استاندارد ملی ایران

۱۳۶۰۶

چاپ اول

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
مؤسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI
13606
1st. Edition

ارگونومی محیط گرمایی- اندازه‌گیری و تفسیر تنش سرمایی هنگام استفاده از عایق پوششی مورد نیاز (IREQ) و اثرات سرمایش موضعی

Ergonomics of the thermal environment- Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects

ICS:13.180

به‌نام خدا

آشنایی با مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

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

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

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته‌ی ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۵ تدوین و در کمیته‌ی ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

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

مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات 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. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سا زمانها و مؤسسات فعال در زمینه‌ی مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست-محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه‌ی استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه‌ی تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

---

* موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"ارگونومی محیط گرمایی ـ اندازه‌گیری و تفسیر تنش سرمایی هنگام استفاده از عایق پوششی مورد نیاز (IREQ) و اثرات سرمایش موضعی"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
دیانت، ایمان (دکترای بهداشت حرفه‌ای)	دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
دبیر:	
حسین‌زاده، ملیحه (دکترای حرفه‌ای پزشکی)	کارشناس
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
حضرتی، الهام (لیسانس شیمی)	کارشناس
سالک‌زمانی، سحر (دانشجوی دکترای حرفه‌ای پزشکی)	کارشناس
سالک‌زمانی، مریم (فوق‌لیسانس علوم تغذیه)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان آذربایجان شرقی
شکوری، لیلا (لیسانس شیمی کاربردی)	مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار شمالغرب کشور
غفاری، مجتبی (فوق‌لیسانس بهداشت حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی
مستوفی، رضا (لیسانس مهندسی نساجی)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان آذربایجان شرقی
معینیان، سید شهاب (فوق‌لیسانس شیمی)	موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
مقدم شیبای، داود (لیسانس مهندسی برق)	نیروگاه پارس یک

نعیمی، لیلا
(لیسانس فیزیوتراپی)
کلینیک فیزیوتراپی یاس

همت‌جو، یوسف
(فوق‌لیسانس بهداشت حرفه‌ای)
مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با مؤسسه استاندارد	ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	د
پیش گفتار	و
مقدمه	ه
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات، تعریف و نمادها	۲
۴ اصول روش‌های ارزیابی	۴
۴ـ۱ خنک‌سازی عمومی	۴
۴ـ۲ خنک‌سازی موضعی	۵
۵ خنک‌سازی عمومی	۵
۵ـ۱ کلیات	۵
۵ـ۲ عایق پوششی مورد نیاز	۷
۵ـ۳ استخراج IREQ	۷
۵ـ۴ محاسبه IREQ	۸
۵ـ۵ تفسیر IREQ	۹
۵ـ۶ مقایسه IREQ و عایق پوشاک انتخاب شده	۱۰
۵ـ۷ تعریف و محاسبه مدت مواجهه مجاز	۱۱
۶ خنک‌سازی موضعی	۱۲
۶ـ۱ کلیات	۱۲
۶ـ۲ خنک‌سازی همرفتی	۱۲
۶ـ۳ خنک‌سازی هدایتی	۱۲
۶ـ۴ خنک‌سازی اندام‌های انتهایی	۱۲
۷ ارزیابی عملی محیط‌های سرد و تفسیر آن	۱۳
۷ـ۱ کلیات	۱۳
۷ـ۲ روش‌های تعیین IREQ و D_{lim}	۱۳
۷ـ۳ سرمایش موضعی	۱۴
پیوست الف (الزامی) محاسبات تعادل گرمایی	۱۶
پیوست ب (اطلاعاتی) معیار فیزیولوژیکی در مواجهه با سرما	۱۹
پیوست پ (اطلاعاتی) میزان سوخت و ساز و خواص گرمایی پوشش	۲۱

فهرست مندرجات ـ ادامه

عنوان	صفحه
پیوست ت (اطلاعاتی) تعیین خنک‌سازی باد	۲۴
پیوست ث (اطلاعاتی) مثال‌های ارزیابی IREQ	۲۶
پیوست ج (اطلاعاتی) برنامه رایانه‌ای محاسبه IREQ	۳۶
پیوست چ (اطلاعاتی) کتابنامه	۳۷

پیش گفتار

استاندارد "ارگونومی محیط گرمایی ـ اندازه‌گیری و تفسیر تنش سرمایی هنگام استفاده از عایق پوششی مورد نیاز (IREQ) و اثرات سرمایش موضعی" که پیش نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و نود و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۸۹/۱۱/۲۷ 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 می‌شود.

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

منبع و مأخذی که برای تهیه‌ی این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 11079:2007, Ergonomics of the thermal environment- Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects

مقدمه

مواجهه با سرمای باد معمولاً در آب و هوای سرد اتفاق می‌افتد. اما در واقع، این دمای پائین است که قبل از هر چیزی تعادل گرمایی[1] بدن را به خطر می‌اندازد. با تطبیق مناسب پوشاک[2] می‌توان اتلاف[3] گرمای بدن را تنظیم نموده و کنترل کرد و در مقابل تغییرات جوّی تعادل به وجود آورد. از این رو، روش‌های ارائه شده در این استاندارد بر مبنای ارزیابی عایق پوششی مورد نیاز [4] برای حفظ تعادل گرمایی بدن می‌باشد. در معادله تعادل گرمایی مورد استفاده، از جدیدترین یافته‌های علمی در خصوص تبادل گرمایی در سطح پوست و پوشاک بهره‌گیری شده است.

1-Heat balance
2-Clothing
3-Loss
4-Clothing insulation required

ارگونومی محیط گرمایی- اندازه‌گیری و تفسیر تنش سرمایی[1] هنگام استفاده از عایق پوششی مورد نیاز[2] (IREQ) و اثرات سرمایش موضعی[3]

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌ها و راهبردهایی[4] برای ارزیابی تنش‌های گرمایی هنگام مواجهه با محیط‌های سرد است. این روش‌ها برای مواجههٔ مداوم، متناوب و مقطعی و نوع کار درون ساختمان و خارج ساختمان کاربرد دارد. این روش‌ها برای اثرات خاص همراه با پدیده‌های جوّی معین (برای مثال بارندگی) که با سایر روش‌ها ارزیابی می‌شوند، کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۵۰۲۷، پارچه ـ روش آزمون سنجش نفوذپذیری در مقابل هوا

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۴۷، ارگونومی محیط‌های حرارتی اصطلاحات و نمادها

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۸۹۲۶، پوشاک ـ اثرات فیزیولوژیکی ـ اندازه گیری میزان عایق حرارتی به وسیله مانکن حرارتی ـ روش آزمون

2-4 ISO 7726, Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities

2-5 ISO 8996, Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate

2-6 ISO 9920, Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble

2-7 ISO 13732-3, Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces — Part 3: Cold surfaces

2-8 EN 511, Protective gloves against cold

1-Cold stress
2-Required clothing insulation
3-Local coolingeffects
4-Strategies

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۴۷، تعاریف و نمادهای زیر نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

تنش سرمایی

شرایط جوّی که در آن تبادل گرمایی بدن صرفاً برابر با تعادل گرمایی یا خیلی بیش‌تر از آن، به بهای فشار فیزیولوژیکی[1] زیاد و بعضی مواقع غیر قابل جبران، است (وام گرمایی)[2].

۳-۱-۲

تنش گرمایی

وضعیت آب و هوایی که در آن تبادل گرمایی بدن صرفاً برابر با تعادل گرمایی یا خیلی کم‌تر از آن، به بهای فشار فیزیولوژیکی زیاد و بعضی مواقع غیر قابل جبران، است (ذخیره گرمایی)[3].

۳-۱-۳

IREQ

عایق پوششی مورد نیاز برای حفظ تعادل گرمایی بدن در سطح معینی از فشار فیزیولوژیکی است.

۳-۱-۴

ناحیه گرمایی خنثی[4]

فاصلهٔ دمایی که در آن، بدن تعادل گرمایی را منحصراً با واکنش‌های عروقی[5] برقرار نگه می‌دارد.

۳-۱-۵

دمای خنک‌سازی باد[6]

دمای مرتبط با اثرات خنک‌سازی بر روی بخش‌های موضعی از پوست است.

۳-۲ نمادها

در جدول شماره یک، نمادهای مورد استفاده در این استاندارد، همراه با توضیحات و واحدهای مربوط ذکر شده است.

جدول ۱ ــ نمادها

نماد	توضیحات	واحد
A_{Du}	مساحت سطح بدن با Dubois	m^2
ap	نفوذپذیری هوا	$I.m^{-2}.s^{-1}$

1-Physiological strain
2-Heat debt
3-Heat storage
4-Thermoneutral zone
5-Vasomotor
6-Wind chill temperature

ادامه جدول ۱ ــ نمادها		
نماد	توضیحات	واحد
C	شار گرمایی همرفت (تبادل)، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
c_e	گرمای نهان تبخیر آب	$J.kg^{-1}$
c_p	گرمای مخصوص هوای خشک در فشار ثابت	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
C_{res}	شار گرمایی همرفتی از طریق سیستم تنفسی (اتلاف)، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
$D_{\lim}$	مدت مواجهه مجاز	h
D_{rec}	زمان بهبودی	h
E	شار گرمایی تبخیری در پوست (تبادل)، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
E_{res}	شار گرمایی تبخیری از طریق سیستم تنفسی (اتلاف)، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
f_{cl}	فاکتور مساحت پوشاک	بدون بعد
h_c	ضریب انتقال گرما از طریق همرفت	$W.m^{-2}.K^{-1}$
h_r	ضریب انتقال گرما از طریق تابش	$W.m^{-2}.K^{-1}$
I_a	عایق گرمایی لایهٔ مرزی	$m^2.K.W^{-1}$
$I_{a,r}$	عایق گرمایی لایهٔ مرزی منتج	$m^2.K.W^{-1}$
I_{cl}	عایق پایه پوشاک	$m^2.K.W^{-1}$
$I_{cl,r}$	عایق منتج پوشاک	$m^2.K.W^{-1}$
I_T	مجموع عایق پایه	$m^2.K.W^{-1}$
$I_{T,r}$	مجموع عایق منتج	$m^2.K.W^{-1}$
i_m	شاخص نفوذپذیری رطوبت	بدون بعد
$IREQ$	شاخص عایق پوششی مورد نیاز	$m^2.K.W^{-1}$
$IREQ_{\min}$	حداقل عایق پوششی مورد نیاز	$m^2.K.W^{-1}$
$IREQ_{neutral}$	عایق پوششی مورد نیاز خنثی	$m^2.K.W^{-1}$
K	شار گرمایی هدایتی (تبادل)، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
M	میزان سوخت و ساز، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
p_a	فشار جزئی بخار آب	kPa
p_{ex}	فشار بخار اشباع در دمای هوای بازدم	kPa
p_{sk}	فشار بخار آب در دمای پوست	kPa
$p_{sk,s}$	فشار بخار اشباع در سطح پوست	kPa
Q	ذخیره یا اتلاف گرمای بدن، در واحد سطح	$kJ.m^{-2}$
$Q_{\lim}$	مقدار حدی ذخیره یا اتلاف گرمای بدن، در واحد سطح	$kJ.m^{-2}$
R	شار گرمایی تابشی (تبادل)، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
$R_{e,T}$	مجموع مقاومت تبخیری پوشاک و لایهٔ هوای مرزی	$m^2.kPa.W^{-1}$

جدول ۱ ـ ادامه		
نماد	نماد	نماد
S	میزان ذخیره گرمای بدن، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
t_a	دمای هوا	$^{\circ}C$
t_{cl}	دمای سطح پوشاک	$^{\circ}C$
t_{ex}	دمای هوای بازدم	$^{\circ}C$
t_o	دمای عملی	$^{\circ}C$
t_r	دمای تابشی	$^{\circ}C$
t_{sk}	دمای موضعی پوست	$^{\circ}C$
$\bar{t}_{sk}$	میانگین دمای پوست	$^{\circ}C$
t_{WC}	دمای خنک‌سازی باد	$^{\circ}C$
V	میزان تهویهٔ تنفسی	$kg.s^{-1}$هوا
v_{10}	سرعت باد اندازه‌گیری شده ۱۰ m بالاتر از سطح زمین	$m.s^{-1}$
v_a	سرعت هوا	$m.s^{-1}$
v_W	سرعت راه رفتن	$m.s^{-1}$
W	توان مکانیکی موثر، در واحد سطح	$W.m^{-2}$
w	خیسی پوست	بدون بعد
W_a	نسبت رطوبت هوای دم	kg آب/ kg هوای خشک
W'_{ex}	نسبت رطوبت هوای بازدم	kg آب/ kg هوای خشک
σ	ثابت استفان بولتزمن*	
ε_{cl}	ضریب انتشار سطح پوشاک	بدون بعد
* Stefan-Boltzmann		

۴ اصول روش‌های ارزیابی

تنش سرمایی برحسب خنک‌سازی عمومی بدن و برحسب خنک‌سازی موضعی بخش‌های ویژه از بدن ارزیابی می‌شود (به عنوان مثال اندام‌های انتهایی[1] و صورت). انواع تنش‌های سرمایی به شرح زیر مشخص شده است:

1-Extremities

۴-۱ خنک سازی عمومی

برای خنک‌سازی عمومی یک روش تحلیلی در بند پنج به منظور ارزیابی و تفسیر تنش گرمایی ارائه شده است. روش مزبور بر اساس محاسبهٔ تبادل گرمایی بدن، $IREQ$، به منظور حفظ تعادل گرمایی و عایق ایجاد شده به وسیلهٔ مجموعه پوشاک[1] مورد استفاده یا پیش‌بینی شده برای استفاده، است.

۴-۲ خنک‌سازی موضعی

۴-۲-۱ خنک‌سازی همرفتی[2]

۴-۲-۲ خنک‌سازی هدایتی[3]

۴-۲-۳ خنک‌سازی اندام انتهایی

۴-۲-۴ خنک‌سازی مسیر هوایی[4]

به منظور خنک‌سازی موضعی روش‌هایی در بند شش پیشنهاد شده است. معیارها و مقادیر حدی[5] در بند شش و پیوست ب ارائه شده است. در بخش‌های زیر مراحل اصلی ارزیابی توضیح داده شده است.

