INSO
20754-5
1st.Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۲۰۷۵۴-۵
چاپ اول
۱۳۹۴

وسایل حفاظت تنفسی- عوامل انسانی-
قسمت ۵:اثرات گرمایی

Respiratory protective devices — Human factors — Part 5: Thermal effects

ICS: 13.340.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

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

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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«وسایل حفاظت تنفسی- عوامل انسانی-قسمت ۵: اثرات گرمایی»

رئیس:	**سمت و/یا نمایندگی**
قیصری، تقی (فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت خدمات فنی و مهندسی سرمد
دبیر:	
سالک‌زمانی، یعقوب (دکترای تخصصی طب فیزیکی و توان‌بخشی)	دانشگاه علوم پزشکی تبریز
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسمعیلی پاینده، محمد (دکترای تخصصی طب‌فیزیکی و توان‌بخشی)	ادارۀ کل بهزیستی استان آذربایجان‌شرقی
اصلانی، سعید (لیسانس مهندسی شیمی)	پارک علم و فناوری استان آذربایجان شرقی
بنیادی، مسعود (دکترای تخصصی گوش، حلق و بینی)	کلینیک دکتر بنیادی
ترکمن، لیلا (فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
حقیقی‌فرد، محمدرضاحسن (دکترای تخصصی ارتوپدی)	بیمارستان الغدیر تهران
سالک‌زمانی، سحر (دکترای حرفه‌ای پزشکی)	کارشناس
سالک‌زمانی، شبنم (دکترای علوم تغذیه)	کارشناس استاندارد

سالک‌زمانی، مریم (فوق‌لیسانس علوم تغذیه)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
سعید، سلیمانی (دکترای تخصصی گوش، حلق و بینی)	انجمن انستزیولوژی
علی‌پور، محمدحسن (فوق‌لیسانس HSE)	مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار شمالغرب (تبریز)
غفاری، مجتبی (فوق‌لیسانس بهداشت‌حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان آذربایجان‌شرقی
قدیمی، فریده (فوق‌لیسانس شیمی‌آلی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
مساوات، علیرضا (فوق‌لیسانس شیمی)	مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار شمالغرب (تبریز)
معینیان، شهاب (فوق‌لیسانس شیمی)	سازمان ملی استاندارد ایران- پژوهشگاه استاندارد
نجفی، محمد (دکترای ایمونولوژی)	جمعیت هلال احمر استان آذربایجان‌شرقی
همت‌جو، یوسف (فوق‌لیسانس بهداشت‌حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان آذربایجان‌شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار ه
مقدمه و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها ۲
۴ اثرات گرمایی موضعی ۳
۵ اثرات بر تعادل گرمایی کل بدن ۱۳
پیوست الف (اطلاعاتی) کتاب‌نامه ۱۰

پیش گفتار

استاندارد «وسایل حفاظت تنفسی- عوامل انسانی-قسمت ۵: اثرات گرمایی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است و در پانصدوهشتادویکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی‌پزشکی مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۸ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 تجدیدنظر 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:

ISO/TS 16976-5: 2013, Respiratory protective devices — Human factors —Part 5: Thermal effects

مقدمه

در طراحی مناسب، انتخاب و استفاده از وسایل حفاظت تنفسی، شرایط فیزیولوژیکیِ پایهٔ کاربر باید در نظر گرفته شود. کارکرد تنفسی وسایل حفاظت تنفسی، مشخصه‌های طراحی و کاربرد، و خواص مواد آن می‌تواند دارای اثر گرمایی بر بدن انسان باشد.

این استاندارد، به مجموعه‌ای از مدارکی تعلق دارد که داده‌های پیکرسنجی و فیزیولوژیکی پایه را دربارهٔ انسان فراهم می‌کنند. این استاندارد، حاوی اطلاعاتی دربارهٔ اثرات گرمایی مرتبط با استفاده از وسایل حفاظت تنفسی است.

وسایل حفاظت تنفسی- عوامل انسانی-قسمت ۵: اثرات گرمایی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، فراهم کردن اطلاعاتی در مورد عوامل مرتبط با پیکرسنجی، فیزیولوژی، ارگونومی و عملکرد انسان برای تهیهٔ استانداردهایی در خصوص طراحی، آزمون و استفاده از وسایل حفاظت تنفسی است. این استاندارد حاوی اطلاعات مرتبط با اثرات گرمایی وسایل حفاظت تنفسی بر بدن انسان، به ویژه موارد زیر است:

- دماهای سطوح مرتبط با احساس ناراحتی و اثرات زیان‌بار بر روی بافت‌های انسانی؛
- اثرات گرمایی دمای گاز تنفسی بر روی راه‌های هوایی و بافت‌های ریوی؛
- اثرات دمای گاز تنفسی و رطوبت بر تبادل گرمای تنفسی؛
- اثرات وسایل حفاظت تنفسی بر تبادل کلی گرمای بدن.

این استاندارد شامل داده‌هایی برای مردان و زنان بالغ سالم در سنین ۲۰ سال تا ۶۰ سال است.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

2-2 ISO 7933, Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain

2-3 ISO 16972, Respiratory protective devices — Terms, definitions, graphical symbols and units of measurement

2-4 ISO/TS 16976-1, Respiratory protective devices — Human factors — Part 1: Metabolic rates and respiratory flow rates

2-5 ISO/TS 16976-3, Respiratory protective devices — Human factors — Part 3: Physiological responses and limitations of oxygen and limitations of carbon dioxide in the breathing environment

۲-۶ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶، ارگونومی محیط‌های حرارتی - تعیین و تفسیر استرس سرد هنگام استفاده از عایق پوششی مورد نیاز و اثرات خنک‌سازی محل

۲-۷ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱-۱۰۱۵۰، ارگونومی محیط‌های حرارتی -روش‌های ارزیابی پاسخ‌های افراد به تماس با سطوح -قسمت اول -سطوح داغ

۸-۲ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳-۱۰۱۵۰، ارگونومی محیط‌های حرارتی- روش‌های ارزیابی پاسخ‌های افراد به تماس با سطوح - قسمت ۳: سطوح سرد

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ISO 16972، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.

۳-۱-۱

clo

یکایی برای بیان عایق حرارتی پوشاک.

یادآوری- clo[1] معادل $0{,}155\ m^2\ °C/W$ است.

۳-۱-۲

شاخص عایق پوششی مورد نیاز

IREQ

شاخص تنش سرد تعیین‌شده طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶.

۳-۱-۳

آهنگ سوخت‌وساز

مصرف انرژی فیزیولوژیکی در واحد زمان.

۳-۱-۴

کرنش گرمایی پیش‌بینی‌شده

PHS[1]

شاخص تنش[2] گرمایی تعیین‌شده طبق استاندارد ISO 7933.

۳-۲ نمادها و اصطلاحات کوته‌نوشتی

۳-۲-۱

PPE[3]

تجهیزات حفاظت فردی.

۳-۲-۲

RPD[4]

وسیلهٔ حفاظت تنفسی.

1-Predicted heat strain
2-Stress
3-Personal protective equipment
4-Respiratory protective device

۳-۲-۳

PMV [۱]

میانگین رای پیش‌بینی‌شده.

