d$ ضخامت کل					
$A$ سطح پانل						$A$ سطح پانل					
$A_{sur}$ سطح پیرامون پانل						$A_{sur}$ سطح پیرامون پانل					
$A_t$ سطح اندازه گیری گرم						$A_t$ سطح اندازه گیری گرم					
$L$ طول محیط						$L$ طول محیط					
شماره آزمون						شماره آزمون					
دمای سرد						دمای سرد					
$\theta_{ce}$ هوا						$\theta_{ce}$ هوا					
$\theta_{se,b}$ تیغه						$\theta_{se,b}$ تیغه					
$\theta_{se,cal}$ پانل کالیبراسیون						$\theta_{se,cal}$ پانل کالیبراسیون					
$\theta_{se,p}$ پانل کلی						$\theta_{se,p}$ پانل کلی					
$\theta_{se,sur}$ پانل پیرامون						$\theta_{se,sur}$ پانل پیرامون					
دمای گرم						دمای گرم					
$\theta_{ci}$ هوا						$\theta_{ci}$ هوا					
$\theta_{si,b}$ تیغه						$\theta_{si,b}$ تیغه					
$\theta_{si,cal}$ پانل کالیبراسیون						$\theta_{si,cal}$ پانل کالیبراسیون					
$\theta_{si,p}$ پانل کلی						$\theta_{si,p}$ پانل کلی					
$\theta_{si,sur}$ پانل پیرامون						$\theta_{si,sur}$ پانل پیرامون					
$\phi_{in}$ قدرت (توان) ورودی						$\phi_{in}$ قدرت (توان) ورودی					
$v_i$ به						$v_i$ به					
$v_e$ به						$v_e$ به					

<sup>a</sup> آزمون شماره ۱ به منظور ثابت کردن تنظیمات خنک کننده در سمت سرد مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ت-۲- انتقال حرارتی خطی و فاکتورهای دید برای پانل‌های کالیبراسیون

پانل ۲	پانل ۱	توضیح	مقادیر به دست آمده پس از نصب ساختار	
۵۹	۲۰		$mm$ ضخامت کل پانل کالیبراسیون	
۱۰۰	۱۰۰	-	$mm$ ضخامت کل پانل پیرامون	
۴۰	۴۰	-	$mm$ عمق کل پانل پیرامون - سمت گرم	
۱	۴۰	-	$mm$ عمق کل پانل پیرامون - سمت سرد	
۰٫۰۰۴۸	-	جدول (ب-۱)	$W / (m.K)$ برای $\psi_{edge} = 0.033W / (m.K)$	
۰٫۹۳۸	۰٫۹۳۸	جدول (الف-۲)	$f_{cbi}$ $f_{ppi}$ $f_{cpi}$ $f_{bpi}$ $f_{pbi}$ $f_{cbe}$ $f_{ppe}$ $f_{cpe}$ $f_{bpe}$ $f_{pbe}$ $\alpha_{cbe}$ $\alpha_{cpe}$	
۰٫۰۵۴	۰٫۰۵۴	جدول (الف-۲)		فاکتورهای دید
۰٫۰۶۲	۰٫۰۶۲	معادله (الف-۱۱)		سمت گرم
۰٫۰۶۲	۰٫۰۶۲	معادله (الف-۱۱)		
۰٫۴۷۳	۰٫۴۷۳	معادله (الف-۱۲)		فاکتورهای شعاعی
۰٫۷۵	۰٫۷۵	معادله (الف-۸)		
۰٫۰۵	۰٫۰۵	معادله (الف-۹)		
۰٫۹۹۸	۰٫۹۳۸	جدول (الف-۲)	$f_{cbe}$ $f_{ppe}$ $f_{cpe}$ $f_{bpe}$ $f_{pbe}$ $\alpha_{cbe}$ $\alpha_{cpe}$	
۰٫۰۰۱	۰٫۰۵۴	جدول (الف-۲)		فاکتورهای دید
۰٫۰۰۲	۰٫۰۶۲	معادله (الف-۱۱)		سمت سرد
۰٫۰۰۲	۰٫۰۶۲	معادله (الف-۱۱)		
۰٫۵	۰٫۴۷۳	معادله (الف-۱۲)		فاکتورهای شعاعی
۰٫۷۹۷	۰٫۷۵	معادله (الف-۸)		
۰٫۰۰۲	۰٫۰۵	معادله (الف-۹)		
یادآوری- فاکتورهای شعاعی با قابلیت انتشار زیر محاسبه می‌شوند: $\epsilon_{cal} = 0.84, \epsilon_p = 0.92, \epsilon_b = 0.95$				

جدول ت-۳- محاسبات مقاومت حرارتی پانل پیرامون،  $R_{sur}$

پانل ۲ (۵۹ mm)			توضیح	عنصر داده
۲۹٫۸۹	۱۹٫۳۱	۹٫۹۹	-	$K$ $\Delta\theta_c$
۲۸٫۱۱	۱۸٫۲۱	۹٫۴۹	-	$K$ $\Delta\theta_{s,sur}$
۴٫۶۱	۹٫۹۸	۱۴٫۷۶	-	$^{\circ}C$ $\theta_{me,sur}$
۳۹٫۹۵	۲۶٫۲۵	۱۳٫۸۴	-	$W$ $\phi_{in}$
۲۵٫۰۹	۱۶٫۴۳	۸٫۶۱	معادله (۹)	$W$ $\phi_{cal}$
۰٫۶۹	۰٫۴۴	۰٫۲۳	معادله (۱۰)	$W$ $\phi_{edge}$
۱۴٫۱۷	۹٫۳۸	۵	-	$W$ $\phi_{in} - \phi_{cal} - \phi_{edge}$
۳٫۰۹۵	۳٫۰۲۹	۲٫۹۶۱	معادله (۸)	$m^2.K / W$ $R_{sur}$
بازرسی اختیاری با اطلاعات اندازه‌گیری شده از صفحه داغ				
۴٫۶۱	۹٫۹۸	۱۴٫۷۶	-	$^{\circ}C$ $\theta_{me,sur}$
۰٫۳۲۳	۰٫۰۳۳۳	۰٫۰۳۴۱	رگرسیون خطی	$W / (m.K)$ $\lambda_{sur}$
۳٫۰۹۶	۳٫۰۰۳	۲٫۹۳۳	$d / \lambda_{sur}$	$m^2.K / W$ $R_{sur}$
-۰	-۰٫۹	-۱	اختلاف نسبی	$\Delta R_{sur} / R_{sur}$

جدول ت-۴- محاسبات مربوط به مقاومت‌های سطح و شکست هدایت،  $F_c$

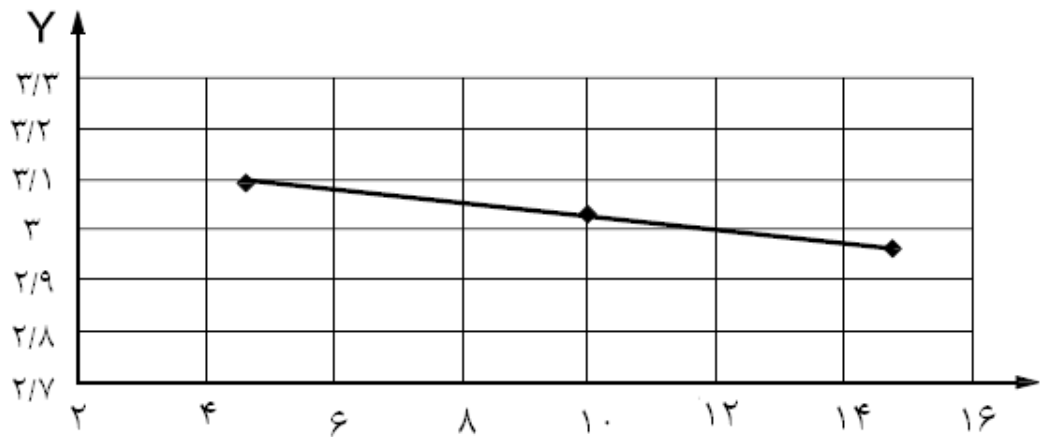
پانل ۲ (۵۹mm)			پانل ۱ (۲۰mm)			توضیح	عنصر مربوطه
۴,۵	۹,۹۶	۱۴,۷۵	۳,۶۳	۹,۷	۱۴,۳۹	-	$\theta_{me,cal}$ °C
۲۶,۶	۱۷,۱۱	۸,۸۳	۲۰,۷۹	۱۳,۹۳	۶,۸۲	-	$\Delta\theta_{s,cal}$ K
۱,۵۲۷	۱,۴۹۹	۱,۴۷۷	۰,۴۰۳	۰,۳۹۴	۰,۳۸۷	معادله (۳)	$R_{cal}$ $m^2.K/W$
۱۷,۴۲	۱۱,۴۱	۵,۹۸	۵۱,۵۹	۳۵,۳۶	۱۷,۶۲	معادله (۲)	$q_{cal}$ $W/m^2$
۵,۶۳	۵,۶۶	۵,۶۸	۵,۵۲	۵,۶۲	۵,۶۴	معادله (الف-۶)	$h_{cb,i}$ $W/(m^2.K)$
۴,۱۶	۴,۶۷	۵,۱۵	۴,۲۲	۴,۷۱	۵,۱۷	معادله (الف-۶)	$h_{cb,e}$ $W/(m^2.K)$
۵,۶	۵,۶۳	۵,۶۷	۵,۴۵	۵,۵۸	۵,۶۱	معادله (الف-۷)	$h_{cp,i}$ $W/(m^2.K)$
۴,۱۸	۴,۶۸	۵,۱۶	۴,۲۵	۴,۷۳	۵,۱۹	معادله (الف-۷)	$h_{cp,e}$ $W/(m^2.K)$
۴,۵۱	۴,۵۳	۴,۵۵	۴,۴۲	۴,۵	۴,۵۱	معادله (الف-۵)	$h_{r,i}$ $W/(m^2.K)$
۳,۳۲	۳,۷۳	۴,۱۱	۳,۳۸	۳,۷۷	۴,۱۴	معادله (الف-۵)	$h_{r,e}$ $W/(m^2.K)$
۱۹,۳۲	۱۹,۵	۱۹,۶۴	۱۹,۰۷	۲۰,۱۳	۱۹,۵۶	معادله (الف-۳)	$\theta_{r,i}$ °C
-۹,۹۳	۰,۵۶	۹,۸۴	-۹,۶۶	۰,۷۶	۹,۹۴	معادله (الف-۲)	$\theta_{r,e}$ °C
۵	۵,۰۲	۵,۶۸	۴,۷۲	۴,۶۲	۴,۴۲	معادله (الف-۱۰)	$h_{c,i}$ $W/(m^2.K)$
۱۱,۵۸	۱۰,۱	۸,۱۷	۱۳,۱۵	۱۲,۷۴	۱۱,۸۸	معادله (الف-۱۰)	$h_{c,e}$ $W/(m^2.K)$
۰,۵۲۶	۰,۵۲۶	۰,۵۵۵	۰,۵۱۶	۰,۵۰۶	۰,۴۹۵	معادله (۶)	$F_{c,i}$
۰,۷۷۷	۰,۷۳	۰,۶۶۵	۰,۷۹۶	۰,۷۷۲	۰,۷۴۱	معادله (۶)	$F_{c,e}$
۱۹,۶۳	۱۹,۷۱	۱۹,۷۵	۱۹,۶۷	۲۰,۵۴	۱۹,۷۷	معادله (۷)	$\theta_{ni,cal}$ °C
-۹,۹۷	۰,۵۷	۹,۸۵	-۹,۸۹	۰,۵۹	۹,۸۸	معادله (۷)	$\theta_{ne,cal}$ °C
۲۹,۶	۱۹,۱۳	۹,۹	۲۹,۵۶	۱۹,۹۵	۹,۸۹	-	$\Delta\theta_{n,cal}$ K
۰,۱۰۵	۰,۱۰۵	۰,۰۹۸	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۱۲	معادله (۴)	$R_{si}$ $m^2.K/W$
۰,۰۶۷	۰,۰۷۲	۰,۰۸۱	۰,۰۶	۰,۰۶۱	۰,۰۶۲	معادله (۵)	$R_{se}$ $m^2.K/W$
۰,۱۷۲	۰,۱۷۷	۰,۱۷۹	۰,۱۷	۰,۱۷۱	۰,۱۷۴	معادله (۱)	$R_{s,t}$ $m^2.K/W$