۵ خنک‌سازی عمومی

۵-۱ کلیات

معادله عمومی برای تعادل گرمایی بدن تعریف شده است. در این معادله خواص گرمایی پوشاک، تولید گرمای بدن و مشخصه‌های فیزیکی محیط از فاکتورهای تعیین‌کننده محسوب می‌شوند. این معادله برای $IREQ$ به منظور حفظ تعادل گرمایی تحت معیارهای مشخص فشار فیزیولوژیکی حل می‌شود. متعاقب آن $IREQ$ با مقدار محافظت (عایق) پیشنهاد شده به وسیلهٔ پوشاک کارگران مقایسه می‌شود. اگر عایق پوشیده شده کم‌تر از مقدار مورد نیاز باشد، $D_{\lim}$ بر اساس سطوح قابل قبول خنک‌سازی بدن محاسبه می‌گردد. معادله‌های تفصیلی، ضرایب و معیارها در پیوست‌های الف و ب ارائه شده است.

این روش‌ها شامل مراحل زیر می‌باشد که به طور شماتیک در شکل یک نشان داده شده است:

الف ـ اندازه‌گیری پارامترهای گرمایی محیط؛

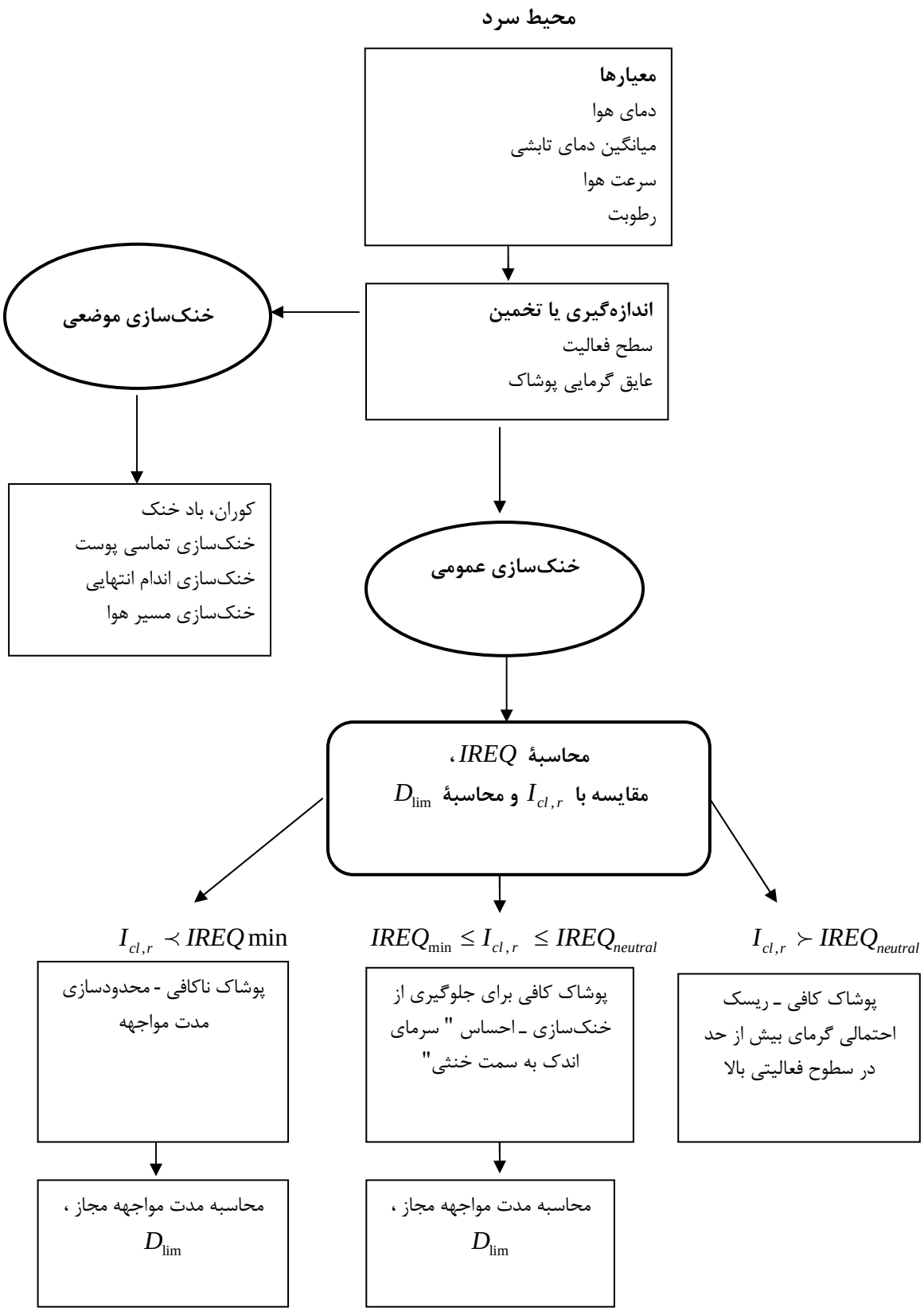
ب ـ تعیین سطح فعالیت (میزان سوخت و ساز)؛

پ ـ محاسبهٔ $IREQ$؛

ت ـ مقایسهٔ $IREQ$ با عایق منتج از پوشاک مورد استفاده؛

ث ـ ارزیابی وضعیت‌های تعادل گرمایی و محاسبهٔ بیشینهٔ مدت مواجهه مجاز ($D_{\lim}$).

1-Clothing ensemble
2-Convective cooling
3-Conductive cooling
4-Airway cooling
5-Limit values



شکل ۱- روند ارزیابی محیط‌های سرد

۵-۲ عایق پوششی مورد نیاز *IREQ*

IREQ، عایق پوششی مورد نیاز در شرایط واقعی محیطی برای نگه‌داری بدن در وضعیت تعادل گرمایی در سطح مورد قبولی از دمای بدن و پوست می‌باشد.

IREQ عبارت است از:

الف- شاخص تنش سرمایی به دست آمده از ترکیب دمای هوا، میانگین دمای تابشی، رطوبت نسبی و سرعت هوا برای سطوح معینی از میزان سوخت و ساز،

ب- روشی برای تحلیل اثرات محیط گرمایی و میزان سوخت و ساز بدن انسان،

پ- روشی برای مشخص کردن عایق پوششی مورد نیاز و متعاقب آن انتخاب پوشاک برای استفاده تحت شرایط واقعی،

ت- روشی برای ارزیابی تغییرات در پارامترهای تعادل گرمایی به عنوان معیارهایی برای بهبود طراحی و برنامه‌ریزی زمان کار و برنامه‌های کاری تحت شرایط سرد.

۵-۳ استخراج[1] *IREQ*

۵-۳-۱ معادله عمومی تعادل گرمایی

محاسبهٔ *IREQ* بر مبنای تحلیل منطقی تبادل گرمایی انسان با محیط می‌باشد. بندهای فرعی مشروح زیر مروری بر اصول کلی محاسبهٔ فاکتورهای مختلف موثر بر *IREQ* است.

معادله عمومی تعادل گرمایی [معادله (۱)] به شرح زیر است:

$$M - W = E_{res} + C_{res} + E + K + R + C + S \qquad (۱)$$

سمت چپ معادله تولید گرمایی درونی را نشان می‌دهد که با سمت راست که به مجموع تبادل‌های گرمایی در اثر تنفسی، تبادل‌های گرمایی از طریق پوست و ذخیره گرما در بدن مربوط است، موازنه شده است. متغیرهای معادله (۱) در زیر توضیح داده شده است. برای آگاهی از نمادها، به بند ۳-۲ مراجعه کنید.

۵-۳-۲ میزان سوخت و ساز

M، میزان سوخت و ساز است و طبق استاندارد ISO 8996 ارزیابی می‌شود.

۵-۳-۳ توان مکانیکی موثر

W، توان مکانیکی موثر است. توان مکانیکی موثر در بسیاری از موقعیت‌های صنعتی، کم و قابل اغماض است. برای آگاهی‌های بیش‌تر به استاندارد ISO 8996 مراجعه کنید.

۵-۳-۴ تبادل گرمایی تنفسی

گرما در دستگاه تنفسی با گرم کردن و اشباع هوای دم از دست می‌رود و برابر است با مجموع C_{res} و E_{res} که به ترتیب، به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$C_{res} = c_p . V(t_{ex} - t_a) / A_{Du} \qquad (۲)$$

$$E_{res} = c_e . V(W_{ex} - W_a) / A_{Du} \qquad (۳)$$

1-Derivation

۵-۳-۵ تبادل گرمایی تبخیری

تبادل گرمایی تبخیری ،E، به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$E = (p_{sk} - p_a) / R_{e,T} \quad (۴)$$

۵-۳-۶ تبادل گرمایی هدایتی

تبادل گرمایی هدایتی، K ، مربوط به مساحت بخش‌هایی از بدن است که در تماس مستقیم با سطوح خارجی قرار می‌گیرند. تبادل گرمایی هدایتی اغلب کوچک بوده و می‌توان با منظور نمودن تبادل گرمایی تابشی و همرفتی محاسبه کرد، گرچه ممکن است برای تعادل گرمایی موضعی بسیار مهم باشد.

۵-۳-۷ تبادل گرمایی تابشی

تبادل گرمایی تابشی،R، بین سطح پوشاک از جمله پوست بدون پوشش و محیط به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$R = f_{cl} . h_r . (t_{cl} - \bar{t}_r) \quad (۵)$$

۵-۳-۸ تبادل گرمایی همرفتی

تبادل گرمایی همرفتی، C، بین سطح پوشاک ازجمله پوست بدون پوشش و محیط به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$C = f_{cl} . h_c . (t_{cl} - t_a) \quad (۶)$$

۵-۳-۹ تبادل گرمایی از طریق پوشاک

تبادل گرمایی از طریق پوشاک با هدایت، همرفت، تابش و به وسیلهٔ انتقال عرق تبخیر شده اتفاق می‌افتد. اثر پوشاک بر تبادل گرمایی نهان به وسیلهٔ معادله (۴) محاسبه می‌شود. اثر پوشاک بر تبادل گرمایی خشک به وسیلهٔ عایق گرمایی مجموعه پوشاک و گرادیان دمای[1] سطحی بین پوست و پوشاک تعیین می‌گردد. شار گرمایی خشک در سطح پوشاک برابر است با انتقال گرما بین سطح پوشاک و محیط. بنابراین تبادل گرمایی بین پوشاک به وسیلهٔ عایق گرمایی منتج از پوشاک تشریح می‌شود:

$$\frac{\bar{t}_{sk} - t_{cl}}{I_{cl,r}} = R + C = M - W - E_{res} - C_{res} - E - S \quad (۷)$$

۵-۴ محاسبهٔ $IREQ$

$IREQ$، بر اساس معادلات (۱) تا (۷)، در حالت یکنواخت و با استفاده فرضیهٔ مربوط به شار گرمایی به وسیله هدایت، طبق معادله (۸) محاسبه می‌شود:

$$IREQ = \frac{\bar{t}_{sk} - t_{cl}}{R + C} \quad (۸)$$

معادله‌های (۷) و (۸) تبادل گرمایی خشک را در سطح پوشاک، زمانی که بدن در وضع تعادل گرمایی است، بیان می‌کند و رابطهٔ بین $I_{cl,r}$ و $IREQ . I_{cl,r}$ که مقدار عایق پوشاک تصحیح شده برای اثرات نفوذ باد و فعالیت، با در نظر گرفتن نفوذپذیری هوا در لایهٔ بیرونی پوشاک است، می‌باشد. $IREQ$ عایق گرمایی مورد نیاز برای حفظ تعادل گرمایی است.

1-Temperature gradiant

معادله (۸) دارای دو متغیر مجهول $IREQ$ و t_{cl} می‌باشد. بنابراین معادله (۸) برای t_{cl} به صورت زیر حل می‌شود.

$$t_{cl} = \bar{t}_{sk} - IREQ.(M - W - E_{res} - C_{res} - E) \qquad (۹)$$

این توضیحات t_{cl} را در معادله‌های محاسبه متغیرها در معادله (۸) جایگزین می‌کند که در آن فرمول‌های R و C شامل t_{cl} می‌باشد[به معادله‌های (۵) و (۶) مراجعه کنید]. مقدار $IREQ$ به دست آمده از معادله (۸) به روش تکرار[1] محاسبه شده است. در پیوست ج برای این منظور به یک برنامه رایانه‌ای ارجاع شده است. $IREQ$ بر مقیاس درجه $m^2.K.W^{-1}$ و clo توصیف می‌شود.

یادآوری ـ clo ۱ برابر $m^2.K.W^{-1}$ ۰٫۱۵۵ است.

۵-۵ تفسیر $IREQ$

۵-۵-۱ $IREQ$ به عنوان شاخص سرما

$IREQ$ یک شاخص تنش گرمایی با اثرات مرکب تولید گرما داخلی و تبادل گرما با محیط است. هر چقدر قدرت خنک‌سازی محیط بیشتر باشد، مقدار $IREQ$ به همان اندازه در هر سطح فعالیت معین، بالاتر خواهد بود. در هر وضعیت معین جوّی، تنش سرمایی و در نتیجه $IREQ$ با افزایش فعالیت ناشی از تقاضای افزاینده اتلاف گرمای سوخت و ساز کاهش می‌یابد.

۵-۵-۲ $IREQ$ و فشار فیزیولوژیکی

تعادل گرمایی را که در سطوح مختلفی از فشار ناشی از تنظیم دمایی[2] قابل دسترسی است، می‌توان برحسب مقادیر میانگین دمای پوستی، تعریق (مرطوب بودن پوست) و تغییر در دمای بدن تعریف نمود.

$IREQ$ در دو سطح فشار فیزیولوژیکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

الف- $IREQ_{min}$ حداقل عایق مورد نیاز پوشاک را برای حفظ تعادل گرمایی بدن در یک سطح زیر طبیعی میانگین دمای بدن تعریف می‌کند. $IREQ_{min}$ مقدار خنک‌سازی بدن به ویژه قسمت‌های محیطی[3] بدن را نشان می‌دهد. با مواجهه بیش از حد طولانی، خنک‌سازی اندام‌های انتهایی ممکن است یک عامل محدودکننده برای طول مدت مواجهه باشد.

ب- $IREQ_{neutral}$ به عنوان عایق گرمایی مورد نیاز برای فراهم کردن وضعیت‌های گرمایی خنثی تعریف می‌شود، به عنوان مثال تعادل گرمایی حفظ شده در سطح طبیعی میانگین دمای بدن. این سطح نمایانگر کمینه خنک‌سازی بدن انسان است.