۳-۲-۴

PPD [۲]

درصد نارضایتی پیش‌بینی‌شده.

۳-۲-۵

T_s [۳]

دمای سطح: دمای سطح تماس‌یافته با پوست.

۳-۲-۶

T_a [۴]

دمای محیط: دمای هوای اطراف بدن یا استنشاق‌شده.

۳-۲-۷

[۵] T_c

دمای تماس: دمای فصل مشترک[۶] بین پوست و سطح تماس‌یافته.

۳-۲-۸

[۷] T_r

دمای رکتوم: دمای مرکزی بدن.

۴ اثرات گرمایی موضعی

۴-۱ کلیات

اثرات گرما و سرمای توصیف‌شده در این استاندارد، با توجه به حساسیت فردی متفاوت خواهد بود.

یادآوری- مقیاس‌های ارزیابی ارائه‌شده در استاندارد ISO 8996 بایستی مورد توجه واقع شود.

۴-۲ اثرات بر روی تماس پوست توسط RPD

انتقال گرما توسط هدایت[۸] از طریق دست هنگام جابه‌جایی تجهیزات صورت می‌گیرد و در طول استفادهٔ واقعی از تجهیزات از طریق صورت، سر و نیم‌تنه انجام می‌شود.

تماس مستقیم بخش‌هایی از RPD، بنا به ماهیت آنها، با پوست برهنهٔ انسان به عنوان مثال پوست صورت، متفاوت است. تبادل گرمایی در مناطق تماس تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. بزرگی این اثر وابسته به فشار

1-Predicted mean vote
2-Predicted percentage dissatisfied
3-Surface temperature
4-Ambient temperature
5-Contact temperature
6-Interface
7-Rectal temperature
8-Conduction

تماس، ساختار سطوح، وسعت ناحیهٔ تماس، جرم مادهٔ در تماس، شرایط گرمایی و خواص گرمایی مواد در تماس است.

مواد مورد استفاده در RPD عمدتا از موادی با خواص انتقال گرمای هدایتی پایین ساخته می‌شوند. استثناها عبارتند از قطعات فلزی، به‌ویژه، در صورتی که عایق‌پوش نشده باشند.

شرایط جوی در محیط‌های بسیار گرم یا بسیار سرد می‌تواند RPD یا بخشی از آن را گرم یا سرد کند و از این طریق ریسک اثر گرمایی را بر روی پوست افزایش دهد.

ارزیابی ریسک خنک‌شدگی یا گرم‌شدگی پوست برهنه بر اثر تماس باید طبق استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۱-۱۰۱۵۰ (برای سطوح داغ)، و ۳-۱۰۱۵۰ (برای سطوح سرد) انجام شود.

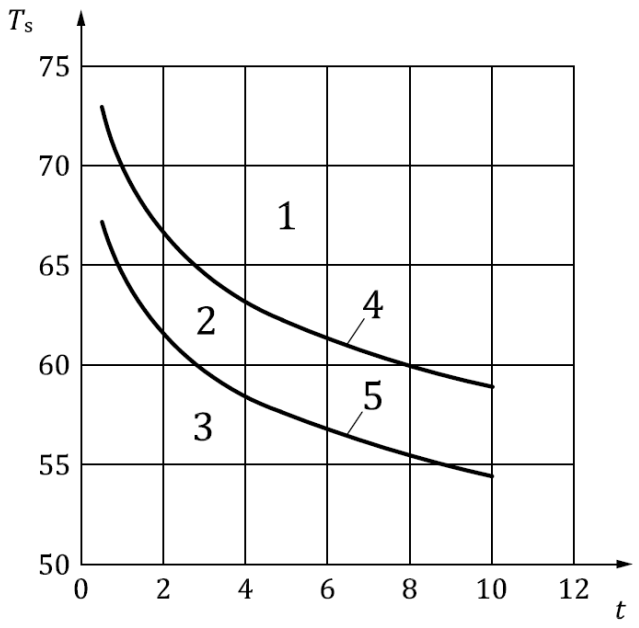
مقادیر مواجهه و معیارهای مورد استفاده در آمار و ارقام زیر مبتنی بر تماس‌های سطحی پوست بدن یا دست است. پوست صورت حساسیت بیشتری به‌ویژه به ناراحتی دارد و مقادیر محافظه‌کارانه‌تری بایستی مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۴ سطوح داغ

در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱-۱۰۱۵۰، اطلاعات جامعی در مورد ریسک‌های تماس پوست برهنه با انواع مختلفی از مواد در دماهای مختلف ارائه شده است. شکل ۱ دماهای سطحی فلز صیقل‌یافته را نشان می‌دهد که می‌تواند باعث سوختگی‌های پوستی شود. این وضعیت به نظر می‌رسد وخیم‌ترین مورد باشد، اما فلزات دیگری مانند فولاد و مس می‌تواند در دماهای مشابه یا کمی بالاتر، زیان‌بار باشند. مواد دیگر مانند پلاستیک، شیشه و سرامیک فقط در دماهای بسیار بالاتر می‌توانند به پوست برهنه آسیب برسانند.

آستانهٔ سوختگی، برای مدت زمان تماس طولانی (حداقل ۱۰ min) بستگی به نوع ماده ندارد.

برای این مواد، ناحیهٔ ۳ «سطح ایمن» در شکل ۱ به سمت منحنی ۴، یعنی حد بالا حرکت می‌کند.



راهنما

t مدت زمان تماس بر حسب ثانیه

T_s دمای سطح، بر حسب سلسیوس

1 منطقه ۱ نشان‌گر ریسک بالای سوختگی پوست

2 منطقه ۲ نشان‌گر ریسک احتمالی سوختگی پوست

3 منطقه ۳ نشان‌گر دماهای سطح ایمن

4 حد بالا

5 حد پایین

شکل ۱ – دمای سطحی سطوح فلزی صیقلی بدون پوشش با خواص هدایتی گرمایی مشابهی که می‌تواند ظرف مدت زمان ۱۰ s به سوختگی منجر شود

RPD معمولاً از چنددقیقه تا چندساعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول ۱ حدود آستانه‌ای سوختگی را برای مدت‌های تماس ۱ min و طولانی‌تر را برای مواد مختلف (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۱۵۰ با اعمال تغییرات) نشان می‌دهد. مقادیر برای مناطق تماس کمتر از ۱۰ % سطح بدن اعمال می‌شود، تا بتواند برای اغلب تجهیزات RPD قابلیت کاربرد پیدا کند.