نتایج بدست آمده از اندازه گیری های کالیبره در شکل های ت-۱، ت-۲ و ت-۳ نمایش داده شده‌اند. منحنی های بازگشتی زیر توسط روش میانگین مربعات خطا و از مجموعه داده‌ها به دست آمده‌اند:

$$R_{sur} = 3.157 - 0.0132\theta_{me,sur} \quad \text{الف- مقاومت حرارتی پانل پیرامون:}$$

$$F_{c,i} = 0.5343 - 0.0006q_{sp} \quad \text{و} \quad F_{c,e} = 0.6962 + 0.0022q_{sp} \quad \text{ب- کسر هدایت:}$$

$$R_{s,t} = 0.1869q_{sp}^{(-0.025)} \quad \text{پ- مقاومت سطح کل:}$$

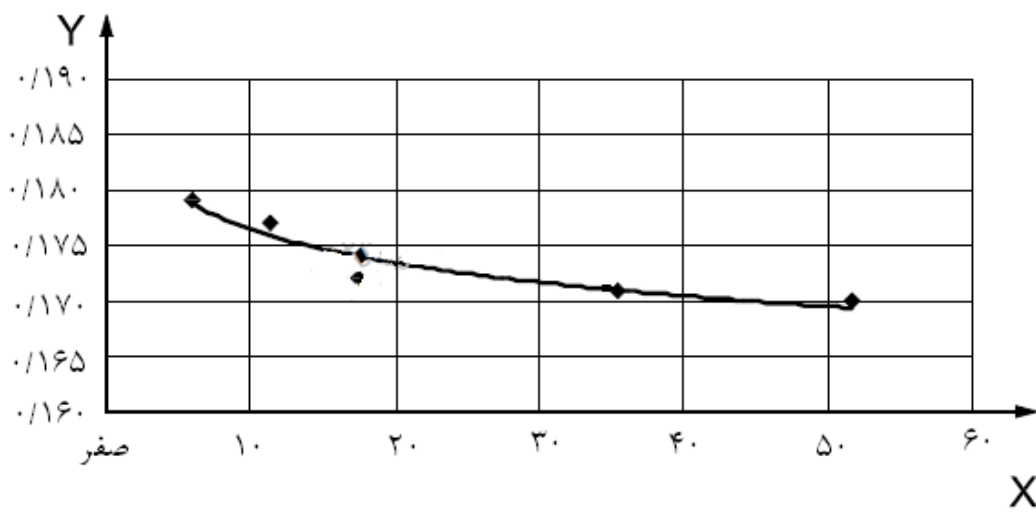


X  
راهنما

X میانگین دمای پانل پیرامون بر حسب درجه سلسیوس

Y  $R_{sur}$  ( $m^2.K/W$ )

شکل ت-۱-مقاومت حرارتی پانل پیرامون،  $R_{sur}$

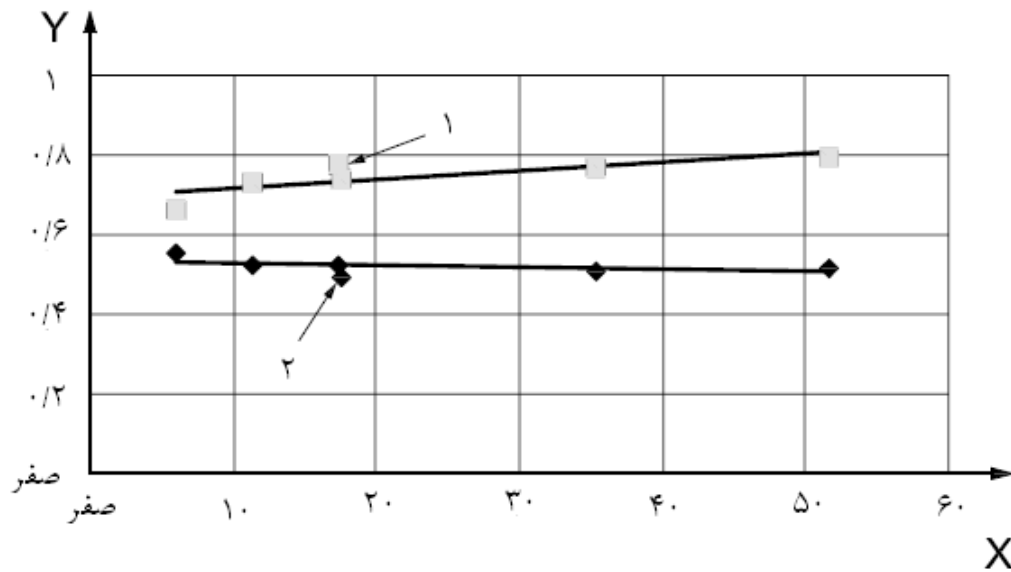


راهنما

X چگالی آهنگ جریان گرما،  $q(W/m^2)$

Y  $R_{s,t}$  ( $m^2.K/W$ )

شکل ت-۲-مقاومت سطح کل،  $R_{s,t}$



راهنما

X چگالی آهنگ جریان گرما،  $q(W / m^2)$

Y کسر هدایت،  $F_c$

۱ طرف گرم

۲ طرف سرد

یادآوری - منحنی‌ها توسط روش میانگین مربعات تثبیت شده‌اند.

شکل ت-۳- کسر هدایت،  $F_c$

### ت-۲ اندازه‌گیری نمونه پنجره

داده‌های کلی پنجره‌های آزمون شده مطابق جداول ذیل می‌باشند. (به جدول‌های ت-۵ تا ت-۷ رجوع کنید).  
الف- نوع: پنجره‌های PVC به سه قسمت تقسیم می‌شوند. (شیشه کاری شده، ثابت شده، کامل طرف راست و طرف چپ) به دو قسمت تقسیم می‌شود: بالا، پنجره‌هایی با لولا در بالا با جهت باز شدن به طرف بیرون و پایین و پنجره‌های یک طرفه با قابلیت باز شدن محدود (به شکل ت-۴ رجوع کنید)؛

ب- قاب: قاب‌های PVC سه محفظه‌ای با استفاده از فولاد تقویت شده و وسیله عمودی میان قسمت‌های پنجره؛

قاب با ضخامت ۶۸ mm؛

پ- شیشه کاری: ۲ عدد IGUs (یونیت‌های شیشه‌ای عایق کاری شده)  $4\text{ mm} \times 16\text{ mm} \times 4\text{ mm}$  با پوشش e پایین روی وضعیت ۳ (نوع k و  $\epsilon \approx 0.16$  و پر شده با هوا)

ت- ابعاد:

ارتفاع پنجره 1.48m

عرض پنجره 1.23m

$$(1.23m \times 1.48m) = 1.82m^2$$

سطح پنجره طرح ریزی شده

$$[1.368m \times 0.514m + 0.438m(0.902m + 0.222m)] = 1.195m^2$$

سطح شیشه

$$0.625m^2$$

سطح چارچوب طرح ریزی شده

$$0.726m^2$$

سطح تبادل حرارتی چارچوب

$$1.921m^2$$

سطح تبادل حرارتی کل پنجره

$$1.055$$

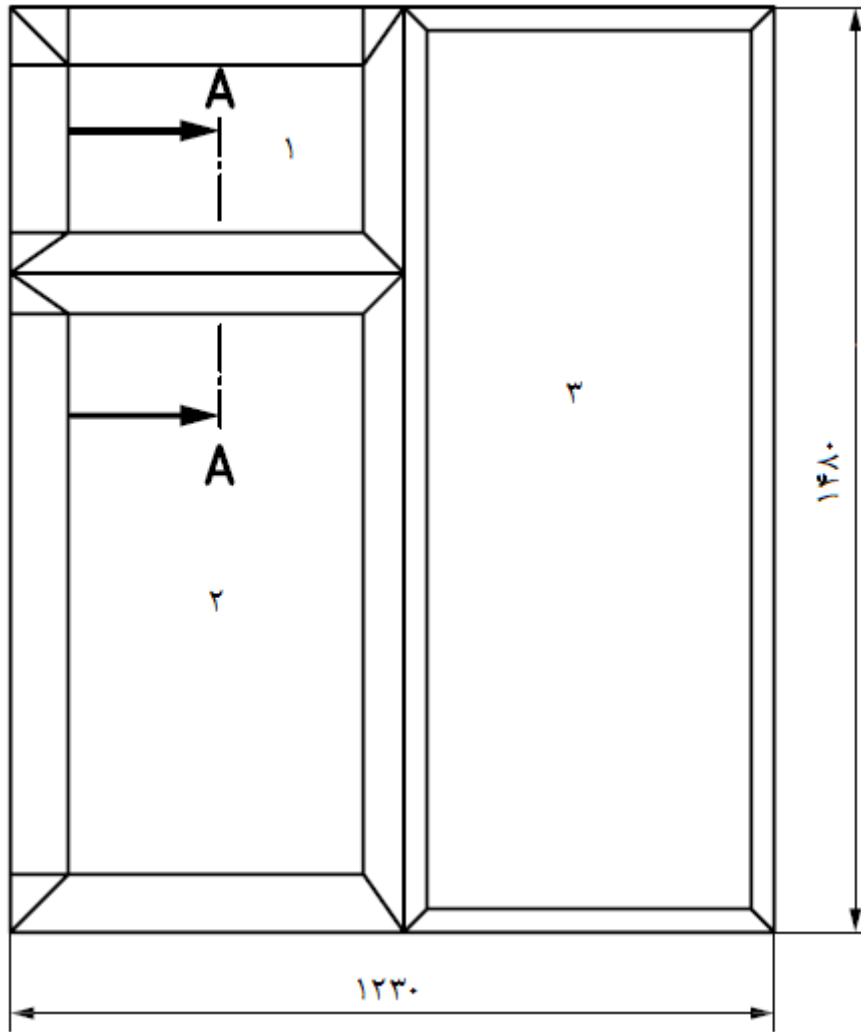
نسبت تبادل حرارتی کل به سطح پنجره طرح ریزی شده

ث- آب بندها:

در قاب: دو بخش توخالی آب بندی چرخشی در گوشه‌ها؛

در شیشه: هر دو طرف ماده آب بندی سیلیکون.