معیارهای فیزیولوژیکی مربوط در پیوست ب نشان داده شده است.

۵-۵-۳ $IREQ$ و عایق پوشاک

$IREQ$ مقدار منتج از عایق پوشاک است که برای وضعیت‌های واقعی مورد نیاز می‌باشد. از این رو، ممکن است به عنوان مبنایی برای ارزیابی حفاظت‌های ایجاد شده به وسیله پوشاک هنگام استفاده یا به عنوان

1-Iteration
2-Thermoregulatory
3-Peripheral

راهنمایی برای انتخاب پوشاک مناسب مورد استفاده قرار گیرد. مقدار $IREQ$ با مقدار عایق منتج از مجموعه پوشاک انتخاب شده مقایسه می‌شود. این ارزیابی در بند ۶-۵ ارائه شده است.

۵-۵-۴ $IREQ$ و طراحی کار[1]

هرکدام از پارامترهای معادله تعادل گرمایی قابل تغییر است و مقدار محاسبه شده $IREQ$ اهمیت نسبی این فاکتور ویژه را نشان می‌دهد.

۵-۶ مقایسه $IREQ$ و عایق پوشاک انتخاب شده

هدف عمده روش $IREQ$، تحلیل این موضوع است که آیا پوشاک انتخاب شده، عایقی را برای ایجاد سطح معینی از تعادل گرمایی ارائه می‌کند یا نه. متداول‌ترین مقدار عایق مجموعه پوشاک گزارش شده، مقدار عایق مبنایی، I_{cl} می‌باشد (به استاندارد ISO 9920 مراجعه کنید). به منظور استفاده از این اطلاعات برای مقایسه با $IREQ$ باید مقدار برای فاکتورهای مختلف تصحیح شود. مقدار تصحیح شده I_{cl},r، از آن جا که به شرایط کاربری بستگی دارد، به سهولت در دسترس نیست. بنابراین لازم است که بر مبنای اطلاعات موجود برای پوشاک واقعی (عایق مبنایی، نفوذپذیری هوا) باد و سطح فعالیت، مقدار آن تعیین شود.

مقادیر برای عایق مبنایی مجموعه پوشاک و نفوذپذیری هوا باید طبق استاندارد ISO 9920 تعیین شود. مثال‌هایی از مقادیر مذکور در پیوست پ ارائه شده است. الگوریتم‌های تصحیح نهایی[2] در پیوست الف ذکر شده است.

$I_{cl,r}$ با $IREQ$ محاسبه شده برای وضعیت‌ها و معیارهای معین مقایسه می‌شود. در این زمینه، تفسیری به شرح جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۲ ـ تفسیر نتایج مقایسه بین $I_{cl,r}$ و $IREQ$

$I_{cl,r} > IREQ_{\text{neutral}}$	گرم، ناحیه بسیار گرم	عایق پوششی باید کاهش یابد
$IREQ_{\min} \le I_{cl,r} \le IREQ_{\text{neutral}}$	خنثی، ناحیه تنظیمی	هیچ اقدامی لازم نیست
$I_{cl,r} < IREQ_{\min}$	سرد، ناحیه سرمایش	عایق پوششی باید افزایش یابد یا $D_{\lim}$ محاسبه شود (به بند ۵ ـ ۷ مراجعه کنید)

فاصله بین $IREQ_{\min}$ و $IREQ_{\text{neutral}}$ ممکن است به عنوان ناحیه تنظیمی پوشاک در نظر گرفته شود که در آن، هر فرد سطح حفاظتی مناسبی را انتخاب می‌کند. در مقادیر عایق کمتر از $IREQ_{\min}$، خطر فزاینده خنک‌سازی بدن وجود دارد. در مقادیر بیش‌تر از $IREQ_{\text{neutral}}$، شرایط گرم در نظر گرفته شده و ممکن است گرمای بیش از حد عارض شود. در ارزیابی نهایی، نتیجه ممکن است برحسب عایق مبنایی مورد نیاز برای وضعیت‌های مورد نظر، ارائه شود (به پیوست ث مراجعه کنید).

1-Design of work
2-Final correction algorithms

۷-۵ تعریف و محاسبه مدت مواجهه مجاز، $D_{\lim}$

زمانی که مقدار تصحیح شده مجموعه پوشاک انتخابی یا مورد استفاده پایین‌تر از $IREQ$ باشد، مواجهه باید از لحاظ زمانی محدود گردد تا از خنک سازی فزاینده بدن جلوگیری شود. کاهش معین در محتوای گرمایی بدن (Q) در طول یک مواجهه چند ساعته مورد قبول بوده و می‌تواند در محاسبه دوره مواجهه، زمانی که میزان ذخیره گرما مشخص است، مورد استفاده قرار گیرد.

$D_{\lim}$، برای سرما به عنوان بیش‌ترین مدت مواجهه مجاز با پوشاک انتخابی یا در دسترس تعریف می‌شود. $D_{\lim}$ با استفاده از معادله شماره (۱۰) محاسبه می‌شود.

$$D_{\lim} = \frac{Q_{\lim}}{S} \qquad (۱۰)$$

که در آن محدودیت $Q_{\lim}$ مقدار Q بوده (به پیوست ب مراجعه کنید) و S به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$S = M - W - E_{res} - C_{res} - E - R - C \qquad (۱۱)$$

معادله (۱۱) شامل متغیر مجهول t_{cl} می‌باشد. بنابراین با استفاده از تکرارهای ریاضی[1] به صورت زیر حل می‌شود:

$$t_{cl} = \bar{t}_{sk} - I_{cl,r}.(M - W - E_{res} - C_{res} - E - S) \qquad (۱۲)$$

معادله (۱۲) مشابه معادله (۹) بوده و زمانی تفاوت ایجاد می‌شود که معادله (۹) در موقعیت یکنواخت محاسبه $IREQ$ و معادله (۱۲) در شرایط واقعی که عایق پوششی مشخص است مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$D_{\lim}$ باید از $IREQ_{\text{neutral}}$ (پیش فرض) محاسبه شود (به بند ۵-۵-۲ مراجعه کنید). سایر مقدارها برای حساسیت گرمایی می‌تواند انتخاب شود (به قسمت ب بند ۵-۵-۲ مراجعه کنید). اگر کارگری در شروع مواجهه با یک مقدار وام گرمایی روبروست، زمان مواجهه باید به همان ترتیب کاهش یابد.

پس از مواجهه با خنک‌سازی بدن باید دوره بهبود برای باز گردانیدن تعادل گرمایی میسر باشد. D_{rec} به همان روش $D_{\lim}$، با جایگزینی شرایط سرد با طول زمان دوره بهبود شرایط مواجهه محاسبه می‌شود، به عبارت دیگر:

$$D_{rec} = Q_{\lim} / S \qquad (۱۳)$$

که در آن S میزان ذخیره گرمایی بدن (مثبت) از معادله (۱۱) برای شرایط مواجهه در طول مدت دوره بهبودی محاسبه می‌شود.

از آن جایی که فرض بر آن است هنگامی بهبود صورت می‌گیرد که بدن به یک کسری گرمایی معینی می‌رسد، مقدار $Q_{\lim}$ باید هنگام محاسبه $D_{rec} / D_{\lim}$ به همان اندازه باشد. اگر پوشاک در طول دوره بهبود تغییر یابد، محاسبه D_{rec} نیازمند یک تعریف جدید می‌باشد از آنجا که S نیز با پوشش‌های متفاوت تغییر خواهد کرد.

معیارهای فیزیولوژیک مورد استفاده در پیوست ب و مثال‌هایی از کاربرد $D_{\lim}$ و D_{rec} در پیوست ث ارائه شده است.

1-Mathematical iteration

۶ خنک‌سازی موضعی

۶-۱ کلیات

خنک‌سازی موضعی در هر قسمت از بدن به ویژه در دست‌ها، پاها و سر ممکن است موجب ایجاد ناراحتی و اختلال در عملکرد فیزیکی، فردی و آسیب ناشی از سرما شود.

اصلاح محیط سرد داخل ساختمان با استفاده از فنون مهندسی نسبتاً ساده است. کار سبک و ایستاده شخص را در برابر اثرات ناخوشایند خنک‌سازی موضعی ناشی از اثر کوران یا اتلاف تابش به سطوح سرد، مستعد می‌سازد. توجه خاصی باید به ارزیابی ناراحتی‌ها معطوف شود.

محیط سرد بیرونی از طریق وضعیت جوّی تعیین شده و اقدامات حفاظتی بیش‌تر از جمله تنظیم پوشاک یا کنترل مواجهه انجام می‌شود. همه انواع تنش‌های سرمایی موضعی ممکن است به طور همزمان یا مستقل از یکدیگر اتفاق بیافتد.

۶-۲ خنک سازی همرفتی

تلفیق دمای پایین و باد، اتلاف دما از سطح گرم را تشدید می‌کند. به همین ترتیب قسمت‌های حفاظت نشده بدن، مانند صورت و گاهی دست‌ها، ممکن است به سرعت سرد شود و به یک دمای پایین و احتمال آسیب قابل ملاحظه‌ای برسد. تنش سرمای همرفتی موضعی با یک معادله کلی [معادله (۱۴)] برای انتقال و کاهش دمای تابشی یک سطح پوستی بدون پوشش مورد ارزیابی قرار گیرد.

$$R + C = h_r . (t_{sk} - \bar{t_r}) + h_c . (t_{sk} - t_a) \qquad (۱۴)$$

دمای خنک‌سازی باد، t_{WC}، دمایی است برای توصیف یک اثر سرمایی بر روی پوست که از معادله (۱۴) که به‌ازای t_a برای تلفیق‌های وزش باد و کاهش دما حل شده است، به دست می‌آید.

تعریف مورد استفاده برای ارزیابی t_{WC} در پیوست ت ارائه شده است.

۶-۳ خنک‌سازی هدایتی

تماس با سطوح سرد یک تبادل گرمایی متوسط بین پوست گرم و سطح سرد تولید می‌کند. ریسک خنک‌سازی ناخوشایند بافت یا یک آسیب سرمایی موضعی باید بر طبق استاندارد ISO 13732-3 ارزیابی شود.

۶-۴ خنک‌سازی اندام‌های انتهایی

اندام‌های انتهایی مخصوصا دست‌ها حتی در وضعیت‌های گرمایی خنثی، ممکن است از خنک‌سازی ناخواسته‌ای آزرده شوند که این خود تا اندازه زیادی به شرایط جوّی محلی و حفاظت موضعی و ورود گرما به جریان خون بستگی دارد. عامل اخیر به تعادل کلی گرمایی بستگی دارد. اگر تعادل گرمایی منفی باشد برای مثال زمانی که پوشش حفاظتی با $IREQ$ مطابق نباشد، جریان خون در اندام انتهایی به طور فزاینده‌ای به خاطر انقباض عروق کاهش می‌یابد که ممکن است باعث کاهش دمای ورودی تا سطح بسیار پایینی شود. اندام‌های انتهایی مخصوصاً انگشتان شست دست و پا به تدریج خنک شده و به دمای پایین غیر قابل قبولی می‌رسند.

با انجام حفاظت‌های مناسب می‌توان از خنک‌سازی اندام انتهایی جلوگیری کرد یا آن را کاهش داد، برای مثال: با استفاده از دست‌کش و پایپوش. روش‌های آزمون به منظور تعیین عایق گرمایی دستکش باید بر

طبق استاندارد EN 511 باشد. البته عایق مورد نیاز برای وضعیت‌های پوششی مختلف دراستاندارد EN 511 ذکر شده است.

خنک‌سازی دست‌ها باید با روش‌ها و شیوه‌های مشخص شده در استاندارد EN 511 ارزیابی شود.

البته خنک‌سازی اندام‌های انتهایی را می‌توان با اندازه‌گیری‌های دمای مستقیم پوست ارزیابی کرد. معیارهای پیشنهادی و سطوح دما در پیوست ب ذکر شده است.

۵-۶ خنک‌سازی مسیر جریان هوا

تنفس هوا در دمای پائین غشاهای دیواره‌های راه‌های هوایی را خنک کرده و می‌تواند برای بافت‌ها خطرناک باشد. خنک‌سازی زمانی که حجم هوای بازدم بالا باشد، بیشتر جلب توجه می‌کند (برای مثال: در فعالیت‌های فیزیکی بالا).

پیشنهاداتی برای پایین‌ترین دماهای هوای تنفسی در پیوست ب ارائه شده است.

۷ ارزیابی عملی محیط‌های سرد و تفسیر آن

۷-۱ کلیات

روش‌هایی برای تعیین عملی $IREQ$، $D_{\lim}$ و اثرات خنک‌سازی موضعی در بندهای زیر ذکر شده است.

۷-۲ روش‌های تعیین $IREQ$ و $D_{\lim}$

روش ارزیابی محیط‌های سرد در مراحل ۷ـ۲ـ۱ تا ۷ـ۲ـ۷ به شرح زیر مشخص و به صورت نموداری در شکل یک ارائه شده است.

یادآوری- ارتباط با یک برنامه رایانه‌ای در پیوست ج برای ارزیابی کامل مراحل از پ تا ج ارائه شده است.

۷-۲-۱ پارامترهای جوّی مشروح زیر را طبق استاندارد ISO 7726، اندازه‌گیری کنید یا تخمین بزنید:

الف ـ دمای هوا؛

ب ـ میانگین دمای تابشی؛

پ ـ سرعت جریان هوا؛

ت ـ رطوبت؛

دمای عملی[1] ممکن است جایگزین دمای هوا و میانگین دمای تابشی شود، زمانی که به عنوان میانگین وزنی هر دو با استفاده از ضرایب انتقالی گرمای تابشی و هدایتی محاسبه می‌شود. مقدار آب در هوا در دمای پایین بسیار کم است و می‌توان از مقدار استاندارد ٪ ۵۰ رطوبت نسبی، در دمای زیر C° ۵- استفاده کرد.

۷-۲-۲ میزان سوخت و ساز را طبق استاندارد ISO 8996 تعیین کنید. در پیوست پ مثال برای بعضی از فعالیت‌های فیزیکی انتخاب شده، مقادیری ذکر شده است.

۷-۲-۳ میزان کار خارجی[2] را تعیین کنید. برای اغلب کارهای دستی و جابه‌جایی‌ها بر روی زمین، میزان کار را می‌توان صفر در نظر گرفت.