جدول ۱- آستانهٔ سوختگی برای مدت‌زمان‌های تماس ۱ min و طولانی‌تر

ماده	۱ min °C	۱۰ min °C	۸ h و طولانی‌تر °C
فلز بدون‌پوشش	۵۱	۴۸	۴۳
فلز پوشش‌دار	۵۱	۴۸	۴۳
سرامیک‌ها، شیشه و مواد سنگی	۵۶	۴۸	۴۳
پلاستیک‌ها	۶۰	۴۸	۴۳
چوب	۶۰	۴۸	۴۳

۴-۴ سطوح سرد

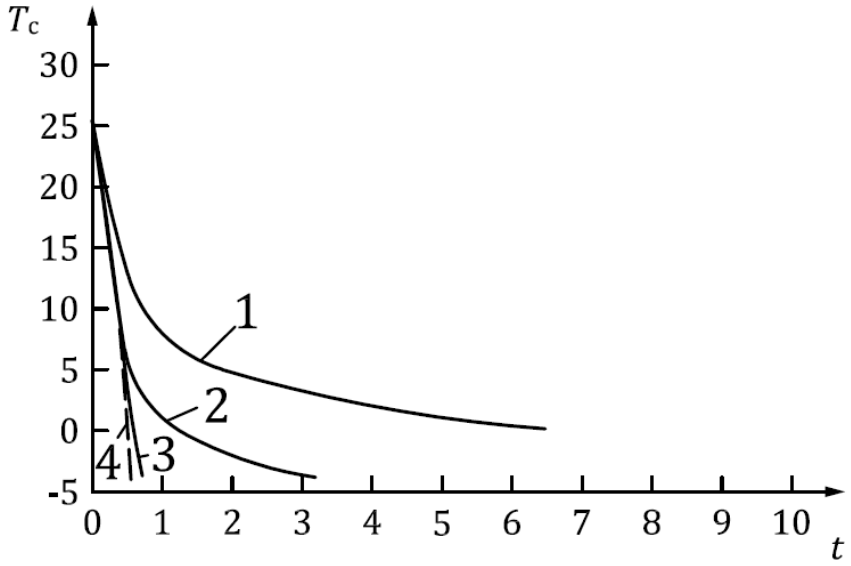
در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳-۱۰۱۵۰، اطلاعات مبسوطی در مورد ارزیابی اثرات خنک‌کنندگی تماس با انواع مختلفی از سطوح سرد بر روی پوست ارائه شده است. اطلاعات در مورد پنج نوع از مواد: آلومینیم، فولاد، سنگ، پلاستیک و چوب ارائه شده است. برای هر کدام از این مواد سه معیار برای خنک‌کنندگی به کار برده شده است.

همانند تماس با سطح داغ، بر اثر تماس سرما با ناحیهٔ کوچکی از سطح پوست، محصولات فلزی به‌سرعت موجب سرد شدن پوست و در نهایت سرمازدگی[1] موضعی می‌شوند. در شکل ۲ منحنی‌های خنک‌سازی به دست آمده بر اثر تماس نوک انگشت با سطوح تماس فولاد و آلومینیم در دماهای ۲۰ °C-، ۳۰ °C-، ۴۰ °C-، و ۵۰ °C- نشان داده شده است. دمای تماس (T_c)، که احتمالاً بسیار نزدیک به دمای سطح پوست است ظرف چند ثانیه با لمس کردن سطوح فلزی به زیر صفر درجهٔ سلسیوس افت می‌کنند. ریسک بروز سرمازدگی موضعی بسیار محتمل است.

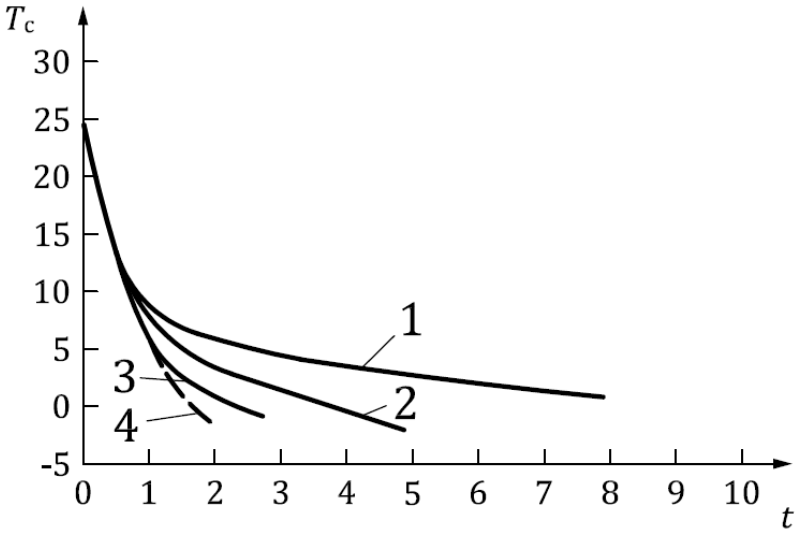
مطالعات انجام‌شده نشان‌گر آن است که:

- خنک‌شدگی تا دمای پوستی صفر درجهٔ سلسیوس با ریسک قریب‌الوقوع یخ‌زدگی بافتی «سرمازدگی» همراه است.
- خنک‌شدگی تا دمای پوستی ۷ °C- با بروز تدریجی کرختی مرتبط است.
- خنک‌شدگی تا دمای پوستی ۱۵ °C- با درد همراه است.

1-Frostbite



الف-فولاد



ب-آلومینیم

راهنما

t مدت زمان تماس، برحسب ثانیه

T_c دمای تماس، برحسب سلسیوس

1 -۲۰ °C

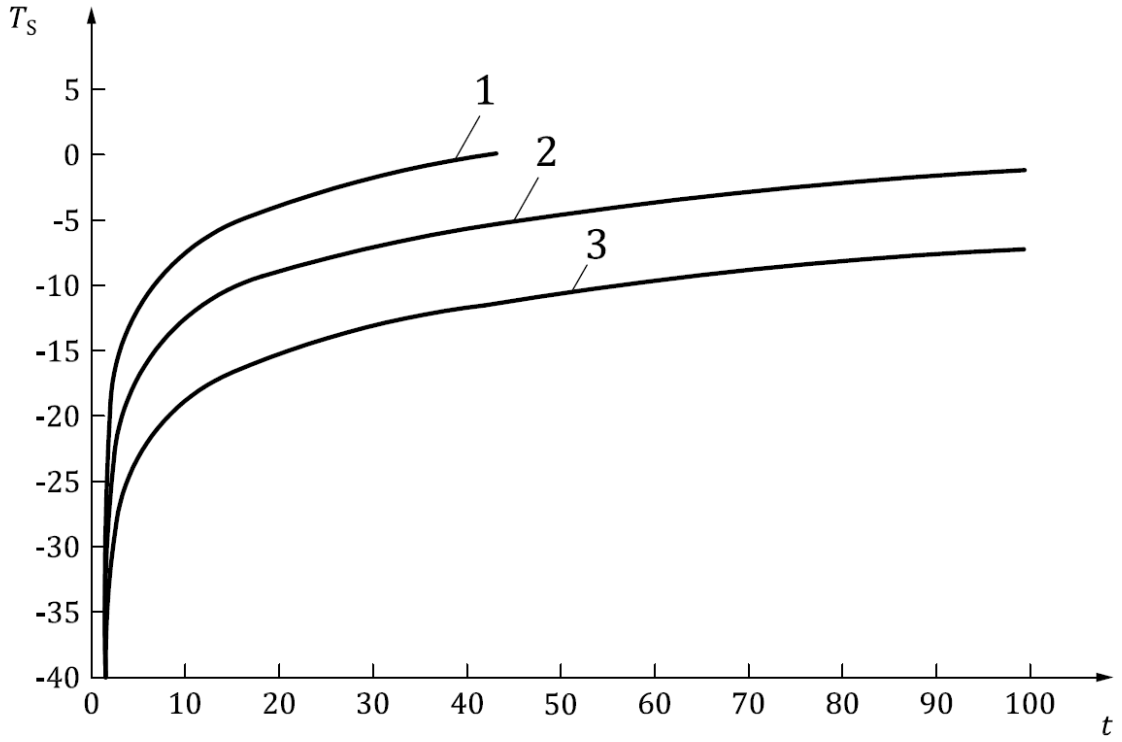
2 -۳۰ °C

3 -۴۰ °C

4 -۵۰ °C (تخمینی)

شکل ۲- تغییرات در T_c انگشت در تماس با سطوح فلزی در دماهای -۲۰ °C، -۳۰ °C، -۴۰ °C، و -۵۰ °C (تخمینی)

در شکل‌های ۳ تا ۵ دمای سطحی مواد خاص که ممکن است انواع مختلفی از اثرات خنک‌سازی را موجب شوند، نشان داده شده است.