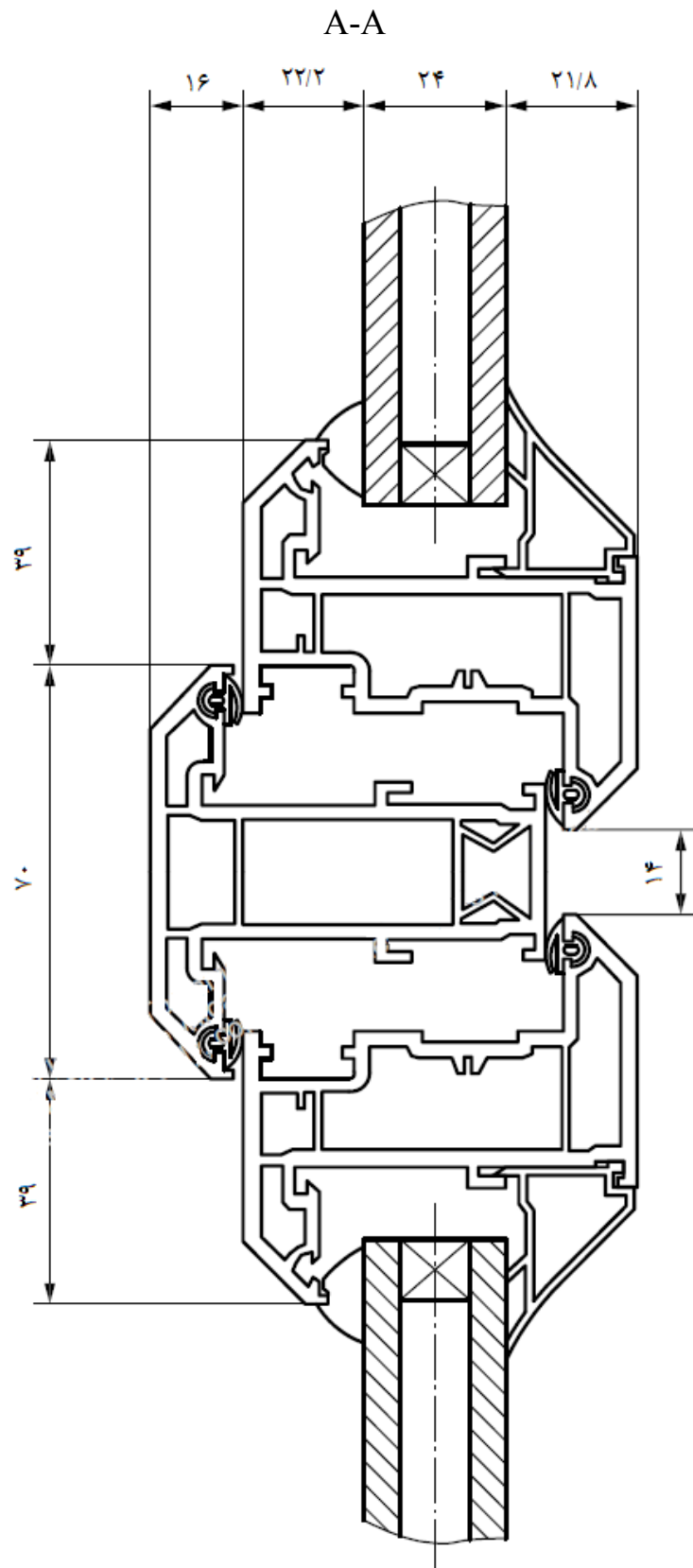




راهنما

- ۱ پنجره با لولاهای بالا باز شونده به طرف کنار
- ۲ پنجره با لولاهای کناری باز شونده بطور محدود
- ۳ بخش شیشه کاری شده کاملاً ثابت شده

شکل ت-۴-نمای پنجره



شکل ت-۵-جزئیات، بخش عمودی A-A

جدول ت-۵- اطلاعات پنجره

مقدار	عنصر داده	
۰,۰۶۸	$m$	عرض قاب $w$
۰,۱	$m$	ضخامت پانل پیرامون $d_{sur}$
۱,۸۲	$m^2$	سطح پنجره $A_{sp}$
۱,۱۸	$m^2$	سطح پانل پیرامون $A_{sur}$
۵,۴۲	$m$	طول محیط $L$

جدول ت-۶- نتایج اندازه گیری پنجره

مقدار	عنصر داده	
		دمای سرد اندازه گیری شده
۰,۵۳	$^{\circ}C$	هوا $\theta_{ce}$
۰,۶۸	$^{\circ}C$	تیغه $\theta_{se,b}$
۰,۷۴	$^{\circ}C$	آشکار سازی $d_{se,p}$
۰,۸۲	$^{\circ}C$	پانل پیرامون $d_{se,sur}$
		دمای گرم اندازه گیری شده
۲۱,۵۷	$^{\circ}C$	هوا $\theta_{ci}$
۲۰,۷۵	$^{\circ}C$	تیغه $\theta_{si,b}$
۲۰,۶۶	$^{\circ}C$	پانل پیرامون $\theta_{si,sur}$
۷۸,۶۸	$W$	توان ورودی در جعبه داغ $\phi_{in}$
۰,۱	$m / s$	جریان هوای گرم، پایین $v_i$
۱,۹	$m / s$	جریان هوای سرد، بالا $v_e$

جدول ت-۷- محاسبه انتقال حرارتی پنجره

توضیحات	مقدار	عنصر داده	
-	۱۰٫۷۴	°C	دمای متوسط پانل پیرامون $\theta_{me,sur}$
شکل ت-۱/رگرسیون	۳٫۰۱۵	$m^2.K / W$	مقاومت پانل پیرامون $R_{sur}$
-	۰٫۰۳۳	$W / (m.K)$	هدایت پانل پیرامون $\lambda_{sur}$
جدول (ب-۲)	۰٫۰۰۳۵	$W / (m.K)$	اختلاف دمای پانل پیرامون $\psi_{edge}$
-	۱۹٫۸۴	K	برای $w = 68mm / d = 32mm$ $\Delta\theta_{s,sur}$
-	۲۱٫۰۴	K	اختلاف دمای هوا $\Delta\theta_c$
-	۷۸٫۶۸	W	توان ورودی در جعبه داغ $\phi_{in}$
معادله (۱۲)	۷٫۷۶	W	جریان حرارت پانل پیرامون $\phi_{sur}$
معادله (۱۰)	۰٫۴	W	جریان گرم در اطراف لبه $\phi_{edge}$
معادله (۱۱)	۳۸٫۷۵	$W / m^2$	چگالی جریان گرم نمونه $q_{sp}$
شکل ت-۳/رگرسیون	۰٫۵۱۱	-	کسر هدایت - گرم $F_{ci}$
شکل ت-۳/رگرسیون	۰٫۷۸۱	-	کسر هدایت - سرد $F_{ce}$
شکل ت-۲/رگرسیون	۰٫۱۷۱	$m^2.K / W$	مقاومت سطح کل $R_{s,t}$
معادله (الف-۲)	۲۰٫۷۵	°C	دمای تابش - گرم $\theta_{ri}$
معادله (الف-۲)	۰٫۶۸	°C	دمای تابش - سرد $\theta_{re}$
معادله (۷)	۲۱٫۱۷	°C	دمای محیط - داغ $\theta_{ni}$
معادله (۷)	۰٫۵۶	°C	دمای محیط - سرد $\theta_{ne}$
-	۲۰٫۶۱	K	اختلاف دمای محیطی $\Delta\theta_n$
معادله (۱۳)	۱٫۸۸	$W / (m^2.K)$	اندازه گیری شده $U_m$
پیوست «ج»	±۰٫۸	$W / (m^2.K)$	عدم قطعیت اندازه گیری $\Delta U_m$
مقدار اروپا	۰٫۱۷	$(m^2.K) / W$	$R_{(s,t),st}$
معادله (۱۴)	۱٫۹	$W / (m^2.K)$	$U_{st}$
	۱٫۹	$W / (m^2.K)$	$U_w$

پیوست ث  
(اطلاعاتی)

فرایند کالیبره تحلیلی با استفاده از معادلات تعادلی گرما

ث-۱ کلیات

چگالی جریان حرارت در طول پانل کالیبره ممکن است با معادلات تعادلی گرما در هر دو طرف پانل توضیح داده شود.

ث-۱ سطح گرم:

$$q_{cal} = q_{ri,cal} + q_{ci,cal} \quad (\text{ث-۱})$$

$$q_{ri,cal} = h_{ri}(\theta_{bi} - \theta_{si,cal}) \quad (\text{ث-۲})$$

$$F_{lb} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{\varepsilon_{cal}} + \frac{A_{cal}}{A_b} \left( \frac{1}{\varepsilon_b} - 1 \right) \right]} \quad (\text{ث-۳})$$

برای صفحات کالیبره که با پانل پیرامون همتراند بطور تقریبی از معادله (ث-۴) استفاده می شود.

$$q_{ri,cal} = \sigma F_{lb} (T_{bi}^4 - T_{si,cal}^4) \quad (\text{ث-۴})$$

شار حرارتی هدایت می تواند بوسیله معادلات (ث-۵) و (ث-۶) تعیین شود.

$$q_{ci,cal} = h_{ci}(\theta_{ci} - \theta_{si,cal}) \quad (\text{ث-۵})$$

$$h_{ci} = K(\theta_{ci} - \theta_{si,cal})^{B-1} \quad (\text{ث-۶})$$

ضرایب K و B در آزمون‌های کالیبره مشخص می‌شوند.

چگالی آهنگ جریان حرارت می تواند توسط معادله (ث-۷) مشخص شود.

$$q_{cal} = \frac{\Delta \theta_{s,cal}}{R_{cal}} \quad (\text{ث-۷})$$

که در آن  $R_{cal}$  مقاومت حرارتی پانل کالیبره در آزمون‌های آزمایشگاهی به عنوان تابعی از دمای متوسط بوده و برحسب  $m^2.K / W$  می باشد.

ث-۳ سطح سرد

$$q_{cal} = q_{re,cal} + q_{ce,cal} \quad (\text{ث-۸})$$

وقتی دمای تیغه و دمای هوا به هم نزدیکند ( $\pm 0,5 \text{ K}$ )، می‌توان از ضریب انتقال حرارت ترکیبی،  $h_e$  استفاده کرد.

$$h_e = \frac{q_{cal}}{(\theta_{se,cal} - \theta_{ce})} \quad (\text{ث-۹})$$

در غیر این صورت همان فرایندی که برای تعادل حرارت طرف گرم استفاده شده، باید به کار برده شود.

#### ث-۴ نتایج کالیبره

اطلاعات زیر باید به عنوان نتایج آزمون‌های کالیبره ارائه شود:

الف-  $h_e$ ، ضریب انتقال حرارت سطح ترکیبی روی طرف سرد برحسب  $W / (m^2.K)$ ؛

ب-  $F_{1b}$ ، ضریب تبادل کل برای تابش روی سطح گرم؛

پ-  $K$  و  $b$  ضرایب انتقال گرمای رسانا روی سطح گرم.

مقادیر به دست آمده از آزمون کالیبره باید برای همه اندازه‌گیری‌های آزمون پنجره استفاده شود و از معادلات (ث-۱۰) تا (ث-۱۲) به دست می‌آید.

$$q_{ri} = \sigma F_{1b} (T_{bi}^4 - T_{si,sp}^4) \quad (\text{ث-۱۰})$$

$$q_{ci} = K(\theta_{ci} - \theta_{si,sp})^B \quad (\text{ث-۱۱})$$

$$q_{ri} + q_{ci} = q_m \quad (\text{ث-۱۲})$$

$q_m$  چگالی آهنگ جریان حرارت اندازه‌گیری شده با کالری متر که بر حسب وات بر متر مربع است.