1-Operative temperature
2-Extewrnal work rate

۴-۲-۷ عایق پایه پوششی برای پوشاک حفاظتی مورد استفاده در برابر سرما را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۹۲۶ یا از جدول‌های مربوط در استاندارد ISO 9920 و پیوست پ تعیین کنید.

۵-۲-۷ $IREQ$ را طبق معادله (۸) محاسبه کنید. با مواجهه یا فعالیت متناوب (برای مثال دوره‌های ثابت کار - استراحت)، $IREQ$ برای هرکار مختلف و دوره زمانی استراحت محاسبه و سپس میانگین وزن یافته زمانی، برای کمینه یک ساعت تعیین می‌شود. یک دوره گرچه به سازمان و ماهیت کار بستگی دارد، اما بهتر است برای دست‌کم ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شود.

۶-۲-۷ وضعیت‌های تعادل گرمایی را با مقایسه $IREQ$ و استفاده از مقدار تصحیح عایق‌سازی پوشاک، $I_{cl,r}$، ارزیابی کنید. سه مورد به کار رفته عبارتند از:

۱- ۶-۲-۷ $I_{cl,r} \rangle IREQ_{neutral}$

مجموعه پوشاک انتخاب شده بیش‌تر از عایق مورد نیاز می‌باشد. عایق زیادتر ریسک افزایش دمای بیش از حد، عرق‌ریزی زیاد و جذب رطوبت به وسیله پوشاک را افزایش می‌دهد و ریسک پیشرونده هیپوترمی را ایجاد می‌کند. بنابراین باید عایق پوششی کاهش داده شود.

۲- ۶-۲-۷ $IREQ_{\min} \le I_{cl,r} \le IREQ_{netural}$

مجموعه پوشاک انتخاب شده، عایق کافی را فراهم می‌کند. میزان فشار فیزیولوژیک ممکن است متغیر باشد (از سطح بالا تا پایین) و وضعیت‌های گرمایی به صورت "نسبتا سرد" تا "خنثی" احساس شود. هیچ اقدامی به جز ارزیابی بیش‌تر اثرات خنک‌سازی موضعی، لازم نیست.

۳- ۶-۲-۷ $I_{cl,r} < IREQ_{\min}$

مجموعه پوشاک انتخاب شده، عایق کافی را برای بدن برای در جهت جلوگیری از خنک‌سازی فراهم نمی‌کند. بنابراین، در صورت مواجهه بیش‌تر، ریسک هیپوترمی وجود دارد:

الف ـ عایق پوششی باید افزایش یابد؛

ب ـ مدت مواجهه مجاز باید انتخاب شده و $D_{\lim}$ محاسبه شود [به بند ۷ـ۲ـ۷ مراجعه کنید].

۷-۲-۷ $D_{\lim}$ و D_{rec} را در صورتی که $I_{cl,r}$ کم‌تر از $IREQ_{\text{neutral}}$ باشد، تعیین کنید. اگر پوشش در طول زمان بهبود تغییر یابد، محاسبه جدیدی باید انجام شود. $D_{\lim}$ و D_{rec}برای وضعیت‌های خنثی به صورت پیش‌فرض محاسبه می‌شود.

شاخص $IREQ$ برای محیط‌های سرد و خنک کاربرد دارد. پیشنهاد می‌شود که این شاخص در محدوده پارامترهای اصلی زیر مورد استفاده قرار گیرد:

$t_a \le 10\ ^{\circ}C$;

$0.4\ m.s^{-1} \le v_a \le 18\ m.s^{-1}$;

$I_{cl} > 0.078\ m^2.K.W^{-1}(0.5\ clo)$.

۳-۷ سرمایش موضعی

در محیط‌های سرد، معمولا ریسک تنش سرمای موضعی وجود دارد. برای بررسی این موضوع موارد زیر مورد توجه قرار می‌گیرد:

الف ـ خنک سازی همرفتی (به پیوست ت مراجعه کنید)؛

ب ـ خنک‌سازی هدایتی (به استاندارد ISO 13732-2 مراجعه کنید)؛

پ ـ خنک‌سازی اندام انتهایی (به استاندارد EN 511 مراجعه کنید)؛

ت ـ خنک‌سازی راه هوا (به پیوست ب مراجعه کنید).

پیوست الف
(الزامی)
محاسبات تعادل گرمایی

الف-۱ کلیات

فرمول‌ها، ضرایب و مقدارها برای محاسبهٔ شکل‌های مختلف تبادل گرمایی ارائه شده در این پیوست بهتر است فقط در محدوده‌های مجاز پارامترهای اصلی به کار روند.

الف-۲ تعیین تبادل گرمایی تنفسی

کاهش دمای تنفسی مربوط به M بوده و از طریق فرمول‌هایی برای اتلاف گرما از طریق تنفس به روش تبخیر و جابه‌جایی محاسبه می‌شود، که در زیر ارائه شده است.

$$E_{res} = 0.0173 \ .M.(p_{ex} - p_a) \qquad \text{(الف ـ۱)}$$

$$C_{res} = 0.0014 \ .M.(t_{ex} - t_a) \qquad \text{(الف ـ۲)}$$

$$t_{ex} = 29+0.2 \ .t_a \qquad \text{(الف-۳)}$$

فرض بر این است که هوای بازدم اشباع و دمای (t_{ex}) دارد، که با دمای دم (t_a) با استفاده از معادله (الف-۳) مرتبط است.

الف-۳ تعیین تبادل گرمایی تبخیری

تبادل گرمایی تبخیری پوست طبق معادله زیر تعیین می‌شود:

$$E = w.(p_{sk,s} - p_a)/R_{E,T} \qquad \text{(الف ـ۱۴)}$$

عامل رطوبتی پوست ممکن است به عنوان کسری از پوست بدن که در تبادل گرمایی تبخیری شرکت می‌کند، در نظر گرفته شود. هنگامی که انتشار پوست فقط از تبخیر باشد، عامل w می‌تواند نزدیک به ۰/۰۶، و زمانی که تبخیر بیشینه بوده و پوست کاملا مرطوب است تا ۱/۰ برسد. فشار بخار آب اشباع شده در سطح پوست از طریق دمای پوست، $p_{sk,s}$ ، طبق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$p_{sk,s} = 610.78 \ .e^{\frac{(17.27 \ .t_{sk})}{(t_{sk}+23.3)}} \qquad \text{(الف ـ۵)}$$

میانگین دمای پوست به طور خودکار به عنوان تابعی از میزان سوخت و ساز تعیین می‌شود (به پیوست پ مراجعه کنید).

الف-۴ تعیین مقاومت تبخیری

مقدار $R_{e,T}$ بر مبنای عایق پوشاک و خواص نفوذپذیری بخار آب با در نظر گرفتن دخالت محدود اتلاف گرمای تبخیری در هوای سرد برای سطوح معین فشار فیزیولوژیکی، محاسبه می‌شود. تخمین تقریبی $R_{e,T}$ با استفاده از معادله زیر کفایت می‌کند:

$$R_{e,T} = \frac{0.06}{i_m}.\left(\frac{I_{a,r}}{f_{cl}} + I_{cl,r}\right)$$ (الف ـ۶)

متغیرهای داخل کروشه مقدار کل عایق است. $I_{a,r}$ با استفاده از معادله (الف-۳) محاسبه می‌شود. تعداد محدودی از مقادیر $R_{e,T}$ و i_m در کتابنامه موجود است (به ISO 9920 مراجعه کنید). برای (نفوذپذیری بخار) پوشش متداول، عامل i_m 0.38 فرض می‌شود و در معادله الف-۶ آمده است:

$$R_{e,T} = 0.16 \times \left(\frac{I_{a,r}}{f_{cl}} + I_{cl,r}\right)$$ (الف-۷)

الف-۵ تعیین فاکتور سطح پوشاک

در تمام محاسبات، f_{cl} به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$f_{cl} = 1.0 + 1.97.I_{cl}$$ (الف ـ۸)

الف-۶ تعیین ضرایب انتقال گرمای همرفتی

h_c به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$h_c = \frac{f_{cl}}{I_{a,r}} - h_r$$ (الف-۹)

برای $0.4 \le v_a \le 18\, m.s^{-1}$ و $0 \le v_W \le 1.2\, m.s^{-1}$؛ $I_{a,r}$ با استفاده از معادله (الف-۱۳) تعیین می‌شود.

الف-۷ تعیین ضریب انتقال گرمای تابشی

در محیط‌هایی با دمای تابشی نسبتاً پائین، h_r تقریبا برابر است با:

$$h_r \approx \sigma.\varepsilon_{cl}.\frac{(t_{cl}+273)^4 - (t_r+273)^4}{t_{cl} - t_r}$$ (الف-۱۰)

که در آن σ ثابت استفان بولتزمن بوده و برابر است با $5.67\ 10 \times^{-8}$) $W.m^{-2}.K^{-4}$)، که ε_{cl} ضریب انتشار پوششی است. ضریب انتشار پوشش به دمای منبع تابشی بستگی دارد.

ضریب انتشار با دمای تابشی پائین، مستقل از رنگ پوشش بوده و باید برابر ۰/۹۷ باشد.

با دمای تابشی بالا (مثلاً نور خورشید) رنگ پوشش مهم بوده و مقدار مناسبی باید انتخاب شود. یک لایهٔ سطح خارجی کاملاً تاریک ممکن است تا $100\ W.m^{-2}$ را بیش‌تر از سطح سفید جذب کند.

الف-۸ تعیین عایق پوشاک منتج

مقدار عایق پایه (I_{cl}) مجموعه پوشاک انتخابی با اثرات نفوذپذیری باد و فعالیت با در نظر گرفتن نفوذپذیری هوای لایه خارجی پوشش تصحیح می‌شود. نفوذپذیری هوا باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۵۰۲۷ باشد. این تصحیح مقدار عایق منتج ($I_{cl,r}$) را به دست می‌دهد که خیلی واقعی‌تر از مقیاس *IREQ* می‌باشد.

$I_{cl,r}$ با استفاده از معادله (الف-۱۱) و از مقادیر تصحیح شده کل عایق (معادله الف-۱۲) و عایق گرمایی لایه مرزی [معادله (الف-۱۳)] محاسبه می‌شود. این مقدار $I_{cl,r}$ به منظور محاسبه $D_{\lim}$ مورد استفاده قرار می‌گیرد (به بند ۵-۷ مراجعه کنید).

$$I_{cl,r} = I_{T,r} - \frac{I_{a,r}}{f_{cl}} \qquad \text{(الف ـ ۱۱)}$$

$$I_{T,r} = I_T.\left[0.54.e^{(0.075.\ln(ap)-015.v_a-0.22.v_W)} - 0.06.\ln(ap) + 0.5\right] \qquad \text{(الف-۱۲)}$$

ارتباط بین محاسبات کاهش لایه هوایی از معادله (الف-۱۲) و با اضافه کردن $ap = 10000\ l.m^{-2}.s^{-1}$ و با جایگزینی I_T با $I_a = 0.085\ m^2.K.W^{-1}$ به دست می‌آید. از این رو معادله به شکل زیر خواهد بود:

$$I_{a,r} = 0.092.e^{(0.15.a_v-0.22.v_W)} - 0.0045 \qquad \text{(الف ـ ۱۳)}$$

معادله‌های (الف-۱۲) و (الف-۱۳) برای $0.4\ m.s^{-1} \le v_a \le 18\ m.s^{-1}$ و $0\ m.s^{-1} \le v_m \le 1.2\ m.s^{-1}$، و برای شرایط معادله (الف-۱۴) به کار می‌رود.

اگر سرعت قدم زدن نامعلوم باشد یا فاقد کاربرد باشد (کار ایستاده)[1] حرکت تولید شده، سرعت هوای افزایش یافته در اطراف بدن را می‌توان با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

$$v_W = 0.00052.\ (\text{M-58}) \qquad \text{(الف ـ ۱۴)}$$

اثر حرکات بدن با مقادیری پایین‌تر از $0.7\ m.s^{-1}$ محدود شده است.

معادله (الف-۱۵) باید برای تعیین I_{cl} مورد نیاز به عنوان تابعی از معادله‌های قبلی مورد استفاده قرار گیرد. این خود ارزیابی تکمیلی از، I_{cl} مورد نیاز را تامین می‌کند. تصحیحات ضروری به وسیله برنامه انجام می‌شود و به طور مستقیم می‌تواند با اطلاعات جدول‌ها و یا داده‌های مانکن ایستاده مقایسه گردد (به پیوست پ مراجعه کنید).

I_{cl} مورد نیاز با جای‌گذاری $I_{cl,r}$ در معادله (الف-۱۵) با مقدار $IREQ$ به دست می‌آید:

$$I_{cl} = \frac{I_{cl,r} + \left[0.092.e^{(0.15.v_a-0.22.v_W)} - 0.0045\right]/f_{cl}}{\left[0.54.e^{(0.075.\ln(ap)-0.15.v_a-0.22.v_W}\right] - 0.06.\ln(ap) + 0.5} - 0.085/f_{cl} \qquad \text{(الف ـ ۱۵)}$$

نمونه‌هایی از مقادیر عایق پایه در پیوست پ ارائه شده است.

1-Stationay work

پیوست ب
(اطلاعاتی)
معیار فیزیولوژیکی در مواجهه با سرما

ب-۱ خنک‌سازی عمومی

دو نوع از معیارهای فیزیولوژیکی به شرح زیر است:

ب-۱ـ۱ فشار فیزیولوژیکی پایین که با حالت دمایی خنثی بدن و مطابق یک حس دمایی "خنثی" توصیف می‌شود، و

ب-۱ـ۲ فشار فیزیولوژیکی بالا که با انقباض عروقی محیطی و بدون عرق ریزی منظم و مطابق با احساس دمایی "سرد" مشخص می‌شود.

سطح پایین فشار مربوط به وضعیت‌های دمایی خنثی است. تعادل گرمایی برای وضعیت‌های معین در حداقل بار تنظیمات دمایی می‌باشد. در چنین وضعیت‌هایی یک شخص آرزو می‌کند که نه گرم‌تر و نه خنک‌تر شود. تحقیقات وسیع تحت شرایط داخل ساختمان، مجموعه‌ای از "معیارهای راحتی"[1] را که ممکن است برای تعریف خنثی بودن دمایی به طور فیزیولوژیکی به کار رود، ارائه کرده است. معادلات پیش‌بینی دمای پوست انسان با نتایج حاصل از محیط‌های سرد شکل می‌گیرد. مجموعه‌ای از معیارهای راحتی تصحیح شده برحسب رطوبت پوست در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد، مقادیر معیارهای پیش‌بینی شده در جدول ب-۱ ارائه شده است.