راهنما

t مدت زمان تماس، برحسب ثانیه

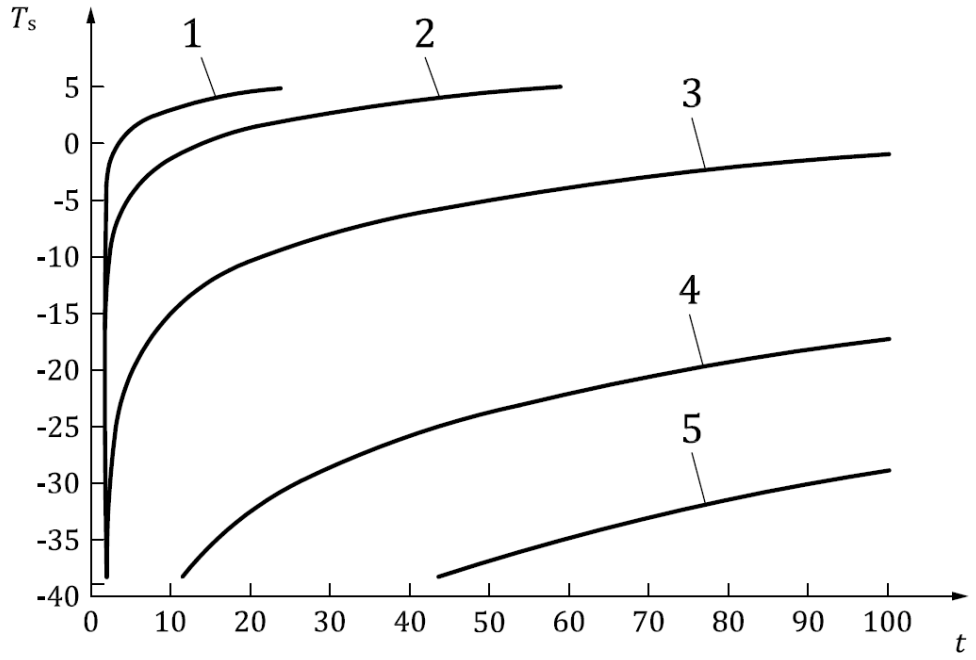
T_s دمای سطحی، برحسب سلسیوس

1 آلومینیم

2 فولاد

3 سنگ

شکل ۳- آستانهٔ سرمازدگی-دمای سطحی قابل قبول به عنوان تابعی از زمان برای T_c تا رسیدن به صفر درجهٔ سلسیوس (زمان لمس سطوح سرد توسط انگشتان بین ۰٫۵ s و ۱۰۰ s)



راهنما

t مدت زمان تماس، برحسب ثانیه

T_s دمای سطحی، برحسب سلسیوس

1 آلومینیم

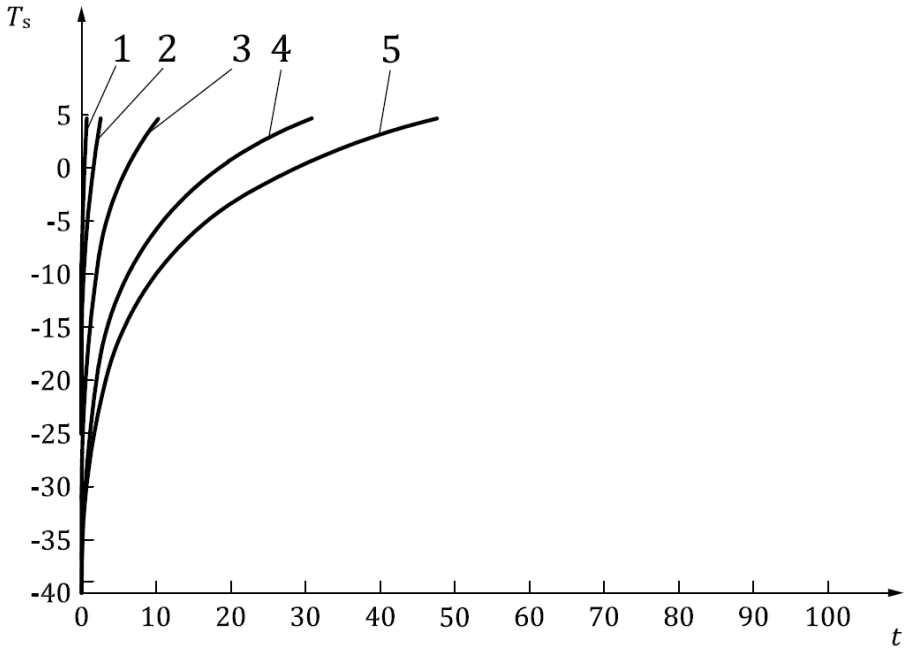
2 فولاد

3 سنگ

4 نایلون

5 چوب

شکل ۴- آستانهٔ کرختی-دمای سطحی قابل قبول به عنوان تابعی از زمان برای T_c تا رسیدن به ۷ °C- (زمان لمس سطوح سرد توسط انگشتان بین ۰٫۵ s و ۱۰۰ s)



راهنما

t مدت زمان تماس، برحسب ثانیه

T_s دمای سطحی، برحسب سلسیوس

1 آلومینیم

2 فولاد

3 سنگ

4 نایلون

5 چوب

شکل ۵- آستانهٔ درد-دمای سطحی قابل قبول به عنوان تابعی از زمان برای T_c تا رسیدن به ۱۵ °C- (زمان لمس سطوح سرد توسط انگشتان بین ۰٫۵ s و ۱۰۰ s)

۵-۴ اثرات گاز قابل تنفس استنشاق‌شده در راه‌های هوایی و بافت‌های ریه

۱-۵-۴ عملکرد کلی RPD

در طی تنفس، عملکرد تبادل گرما برای RPD نیز وجود دارد. حداقل، در ابتدا نوعی اثر خنک‌سازی بر روی هوای گرم و یک اثر گرم‌کنندگی بر هوای سرد وجود دارد. این اثر به‌خوبی شناخته‌شده نیست و بستگی به نوع مواد RPD، سطح فعالیت و شرایط محیطی دارد. به عنوان مثال، استفاده از هوای فشردهٔ پرفشار بایستی هیچ مشکلی را در هوای گرم نشان ندهد، چون هوا در طول انبساط لوله سرد می‌شود. در مقابل RPDای که عملکردش مبتنی بر واکنش شیمیایی است، می‌تواند مشکل‌زا باشد، چون گاز قابل تنفس توسط فرآیند شیمیایی گرم می‌شود.

