



جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز سلامت محیط و کار

راهنمای ارزیابی

تنش‌های دمایی در محیط کار

کد

OEL - HC - 5503

۱۳۹۵

شماره کتابشناسی ملی : ۴۵۸۸۵۱۷

سرشناسه : علی محمدی، ایرج، ۱۳۴۲

عنوان و نام پدیدآور : راهنمای ارزیابی تنش‌های دمایی در محیط کار / مجری طرح قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور؛ [برای] وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مرکز سلامت محیط و کار.

مشخصات نشر : همدان: انتشارات دانشجو؛ تهران: وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت سلامت، مرکز سلامت محیط و کار، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری : ۸۶ ص.: مصور، جدول.

شابک : 978-964-543-007-6 : ۶۰۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست نویسی : فیبا

موضوع : تنش‌های حرارتی

موضوع : Thermal stresses

موضوع : محیط کار — اثر فیزیولوژیکی

موضوع : Work environment -- Physiological effect

شناسه افزوده : ایرج، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. مرکز سلامت محیط و کار

رده بندی کنگره : ۲۱۱.۲۶ : ۵۸/ع : ۴۱۸/۲۸۴

رده بندی دیویی : ۲۰/۱۲۱

نام کتاب: راهنمای ارزیابی تنش‌های دمایی در محیط کار
ناشر: مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی - انتشارات دانشجو
تلفن: ۰۸۱-۴۵۴۱۹۳-۸۱۴۵۴۱۲-۰۲۱، نامبر: ۰۸۱۴۵۴۴۶۴-۲

<http://markazsalamat.behdas.gov.ir>

مجری طرح: قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور

تلفن: ۰۸۱-۳۸۳۸۰۰۲۵ نامبر: ۰۸۱-۳۸۳۸۰۵۰۹

مؤلف: دکتر ایرج علی محمدی

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۵

تیراژ: ۵۰۰ جلد وزیری

فیلم زینک: لیتوگرافی روشن

چاپ و صحافی: روشن

مرکز پخش: همدان، انتشارات دانشجو تلفن: ۰۸۱-۳۸۳۷۸۰۱۰

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۴۳-۰۰۷-۶

قیمت: ۶۰۰۰۰ ریال

مقدمه

در حال حاضر بیش از نیمی از جمعیت جهان در مشاغل مختلف در معرض طیف وسیعی از عوامل زیان‌آور و آلاینده‌های محیط‌کار قرار دارند که این امر پیامدهای بهداشتی ناگواری را به همراه داشته و امکان ابتلا به بیماری‌های شغلی را افزایش خواهد داد.

با توجه به ضرورت برخورداری شاغلین از محیط‌کار سالم و نیاز مبرم کشور به حدود و معیارهایی برای تمایز محیط‌های کاری سالم و ناسالم، ویرایش چهارم کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی که در وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (مرکز سلامت محیط و کار) تدوین شد و با اضاء وزیر محترم بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ابلاغ گردید.

با عنایت به ماده ۸۵ قانون کار که رعایت حدود مندرج در کتاب مذکور، برای صاحبان صنایع و کارفرمایان الزام آور نموده است و بر اساس بازخوردهای واصله از کاربران مختلف این کتاب از سراسر کشور، ام از کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و متخصصان طب کار، اعضای محترم هیأت علمی و کارشناسان صنایع، بر آن شدیم تا با کمک اساتید مجربی که در کمیته تدوین حدود مجاز همکاری نموده‌اند، راهنماهای فنی هر بخش از این کتاب را در ۹ جلد با موضوعات مختلف، به خط سه‌پهیل استفاده کاربران تدوین نماییم تا کاربران به کمک توضیحات تکمیلی و مثال‌های ارائه شده در این راهنماها، با توان بیشتری نسبت به تفسیر حدود مجاز مندرج در این کتاب و به‌کارگیری نتایج حاصل از آن اهتمام ورزند و از محدودیت‌هایی که ممکن است پدید آید آگاهی داشته باشند و بیش از پیش بتوانند تفسیر صحیحی از مقایسه این حدود مجاز با وضعیت مواجهات آسیب‌رسان محیط‌کار به دست آورند.