سطح بالای فشار در ارتباط با وضعیت‌هایی است که تحت آن تعادل گرمایی فقط با انقباض عروقی پوست و اندام‌های انتهایی حفظ می‌شود. در چنین وضعیت‌هایی، شخص احساس دمایی "سردی" را تجربه خواهد کرد. این وضعیت زمانی اتفاق می‌افتد که تعادل گرما را نمی‌توان در سطح پایین فشار نگه داشت. در شروع مواجهه، زمانی که دمای بافت‌های بدن به ویژه پوست و اندام‌های انتهایی کاهش پیدا می‌کند، یک دوره خنک‌سازی اولیه ۲۰min تا ۴۰ min وجود دارد. بنابراین تعادل گرمایی برای بازگردانیدن فشار بالای دمای پوست انسان و رطوبت‌های ارائه شده در جدول ب-۱ حفظ می‌شود، که این مربوط به وام گرمایی تقریبا به اندازه $۱۴۰\ kJ.m^{-2}$ در مقایسه با فشار پایین می‌باشد، تعادل دمایی تحت چنین وضعیت‌های سرمایی بدون عرق ریزی منظم حفظ می‌شود. تبادل گرمایی تبخیری از طریق انتشار پوستی تنها به اندازه ($w = ۰/۰۶$) اتفاق می‌افتد. این وضعیت همزمان است با یک احساس دمایی "سرد" موضعی که در مواجهه‌های وسیع تحمل می‌شود.

ب-۲ دوره مواجهه محدود

دو سطح فشار برای محاسبه $D_{\lim}$ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یک سطح زمانی است که $I_{cl,r}$، کم‌تر از $IREQ_{\min}$ باشد، که بدن نمی‌تواند تعادل را تحت سطوح معین فشار در طول مدت مواجهه طولانی حفظ کند. اختلاف بین $I_{cl,r}$ و $IREQ_{neutral}$ منجر به میزان منفی

1-Comfort criteria

ذخیره گرمایی می‌شود (به بند ۵-۷ مراجعه کنید). $D_{\lim}$ برای وضعیت‌های مقدار فشار پایین محاسبه شده و مطابق با زمانی است که $144\ kJ.m^{-2}$ از گرمای بدن کاهش می‌یابد.

برای وضعیت‌های فشار بالا، $D_{\lim}$ بر مبنای اختلاف بین $I_{cl,r}$ و $IREQ_{\text{neutral}}$ محاسبه می‌شود. وضعیت شروع زمانی در نظر گرفته می‌شود که بدن از قبل به تدریج سرد شده و میانگین دمای پوست کاهش یافته است (به ستون دوم جدول ب-۱ مراجعه کنید). در این وضعیت‌ها افت مضاعفی در مقدار گرمای بدن ($144\ kJ.m^{-2}$) ایجاد می‌شود.

جدول ب-۱- معیارهای فیزیولوژیکی پیشنهاد شده برای تعیین $IREQ$، $D_{\lim}$ و خنک سازی موضعی

خنک سازی عمومی	"فشار فیزیولوژیکی بالا"	" فشار فیزیولوژیکی پایین"
$IREQ$	کمینه	خنثی
$t_{sk}\ (^{\circ}C)$	$33.34 - .M\ 0.0354\ t_{sk} =$	$35.7 - .M\ 0.0285\ t_{sk} =$
w (بدون بعد)	۰٫۰۶	$w = ۰٫۰۰۱ \times M$
$D_{\lim}$	طولانی	کوتاه
$Q_{\lim}\ (kJ.m^{-2})$	۱۴۴	۱۴۴
خنک سازی موضعی	"فشار بالا"	"فشار پایین"
دمای باد خنک، t_{WC}	-۳۰	-۱۵
دمای انگشت $(^{\circ}C)$	۱۵	۲۴
دستگاه تنفسی: فعالیت کم $(M \le 115\ W.m^{-2})$ فعالیت زیاد $(M > 115\ W.m^{-2})$	$t_a =$ -۴۰ $t_a =$ -۳۰	$t_a =$ -۲۰ $t_a =$ -۱۵

ب-۳ سرمایش موضعی

مقادیر معیارهای پیشنهاد شده برای دو سطح فشار در جدول ب-۱ ارائه شده است.

برای خنک‌سازی همرفتی دو مقدار برای دمای خنک‌سازی موثر (t_{WC}) که بر طبق پیوست ت تعیین شده است، ارائه می‌شود.

خنک سازی هدایتی طبق استاندارد ISO 13732-3 ارزیابی می‌شود.

خنک سازی اندام انتهایی با دمای پوست انگشت تخمین زده می‌شود.

خنک سازی راه‌های هوایی از طریق پایین‌ترین دمای هوای توصیه شده برای تنفس، ارزیابی می‌شود. در دمای زیر $15\ ^{\circ}C$- حفاظت تنفسی برای سطوح فعالیت بالا (همراه با افزایش حجم تهویه) پیشنهاد می‌شود. در دمای زیر $30\ ^{\circ}C$- حفاظت تنفسی به طور اکید پیشنهاد شود.

پیوست پ
(اطلاعاتی)
میزان سوخت و ساز و خواص گرمایی پوشش

پ-۱ تولید گرمای سوخت و ساز

روش‌هایی برای تولید گرمای سوخت و ساز در استاندارد ISO 8996 ارائه شده است. جدول پ-۱ نمونه‌هایی از فعالیت‌ها و مقادیر مرتبط با تولید گرمای سوخت و ساز را نشان می‌دهد.

جدول پ-۱- طبقه‌بندی میزان سوخت و ساز برای انواع فعالیت‌ها (برگرفته شده از استاندارد ISO 8996)

طبقه[1]	$\frac{m}{W.m^{-2}}$	مثال‌ها
استراحت	۶۵	استراحت، نشسته
میزان سوخت و ساز بسیار پایین	۸۰	کار دستی سبک (نوشتن، تایپ کردن، نقاشی کردن)؛ بازرسی، مونتاژ یا مرتب کردن قطعات سبک
میزان سوخت و ساز پایین	۱۰۰	کار دستی (ابزارهای کوچک میزی)؛ کار بازو (رانندگی کردن در شرایط عادی، عملیات تغییرپا یا پدال)؛ ماشینکاری با ابزارهای کم قدرت، قدم زدن سبک
میزان سوخت و ساز پایین تا متوسط	۱۴۰	کار بازویی و دست با سرعت متوسط، نصب و مونتاژ قطعات سبک
میزان سوخت و ساز متوسط	۱۶۵	کار بازویی و دست مداوم (چکش‌کاری میخ و پرکردن)؛ کار با ابزار و تجهیزات سبک؛ کار با دست و پا (عملیات زمین ناهموار کامیون‌ها، تراکتورها یا تجهیزات ساخت و ساز)
میزان سوخت و ساز متوسط به بالا	۱۷۵	کار بازویی و بدنی؛ کار با چکش بادی؛ کار متناوب دستی با مواد نسبتا سنگین؛ کشیدن یا هل دادن چرخ‌های دستی سبک وزن؛ قدم زدن با سرعت ۴ km/h تا ۵ km/h؛ رانندگی کردن با ماشین برفی
میزان سوخت و ساز بالا	۲۳۰	کار بازویی و بدنی؛ حمل مواد سنگین؛ پارو زدن؛ پتک کاری؛ قطع درختان با اره‌برقی؛ جابجایی با دست؛ حفر کردن؛ قدم زدن با سرعت ۵ km/h تا ۶ km/h؛ هل دادن یا کشیدن چرخ دستی یا فرغون با بار زیاد؛ ریخته‌گری؛ قالب بتنی گذاردن؛ ماشین برفی در زمین خیلی سخت
میزان سوخت و ساز بسیار بالا	۲۹۰	فعالیت خیلی شدید در سرعت زیاد و حداکثری؛ کار با تبر؛ به شدت پارو زدن یا حفر کردن؛ بالا رفتن از پله، سطح شیب‌دار یا نردبان؛ قدم زدن سریع با قام‌های کوچک؛ دویدن؛ قدم زدن با سرعتی بیش از ۶ km/h؛ قدم زدن در برف شل عمیق
میزان سوخت و ساز فوق‌العاده بالا (یک ساعت تا دو ساعت)	۴۰۰	فعالیت بسیار شدید مداوم بدون استراحت؛ کار اضطراری و نجات با شدت بالا

[1] میزان سوخت و ساز مشخص شده به طور متوسط ۶۰ min طی شیفت کاری مداوم اشاره دارد.

پ-۲ عایق پایه و منتج

عایق پایه، مقدار عایق را تحت وضعیت‌های استاندارد شده (ایستا یا باد آرام) توصیف می‌کند. بیشتر مقادیر عایق موجود در منابع علمی مقادیر عایق پایه (I_{cl}) بوده و با یک مانکن گرمایی ایستا اندازه‌گیری می‌شود. استاندارد ISO 9920 مجموعه‌ای از انواع زیاد این داده‌ها است. مقادیر I_{cl} برای مجموعه‌های انتخابی در جدول پ-۲ نمایش داده شده است.

عایق منتج، عایق حقیقی فراهم شده با پوشاک را تحت شرایط معین تعریف می‌کند. حرکات بدن و باد لایه‌های هوایی را دگرگون کرده و عایق پوششی را کاهش می‌دهد. اثر به نفوذپذیری هوایی بافت‌های پارچه، طرح و ساختار لباس‌ها، و نوع فعالیت و طرز پوشش بستگی دارد. پوشاک‌های تهیه شده از پارچه‌های ضد باد کمتر از باد تاثیر می‌پذیرند و $IREQ$ طبق روش‌های موجود یک مقدار عایق منتج است.

I_{cl} و تغییرات آن (برای مثال تحت تاثیر حرکات بدن و باد) خواص ذاتی مجموعه پوشاک بوده و باید قبل از انجام مقایسه با $IREQ$، تعیین یا تخمین زده شود. اندازه‌های عایق پوششی یک مانکن گرمایی سیار تحت تاثیر باد اطلاعات معتبر زیادی را در مورد حفاظت موثر (عایق منتج) ایجاد شده با پوشش واقعی در یک موقعیت واقعی و تطابق یا عدم تطابق آن با $IREQ$، ارائه می‌کند.

یادآوری- در استاندارد EN 342 روشی برای اندازه‌گیری مقادیر عایق در شرایط پیاده‌روی توصیف شده است.

برای تفسیر $IREQ$، پوشش انتخاب شده I_{cl} باید برای باد، پیاده‌روی و نفوذپذیری هوای لایه بیرونی تعدیل شود (به پیوست الف مراجعه کنید). مقدار تصحیح شده، $I_{cl,r}$، برای مقایسه با مقدار $IREQ$ محاسبه شده، به کار می‌رود.

باید تاکید شود فرض بر این است که $IREQ$ محاسبه شده، به طور یکنواخت در کل سطح بدن توزیع شده است. $IREQ$ به کل تعادل گرمایی بدن مربوط می‌شود، و لزوما به این معنی نیست که اندام‌های تحتانی همیشه گرم نگه داشته می‌شوند. هوای موضعی و حفاظت، بر تعادل گرمایی دست‌ها و پاها موثر بوده، برای مثال اغلب باید جداگانه در نظر گرفته شود.

یادآوری ــ در استاندارد EN 342 روش‌هایی برای ارزیابی دست‌کش‌های حفاظتی سرما ارائه شده است.

پ-۳ نفوذپذیری هوا

مقادیر نفوذپذیری هوایی پارچه‌های لایه‌های بیرونی مختلف در استاندارد ISO 9920 ذکر شده است. اغلب انواع پوشش‌های خارجی که برای محیط خارج ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، از پارچه‌های ضد باد درست شده و برای چنین مواردی مقدار استاندارد $8\ l.m^{-2}.s^{-1}$ قابل استفاده است.

پ-۴ جذب رطوبت

عایق پوشش بیش از حد در مقایسه با مقدار مورد نیاز ($IREQ_{neutral}$)، به ویژه در ترکیب با فعالیت بالا موجب گرمای اضافی می‌شود. عرق کردن، جذب عرق و رطوبت افزاینده لایه‌های پوششی به خواص عایق لطمه زده و می‌تواند فرد را هنگام ماندن طولانی مدت در سرما با خطراتی روبه‌رو کند. در چنین

وضعیت‌هایی افراد باید به پوشش بیش‌تری برای جایگزینی، یا پناهگاه‌های گرم‌تری برای استراحت و ماندن دسترسی داشته باشند.

پ-۵ رفتار فردی و الزامات پوششی

محاسبه $IREQ$ و ارزیابی‌های پیوسته تعادل گرمایی برای فرد معمولی[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفسیر $IREQ$ برحسب عایق پوششی مورد نیاز، تنها به عنوان راهنمایی برای افراد ارائه می‌شود. تفاوت‌های فردی برحسب قابلیت‌های فیزیولوژیکی، رفتار پوششی و تقاضاهای عینی زیاد است. انتخاب نهایی و تعدیل پوشاک نسبت به محیط ترجیحاً به وسیله افراد و بر طبق تجربه شخصی آن‌ها، نیازها و اولویت‌ها انجام گیرد.