گاز قابل تنفس دمی دارای چگالی پایینی (حتی در دمای سرد) است و ظرفیت گرمایی پایینی دارد. ساختار فیزیولوژیکی و آناتومیک راه‌های هوایی، به‌ویژه دستگاه تنفسی فوقانی، امکانات قابل توجهی را برای حفظ گرما و رطوبت بدن و کاهش خنک‌سازی یا گرم‌کنندگی محیطی فراهم می‌کند.

۴-۵-۲ اثرات ناشی از گاز قابل تنفس داغ

گاز قابل تنفس دمی در دماهای بسیار بالا، می‌تواند منجر به احساس درد و در نهایت سوختگی بافت شود. در طول مواجهه‌های کوتاه‌مدت، تنفس از راه بینی می‌تواند در دمای گاز قابل تنفس دمی خشک حدود ۱۲۵ °C محیط مشکل باشد. تنفس دهانی ممکن است در دمای گاز قابل تنفس دمی خشک حدود °C ۱۵۰ محیط مشکل باشد. گاز قابل تنفس دمی مرطوب، تبادل گرما را افزایش خواهد داد و به طور قابل توجهی زمان تحمل در دماهای بالا را کوتاه خواهد کرد. گاز قابل تنفس دمی اشباع از آب در دمای ۶۰ °C تا ۷۰ °C ناراحتی را در حالت استراحت (سونای بخار) افزایش می‌دهد و طی فعالیت برای مدت زمان‌های طولانی‌تر غیرقابل تحمل خواهد بود.

دماهای قابل تحمل با RPD، احتمالاً به دلیل مواجههٔ طولانی‌تر و سرعت تهویهٔ بیشتر، پایین‌تر خواهد بود. گاز قابل تنفس دمی گرم یا داغ نیز موجب گرم شدن فصل مشترک تنفسی می‌شود و در افزایش گرمای هدایتی موضعی در ناحیهٔ صورت/سر مؤثر خواهد بود.

مشخص شده است که در دماها و رطوبت نسبی دمی بالا، بافت‌های ریه و راه‌های هوایی می‌تواند دچار آزردگی شود. به عنوان مثال سطوح دمایی ۹۰ °C در RH کمتر از ۲۰ % در «کار سبک»، یا ۷۰ °C در RH کمتر از ۷۰ % در «کار متوسط»، یا حتی ۴۵ °C با RH ۱۰۰ % در «کار بسیار بسیار سنگین» ممکن است موجب تحریک شود.

جدول ۲-دماهای حداکثری برای گاز قابل تنفس دمی داغ

رده	کار	آهنگ سوخت‌وساز متوسط	دمای گاز قابل تنفس دمی در $RH \leq ۲۰ \%$ °C	دمای گاز قابل تنفس دمی در $۲۰ \% < RH \leq ۷۰\%$ °C	دمای گاز قابل تنفس دمی در $RH > ۷۰ \%$ °C
۱	استراحت	۶۵	۹۰	۷۰	۵۰
۲	کار سبک	۱۰۰	۹۰	۷۰	۵۰
۳	کار متوسط	۱۶۵	۹۰	۷۰	۵۰
۴	کار سنگین	۲۳۰	۹۰	۶۵	۴۵
۵	کار بسیار سنگین	۲۹۰	۸۰	۶۵	۴۵
۶	کار بسیار بسیار سنگین	۴۰۰	۸۰	۶۵	۴۵
۷	کار فوق‌العاده سنگین	۴۷۵	۸۰	۶۵	۴۵
۸	کار حداکثری	۶۰۰	۸۰	۶۵	۴۵
مقادیر برگرفته از استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶ است.					

دماهای ارائه‌شده در جدول ۲ باید به عنوان دماهایی حداکثری قلمداد و فقط برای مواجهه‌های کوتاه‌مدت اعمال شود. بار بر روی تبادل گرمای تنفسی و تبادل گرمای کل بدن در دماهای پایین نیز با زمان‌های کار طولانی‌تر قابل توجه است، به بند ۵ نیز مراجعه شود.

۴-۵-۳ اثر ناشی از گاز قابل تنفس سرد

گاز قابل تنفس دمی در دماهای بسیار پایین موجب سردشدن راه‌های هوایی، در نهایت انقباض برونشی و تحریک مخاطی (اپی‌تلیال)[1] می‌شود. علایم معمولاً به صورت سرفه و واکنش‌های شبه‌آسمی است.

در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶، مقادیر حد دمایی زیر، برای گاز قابل تنفس دمی سرد پیشنهاد شده است. این مقادیر کم کرنش به اثراتی از نوع حسی‌تر، مانند ناراحتی اشاره دارد. میزان بیشتر کرنش مقادیری را نشان می‌دهد که می‌تواند باعث تحریک، سرفه و در نهایت اثرات بهداشتی بلندمدت مانند علائم آسم شود. به جدول ۳ مراجعه شود.

گاز قابل تنفس تحویلی از طریق RPDدر چنین دماهای پایینی، احتمال آسیب‌زایی ندارد، چون فصل مشترک تنفسی، خود به عنوان نوعی مبدل گرمایی عمل می‌کند و گرم شدن مجدد گاز قابل تنفس دمی را موجب می‌شود.

مشخص شده است که در دماها و رطوبت نسبی دمی پایین، بافت‌های ریه و راه‌های هوایی می‌تواند دچار آزردگی شود. به عنوان مثال، در سطح دمای °C ۴۰- «کار سبک»، در دمای °C ۳۰- در «کار متوسط»، و در دمای °C ۲۰- «کار بسیار سنگین» آزردگی می‌تواند ایجاد شود.

جدول ۳- دماهای پایینی که به اثرات حسی اشاره دارد

رده	کار	میانگین آهنگ سوخت‌وساز W/m^2	دمای گاز قابل تنفس دمی °C
۱	استراحت	۶۵	-۴۰
۲	کار سبک	۱۰۰	-۴۰
۳	کار متوسط	۱۶۵	-۳۰
۴	کار سنگین	۲۳۰	-۲۰
۵	کار بسیار سنگین	۲۹۰	-۲۰
۶	کار بسیار بسیار سنگین	۴۰۰	-۳۰
۷	کار فوق‌العاده سنگین	۴۷۵	-۳۰
۸	کار حداکثری	۶۰۰	-۴۰

۵ اثرات بر تعادل گرمایی کل بدن

بدن اساسا از طریق سیستم تنفسی و از طریق پوست، گرما را با محیط مبادله می‌کند. تبادل گرمایی از طریق تنفس شامل مولفه‌های همرفتی و تبخیری است.