این معادلات باید برای دمای سطوح نامشخص،  $\theta_{si,sp}$ ، به وسیله تکرار حل شود.

دمای سطح سرد،  $\theta_{se,sp}$ ، را می‌توان با استفاده از معادله (ث-۱۳) به دست آورد:

$$\theta_{se,sp} = \frac{q_m}{h_e} + \theta_{ce} \quad (\text{ث-۱۳})$$

برای کسب جزئیات بیشتر به مراجع [۶] و [۷] رجوع کنید.

## پیوست ج (اطلاعاتی)

### تحلیل نامعین برای جعبه‌های داغ

#### ج-۱ کلیات

دقت انتقال حرارتی (مقدار  $U$  و ضریب  $U$ ) یک نمونه مورد آزمون (دیوار، سقف، کف، پنجره و غیره) در یک ابزار تسهیل آزمون حرارتی (جعبه داغ) بسته به دستگاه آزمون، شرایط آزمون، فرایند عملکرد و خصوصیات نمونه، اندازه‌گیری می‌شود. مجهول می‌تواند مشخص شده اندازه‌گیری شود و کمیت آن تعیین شود. فرایند برآورد مجهول به همراه تخمین نتیجه مقدار  $U$  برای ابزار آزمون حرارتی باید انجام شود. و در طول اندازه‌گیری مقدار  $U$  محصولات چارچوب گزارش گردد. بهبود در مجهول مقدار  $U$  می‌تواند با کاهش مجهولات دیگر امکان پذیر شود و به همراه عنصرهای مختلف مجهول دیگر برای دستگاه آزمون جعبه داغ مورد مطالعه قرار گیرد.

#### ج-۲ مقدمه‌ای بر تحلیل‌های عدم قطعیت

تحلیل‌های عدم قطعیت همانگونه که توسط کلین و مک کلینتک<sup>۱</sup> و ایری<sup>۲</sup> تعریف شده است، تخمین اثر عدم قطعیت اندازه‌گیری‌های فردی بر روی نتایج عملی محاسبه شده، نهائی می‌شود. یکی از برترین پیشروان در زمینه عدم قطعیت و قطعیت اندازه‌گیری‌ها یوکاس<sup>۳</sup> می‌باشد. به دلیل محدودیت‌های زمانی و مالی در تجربیات مهندسی، تخمین آماری عدم قطعیت اندازه‌گیری‌های کل عملی نمی‌باشد. آزمون‌هایی که در آن‌ها عدم قطعیت به وسیله تکرار به دست نمی‌آید را آزمون‌های تک نمونه‌ای می‌نامند. تعدادی از کتاب‌های آزمون‌های مهندسی (به عنوان مثال مراجع [۱۶]، [۱۷] و [۱۸]) روش‌های اولیه تحلیل‌های عدم قطعیت را ارائه داده و در مورد اهمیت آن‌ها در برنامه‌ریزی، ارزیابی و گزارش بحث کرده‌اند. موافات<sup>۴</sup> [۱۹]، [۲۰] و [۲۱] بسیاری از جنبه‌های تکنیک تحلیل‌های عدم قطعیت تک نمونه‌ای را بررسی کرده است. یک بحث عمومی در مورد تحلیل عدم قطعیت اعمال شده بر دستگاه‌های آزمون حرارتی (جعبه‌های گرم) به وسیله یوان<sup>۵</sup> [۲۲] ارائه شده است. همان‌گونه که در مراجع [۲۰] و [۱۳] اشاره شده است، مقدار متغیر با دادن متوسط خوانده شده‌ها و یک فاصله عدم قطعیت در یک سطح خاص اطمینان، مشخص می‌شود. پراکندگی عدم قطعیت از متغیرها به نتایج را می‌توان با استفاده از روش معادله دوم توان که توسط مرجع [۱۳] ارائه شده است، تحلیل کرد. مرجع [۲۰] از این تکنیک به عنوان روش مربع جمع ریشه‌ها (RSS) یاد می‌کند. با استفاده از روش RSS (گاهی افزایش مربعی نامیده می‌شود) پراکندگی عدم قطعیت را می‌توان برای یک دستگاه اندازه‌گیری و روند

---

1 - Kline and McClintock  
2 - Airy  
3 - UKAS M3003  
4 - Moffat  
5 - Yuan

مخصوص تحلیل کرد. مقدار بالای عدم قطعیت در متغیرهای اندازه‌گیری شده می‌تواند سبب عدم قطعیت های بزرگ در نتایج محاسبه شده نهایی گردد. بنابراین کاهش در یک عدم قطعیت بزرگ دارای اهمیت بسیار بیشتری از همان مقدار کاهش در یک عدم قطعیت کوچک است. بنابراین تحلیل‌های عدم قطعیت یک ابزار بسیار مناسب برای انتخاب دستگاه آزمون حرارتی (جعبه داغ) می‌باشد.

تحلیل‌های عدم قطعیت آزمون‌های حرارتی جهت سامانه‌های پنجره بندی توسط کلمز<sup>۱</sup> [۲۳]، هریسن و دوبلوس<sup>۲</sup> [۲۴]، المهدی<sup>۳</sup> [۲۵]، نوسباومر<sup>۴</sup> [۲۶] و یوان، روسل و قوس<sup>۵</sup> [۲۷] که روش‌هایی را برای تعیین عدم قطعیت در مقدارهای U اندازه‌گیری شده با دستگاه‌های آزمون حرارتی مخصوص ارائه داده‌اند، به دست آمده است. ون دیجک<sup>۶</sup> [۲۸] یک صفحه گسترده را جهت تعیین عدم قطعیت بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از استاندارد ISO 8990 برای شرایط ایده‌آل عدم قطعیت در اندازه‌گیری یک نمونه همگن ایجاد کرده است.

این پیوست فرایندهای تحلیل تفصیلی را برای تخمین عدم قطعیت آزمون‌های جعبه داغ با استفاده از روش‌های آزمون انتقال حرارت ساختگی بر اساس استانداردهای ASTM C 1363 و ASTM C 199 و این استاندارد و استاندارد ISO 12567-2 ارائه می‌کند. فرایندهای تحلیل عدم قطعیت ارائه شده در این پیوست بر کلیه طراحی‌های محفظه (محافظت شده، کالیبره شده یا هیبریده) اعمال می‌شود. تنها تفاوت در ابعاد عدم قطعیت و ابزار به کار رفته جهت اندازه‌گیری‌های اولیه است.

### ج-۳ ارائه عدم قطعیت مقدار U اندازه‌گیری شده

اندازه‌گیری انتقال حرارت یا مقدار (U) در یک سامانه پنجره بندی در آزمون جعبه داغ یک مقدار عددی را ارائه می‌دهد، اما به همان اندازه که مقدار U از اهمیت برخوردار است، عدم قطعیت و سطح اطمینان نیز دارای اهمیت می‌باشند. بنابراین راه مناسب جهت تسریع اندازه‌گیری مقدار U توسط معادله (ج-۱) ارائه شده است:

$$U_{SP} = \bar{U}_{SP} \pm \Delta^P U_{SP} \quad (\text{ج-۱})$$

که در آن:

$\bar{U}_{SP}$  بهترین تخمین برای مقدار U نمونه مورد آزمون؛ و  
 $\Delta^P U_{SP}$  عدم قطعیت در در یک سطح خاص (P) است (به عنوان مثال P=95%)  
 یادآوری - سطح اطمینان P% است.

1 - Klems  
 2 - Harrison and Dubrous  
 3 - Elmahdy  
 4 - Nussbaumer  
 5 - Russel and Goss  
 6 - Van Dijk



با در دست داشتن این سه مقدار، احتمال وجود مقدار درست  $U$  در محدوده  $(U_{SP} \pm \Delta^P U_{SP})$  درصد می-باشد. سطح اطمینان و عدم قطعیت به طور نزدیکی به هم مربوط می‌باشند به طوری که سطح بالای اطمینان مقدار بالای عدم قطعیت نتیجه را به دنبال دارد. روش به کار رفته جهت تعیین  $\Delta^P U_{SP}$  در معادله (ج-۱) به تحلیل عدم قطعیت مشهور است.

عدم قطعیت یا  $\Delta^P U_{SP}$  در معادله (ج-۱) را برای یک دستگاه آزمون مشخص (جعبه داغ) و فرایند آزمون خاص می‌توان تخمین زد و بهتر است روش کلی این عمل، قبل از هرگونه اندازه‌گیری انجام شود. انجام این عمل جنبه‌های بحرانی فرایند اندازه‌گیری و محدودیت‌های دستگاه آزمون خاص را مشخص می‌کند. به دلیل این که طراحی و ساخت هر جعبه داغ خاص منحصر به فرد است، مقدار عدم قطعیت نتایج اندازه‌گیری برای هر مقدار خاص متفاوت با عدم قطعیت همان مقدار در یک دستگاه دیگر خواهد بود. بنابراین روش تحلیل عدم قطعیت به طور کلی برای تمامی دستگاه‌ها با هر نوع طراحی و ساخت، یکسان می‌باشد.

در روش‌های آزمون پنجره بندی این استاندارد و استاندارد ISO12567-2 یا ASTM C 1199 انتقال حرارت نمونه آزمون ( $U_{sp}$ ) نتیجه اندازه‌گیری شده، اساسی از آزمون حرارتی جعبه داغ می‌باشد. برای مقایسه نتایج به دست آمده با سایر نتایج مانند نتایج به دست آمده از محاسبات کامپیوتری، باید نتایج را استاندارد کرد. برای انجام چنین فرایندی باید نتایج اندازه‌گیری شده بیشتری مانند ضریب انتقال حرارت سطح کل نمونه (استاندارد ASTM C 1199) یا مقاومت گرمایی سطح کل نمونه (این استاندارد و ISO 12567-2) به دست آمده و در محاسبات مقدار  $U$  استاندارد ( $U_{st}$ ) به کار روند. در زمان انتشار این استاندارد هیچ روش استاندارد که کارایی حرارتی عملی دقیقی را برای محصول پنجره‌بندی ارائه دهد، وجود ندارد. مقدارهای استاندارد اضافی که با فرایند استانداردسازی به دست آمده‌اند می‌تواند مقدار عدم قطعیت  $U_{st}$  را در مقایسه با مقدارهای اساسی  $U_{sp}$  به شدت افزایش دهد. اصلاح مدل‌های موجود کامپیوتری جهت استفاده از ضرایب انتقال حرارت محلی برای هر دو طرف گرم و سرد و محل شیشه‌کاری شده نمونه آزمون برای مدل سازی دقیق‌تر جعبه داغ بسیار حائز اهمیت است. این عمل به ما اجازه خواهد داد تا مقدارهای  $U$  محاسبه شده را مستقیماً با انتقال حرارت اندازه‌گیری شده واقعی ( $U_{sp}$ ) به جای مقادیر  $U_{st}$  تعریف شده در استاندارد ASTM C 199 یا  $U_{st}$  ویرایش شده در این استاندارد یا استاندارد ISO12567-2 مقایسه کنیم. این اعتبارسنجی مستقیم، به مدل‌های کامپیوتری اجازه خواهد داد تا به طور قابل اعتمادتری در محدوده‌های بزرگ‌تر شرایط انتقال حرارت پنجره‌بندی استفاده شوند. بنابراین این پیوست بر روی بررسی عناصر عدم قطعیت و انتشار آن‌ها به نتایج آزمون اولیه تمرکز می‌کند (به عنوان مثال انتقال حرارت نمونه آزمون یا مقدار  $U_{sp}$ ).