جدول پ-۲- مقادیر عایق پایه (I_{cl})مجموعه پوشاک‌های انتخابی اندازه‌گیری شده با مانکن گرمایی (طبق استاندارد ISO 9920)

گروه پوشاک	I_{cl}	
	$m^2.K.W^{-1}$	clo
۱- شورت، پیراهن آستین کوتاه، شلوار اندازه، جوراب زیرزانو، کفش	۰٫۰۸	۰٫۵
۲- زیر پوش، پیراهن، شلوار اندازه ، جوراب، کفش	۰٫۱۰	۰٫۶
۳- زیر شلواری، لباس کار، جوراب، کفش	۰٫۱۱	۰٫۷
۴- زیر پوش، پیراهن، لباس کار، جوراب، کفش	۰٫۱۳	۰٫۸
۵- زیر شلواری، پیراهن، شلوار، روپوش زنانه، جوراب، کفش	۰٫۱۴	۰٫۹
۶- شورت، زیرپیراهن، زیرشلوار، پیراهن، لباس کار، جوراب، کفش	۰٫۱۶	۱٫۰
۷- زیرشلواری، عرق‌گیر، پیراهن، شلوار، ژاکت، جلیقه، جوراب، کفش	۰٫۱۷	۱٫۱
۸- زیرپوش، پیراهن، شلوار، کت، لباس کار، جوراب، کفش	۰٫۱۹	۱٫۳
۹- زیرپیراهن، زیرشلوار، شلوار عایق، ژاکت عایق ، جوراب، کفش	۰٫۲۲	۱٫۴
۱۰- شورت، تی‌شرت، پیراهن، شلوار اندازه، لباس کار عایق ، جوراب، کفش	۰٫۲۳	۱٫۵
۱۱- زیرشلوار، زیر پیراهن، پیراهن، شلوار، ژاکت، روکاپشنی، کلاه، دست‌کش، جوراب، کفش	۰٫۲۵	۱٫۶
۱۲- زیرشلوار، زیرپیراهن، پیراهن، شلوار، ژاکت، روکاپشنی، روشلواری، جوراب، کفش	۰٫۲۹	۱٫۹
۱۳- زیرشلوار، عرق‌گیر، پیراهن، شلوار، کت، روکاپشنی، روشلواری، جوراب، کفش، کلاه، دستکش	۰٫۳۱	۲٫۰
۱۴- زیرپیراهنی، شلواری، شلوار عایق، ژاکت عایق ، روشلواری، روکاپشنی، جوراب، کفش	۰٫۳۴	۲٫۲
۱۵- زیرپیراهنی، شلواری، شلوار عایق، عایق ژاکت، روشلواری، روکاپشنی، جوراب، کفش، کلاه، دست‌کش	۰٫۴۰	۲٫۶
۱۶- پوشش مناطق قطبی	۰٫۴۶ تا ۰٫۷۰	۳ تا ۴٫۵
۱۷- کیسه خواب	۰٫۴۶ تا ۱٫۴	۳ تا ۹

1-Average person

پیوست ت
(اطلاعاتی)
تعیین خنک سازی باد

باد اثر خنک‌سازی بر روی پوست دارد. این اثر ممکن است به عنوان دمای خنکی باد تعریف شود. دمای خنک باد (t_{WC}) درجه محدوده‌ای را که در آن باد با سرعت $4{,}2\ km.h^{-1}$ قدرت سرمایش مشابهی را در شرایط محیط واقعی تولید می‌کند، مشخص می‌کند. دمای خنک باد (در مقیاس سلسیوس) به وسیله فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$t_{WC} = 13.12 + 0.6215.\ t_a - 11.37\ .\ v_{10}^{0.16} + 0.3965\ .\ t_a\ v_{10}^{0.16} \qquad \text{(ت ـ ۱)}$$

سرعت باد (v_{10}) به عنوان مقدار هواشناسی استاندارد اندازه‌گیری شده در بالاتر از ۱۰ m از سطح زمین تعریف می‌شود. این مقدار از ایستگاه‌های هوایی و پیش‌بینی‌های جوی به دست می‌آید. اگر سرعت باد محلی (v_a) در سطح زمین اندازه‌گیری شود، باید قبل از اضافه شدن معادله (ت-۱) در ۱٫۵ ضرب شود.

ارقام محاسبه شده برای t_{WC} و معیارهای همراه با ارزیابی ریسک آسیب سرما بر مبنای شاخص‌های ارائه شده در جدول‌های ت ـ ۱ و ت ـ ۲ می‌باشد.

جدول ت-۱ ـ قدرت خنک‌کنندگی باد بر سطح مورد مواجهه پوست بدن، بیان شده به صورت دمای خنک‌سازی مقایسه‌ای باد (t_{WC}) در سرعت باد معین $4{,}2\ km.h^{-1}$

v_{10}		t_a °C									
$km.h^{-1}$	$m.s^{-1}$	۰	-۵	-۱۰	-۱۵	-۲۰	-۲۵	-۳۰	-۳۵	-۴۰	-۴۵	-۵۰
۵	۱٫۴	-۲	-۷	-۱۳	-۱۹	-۲۴	-۳۰	-۳۶	-۴۱	-۴۷	-۵۳	-۵۸
۱۰	۲٫۸	-۳	-۹	-۱۵	-۲۱	-۲۷	-۳۳	-۳۹	-۴۵	-۵۱	-۵۷	-۶۳
۱۵	۴٫۲	-۴	-۱۱	-۱۷	-۲۳	-۲۹	-۳۵	-۴۱	-۴۸	-۵۴	-۶۰	-۶۶
۲۰	۵٫۶	-۵	-۱۲	-۱۸	-۲۴	-۳۱	-۳۷	-۴۳	-۴۹	-۵۶	-۶۲	-۶۸
۲۵	۶٫۹	-۶	-۱۲	-۱۹	-۲۵	-۳۲	-۳۸	-۴۵	-۵۱	-۵۷	-۶۴	-۷۰
۳۰	۸٫۳	-۷	-۱۳	-۲۰	-۲۶	-۳۳	-۳۹	-۴۶	-۵۲	-۵۹	-۶۵	-۷۲
۳۵	۹٫۷	-۷	-۱۴	-۲۰	-۲۷	-۳۳	-۴۰	-۴۷	-۵۳	-۶۰	-۶۶	-۷۳
۴۰	۱۱٫۱	-۷	-۱۴	-۲۱	-۲۷	-۳۴	-۴۱	-۴۸	-۵۴	-۶۱	-۶۸	-۷۴
۴۵	۱۲٫۵	-۸	-۱۵	-۲۱	-۲۸	-۳۵	-۴۲	-۴۸	-۵۵	-۶۲	-۶۹	-۷۵
۵۰	۱۳٫۹	-۸	-۱۵	-۲۲	-۲۹	-۳۵	-۴۲	-۴۹	-۵۶	-۶۳	-۷۰	-۷۶
۵۵	۱۵٫۳	-۹	-۱۵	-۲۲	-۲۹	-۳۶	-۴۳	-۵۰	-۵۷	-۶۳	-۷۰	-۷۷
۶۰	۱۶٫۷	-۹	-۱۶	-۲۳	-۳۰	-۳۷	-۴۳	-۵۰	-۵۷	-۶۴	-۷۱	-۷۸
۶۵	۱۸٫۱	-۹	-۱۶	-۲۳	-۳۰	-۳۷	-۴۴	-۵۱	-۵۸	-۶۵	-۷۲	-۷۹
۷۰	۱۹٫۴	-۹	-۱۶	-۲۳	-۳۰	-۳۷	-۴۴	-۵۱	-۵۹	-۶۶	-۷۳	-۸۰
۷۵	۲۰٫۸	-۱۰	-۱۷	-۲۴	-۳۱	-۳۸	-۴۵	-۵۲	-۵۹	-۶۶	-۷۳	-۸۰
۸۰	۲۲٫۲	-۱۰	-۱۷	-۲۴	-۳۱	-۳۸	-۴۵	-۵۲	-۶۰	-۶۷	-۷۴	-۸۱

مناطق سایه زده شده به طبقات مختلفی از خطر بر طبق جدول ت-۲ اشاره دارد.

جدول ت-۲- دمای خنک‌کنندگی باد(t_{WC}) و زمان انجماد پوست مواجهه یافته

طبقه‌بندی ریسک	t_{WC} $^{\circ}C$	اثر
۱	۱۰- تا ۲۴-	به طور آزاردهنده‌ای سرد
۲	۲۵- تا ۳۴-	خیلی سرد، ریسک انجماد پوست
۳	۳۵- تا ۵۹-	عمیقا سرد، پوست مواجهه یافته ممکن است ظرف ۱۰ دقیقه یخ زند.
۴	۶۰- و سردتر	فوق‌العاده سرد، پوست مواجهه یافته ممکن است ظرف ۲ دقیقه یخ بزند.

پیوست ث
(اطلاعاتی)
مثال‌های ارزیابی $IREQ$

ث-۱ کلیات

هم‌چنان که قبلاً ذکر شد، وقتی که مواجهه با سرما، به صورت مستمر یا متناوب است، روش‌های مختلفی برای تعیین $IREQ$ و $D_{\lim}$ به کار برده می‌شود. برای مواجهه‌های خیلی زیاد (بی‌نهایت) با پوشش ناکافی، مدت مواجهه مجاز ($D_{\lim}$) و زمان بهبود مورد نیاز (D_{rec}) محاسبه می‌شود. مثال‌هایی برای شرایط کمینه و خنثی آورده شده است. مقادیر $IREQ$ برحسب clo ذکر شده است.

ث-۲ مواجهه مستمر

$IREQ_{\text{neutral}}$ و $IREQ_{\min}$ به عنوان تابعی از سطح فعالیت (میزان سوخت و ساز) و دمای عملی در شکل‌های ث-۱ و شکل ث-۲ آورده شده است. در شکل ث-۳ مقادیر کمینه و خنثی $IREQ$ برای چهار سطح فعالیت به عنوان تابعی از دمای عملی محاسبه شده است. سطح بین خطوط ممکن است به عنوان "منطقه تنظیمی پوشاک" مورد توجه قرار گیرد که در آن، سطح عایق مطابق با درجه‌های مختلف فشار و حس گرمایی انتخاب شود. مقادیر برای سرعت جریان باد $0{,}4\ m.s^{-1}$ ذکر شده است.

تاثیر باد به نفوذپذیری هوا از مجموعه پوشاک انتخاب شده به ویژه برای لایه بیرونی، بستگی دارد. مقدار $8\ l.m^{-2}.s^{-1}$ یک نمونه مشخص برای بسیاری از مواد پوشاک‌های خارج از ساختمان می‌باشد. مقدار اثر باد بر روی چنین پوشاک در سطح فعالیت $90\ W.m^{-2}$ در شکل ث-۴ نمایش داده شده است. عایق مورد نیاز به عنوان مقدار پوشاک پایه بیان شده است (با جدول پ-۲ مقایسه شود).

برای کار مستمر در $175\ W.m^{-2}$ در دمای $-10\ ^{\circ}C$ و باد آرام مقدار $IREQ_{\text{neutral}}$ برابر $1{,}6\ clo$ (شکل ث ـ ۱) یا برای $IREQ_{\min}$ برابر $1{,}3\ clo$ (شکل ث-۲) می‌باشد و با مقدار پوشاک پایه (I_{cl}) تقریبی به ترتیب $1{,}7\ clo$ و $1{,}4\ clo$ محاسبه شده با استفاده از معادله (الف-۱۵) مطابقت دارد.

ث ـ۳ مواجهه متناوب

کار اغلب به صورت چرخه‌های ثابت کار - استراحت کم یا زیاد سازمان‌دهی شده است. یک ارزیابی از تنش سرد بر پایه تحلیل‌های زیر است.

ث ـ۳ـ۱ بازه "سردترین" بیان کننده کم‌ترین فعالیت یا کم‌ترین دما است. مقدار پوشش پایه برای پوشاک‌های انتخاب شده، تعیین می‌کند که آیا تعادل گرمایی می‌تواند ثابت بماند یا $D_{\lim}$ محاسبه شود.

ث ـ۳ـ۲ بازه "گرم‌ترین" بیان‌کننده بیش‌ترین فعالیت یا بیش‌ترین دما است. مقدار عایق پایه پوشاک انتخاب شده همانند بند ث ـ۳ ـ۱، بیان می‌کند که آیا مقدار تعادل گرمایی می‌تواند ثابت بماند (معمولا برای حالت) یا $D_{\lim}$ توصیه شده، محاسبه شود.

لباس‌هایی که اجازه تنظیم در این بازه از عایق مورد نیاز/ زمان مواجهه در معرض مورد نظر را می‌دهند، مورد نیاز می‌باشد. لایه‌های بیرونی لازم است برای پوشیدن و درآوردن لباس به راحتی باز و بسته شوند. برداشتن

یک لباس بیرونی عایق کننده، می‌تواند مطابق با یک کاهش در عایق سازی پایه به اندازه clo ۱ یا بیشتر باشد.

مثال۱ : یک کارگر با یک لیفت‌تراک در یک انبار سرد با دمای C° ۲۵- کار می‌کند. او کالاها را از انبار به اتاق بسته‌بندی مجاور که دمای آن C° ۵+ است می‌برد و تقریبا مدت زمان یکسانی را در هر دو اتاق سپری می‌کند. سطح فعالیت او $W.m^{-2}$ ۱۱۵ تخمین زده می‌شود. با توجه به شکل ث-۱ مقادیر $IREQ_{\text{neutral}}$ برای C° ۲۵- و C° ۵+ به ترتیب عبارتند از clo ۳/۶ و clo ۱/۵ می‌باشند. با توجه به سرعت باد ناشی از حرکت لیفت‌تراک، لباس انتخاب شده باید حداقل پوشش پایه clo ۴/۳ و clo ۲/۰ با توجه به لایه بیرونی بادگیر (با جدول پ-۲ مقایسه شود) داشته باشد. این مقادیر با استفاده از معادله الف-۱۵ محاسبه شده‌اند. پوشش موجود مقدار clo ۳/۵ را تامین می‌کند که تقریبا برای سازش با هر دو نیاز، مناسب است.

مثال۲: در همان محل اشاره شده در مثال شماره یک، یک کارگر درخواست‌های غذای منجمد را در داخل ظرف‌هایی قرار می‌دهد که لیف‌تراک آن‌ها را بردارد. سطح فعالیت او در حدود $W.m^{-2}$ ۱۷۵ تخمین زده می‌شود. لباس‌های او محافظت پایه clo ۳/۵ (همانند لباس‌های راننده) را دارد. $IREQ_{\text{neutral}}$ در حدود clo ۲/۲ تخمین زده شود (شکل ث-۱)، و محافظت پایه حداقل clo ۲/۷ مورد نیاز است (جدول پ-۲). این مقدار با استفاده از معادله (الف-۱۵) محاسبه شده است. لباس‌های او نیازهای پوششی را مرتفع می‌کند و قاعدتاً برای سطح فعالیت او خیلی گرم می‌باشد. کم کردن پوشش باید توسط خود گارگر با باز کردن زیپ لباس‌ها و یا درآوردن لایه‌های زیرین لباس انجام شود.