۵-۱ تبادل گرمای تنفسی

افت گرما از طریق تنفس، % ۵ تا % ۱۵ میزان هدررفت گرمای بدن را (بسته به سطح فعالیت) به خود اختصاص می‌دهد. انتقال گرما به هوای سرد و گرم، تا حدی، از طریق راه‌های هوایی به‌ویژه با تنفس از طریق بینی کنترل می‌شود. برای ورزش‌های متوسط تا سنگین، تنفس دهانی لازم است و تبادل گرما و رطوبت کارآیی کمتری دارد. در هوای سرد اتلاف گرمایی تنفسی افزایش و در هوای گرم اتلاف گرمای تنفسی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، فصل مشترک تنفسی، فیلتر و فضای مرده می‌تواند موجب کاهش اثر فوری

1-Epithelial

دماهای محیطی شود. در شرایط گرمای بالا و رطوبت بالا، پوشیدن ماسک می‌تواند این اثر را تشدید کند. میزان این اثرات شناخته‌شده نیست.

تبادل گرمای تنفسی می‌تواند به عنوان تابعی از تهویهٔ دقیقه‌ای و تفاضل دمای بین هوای دمی و بازدمی توصیف شود.

از معادلات تجربی زیر می‌توان استفاده کرد:

$$E_{res} = 0.0173M(P_{ex}-P_a) \quad (۱)$$

$$C_{res} = 0.0014M(t_{ex}-t_a) \quad (۲)$$

$$t_{ex} = 29+0.2t_a \quad (۳)$$

که در آن:

E_{res} تبادل گرمای تبخیری، بر حسب W/m^2؛

C_{res} تبادل گرمای تنفسی همرفتی، بر حسب W/m^2؛

M آهنگ سوخت‌وساز؛

P_{ex} فشار بخار آب هوای بازدمی، بر حسب kPa؛

P_a فشار بخار آب محیط، بر حسب kPa؛

t_a دمای محیط، بر حسب °C .

فرض بر این است که هوای بازدمی اشباع از آب است و دمای (t_{ex}) آن طبق فرمول (۳) به دمای (محیط) دمی (t_a) بستگی دارد.

تبادل گرمای همرفتی معمولاً بسیار اندک است، اما ممکن است در شرایط خاص به مقادیر قابل توجهی برسد. اتلاف گرمای تنفسی تبخیری به طور کلی بیشتر از مولفهٔ همرفتی است.در تجهیزات RPD که از گاز قابل تنفس فشرده به عنوان منبع استفاده می‌شود تأمین گاز سرد و خشک مقدور است، که می‌تواند در محیط‌های گرم مفید باشد اما در شرایط سرد، ایراد محسوب می‌شود.

در شرایطی که RPD می‌تواند باعث افزایش میزان CO_2 دمی شود، امکان افزایش تهویه وجود دارد و موجب افزایش اتلاف گرمای تنفسی می‌شود (به استاندارد ISO/TS 16976-3 مراجعه شود).

در محیط‌های پرفشار، تبادلات گرمای تنفسی متناسب با افزایش فشار محیط، افزایش می‌یابد. در غواصیِ دریای عمیق، گرمایش هوا می‌تواند به منظور جبران اتلاف گرمای تنفسی، لازم باشد. این امر به خصوص اگر هلیوم به عنوان گاز تنفسی به میزان زیاد استفاده شود، مصداق می‌یابد.

تجهیزات RPD همراه با منبع هوای فشرده ، هوای خشکی فراهم می‌کنند که در اکثر موارد در دمای پایین‌تر از محیط به منظور هم‌هوایی[1]، تنفس می‌شود. به عبارت دیگر، گرمای تبخیری بیشتر، و آب بیشتری برای همان تهویهٔ دقیقه‌ای تحت شرایط طبیعی تنفس از دست می‌رود. در محیط‌های گرم، این کار اتلاف زیاد گرما را به قیمت اتلاف زیاد آب فراهم می‌کند.

1-Decompression

در هوای سرد، اضافه‌اتلاف گرما می‌تواند هنگام فعالیت زیاد مثبت باشد. در هنگام فعالیت کم، اضافه‌اتلاف گرمای اضافی معمولاً مستلزم جبران از طریق پوشاک اضافی برای نگهداری تعادل گرمایی است. در هنگام فعالیت زیاد در گرما همراه با تنفس دهانی، گرمای بیشتری به محیط دفع می‌شود و بنابراین، اثر مثبتی دارد.

۲-۵ تبادل گرما از طریق سطح پوست

بیشتر گرمای بدن از طریق پوست تلف می‌شود. از این رو، تاثیر RPD بیشتر وابسته به پوشش سطوح پوست و خواص موادی است که پوست را می‌پوشاند.

برای تبادل گرما، سر، هم از نقطه‌نظر ذهنی و هم از نقطه‌نظر فیزیکی مهم است. سر در مقایسه با بسیاری از نقاط دیگر بدن، حساسیت بیشتری در برابر محرک‌های گرمایی دارد. سر و گردن حدود % ۱۰ از مساحت سطح بدن را تشکیل می‌دهند که مساحت قابل توجهی برای تبادل گرما، به‌خصوص در سرماست. سازوکار کاهش جریان خون به سر و مغز با سازوکاری که هنگام انقباض عروق باعث کاهش جریان خون به دست‌ها و پاها می‌شود، یکسان نیست. انواع خاصی از RPD وجود دارد که بخش زیادی از بدن را می‌پوشاند. میزان پوشش برای لباس‌های یکپارچهٔ محافظ شیمیایی تهویه‌دار، می‌تواند تا % ۱۰۰ هم برسد.

اثرات گرمایی فصل مشترک‌های تنفسی بیشتر ماهیت حسی (راحتی/ ناراحتی) دارند. اثر کمّی RPD بر تبادل گرمای کل بدن اندک است. در گرما، این احتمال وجود دارد که به ناراحتی‌های گرمایی اضافه شود. در هوای سرد، فصل مشترک‌های تنفسی، حفاظت اضافی را برای بخش صورت به دلیل پوشاندن آن و اثر تبادل گرمایی فراهم می‌کند. از تماس با قطعات فلزی سرد باید اجتناب شود.

RPD هوددار[1] موجب پوشش سر و بخش‌هایی از نیم‌تنهٔ فوقانی با موادی است که در مقابل بخار آب نفوذناپذیر است. تبادل گرمای تبخیری نواحی پوشانده‌شده، تحت تاثیر قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، سیستم‌های هوددار معمولا تهویهٔ پمپی دارند. این امر ممکن است سبب بهبود یا اختلال شرایط گرمایی بسته به محیط بیرونی شود. تهویه، در محیط‌های سرد می‌تواند اتلاف گرمایی موضعی را افزایش دهد و در اتلاف کلی گرمای بدن نقش زیادی داشته باشد. در محیط‌های گرم، تهویه، تبخیر موضعی را بهبود می‌بخشد و تا حدی از تنش گرمایی می‌کاهد. تنها در شرایط بسیار گرم و مرطوب اثر منفی محتمل است.

در برخی از کاربری‌ها، RPD با انواع دیگری از وسایل حفاظت فردی تلفیق می‌شود. در این شرایط، برای مثال هنگام استفاده از سرهم محافظ شیمیایی یا پوشاک آتش‌نشانان، اثرات گرمایی می‌تواند بزرگ باشد. به دلیل دسترسی به گاز قابل تنفس و همچنین به دلیل افزایش میزان تنش گرمایی، مدت زمان‌های مواجهه اغلب به min ۳۰ تا min ۶۰ محدود می‌شود. راه‌حل‌های فنی در دسترس است که شیوه‌هایی را برای خنک‌سازی خرداقلیم[2] پوشاک فراهم می‌کنند، برای مثال از طریق تامین هوا برای تهویه، یا با استفاده از مواد تغییر فاز (PCM) [3]در لباس‌های یکپارچه یا جلیقه‌های اضافی. تبادل گرما را می‌توان در این شرایط آنالیز و سهم RPD و دیگر تجهیزات حفاظت فردی را محاسبه کرد.