یک بررسی تفصیلی عناصر عدم قطعیت مربوط به اندازه‌گیری دما، اندازه‌گیری توان، فرایند واسنجی و خصوصیات مواد در پیوست آمده است. روش RSS جهت تعیین انتشار عناصر عدم قطعیت به مقدارهای  $U$  اندازه‌گیری شده استفاده شده است. اهمیت خاصی به تکنیک‌ها و معادلات استفاده شده در ارزیابی عناصر مختلف انتقال حرارت در تعادل انرژی کل دستگاه آزمون داده شده است.

### ج-۴ عدم قطعیت اندازه گیری های اولیه

عدم قطعیت خاص مربوط به یک اندازه گیری اولیه همانند عدم قطعیت یک عنصر خاص است. هر عنصر اندازه گیری عدم قطعیت با سایر انحرافات ترکیب می شود تا عدم قطعیت اندازه گیری های اولیه را افزایش دهد. قبل از بررسی انتشار عدم قطعیت به نتایج مقدار U ابتدا باید عدم قطعیت عناصر مربوط به یک دستگاه آزمون جعبه داغ خاص بررسی شود.

برای یک جعبه داغ مخصوص، عناصر عدم قطعیت می توانند از دو راه به دست آیند، راه اول استفاده از خصوصیات است که توسط سازنده ارائه می شود و راه دوم توسط نتایج واسنجی با استفاده از اطلاعات کالیبراسیون قابل ردیابی به بعضی استانداردهای ملی است. عناصر عدم قطعیت مربوط به اندازه گیری های طول، دما، اختلاف دما، توان و هدایت حرارتی در جدول (ج-۱) ارائه شده اند. این عناصر عدم قطعیت خصوصیات یک جعبه داغ مخصوص هستند که در بند (ج-۵) آمده است.

جدول ج-۱- عناصر عدم قطعیت

عناصر عدم قطعیت	نماد	واحد
طول	$\Delta^P d$	$m$
دما	$\Delta^P \theta$	$^{\circ}C$
اختلاف دما	$\Delta^P \delta\theta$	$^{\circ}C$
ولتاژ	$\Delta^P V$	$mV$
توان	$\Delta^P \phi_{in}$	$W$
هدایت گرمایی	$\Delta^P \lambda$	$W / (m.K)$

### ج-۵ پخش عدم قطعیت در مقدار U

هر کدام از عناصر عدم قطعیت که در جدول (ج-۱) آمده اند با عدم قطعیت مقدار U نهایی ( $U_{sp}$ ) در هم آمیخته شده اند. اگر یک نتیجه ( $R$ ) بر اساس مقادیر  $x_i (i=1,2,\dots,N)$  باشد، انتشار عدم قطعیت بر اساس روش RSS که در مرجع [۱۳] آمده، می باشد. مانند آنچه که در زیر آمده است:

$$R=R(x_i), i=1,2,\dots,N$$

که در آن  $x_i$  ها توسط عدم قطعیت های  $\Delta^P x_i$  هر کدام با همان سطح اطمینان  $P$  (به عنوان مثال  $P=95\%$ ):  
(سطح اطمینان  $P\%$ )

$$x_i = \bar{x}_i \pm \Delta^P x_i$$

سپس عدم قطعیت در نتیجه محاسبه شده ( $R$ ) توسط معادله (ج-۲-الف):

$$\Delta R = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial R}{\partial x_i} \Delta^P x_i \right)^2} \quad \text{(ج-۲-الف)}$$

یا توسط معادله (ج-۲-ب) به دست می آید:

$$\frac{\Delta R}{R} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial R}{\partial x_i} \frac{\Delta^P x_i}{R} \right)^2} \quad (\text{ج-۲-ب})$$

با استفاده از این روش می توان عدم قطعیت را برای برخی از عناصر میانی و برای مقدار نهایی U به دست آورد.

با استفاده از یک روش جعبه داغ (این استاندارد، استاندارد ISO 8990، استاندارد ISO 12567-2، استاندارد ASTM C 1199 یا استاندارد ASTM C 1363) مقدار U را برای یک نمونه می توان از معادله (ج-۳) به دست آورد:

$$U_{sp} = \frac{\Phi_{sp}}{A_{sp} \cdot \delta\theta_{ie}} \quad (\text{ج-۳})$$

که در آن  $\delta\theta_{ie} = \theta_i - \theta_e$ ، با استفاده از روش RSS می توان  $\Delta^P U_{sp}/U_{sp}$  را به دست آورد:

$$\frac{\Delta^P U_{SP}}{U_{SP}} = \sqrt{\left( \frac{\Delta^P \Phi_{SP}}{\Phi_{SP}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta^P A_{SP}}{A_{SP}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta^P \delta\theta_i}{\delta\theta_i} \right)^2} \quad (\text{ج-۴})$$

با استفاده از معادله (ج-۴) می توان عدم قطعیت مقدار U را با توجه به مقدار تجربی تخمین زده شده، تخمین زد. در این معادله عنصر عدم قطعیت تفاوت دما ( $\Delta^P \delta\theta_{ie}$ ) در جدول (ج-۱) آمده است. به این دلیل که این یک عنصر عدم قطعیت می باشد، تحلیل های بیشتری برای آن مورد نیاز نیست. در بندهای (ج-۶) و (ج-۷) معادلات عدم قطعیت برای محاسبه عدم قطعیت  $\Delta^P A_{sp}$  و  $\Delta^P \theta_{sp}$  ارائه شده است.

### ج-۶ پخش عدم قطعیت در سطح نمونه

سطح پیش بینی شده یک نمونه مورد آزمون ( $A_{sp}$ ) می تواند توسط معادله (ج-۵) و اندازه گیری های عرض و ارتفاع محاسبه شود:

$$A_{sp} = H_{sp} \times W_{sp} \quad (\text{ج-۵})$$

با استفاده از روش RSS،  $\Delta^P A_{sp}/A_{sp}$  از معادله (ج-۶) به دست می آید:

$$\frac{\Delta^P A_{SP}}{A_{SP}} = \sqrt{\left( \frac{\Delta^P H_{SP}}{H_{SP}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta^P W_{SP}}{W_{SP}} \right)^2} \quad (\text{ج-۶})$$

## ج-۷ پخش عدم قطعیت روی انتقال حرارت خالص نمونه

### ج-۷-۱ کلیات

کلیه تحلیل‌های بالا بر روش‌های آزمون جعبه داغ طبق استانداردهای ISO 8990، این استاندارد، ISO12567-2، ASTM C 1199 و ASTM C 1363 اعمال می‌شود به هر حال روش تعیین مقدار و عدم قطعیت نرخ انتقال حرارت نمونه آزمون ( $\Phi_{sp}$ ) برای روش‌های آزمون جعبه داغ (استانداردهای ISO 8990 و ASTM C 1363) اولیه و روش‌های آزمون جعبه داغ (این استاندارد، ISO 12567-2 یا ASTM C 1199) پنجره بندی متفاوت است. این به دلیل نرخ‌های انتقال حرارت کالیبره شده متفاوت است که باید از انتقال حرارت اولیه ( $\Phi_{in}$ ) در اندازه‌گیری کم شود. در این کاهش، عدم قطعیت نرخ انتقال حرارت نمونه اندازه‌گیری شده ( $\Phi_{sp}$ ) برای جعبه داغ مطابق با روش‌های آزمون پنجره‌بندی ASTM C 1199، این استاندارد یا استاندارد ISO12567-2 گسترش داده شده است. علاوه بر این عدم قطعیت نرخ انتقال حرارت صفحه محیطی ( $\Phi_{sur}$ ) و نرخ انتقال حرارت جانبی نمونه آزمون ( $\Phi_{FL,sp}$ ) باید تعیین شود. انتقال حرارت خالص در طول یک نمونه با استفاده از تعادل انرژی در محفظه اندازه‌گیری که در شکل (ج-۱) نشان داده شده است، به دست می‌آید. نتیجه توسط معادله (ج-۷) به دست آمده است:

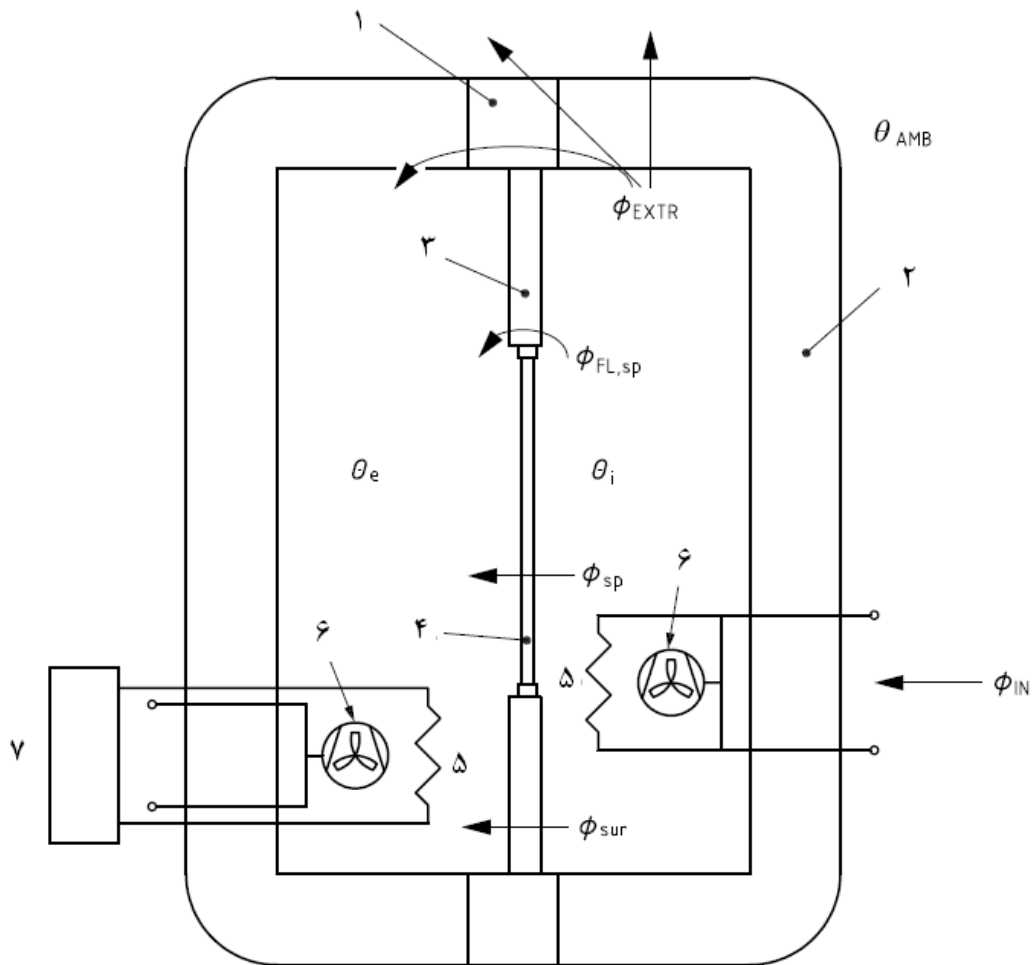
$$\Phi_{sp} = \Phi_{IN} - \Phi_{sur} - \Phi_{EXTR} - \Phi_{FL,sp} \quad (\text{ج-۷})$$

معادله (ج-۷) شامل انتقال حرارت جانبی نمونه می‌شود، بنابراین قابل اعمال به نمونه‌هایی با ضخامت کمتر از صفحه محیطی در جعبه داغ می‌باشد. برای نمونه‌هایی با ضخامت کمی بیشتر از صفحه محیطی، آخرین جمله معادله بالا ( $\Phi_{FL,sp}$ ) باید حذف شود.