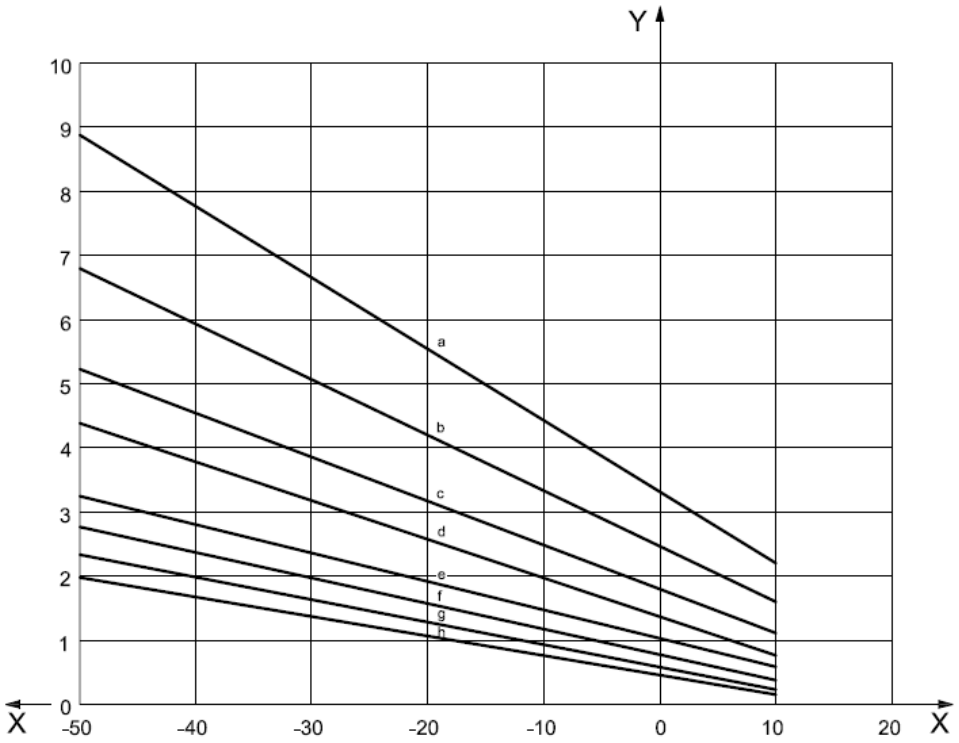
یادآوری- در هر دو مثال، لازم است لباس‌ها انعطاف‌پذیر بوده و به کارگر اجازه تنظیم و درآوردن آسان و راحت لباس را در اوقات استراحت و مکث در اتاق‌های گرم را بدهد.

ث-۴ زمان در معرض قرار گرفتن محدود

در دمای خیلی کم و سطوح فعالیتی کم، $IREQ$ زیاد می‌شود که نشان‌دهنده سطح بالای تنش سرمایی است. فرد نمی‌تواند این تنش سرمایی را تحمل کند چون لباس‌های معمولی و متداول موجود در این شرایط معمولا نمی‌توانند چنین سطح بالایی از عایق را فراهم کنند. زمانی که I_{cl} لباس‌های در دسترس، معلوم باشد D_{lim} می‌تواند محاسبه شود. شکل‌های ث-۵ تا ث-۸ مقدار D_{lim} محاسبه شده را برای فعالیت‌ها و مقادیر پوشش مختلف، نشان می‌دهد که برحسب مقدار عایق پایه (I_{cl}) بیان می‌شود.

مثال: شخصی با سطح فعالیت $W.m^{-2}$ ۱۱۵ در دمای C° ۱۵- ($IREQ \approx ۲/۹\, clo$) و لباس‌هایی که مقدار I_{cl} آن clo ۲/۰ است، اجازه کار برای بازه بیش‌تر از یک ساعت و ۲۰ دقیقه را با اعمال معیار فشار کم ندارد (شکل ث-۶). افزایش پوشش با لباس‌های موجود تا clo ۲/۵، مقدار D_{lim} را تا حدود چهار ساعت افزایش می‌دهد. D_{rec} محاسبه شده برای clo ۱/۵ در سطح فعالیت $W.m^{-2}$ ۹۰ در اتاقی با دمای C° ۲۵، سرعت باد $m.s^{-1}$ ۰/۲ و رطوبت نسبی ٪۵۰، ۵۴ دقیقه است.

دمای کارکرد، ترکیبی از مقادیر دمای هوا و میانگین وزنی دمای تابشی می‌باشد که به ترتیب، مطابق با ضرایب انتقال گرمای تابشی و همرفتی است. این دما به عنوان دمای محیط در شکل‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.



راهنما

X دمای عملی، t_O، $^{\circ}C$

Y $IREQ$، clo

سرعت هوا: $۰/۴ m.s^{-1}$

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: $۸\ l.m^{-2}.s^{-1}$

a $۷۰ W.m^{-2}$

b $۹۰ W.m^{-2}$

c $۱۱۵ W.m^{-2}$

d $۱۴۵ W.m^{-2}$

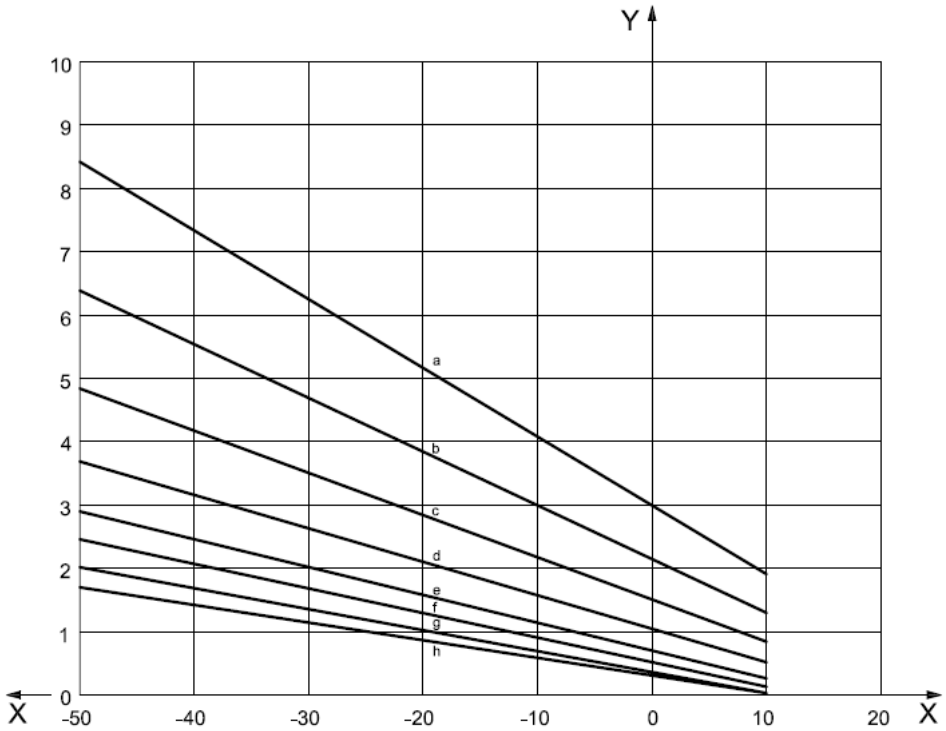
e $۱۷۵ W.m^{-2}$

f $۲۰۰ W.m^{-2}$

g $۲۳۰ W.m^{-2}$

h $۲۶۰ W.m^{-2}$

شکل ث ـ ۱ ـ $IREQ_{neutral}$ به عنوان تابعی از دمای عملی در هشت سطح از میزان سوخت و ساز



راهنما

X دمای عملی، t_O، $^{\circ}C$

Y $IREQ$، clo

سرعت هوا: $۰/۴ m.s^{-1}$

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: $۸\ l.m^{-2}.s^{-1}$

a $۷۰ W.m^{-2}$

b $۹۰ W.m^{-2}$

c $۱۱۵ W.m^{-2}$

d $۱۴۵ W.m^{-2}$

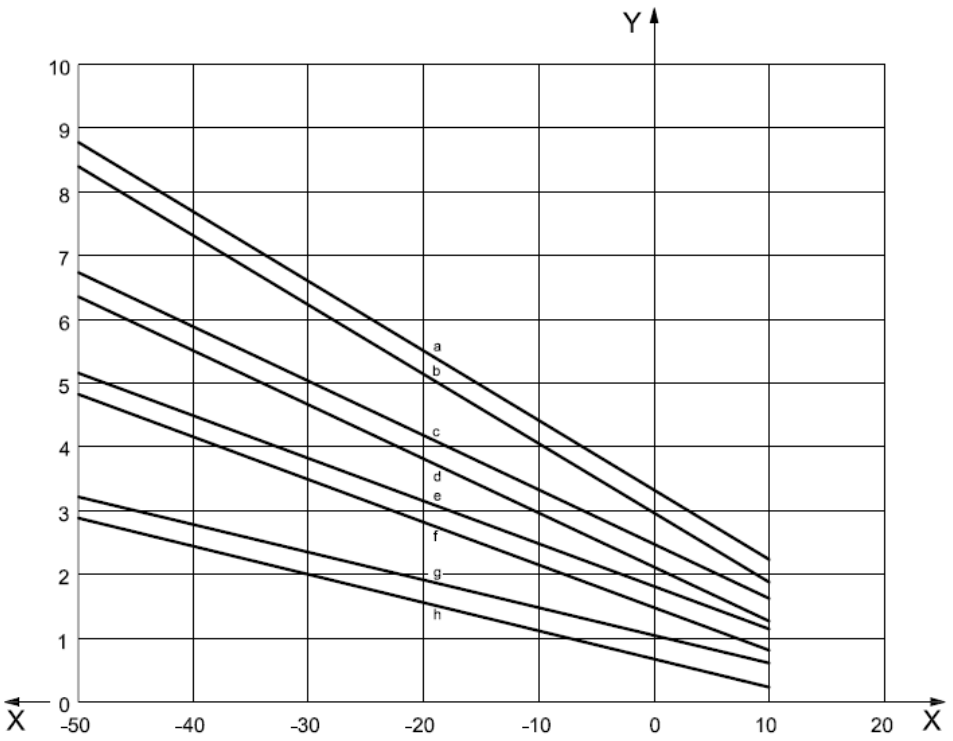
e $۱۷۵ W.m^{-2}$

f $۲۰۰ W.m^{-2}$

g $۲۳۰ W.m^{-2}$

h $۲۶۰ W.m^{-2}$

شکل ث-۲- $IREQ_{min}$ به عنوان تابعی از دمای عملی در هشت سطح از میزان سوخت و ساز



راهنما

X دمای عملی، t_O ، $^{\circ}C$

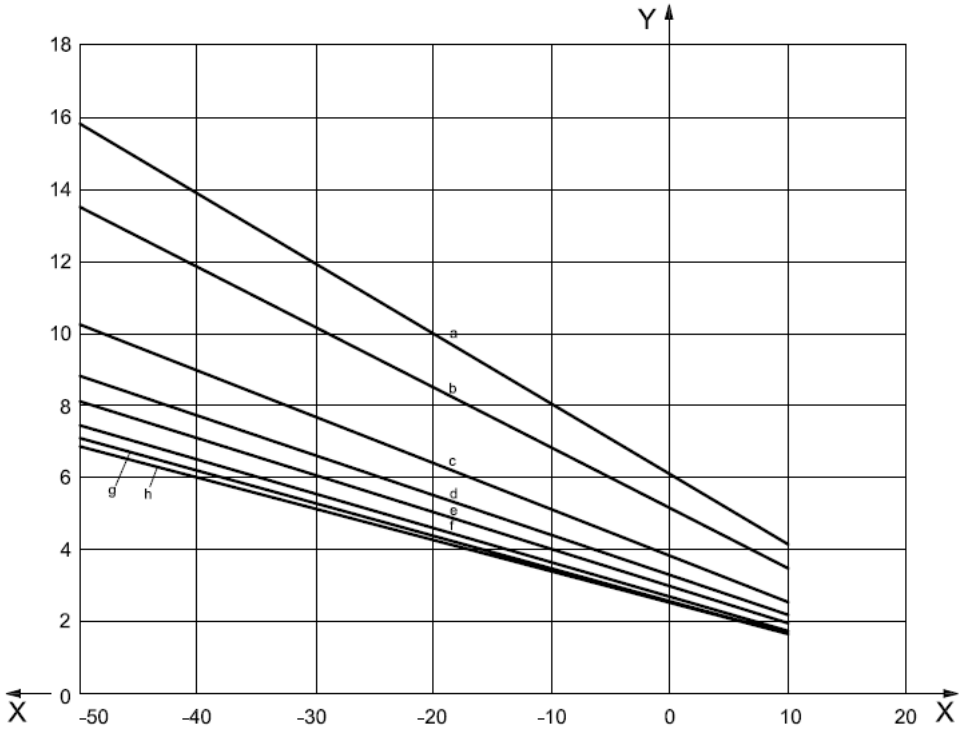
Y $IREQ$ ، clo

سرعت هوا: $۰/۴\ m.s^{-1}$

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: $۸\ l.m^{-2}.s^{-1}$

a	$IREQ_{neutral}$	$۷۰\ W.m^{-2}$
b	$IREQ_{min}$	$۷۰\ W.m^{-2}$
c	$IREQ_{neutral}$	$۹۰\ W.m^{-2}$
d	$IREQ_{min}$	$۹۰\ W.m^{-2}$
e	$IREQ_{neutral}$	$۱۱۵\ W.m^{-2}$
f	$IREQ_{min}$	$۱۱۵\ W.m^{-2}$
g	$IREQ_{neutral}$	$۱۷۵\ W.m^{-2}$
h	$IREQ_{min}$	$۱۷۵\ W.m^{-2}$