1-RPD with a hood
2-Microclimate
3-Phase change materials

۵-۳ افزایش آهنگ سوخت‌وساز

از طریق ارزیابی شارهای گرمایی تنفسی و پوست، امکان آنالیز شرایط برای تبادل گرمایی کل بدن فراهم می‌شود. این امر برای برآورد ریسک‌های احتمالی دمافزونی یا دماکاهی ضرورت دارد.

کار کردن در محیط گرم با وسایل حفاظت تنفسی می‌تواند تنش گرمایی را از طرق زیر تشدید کند:

الف- افزایش آهنگ سوخت‌وساز از طریق وزن تجهیزات؛

ب- تاخیر تبادل گرما در برخی از نقاط سطوح بدن، به ویژه سر؛

پ- اثرات مرکب وسیلهٔ حفاظت و لباس‌های معمولی یا سایر پوشاک‌های محافظ.

استفاده از RPD، و هرگونه تجهیزات حفاظت فردی دیگر، فعالیت فیزیکی پوشندهٔ لباس را افزایش می‌دهد، و کرنش فیزیولوژیکی و حجم تنفسی دقیقه‌ای را زیاد می‌کند. برخی از تجهیزات RPDمعمولاً بیش از ۱۰ kg وزن دارند و صرف انرژی حرکت کردن، راه رفتن و بالا رفتن را افزایش می‌دهند. در استاندارد ISO/TS 16976-1 بالاترین سه ردهٔ این انرژی صرف‌شده برای کار، ذکر شده است.

۵-۴ شرایط خنثی از نظر گرمایی[1]

بیشترین کار با RPD، به ویژه، وسایل فیلترکننده تحت شرایط معمولی درون‌ساختمانی در صنایع یا فضاهای برون‌ساختمانی تحت شرایط معتدل انجام می‌گیرد. وسایل فیلترکننده می‌تواند باعث ناراحتی عمومی ارگونومیک، شوند اما احتمال تداخل قابل توجه در تبادل گرمایی، کم است به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که بر شرایط آسایش گرمایی تاثیرگذار نیستند.

در استاندارد ISO 7730 روشی برای ارزیابی شرایط آسایش گرمایی، به طور عمده در فعالیت‌های کم تا متوسط و در شرایط درون‌ساختمانی ارائه شده است. RPD بر تبادل گرمای تنفسی (به معادله‌های ۱ تا ۳ در بند ۵-۱ مراجعه شود) تاثیر می‌گذارد. RPD به عنوان مبدل گرمایی عمل می‌کند و بر تبادل گرمای تنفسی تاثیر می‌گذارد.

۵-۵ تنش گرمایی

از استاندارد ISO 7730 می‌توان برای ارزیابی تنش گرمایی کل بدن استفاده کرد. این شاخص مبتنی بر معادلهٔ تعادل گرمایی است و میزان افزایش در دمای مقعدی و هدررفت تجمعی آب ناشی از عرق کردن را برای دورهٔ کاری محاسبه می‌کند. هنگامی که معیارهای حدی تعریف‌شده برای این دو متغیر فیزیولوژیکی حاصل می‌شود، مدت زمان مواجههٔ توصیه‌شده مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

علاوه بر مقادیر ورودی معمول در استاندارد ISO 7933، لازم است تغییرات زیر به منظور پیش‌بینی تاثیر گرمایی RPD و هرگونه تجهیزات حفاظت فردی دیگر انجام شود:

الف- ارزیابی اثر وزن RPD بر روی آهنگ سوخت‌وساز (به بند ۵-۳ مراجعه شود)؛

ب- تعیین عایق گرمایی پوشاک سرهم کامل از جمله RPD و هر PPE دیگر؛

پ- تعیین مقاومت بخار آب پوشاک یکپارچه کامل از جمله RPD و هر PPE دیگر؛

ت- ارزیابی تاثیر RPD بر تبادل گرمای تنفسی؛

ث- ارزیابی تاثیر RPD بر تبادل گرمای خرداقلیم (تهویه).

1-Thermoneutral conditions

هزینهٔ افزایش انرژی صرف شده برای کار در محیط گرم منفی است. تولید بیشتر گرمای بدن موقعی مشکل‌زاست که مانعی سر راه اتلاف گرما به محیط وجود دارد. اگر آهنگ کار برای بار انرژتیک اضافی RPD و هرگونه تجهیزات حفاظت فردی دیگر) کاهش نیابد، تنش گرمایی افزایش خواهد یافت و در نهایت منجر به خستگی زودرس یا آسیب گرمایی می‌شود (به شکل ۶ مراجعه شود).

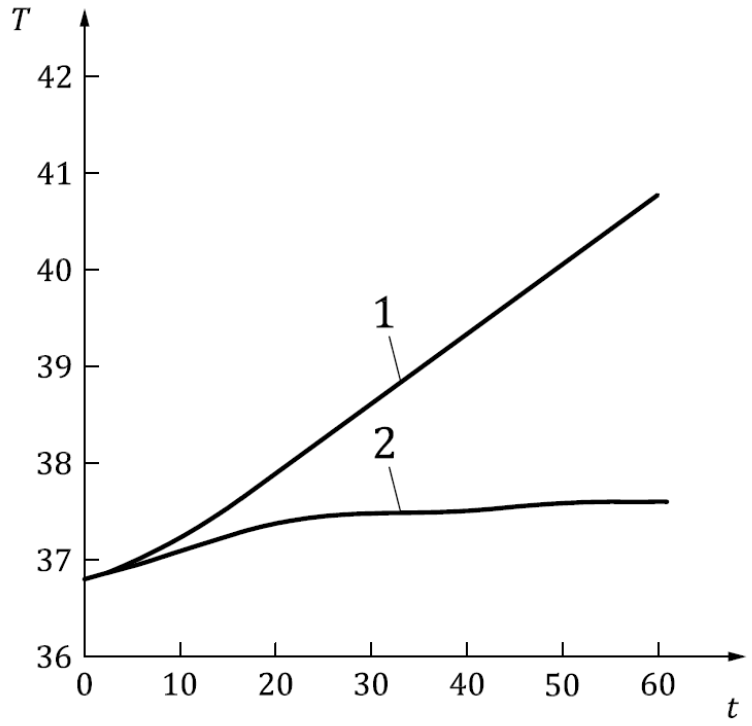
بار اضافی و تنش گرمایی وزن، باSCBA از طریق تنفس هوای سرد، تا حد کمی بی‌اثر می‌شود. تعادل گرمای کل بدن را می‌توان با آنالیز PHS پیش‌بینی‌شده که در استاندارد ISO 7933 ذکر شده است، ارزیابی کرد.