با استفاده از روش RSS عدم قطعیت انتقال حرارت خالص ( $\Delta^P \Phi_{sp} / \Phi_{sp}$ ) در طول نمونه برابر است با:

$$\frac{\Delta^P \Phi_{SP}}{\Phi_{SP}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta^P \Phi_{IN}}{\Phi_{SP}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta^P \Phi_{sur}}{\Phi_{SP}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta^P Q_{EXTRA}}{Q_{SP}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta^P \Phi_{FL,SP}}{\Phi_{SP}}\right)^2} \quad (\text{ج-۸})$$

معادله (ج-۸) می‌تواند برای محاسبه درصد عدم قطعیت انتقال حرارت خالص در طول نمونه، در صورتی که عدم قطعیت کلیه چهار جمله زیر رادیکال معلوم باشد، استفاده شود. عدم قطعیت توان ورودی جعبه اندازه‌گیری ( $\Delta \Phi_{IN}$ ) می‌تواند با استفاده از عدم قطعیت عنصری ارائه شده در جدول (ج-۱) به دست آید. برای سه جمله باقیمانده، تحلیل‌های بیشتری باید انجام شود.



راهنما:

- |                                      |                |  |
|--------------------------------------|----------------|--|
| انتقال حرارت خارجی محفظه اندازه‌گیری | $\phi_{EXTR}$  | ۱ چارچوب پانل پیرامون                  |
| انتقال حرارت جانبی نمونه مورد آزمون  | $\phi_{FL,sp}$ | ۲ دیواره محفظه اندازه‌گیری             |
| توان ورودی                           | $\phi_{IN}$    | ۳ پانل محیطی                           |
| انتقال حرارت از نمونه مورد آزمون     | $\phi_{sp}$    | ۴ نمونه مورد آزمون یا پانل کالیبراسیون |
| انتقال حرارت از پانل محیطی           | $\phi_{sur}$   | ۵ کویل‌های گرم‌کننده                   |
| دمای هوای خارجی طرف سرد              | $\theta_e$     | ۶ فن                                   |
| دمای هوای داخلی طرف گرم              | $\theta_i$     | ۷ سیستم خنک‌کاری                       |
| دمای محیط خارجی                      | $\theta_{AMB}$ |  |

شکل ج-۱ شمای برقراری تعادل انرژی محفظه اندازه‌گیری جعبه داغ

### ج-۷-۲ انتقال حرارت صفحه محیطی

انتقال حرارت یک بعدی ایده‌آل در طول مساحت برجسته صفحه محیطی می‌تواند با استفاده از معادله (ج-۹) محاسبه شود:

$$\Phi_{sur} = \lambda_{sur} \left( \frac{A_{sur}}{d_{sur}} \right) \times \delta\theta_{sur} \quad (\text{ج-۹})$$

با استفاده از روش RSS عدم قطعیت برای  $\Delta^P \Phi_{sur}$  می تواند به صورت زیر نمایش داده شود:

$$\frac{\Delta^P \Phi_{sur}}{\Phi_{sp}} = \left( \frac{\Phi_{sur}}{\Phi_{sp}} \right) \left( \frac{\Delta^P \Phi_{sur}}{\Phi_{sur}} \right) \quad \text{(ج-۱۰-الف)}$$

که در آن:

$$\left( \frac{\Delta^P \Phi_{sur}}{\Phi_{sur}} \right) = \sqrt{\left( \frac{\Delta^P \lambda_{sur}}{\lambda_{sur}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta^P A_{sur}}{A_{sur}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta^P d_{sur}}{d_{sur}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta^P \delta\theta_{sur}}{\delta\theta_{sur}} \right)^2} \quad \text{(ج-۱۰-ب)}$$

با استفاده از معادله (ج-۱۰) همراه با نتایج تحلیل‌های عناصر عدم قطعیت همان گونه که در جدول (ج-۱) آمد، عدم قطعیت مربوط به انتقال حرارت در طول صفحه محیطی می تواند تعیین شود. این مقدار سپس در معادله (ج-۸) جهت تخمین عدم قطعیت انتقال حرارت خالص در طول نمونه مورد آزمون به کار می‌رود.

### ج-۷-۳ انتقال حرارت خارجی

انتقال حرارت خارجی از محفظه اندازه‌گیری جعبه داغ در طول آزمون نمونه، شامل انتقال حرارت دیواره محفظه اندازه‌گیری به اتاق، انتقال حرارت از محفظه اندازه‌گیری به محفظه هوایی در طول قاب صفحه محیطی (در استاندارد ASTM C 1199 به عنوان انتقال حرارت جانبی صفحه محیطی شناخته می‌شود) و سایر انتقال حرارت‌های ناخواسته همان گونه که در شکل (ج-۱) نشان داده شده است، می‌شود. این انتقال حرارت خارجی ( $Q_{EXTR}$ ) باید با استفاده از یک همبستگی تجربی که در طول آزمون‌ها جدا از کالیبراسون به دست آمده است، محاسبه شود. در طول فرایند واسنجی، یک صفحه محیطی همگن (بدون نمونه آزمون) بر روی قاب صفحه محیطی جعبه داغ نشان داده شده در شکل (ج-۱) سوار شده است. آزمون‌های واسنجی با استفاده از این استاندارد و استاندارد ISO 12567-2 یا ASTM C 1199 انجام شده است. در این آزمون‌های واسنجی، از آنجایی که نمونه آزمونی نصب نشده است، انتقال حرارت خالص نمونه آزمون ( $\Phi_{sp}$ ) و انتقال حرارت جانبی نمونه آزمون ( $\Phi_{FL,sp}$ ) که در معادله (ج-۷) دیده می‌شود، هر دو صفر هستند. برای این حالت، حل معادله انتقال حرارت خارجی (ج-۷)، نتایج زیر را به دست می‌دهد:

$$\Phi_{EXTR} = \Phi_{IN} - \Phi_{sur} \quad \text{(ج-۱۱)}$$

بعد از تنظیم دمای هوای محفظه اندازه‌گیری و محیط در سطوح مختلف، ولتاژ اختلاف دمای ترموپیل دیواره اندازه‌گیری، اختلاف دمای متوسط صفحه محیطی و توان ورودی اندازه‌گیری می‌شود. معادله واسنجی به دست آمده می‌تواند با استفاده از تحلیل‌های داده‌های واسنجی با استفاده از بازگشت‌های متعدد حداقل مربعات به دست آید.

$$\Phi_{EXTR,ASTM} = A \delta\theta_{sur} + BV - C \quad \text{(ج-۱۲)}$$

برای  $\delta\theta_{sur}$  داده شده که مربوط به  $\delta\theta_{ie}$  می باشد، سهم ولتاژ اختلاف دمای ترموپیل، باید با نزدیک کردن هر چه بیشتر دمای محیط خارجی ( $\theta_{AMB}$ ) به دمای هوای محفظه اندازه‌گیری ( $\theta_i$ )، به حداقل کاهش یابد.

### ج-۷-۴ انتقال حرارت جانبی

همچنین انتقال حرارت جانبی نمونه ( $\Phi_{FL,sp}$ ) می‌تواند به وسیله واسنجی، با نصب تعدادی صفحه واسنجی با ضخامت‌های مختلف و خصوصیات حرارتی شناخته شده، در یک شکاف صفحه محیطی، به دست آید. انتقال حرارت جانبی این نمونه را برای یک ضخامت خاص صفحه محیطی، می‌توان از معادله (ج-۱۳) به دست آورد:

$$\Phi_{FL,sp} = \Phi_{IN} - \Phi_{sur} - \Phi_{EXTR} \quad (\text{ج-۱۳})$$

که در آن  $\Phi_{sur}$  از معادله (ج-۹) و  $\Phi_{EXTR}$  از معادله (ج-۱۲) به دست آمده‌اند. این استاندارد شامل جداولی از مقادیر ایده‌آل  $\Phi_{FL,sp}$  می‌باشد. مقادیر کالیبره شده  $\Phi_{FL,sp}$  به دلیل دارا بودن مشخصات طراحی یک جعبه داغ خاص، در این پیوست به کار رفته‌اند. علاوه بر این مقادیر  $\Phi_{FL,sp}$  در استاندارد ASTM C 1199 مورد نیاز نیستند. این مسئله یک مشکل به حساب می‌آید، زیرا که محاسبات انتقال حرارت پنجره‌بندی دو بعدی اشاره شده در بالا طوری برنامه‌ریزی شده‌اند که با نتایج استاندارد ASTM C 1199 مقایسه می‌شوند که در آن  $\Phi_{FL,sp}$  صفر فرض شده است که برای آزمون جعبه داغ خاصی می‌تواند صحیح یا اشتباه باشد.

انحراف از معیار استاندارد نمونه برای هر کدام از این دو نرخ انتقال حرارت کالیبره شده ( $\Phi_{EXTR}$  و  $\Phi_{FL,sp}$ )، علاوه بر این که با خطاهای اندازه‌گیری به دست آمده‌اند، با ساختار ناقص رابطه همبسته محاسبه شده‌اند تا وابستگی توضیح داده شود. بنابراین هر برازش حداقل مربعات با فاصله دقیق خودش به صورت زیر است:

$$y = y_c \pm t_{v,p} s_y \quad (\text{ج-۱۴})$$

یادآوری - سطح اطمینان P% می‌باشد.

که در آن  $y$  می‌تواند  $\Phi_{FL,sp}$  یا  $\Phi_{EXTR}$ ،  $y_c$  مقدار محاسبه شده  $y$  توسط معادله‌های (ج-۱۲) یا (ج-۱۳) برای  $\Phi_{FL,sp}$  و  $\Phi_{EXTR}$ ، مقدار  $t_{v,p}$  برای درجه آزادی  $v, s$  و  $P, s$  سطح اطمینان (برای مثال  $P=95\%$ ) می‌باشند.  $s_y$  انحراف از معیار برازش منحنی حداقل مربعات مقدار  $y$  همانگونه که در مرجع (۳۳) آمده است، می‌باشد. اندازه‌گیری‌های بیشتری برای  $\Phi_{FL,sp}$  و  $\Phi_{EXTR}$  برای کاهش عدم قطعیت، می‌تواند مورد نیاز باشد. با جایگزین کردن مقادیر مناسب  $\Delta^P \Phi_{EXTR}$  و  $\Delta^P \Phi_{FL,sp}$  در معادله (ج-۸)، مقدار  $\Delta^P \Phi_{sp} / \Phi_{sp}$  قابل محاسبه خواهد بود. سرانجام با استفاده از معادله (ج-۴) مقدار عدم قطعیت  $\Delta^P U_{sp} / U_{sp}$  را می‌توان تخمین زد.