شکل ث-۳- مقایسه $IREQ_{min}$ و $IREQ_{neutral}$ در چهار سطح از میزان سوخت و ساز



راهنما

X دمای عملی، t_O ، $^{\circ}C$

Y $IREQ$ ، clo

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: ۸ $l.m^{-2}.s^{-1}$

a ۱۵ m/s

b ۱۰ m/s

c ۵ m/s

d ۳ m/s

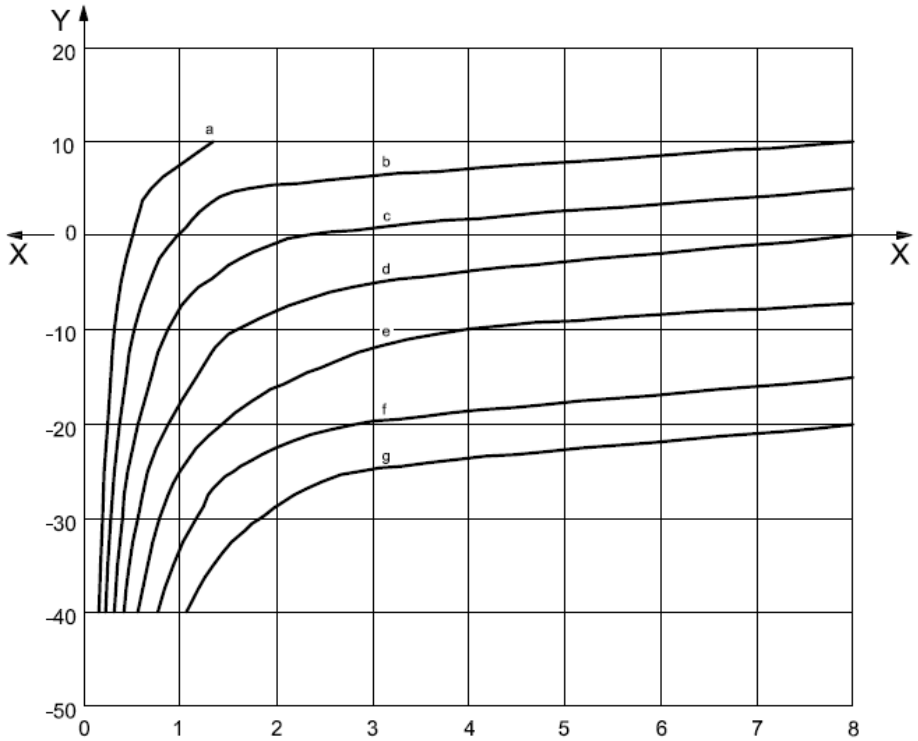
e ۲ m/s

f ۱ m/s

g ۰٫۵ m/s

h ۰٫۲ m/s

شکل ث-۴- تاثیر باد بر روی مقدار عایق پایه مورد نیاز فراهم شده در فعالیت ۹۰ $W.m^{-2}$ به وسیله ترکیب با یک لایه بیرونی نفوذپذیری هوای محیط



راهنما

X $D_{\lim}$، h

Y دمای عملی، t_O، $^{\circ}C$

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: ۸ $l.m^{-2}.s^{-1}$

a ۰٫۵ *clo*

b ۱ *clo*

c ۱٫۵ *clo*

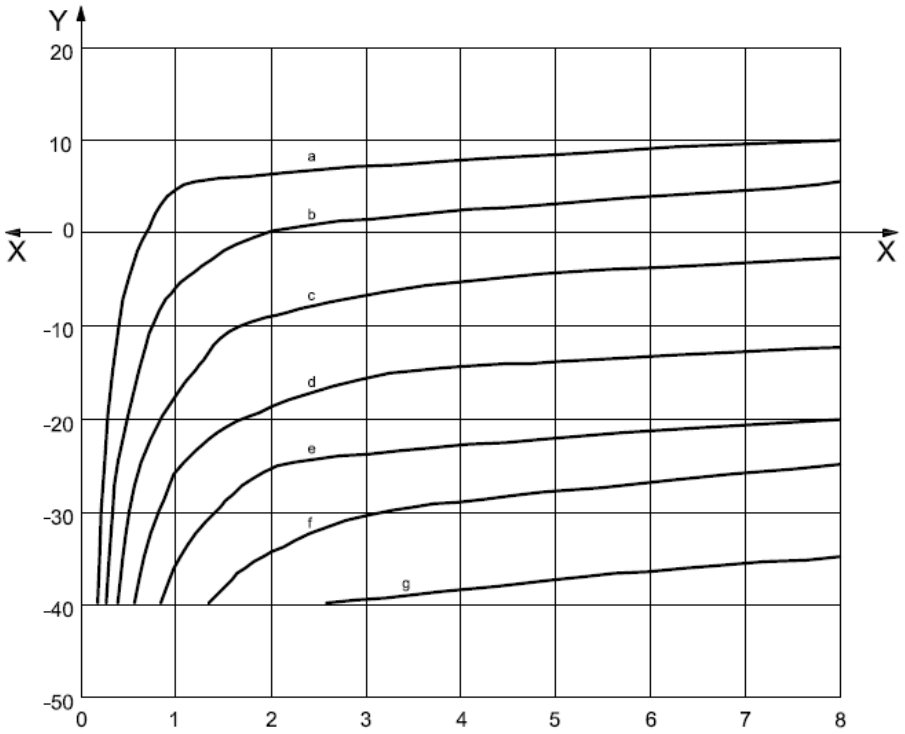
d ۲ *clo*

e ۲٫۵ *clo*

f ۳ *clo*

g ۳٫۵ *clo*

شکل ث-۵- $D_{\lim}$ توصیه شده برای فشار پایین (خنثی) در سطح فعالیت ۹۰$W.m^{-2}$ برای مقادیر هفت عایق پوششی پایه (با جدول پ-۲ مقایسه شود)



راهنما

X $D_{\lim}$ ، h

Y دمای عملی، t_O ، $^{\circ}C$

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: ۸ $l.m^{-2}.s^{-1}$

a ۰٫۵ clo

b ۱ clo

c ۱٫۵ clo

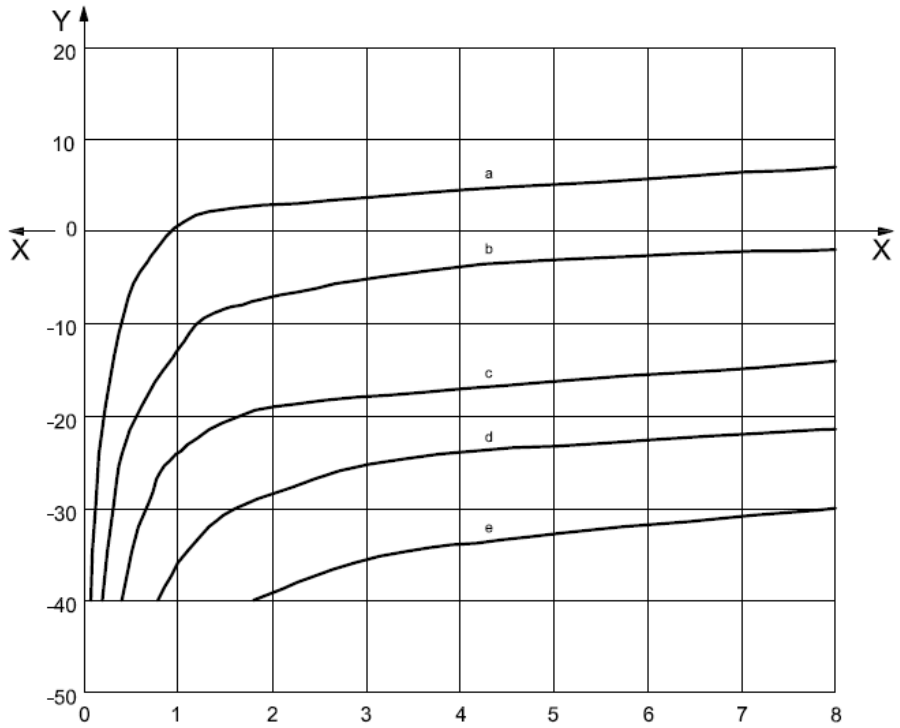
d ۲ clo

e ۲٫۵ clo

f ۳ clo

g ۳٫۵ clo

شکل ث-۶- $D_{\lim}$ توصیه شده برای فشار پایین (خنثی) در سطح فعالیت $115\,W.m^{-2}$ برای مقادیر هفت عایق پوششی پایه (با جدول پ-۲ مقایسه شود)



راهنما

X $D_{\lim}$ ، h

Y دمای عملی، t_O ، $^{\circ}C$

نفوذپذیری هوا از لایه بیرونی: ۸ $l.m^{-2}.s^{-1}$

a ۱ *clo*

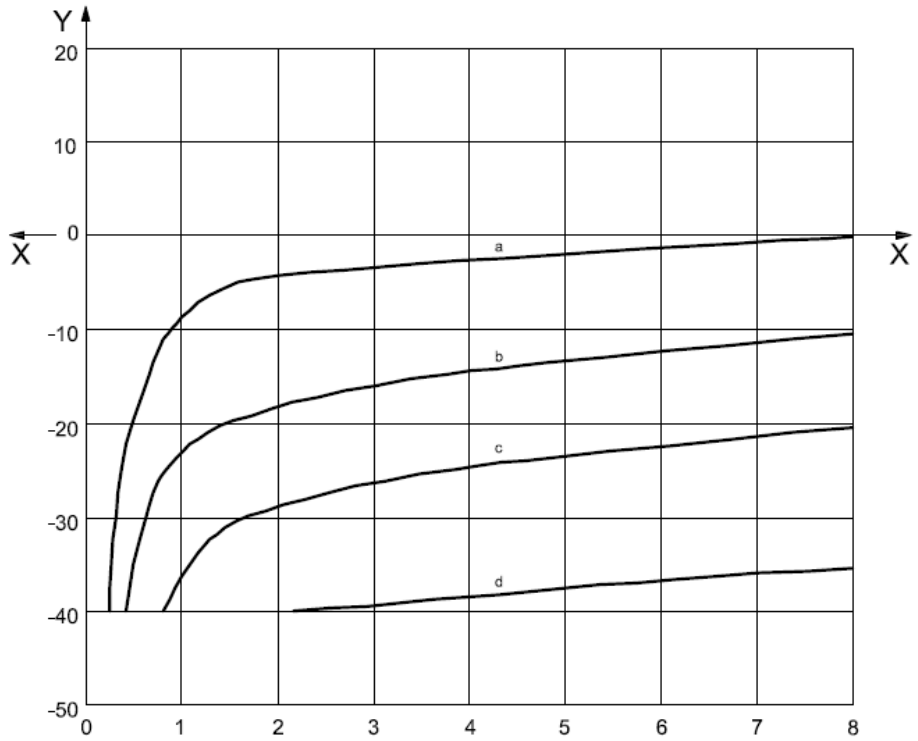
b ۱٫۵ *clo*

c ۲ *clo*

d ۲٫۵ *clo*

e ۳ *clo*

شکل ث-۷- $D_{\lim}$ توصیه شده برای فشار پایین (خنثی) در سطح فعالیت ۱۴۵ $W.m^{-2}$ برای مقادیر پنج عایق پوششی پایه (با جدول پ-۲ مقایسه شود)



راهنما

X $D_{\lim}$ ، h

Y دمای عملی، t_O ، $^{\circ}C$

ضریب نفوذپذیری لایه بیرونی: ۸ $l.m^{-2}.s^{-1}$

a ۱ clo

b ۱٫۵ clo

c ۲ clo

d ۲٫۵ clo

شکل ث-۸- $D_{\lim}$ توصیه شده برای فشار پایین (خنثی) در سطح فعالیت ۱۷۵ $W.m^{-2}$ برای مقادیر چهار عایق پوششی پایه (با جدول پ-۲ مقایسه شود)

پیوست ج

(اطلاعاتی)

برنامه رایانه‌ای محاسبه $IREQ$

سایت اینترنتی که آدرس آن در زیر ارائه شده یک برنامه عملیاتی کامل برای محاسبه $IREQ$ و $D_{\lim}$ ارائه می‌کند. سایت مشابهی یک کپی از برنامه‌ای که در رایانه شخصی قابل بارگذاری و اجراست را با جاوا اسکریپت[1] نصب شده، ارائه می‌کند. همیشه برای تهیه آخرین نسخه این برنامه به آدرس زیر مراجعه کنید:
http://wwwold.eat.lth.se/Forskning/Termisk/Termisk_HP/Klimatfiler/IREQ2002alfa.htm

جدول ج-۱ نمونه‌هایی از محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول ج-۱- نمونه‌های محاسباتی

مقادیر ورودی			مقادیر محاسبه شده			
دمای هوا $^{\circ}C$	میانگین دمای تابشی $^{\circ}C$	باد $m.s^{-1}$	میزان سوخت و ساز $W.m^{-2}$	عایق گرمایی پایه پوشاک مورد استفاده clo	$IREQ_{\text{neutral}}$ clo	عایق گرمایی پایه مورد نیاز clo	$D_{\lim}$ **h**
۰	۰	۲	۹۰	۲٫۵	۲٫۶	۳٫۱	۲٫۳
۰	۰	۲	۱۴۵	۲٫۵	۱٫۵	۱٫۸	>۸
-۱۰	-۱۰	۲	۹۰	۲٫۵	۳٫۵	۴٫۴	۰٫۷
-۱۰	۰	۲	۱۴۵	۲٫۴	۱٫۹	۲٫۴	>۸
-۲۰	-۲۰	۲	۱۱۵	۴٫۲	۳٫۴	۴٫۲	>۸
-۲۰	-۲۰	۷	۱۱۵	۴٫۲	۳٫۵	۵٫۹	۱٫۱
-۳۰	-۳۰	۲	۱۱۵	۴٫۲	۴٫۰	۵٫۰	۲٫۲
-۳۰	-۳۰	۵	۱۷۵	۴٫۲	۲٫۶	۴٫۰	>۸

میزان کار مکانیکی، $W = 0$

رطوبت نسبی در همه مثال‌ها: ٪۸۵

ضریب نفوذپذیری هوای پوشش: ۸ $l.m^{-2}.s^{-1}$

1 - JavaScript

پیوست چ

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۰۹، ارگونومی محیط‌های حرارتی ـ محل‌های کار سرد ـ ارزیابی و مدیریت ریسک

[2] EN 342, Protective clothing – Ensembles and garments for protection against cold

[3] HOLMÉR, I. Assessment of cold stress in terms of required clothing insulation — IREQ. International Journal of Industrial Ergonomics 3, 1988, pp. 159–166

[4] HOLMÉR, I. Cold Indices and Standards. Encyclopedia of Occupational Health. ILO, Geneva, STELLMAN, J. (ed.), 1997, pp. 42, 48

[5] HOLMÉR, I., GRANBERG, P.O. DAHLSTRÖM, G. Cold. Encyclopedia of Occupational Health. ILO, Geneva, STELLMAN, J. (ed.), 1997, pp. 29-43

[6] NILSSON, H.O., ANTTONEN, H., HOLMÉR, I. (2000) new algorithms for prediction of wind effects on cold protective clothing. Proceedings of NOKOBETEF 6, 1st ECPC, Norra Latin, Stockholm, Sweden, pp. 17–20

[7] PARSONS, K. Human Thermal Environments. Taylor & Francis, London, 2002, 527 pages

[8] http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/windchill/index_e.cfm. Meteorological Society of Canada