با وسایل فیلترکننده، تنش گرمایی اضافی کمی محتمل است. با این حال، ناراحتی موضعی بیشتر احتمال دارد که از کاهش هدررفت گرمایی از ناحیهٔ سر و صورت ناشی شود.

با دستگاه‌های تنفسی اکسیژن خالص که ممکن است دمای بازدمی را افزایش دهد و تنش گرمایی را تشدید کند، مشکلات ویژه‌ای عارض می‌شود. دوباره، یک ارزیابی از تنش گرما با استفاده از استاندارد ISO 7933 قابل انجام است.

SCBA[1] یا کپسول هوای سرخود، هوای خنک برای دم فراهم می‌کند. SCBA از سوی دیگر، بسیار سنگین است و بر کار فیزیکی می‌افزاید. اثر خالص عبارت است از افزایش تنش گرمایی که می‌تواند با استفاده از استاندارد ISO 7933 ارزیابی شود. مثالی در این خصوص در شکل ۶ ارائه شده است. فردی در دمای ۳۵ °C در فضای برون‌ساختمانی در ۱۶۵ W/m^2و در آفتاب با لباس عادی کار می‌کند. دمای رکتوم کمی افزایش می‌یابد اما حتی بعد از گذشت ۶۰ min از کار، زیر ۳۸ °C باقی می‌ماند. زمانی که فرد تحت همان شرایط با SCBA و لباس یکپارچهٔ آتش‌نشانان کار می‌کند، تعادل گرمایی حاصل نمی‌شود و بعد از ۶۰min دمای رکتوم به فراتر از ۴۰ °C نیز افزایش می‌یابد. میزان تلاش و فعالیت انجام شده افزایش می‌یابد و تبادل گرمایی توسط تجهیزات مختل می‌شود. هنگام استفاده از RPD در این شرایط، بایستی کار در کمتر از min ۳۰ خاتمه یابد. اثر عمده به لباس یکپارچه نسبت داده می‌شود. با این حال، RPD به طور قابل توجهی به آهنگ سوخت‌وساز اضافه می‌کند و شرایط تشدید می‌شود.

1-Self Contained Breathing Apparatus



راهنما

t زمان، بر حسب دقیقه

Tr دمای رکتوم، بر حسب سلسیوس

1 SCBA و لباس یکپارچهٔ آتش‌نشانان

2 پوشاک معمولی بدون SCBA

شکل ۶-اثرات بر دمای رکتوم ناشی از ورزش متوسط با پوشاک معمولی و هنگام استفاده از لباس یکپارچهٔ آتش‌نشانان و SCBA در محیط گرم (دمای ۳۵ °C و رطوبت‌نسبی ۶۰ %)

در استاندارد ISO 7933 آهنگ تعریق مورد نیاز برای مواجهه‌های گرمایی معین محاسبه شده است. با این کار، اطلاعاتی در مورد مصرف آب کافی برای جلوگیری از کم آبی فراهم می‌شود. جبران نشدن هدررفت‌های آب موجب کم شدن آب بدن و اثرات زیان‌باری بر روی عملکرد قلبی‌عروقی و ظرفیت کاری می‌شود. طی مواجهه‌های طولانی‌تر با گرما، تمهیداتی برای تامین آب بایستی مورد استفاده قرار گیرد تا کارگر به مقادیر کافی آب دسترسی داشته باشد. برای موارد توصیف‌شدهٔ فوق‌الذکر (به شکل ۶ مراجعه شود) اتلاف آب از طریق تعریق بعد از ۶۰ min به ترتیب معادل ۰٫۷۶ l و ۱٫۰ l بود.

۶-۵ تنش سرما

تنش گرمایی در طول کار در یک محیط سرد با RPD طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶ قابل ارزیابی است.

علاوه بر مقادیر ورودی معمول در استاندارد فوق‌الذکر، تغییرات زیر به منظور پیش‌بینی تاثیر گرمایی RPD / PPD لازم است انجام شود:

الف- ارزیابی اثر وزن RPD بر آهنگ سوخت‌وساز (به بند ۵-۳ مراجعه شود)؛

ب- تعیین عایق گرمایی لباس یکپارچهٔ کامل از جملهRPD / PPE؛

پ- ارزیابی تاثیر RPD بر تبادل گرمای تنفسی؛

ت- ارزیابی تاثیر RPDبر تبادل گرمای خرداقلیم (تهویه).

اضافه کردن RPD و هرگونه تجهیزات حفاظت فردی دیگر به لباس کار عادی برای شرایط سرد به احتمال زیاد عایق‌های موضعی و عایق کل بدن را افزایش می‌دهد. این امر برای حفظ تعادل گرما در سرما مفید است. هنگام استفاده از SCBA، افزایش آهنگ سوخت‌وساز، گرمای بیشتری در بدن تولید می‌کند و می‌تواند تنظیم لباس یا تنظیم کلی سرعت کار لازم باشد. خنک‌سازی هوای تنفسی می‌تواند بخشی از این اثر را کاهش دهد. در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶ یک برنامهٔ کامپیوتری ارائه شده است که امکان می‌دهد شبیه‌سازی حالات مختلف و آنالیز متعاقب شرایط برای تعادل گرمایی صورت پذیرد.

فردی کار متوسطی ($۱۶۵ W / m^2$) در دمای ۱۵ °C – در بادی با سرعت ۱ m/s انجام می‌دهد. او حدود ۴٫۲ km/h راه می‌رود. عایق پوشاک مورد نیاز برای تعادل خوب گرمایی ۲٫۴ clo طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶است (IREQ عبارت است از ۲٫۴ clo). اگر برای همان کار نیاز به SCBA باشد، آهنگ سوخت‌وساز تا حدود $۲۵۰ W / m^2$ افزایش خواهد یافت. در صورت گنجاندن خنک‌سازی تنفسی زیاد، IREQ طبق همان آنالیز مذکور در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۶۰۶، تا ۱٫۱ clo یا ۱٫۵ clo کاهش می‌یابد. اگر پوشاک برای مقادیر عایق پایین‌تر تنظیم نشود، لازم خواهد شد که مازاد گرمای تولیدشده از طریق تبخیر عرق اتلاف شود. این امر کار را کمی پیچیده می‌کند چون در سرما بیشتر عرق تبخیرشده در پوشاک به مایع تبدیل خواهد شد. این کار قدرت خنک‌کنندگی آن و خواص عایقی پارچه را کاهش می‌دهد. راه دیگر، کاهش سرعت کار هنگام استفاده از SCBA است تا آهنگ سوخت‌وساز نهایی باSCBA دوباره $۱۶۵ W / m^2$ شود که تعادل گرمایی خوب را با لباس پوشیده میسر می‌سازد.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتاب‌نامه

[1] ISO 8996, Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate
[2] Dorman L.E., & Havenith G. The effects of protective clothing on energy consumption during different activities. Eur. J. Appl. Physiol. 2009, 105 pp. 463–470
[3] Holmér I., Geng Q., Havenith G., den Hartog E., Rintamäki H., Malchaire J. et al. Temperature limit values for cold touchable surfaces, Arbete och Hälsa 2003:7, Arbetslivsinstitutet, Stockholm, 2003
[4] Holmér I., Kuklane K., Gao C. Test of firefighter's turnout gear in hot and humid air exposure. Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2006, 12 pp. 297–305