### ج-۸ نتایج و پیشنهادات

فرایندهای کلی تحلیل‌های عدم قطعیت برای اندازه‌گیری‌های جعبه داغ انتقال حرارت هر دو نمونه آزمون همگن با استفاده از استاندارد ISO 8990 یا ASTM C 1363 و نمونه‌های آزمون پنجره‌بندی با استفاده از استاندارد ASTM C 1199، این استاندارد یا استاندارد ISO 12567-2 در این پیوست ارائه شدند. بعد از شناسایی کلیه عدم قطعیت‌های اساسی مربوط به اندازه‌گیری‌های مستقیم یا اولیه مانند دما، توان و ابعاد،

روش RSS به صورت وسیع در تحلیل‌های انتشار عدم قطعیت به کار برده شد. همچنین تحلیل‌های آماری مخصوصی برای فرایند‌های واسنجی در جهت تکمیل این تحلیل‌های انتشار صورت گرفت.

یک مثال محاسبه عدم قطعیت کل یک CTS در پیوست ارائه شد. نتیجه عدم قطعیت کل برای مقدار  $U$  نمونه آزمایش اندازه‌گیری شده  $5/8\%$  می‌باشد. همانگونه که در جدول (ج-۴) نیز مشخص است، بیشترین عدم قطعیت مربوط به اتلاف جانبی نمونه است که برابر  $9/1\%$  می‌باشد.

واسنجی انتقال حرارت خارجی محفظه اندازه‌گیری یک ضریب مهم در انتقال حرارت خالص در طول نمونه می‌باشد. این مقدار تاثیر به‌سزایی بر روی انتقال حرارت خالص نمونه آزمون دارد. این عامل باید با بهینه‌سازی مقدار ولتاژ ترموپیل دمای دیواره محفظه اندازه‌گیری به حداقل برسد. مهم‌تر اینکه عدم قطعیت مربوط به فرایند واسنجی این مقدار باید به خوبی کاهش یابد. حداقل ۹ آزمون واسنجی جهت رسیدن به دقت کافی، همانگونه که در مرجع [۲۲] آمده است، مورد نیاز است. به دلیل اینکه معادلات همبسته واسنجی برای انتقال حرارت خارجی به وسیله روش‌های بازگشتی به دست آمده‌اند، باید یک تکنیک تحلیل خطای آماری مناسب نیز صورت گیرد. واسنجی‌های اضافی برای انتقال حرارت خارجی و انتقال حرارت جانبی نمونه، جهت کاهش عدم قطعیت کل در مقدار  $U$  نمونه، پیشنهاد می‌شود.

در جهت در نظرگیری کامل کلیه انتقال حرارت‌هایی که مستقیماً در طول نمونه آزمون صورت نمی‌گیرند، باید انتقال حرارت جانبی نمونه از حرارت کل ورودی به محفظه اندازه‌گیری کم شود. روش آزمون پنجره بندی در این قسمت از ISO 12567 نیازمند این محاسبات می‌باشد، در حالی که با روش ASTM C 1199 نیاززی به این محاسبات نیست. زمانی که این تصحیح صورت گرفت،  $U_{sp}$  اندازه‌گیری شده، به جای مقدار های  $U_{st}$  استاندارد شده دارای عدم قطعیت بیشتر، می‌تواند نشان داده شود (به مرجع [۲۲] رجوع کنید) که دارای انحراف یک درصدی از مقدار  $U$  عددی محاسبه شده برای طراحی مناسب حرارتی محصولات غیر بر آمده پنجره بندی، می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که تغییراتی در ASTM C 1199 جهت در نظرگیری کاهش انتقال حرارت جانبی نمونه آزمون از کل حرارت ورودی به محفظه اندازه‌گیری صورت گیرد. به دلیل اینکه مقدار انتقال حرارت جانبی نمونه آزمون در اندازه‌گیری جعبه داغ مقدار نسبتاً کوچکی می‌باشد، لذا دقت بیشتری در طول آزمون‌های واسنجی مربوطه باید صورت گیرد. جهت دستیابی به اندازه‌گیری‌های مقدار  $U$  صحیح، عدم قطعیت واسنجی انتقال حرارت جانبی نمونه باید در زیر ۵ درصد نگه داشته شود. همچنین توصیه می‌شود نتایج عددی انتقال حرارت جانبی نمونه محاسبه شده ایده آل، مانند آنچه که در جداول در این استاندارد آمده است، تنها در صورتی که نتایج مورد اعتماد اندازه‌گیری واسنجی فیزیکی انتقال حرارت جانبی نمونه وجود نداشته باشد، استفاده گردد.

## ج-۹ مثال برای تعیین عدم قطعیت

### ج-۹-۱ عدم قطعیت اندازه‌گیری‌های اولیه

عدم قطعیت مستقل مربوط به یک اندازه‌گیری اولیه، به عنوان یک عنصر عدم قطعیت محسوب می‌شود. هر عنصر اندازه‌گیری عدم قطعیت با سایر عناصر عدم قطعیت در جهت افزایش عدم قطعیت اندازه‌گیری اولیه،



ترکیب می‌شود. پیش از در نظرگیری انتشار عدم قطعیت به مقادیر  $U$ ، عدم قطعیت عناصر مربوط به یک دستگاه آزمون جعبه داغ مخصوص باید بررسی شود.

عناصر عدم قطعیت، هم از طریق خصوصیات ارائه شده توسط سازنده و هم از طریق نتایج واسنجی با استفاده از داده‌های واسنجی قابل پیگیری به بعضی از استانداردهای ملی و بین‌المللی، قابل دست‌یابی هستند. عدم قطعیت مربوط به اندازه‌گیری طول، دما، اختلاف دما، توان و هدایت گرمایی برای این مثال در جدول (ج-۲) آورده شده است.

در جدول (ج-۲)، عدم قطعیت در طول، دما و توان، به طور مستقیم از سازندگان اندازه‌نوار، سیم ترموکوپل نوع T اندازه‌گیر ۳۰ و مبدل وات به وات ساعت، به دست آمده‌اند [۳۰]، ترموکوپل‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری اختلاف‌های دما، از همان سازنده، تهیه شده بودند. مقدار عدم قطعیت برای اندازه‌گیری اختلاف دما از نتایج واسنجی در جعبه داغ، همانگونه که در مرجع [۳۰] اشاره شده است، به دست آمده‌اند. هدایت حرارتی مواد و عدم قطعیت مربوط باید با استفاده از یک دستگاه صفحه داغ محافظت شده (استانداردهای ISO 8301 و ASTM C 177) یا با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری جریان حرارت (استانداردهای ISO 8301 و ASTM C 518) به دست آیند.

بعد از تنظیم دماهای هوای محفظه اندازه‌گیری و محیط در درجه‌های مختلف، ولتاژ اختلاف دمای ترموپیل دیواره اندازه‌گیری، اختلاف دمای متوسط صفحه محیطی و توان ورودی اندازه‌گیری می‌شوند. نتایج می‌توانند با بازگشت چندگانه حداقل مربعات تحلیل شوند.

با استفاده از روش آزمون استاندارد ASTM C 1199، وابسته واسنجی تجربی برای انتقال حرارت خروجی ( $\Phi_{EXTRA,ASTM}$ ) با استفاده از یک تکنیک بازگشت چندگانه حداقل مربعات همانگونه که در مرجع [۲۲] آمده است، به دست آمد. نتیجه برای ۹ آزمون واسنجی به صورت زیر است:

$$\Phi_{EXTRA,ASTM} = 0.9391\delta\theta_{sur} + 1.3319V - 0.4827 \quad (\text{ج-۱۲})$$

به طور مشابه با استفاده از روش این استاندارد وابسته واسنجی تجربی برای انتقال حرارت خارجی ( $\Phi_{EXTRA,ISO}$ ) همانگونه که در مرجع [۲۲] آمده است) به دست آمد. نتیجه برای ۹ آزمون واسنجی عبارت است از:

$$\Phi_{EXTRA,ISO} = 0.9269\delta\theta_{sur} + 1.2667V - 0.5068 \quad (\text{ج-۱۳})$$

جدول ج-۲-عناصر عدم قطعیت

عناصر عدم قطعیت	نماد	یکا	عدم قطعیت در P=95%
طول	$\Delta^P d$	M	$\pm 0,0005$
دما	$\Delta^P \theta$	°C	$\pm 0,5$
اختلاف دما	$\Delta^P \delta\theta$	°C	$\pm 0,5$
ولتاژ	$\Delta^P V$	mV	$\pm 1,0\%$
توان	$\Delta^P \Phi_{IN}$	W	$\pm (0,109\% \Phi_{IN} + 0,125)$
هدایت حرارتی	$\Delta^P \lambda$	W/(m.K)	$\pm 1\%^a$

یادآوری- عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌های صفحه داغ حفاظت شده (ASTM C 177)

a- برای اندازه‌گیری‌های جریان حرارت (استانداردهای ISO 8301 یا ASTM C 518 تا ۳ درصد استفاده کنید)

برای یک  $\delta\theta_{sur}$  معلوم مربوط به  $\delta\theta_{ie}$  دخالت ولتاژ اختلاف دمای ترموپیل باید با نزدیک‌تر کردن هر چه بیشتر دمای محیط خارجی ( $\theta_{AMB}$ ) به دمای هوای محفظه اندازه‌گیری ( $\theta_i$ ) به حداقل برسد. انتقال حرارت جانبی نمونه ( $\Phi_{FL,sp}$ ) می‌تواند با استفاده از واسنجی با نصب چندین صفحه واسنجی با ضخامت‌های مختلف و خصوصیات حرارتی یکسان، در صفحه محیطی، تعیین گردد. این انتقال حرارت جانبی برای یک صفحه محیطی با ضخامت معلوم از معادله (ج-۱۴) به دست می‌آید:

$$\Phi_{FL,SP} = \Phi_{IN} - \Phi_{sur} - \Phi_{EXTRA} \quad (ج-۱۴)$$

که در آن  $\Phi_{sur}$  می‌تواند با استفاده از معادله (ج-۹) و  $\Phi_{EXTR}$  با واسنجی به دست آیند (به عوان مثال معادله (ج-۱۲) برای استاندارد ASTM C 1199 و معادله (ج-۱۳) برای این استاندارد).

برای ضخامت معلوم صفحه محیطی،  $\Phi_{FL,sp}$  تابعی از ضخامت نمونه می‌باشد و فرایند وابستگی برازش حداقل مربعات برای روش آزمون پنجره‌بندی ASTM C 1199 در مراجع [۲۲] و [۲۷] آمده است. نتیجه برای صفحه محیطی با ضخامت  $102,2/2$  میلی متر برابر است با:

$$\Phi_{FL,SP;ASTM} = 40,798 - 0,8475d_{sp} + 0,0044dsp^2 \dots (0 < d_{sp} < 102,2mm) \quad (ج-۱۵)$$

$\Phi$  که در آن  $d_{sp}$  ضخامت نمونه بر حسب میلی متر می‌باشد.

وابسته برازش منحنی بازگشت حداقل مربعات روش آزمون پنجره‌بندی این استاندارد در مراجع [۲۲] و [۲۷] آمده است. نتایج برای همان صفحه محیطی برابر است با:

$$\Phi_{FL,sp;ISO} = 38,974 - 0,7566d_{sp} + 0,0037d_{sp} \dots (0 < d_{sp} < 102,2 mm) \quad (ج-۱۶)$$

تفاوت بین معادلات (ج-۱۵) و (ج-۱۶) به دلیل اندازه‌گیری و دمای هوای متفاوت استفاده شده در استاندارد ASTM C 1199 و این استاندارد می‌باشد.

### ج-۹-۲ نتایج اندازه‌گیری CTS تحلیل‌های عدم قطعیت

یک CTS برای واسنجی ضرایب انتقال حرارت سطح نمونه برای آزمون‌های جعبه داغ پنجره‌بندی به کار رفت. CTS با پوشش پلاستیکی (پلی کربنات) مطابق با استاندارد ASTM C 1199 و این استاندارد ساخته شده بود. جدول ۳ خلاصه نتایج اندازه‌گیری با استفاده از استاندارد ASTM C 1199 را نشان می‌دهد. داده

های واسنجی مفصل تری در مرجع [۲۲] آمده است. با استفاده از داده‌های عدم قطعیت و فرایندهای تحلیل عدم قطعیت ارائه شده در این پیوست، عدم قطعیت مقدار U برای CTS و نتایج محاسبات متوسط به دست آمده و در جداول (ج-۳) و (ج-۴) آمده‌اند.

جدول ج-۳ مقادیر اندازه‌گیری شده و عدم قطعیت‌های تخمین زده شده در P=95% سطح اطمینان برای صفحه واسنجی CTS با پوشش پلاستیکی

عدم قطعیت بر اساس جدول (ج-۲)	مقدار اندازه‌گیری شده	یکا	نماد	کمیت
۰٫۰۰۰۵	۱٫۲۱۹	m	H <sub>sp</sub>	ارتفاع نمونه
۰٫۰۰۰۵	۰٫۶۰۹	m	w <sub>sp</sub>	عرض نمونه
۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۲۱	m	d <sub>sp</sub>	ضخامت نمونه
۰٫۵	۲۰٫۹۹	°C	θ <sub>i</sub>	دمای هوای طرف گرم
۰٫۵	-۱۷٫۹۰	°C	θ <sub>e</sub>	دمای هوای طرف سرد
۰٫۰۰۰۳۲	۰٫۰۳۲	W/m.K	λ <sub>sur</sub>	هدایت صفحه محیطی
۰٫۰۰۰۵	۲٫۴۴	m	H <sub>sur</sub>	ارتفاع خارجی صفحه محیطی
۰٫۰۰۰۵	۲٫۴۴	m	w <sub>sur</sub>	عرض خارجی صفحه محیطی
۰٫۵	۱۹٫۱۶	°C	θ <sub>sur,1</sub>	دمای سطح طرف گرم صفحه محیطی
۰٫۵	-۱۷٫۴۱	°C	θ <sub>sur,2</sub>	دمای سطح طرف سرد صفحه محیطی
۰٫۰۷	۷٫۴۱	mV	V	ولتاژ ترموپیل دیواره محفظه اندازه‌گیری
۰٫۲۷۷	۱۶۸٫۵۵	W	Φ <sub>IN</sub>	توان ورودی طرف گرم

از جدول (ج-۴) مقدار U و عدم قطعیت آن برای این CTS در سطح اطمینان P=95% برابر است با:  
 (ج-۱۸)  $U_{CTS,ASTM} = 1.598 \pm 0.093W / (m^2.K)$

یادآوری - P=95%

این مقدار نشان دهنده ۵٫۸٪ عدم قطعیت در مقدار اندازه‌گیری و گرد شده U برابر با W/(m<sup>2</sup>.K) ۱٫۶ می‌باشد.

جدول ج-۴ مقادیر محاسبه شده داده‌های متوسط و مقدار U برای CTS

درصد عدم قطعیت	عدم قطعیت محاسبه شده	مقدار محاسبه شده	یکا	نماد	کمیت
۰٫۰۹٪	۰٫۰۰۰۷	۰٫۷۴۴	m <sup>2</sup>	$A_{sp}$	مساحت طرح‌ریزی شده نمونه
۰٫۰۴٪	۰٫۰۰۱۰	۵٫۲۰۳	m <sup>2</sup>	$A_{sur}$	مساحت طرح‌ریزی شده صفحه محیطی
۳٫۸٪	۱٫۷۵۶	۴۳٫۷۴	W	$\Phi_{EXTR}$	انتقال حرارت خارجی
۱٫۰٪	۰٫۵۸۰	۵۷٫۴۶	W	$\Phi_{sur}$	انتقال حرارت صفحه محیطی
۹٫۱٪	۱٫۹۲۴	۲۱٫۱۶	W	$\Phi_{FL,sp}$	انتقال حرارت جانبی نمونه
۵٫۸٪	۲٫۶۸۳	۴۶٫۱۹	W	$\Phi_{sp}$	انتقال حرارت نمونه
۵٫۸٪	۰٫۰۹۳	۱٫۵۹۸	W/m <sup>2</sup> K	$U_{sp}$	مقدار U نمونه

برای مقایسه، مقاومت ASTM C 177 (سطح تا سطح) هسته پلی استایرن انبساطی CTS با مقاومت‌های سطح پلی‌کربنات و مقاومت‌های انتقال حرارت سطح طرف گرم و سرد استاندارد شده، ترکیب شد تا یک مقدار پیش بینی شده U برای CTS برابر با  $۱٫۵۹۵ \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  ارائه دهد. این مقدار در محدوده عدم قطعیت تجربی ( $۱٫۵۰۵ \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  تا  $۱٫۶۹۱ \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ) ارائه شده در معادله (ج-۱۸) قرار دارد و فقط ۰٫۱۶٪ با مقدار اندازه‌گیری شده تفاوت دارد.

در بین مقدارهای عدم قطعیت معادله (ج-۴)، عدم قطعیت انتقال حرارت نمونه ( $\Delta\Phi_{sp}$ ) همان طور که در جدول (ج-۴) مشخص است، غالب بر عدم قطعیت مقدار U می باشد. عدم قطعیت  $\Delta\Phi_{sp}$  غالباً تحت تاثیر عدم قطعیت مقادیر  $\Delta\Phi_{EXTR}$  و  $\Delta\Phi_{FL,sp}$  قرار دارد. این دو مقدار به وسیله تکنیک‌های آماری که قبلاً توضیح داده شد و بر اساس تعداد محدودی آزمون واسنجی محاسبه شده‌اند. بنابراین برای کاهش عدم قطعیت کل مقدار U، واسنجی‌های بیشتری برای انتقال حرارت خارجی و صفحات واسنجی ضخیم‌تری برای انتقال حرارت جانبی نمونه ضروری است.

برای دیدن مثال‌هایی برای تحلیل‌های عدم قطعیت محصول پنجره‌بندی و نتایجی برای آزمون‌های واحد شیشه کاری ایزوله (IGU) سری IEA و آزمایش پنجره PVC سری ISO، به مرجع [۲۲] رجوع کنید.

پیوست چ  
(اطلاعاتی)  
کتابنامه

- [1] ISO 140-1, Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission
- [2] ISO 140-2, Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Determination, verification and application of precision data
- [3] ISO 10077-1, Thermal performance of windows, doors and shutters — Calculation of thermal transmittance — Part 1: General
- [4] ASTM C 1199-09e1, Standard Test Method for Measuring the Steady-State Thermal Transmittance of Fenestration Systems Using Hot Box Methods
- [5] ASTM-E 1423-06, Standard Practice for Determining the Steady State Thermal Transmittance of Fenestration Systems
- [6] BOWEN, R.P. DBR's approach for determining the heat transmission characteristics of window. Building Research Note 234, Ottawa, 1985
- [7] ELMAHDY, A.H. Heat transmission and  $R$  value of fenestration systems using IRC hot box: Procedure and uncertainty analysis. *ASHRAE Transaction*, 1992
- [8] MITALAS, G.P., STEPHENSONS, D.G. Fortran program to calculate radiant energy interchange factors. DBR Computer Program No. 25, NRC, Ottawa, 1966
- [9] SIEGEL, R., HOWELL, J.R. *Thermal radiation heat transfer*, 3rd edition, Hemisphere Publishing Corporation, 1992
- [10] WILLIAMS, R., HALL, D. SM&T Project 3032 — Final summary report — Design and validation of glazed calibration panels required for the measurement of thermal transmittance of glazed assemblies. NPL Report CBTM2, National Physical Laboratory UK, September 1997
- [11] ASTM C 177-04, Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus
- [12] ASTM C 518-04, Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus
- [13] KLINE, S.J. and MCCLINTOCK, F.A. Describing uncertainties in single sample experiments. *Mechanical Engineering* 75, 1953, pp. 3-8
- [14] AIRY, George Biddle, Sir. *Theory of errors of Observation*. Macmillan, London, 1879
- [15] UKAS M3003, The expression of uncertainty and confidence in measurement. United Kingdom Accreditation Service Publication M3003, 1st ed., December 1997, 76 pp
- [16] SCHENCK, H. *Theory of engineering experimentation*, third edition, McGraw Hill, New York, NY, 1979
- [17] FIGLIOLA, R.S., and BEASLEY, D.E. *Theory and design for mechanical measurements*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1995
- [18] TAYLOR, John R. *An introduction to error analysis*. 2nd ed., University Science Books, Sausalito, California, 1997
- [19] MOFFAT, R.J. Describing the uncertainties in experimental results. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1988, Vol. 1, pp. 3–17
- [20] MOFFAT, R.J. Contributions to the theory of single sample uncertainty analysis. *ASME Transaction, Journal of Fluids Engineering*, 1982, Vol. 104, pp. 250–260

- [21] MOFFAT, R.J. Using uncertainty analysis in the planning of an experiment. *ASME Transaction, Journal of Fluids Engineering*, 1985, Vol. 107, pp. 173–178
- [22] YUAN, S. *Experimental and analytical heat transfer analyses for a calibrated hot box and fenestration Systems*. Ph.D. dissertation, University of Massachusetts, Amherst, MA, 2001
- [23] KLEMS, J.H. Method of measuring nighttime U-Value using the mobile window thermal test facility. *ASHRAE Transactions*, 1992, Vol. 98, Part 2, pp. 619–629
- [24] HARRISON, S.J. and DUBROUS, F.M. Uncertainties in the evaluation of window SHGC and U-Values measured using an indoor solar simulator facility. *ASHRAE Transactions*, 1992, Vol. 98, Part 2, pp. 638–645
- [25] ELMAHDY, H. Heat transmission and R-value of fenestration systems using IRC hot box: Procedure and uncertainty analysis. *ASHRAE Transactions*, 1992, Vol. 102-2
- [26] NUSSBAUMER, T. *Error analysis on hot box test*. EMPA Report No. 124 258/4, 10 May 1995
- [27] YUAN, S., RUSSELL, G.A., GOSS, W.P. Uncertainty analysis of a calibrated hot box. *Insulation Materials: Testing and Applications: 4th Volume*, ASTM STP 1426, A.O. Desjarlais and R.R. Zarr, Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002
- [28] VAN DIJK, D. *Interim report on U-value measurements*. TNO-BOUW, P. O. Box 29, 2600 AA Delft, The Netherlands, 1997
- [29] ASTM C1363-05, *Standard Test Method for Thermal Performance of Building Materials and Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus*
- [30] GATLAND, S.D. II. *The design, fabrication, calibration, and operation of a second generation research calibrated hot box*. M.S. thesis, University of Massachusetts, Amherst, MA, 1996
- [31] YUAN, S., GATLAND, S.D. II, GOSS, W.P. Calibration procedures for hot boxes. In: *Insulation Materials: Testing and Applications: 4th Volume*. ASTM STP 1426, A.O. esjarlais and R.R. Zarr, Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002
- [32] NETER, J., KUTNER, M.H., NACHTSHEIM, C.J., and WASSERMAN, W. *Applied linear statistical models*. 4<sup>th</sup> ed., WCB/McGraw-Hill,