لازم به ذکر است، به‌منظور دسترسی بیشتر کاربران، این راهنماها بر روی تارنماهای وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (وبدا)، معاونت بهداشتی و مرکز سلامت محیط و کار قرار خواهد گرفت. در انتها وظیفه خود می‌دانم از زحمات ارزشمند جناب آقای دکتر ایرج علی‌محمدی که در تألیف و خانم مهندس فاطمه صادقی و آقای مهندس حمید اقتصادی که در نظارت و تدوین این راهنما همکاری نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

دکتر غلامرضا صادقی
رئیس مرکز سلامت محیط و کار

صفحه	فهرست مطالب
۷	مقدمه
۸	۱- جنبه‌های قانونی در ارتباط با استرس‌های محیط کار
۸	۲- مشکلات ناشی از شرایط جوی نامساعد
۸	الف) جنبه ایمنی
۹	ب) جنبه بهداشتی
۹	۳- شرایط جوی محیط کار و شاخص‌های آن
۱۰	۴- تعاریف علمی
۱۱	۵- راه‌های تبادل حرارت بدن با محیط
۱۱	۵-۱- جابجایی
۱۲	۵-۲- تابش
۱۲	۵-۳- تبخیر
۱۲	۵-۴- متابولیسم
۱۵	۵-۵- تأثیر لباس
۱۶	۶- هدف
۱۶	۷- دامنه کاربرد
۱۶	۸- وسایل و دستگاه‌های سنجش شرایط دمایی در محیط‌های کار
۱۶	۸-۱- دماسنج
۱۶	۸-۲- دماسنج تر
۱۶	۸-۳- دماسنج گوی‌سان
۱۷	۸-۴- بادسنج پره‌ای
۱۷	۸-۵- بادسنج‌های حرارتی
۱۷	۸-۶: دماسنج کانا
۱۹	۸-۷- هیدروگراف
۱۹	۸-۸- ترموهیدرومتر دیجیتالی

- ۸-۹- رطوبت سنج چرخان..... ۲۰
- ۸-۱۰- رطوبت سنج آسمن..... ۲۰
- ۸-۱۱- WBGT متر..... ۲۰
- ۹- شاخص‌های استرس گرمایی و شاخص‌های مورد قبول OEL..... ۲۱
- الف) شاخص‌های تجربی:..... ۲۲
- ب) شاخص‌های تحلیلی:..... ۲۲
- ۱۰- الزامات بازرسی استرس گرمایی در محیط کار..... ۲۳
- ۱۱- اهداف اندازه‌گیری استرس گرمایی..... ۲۳
- ۱۲- برنامه اندازه‌گیری و ارزیابی استرس گرمایی (تعیین ایستگاه‌های سنجش-
زمان مناسب اندازه‌گیری)..... ۲۴
- ۱۳- روش کشوری اندازه‌گیری و ارزیابی استرس گرمایی در محیط کار..... ۲۵
- ۱-۱۳- اندازه‌گیری عوامل محیطی..... ۲۵
- ۲-۱۳- محاسبه شاخص WBGT..... ۲۶
- ۳-۱۳- طبقه‌بندی بار کاری..... ۲۸
- ۴-۱۳- برنامه کار - استراحت..... ۳۳
- ۱۴- برنامه‌ریزی جهت کنترل مواجهه با استرس گرمایی و حفاظت فردی..... ۳۵
- ۱-۱۴- کنترل گرما در منبع تولید..... ۳۵
- ۲-۱۴- جایگزینی..... ۳۶
- ۳-۱۴- تهویه عمومی..... ۳۶
- ۴-۱۴- کنترل در محل..... ۳۷
- ۵-۱۴- کنترل گرمای تابشی..... ۳۸
- ۶-۱۴- برنامه‌های بهداشتی و کنترل‌های اجرایی..... ۳۹
- ۱۵- جنبه‌های بهداشتی و اثرات مواجهه شغلی با گرما و رطوبت..... ۴۳
- ۱-۱۵- عوارض خفیف ناشی از گرما..... ۴۳
- ۲-۱۵- عوارض شدید ناشی از گرما..... ۴۵

- ۱۶- شاخص‌های استرس سرمایی و شاخص‌های مورد قبول OEL..... ۴۷
- ۱-۱۶- سرمایش عمومی..... ۵۰
- ۲-۱۶- سرمایش موضعی..... ۵۰
- ۱۷- الزامات بازرسی استرس سرمایی در محیط کار..... ۵۰
- ۱۸- اهداف اندازه‌گیری استرس سرمایی..... ۵۲
- ۱۹- برنامه اندازه‌گیری و ارزیابی استرس سرمایی (تعیین ایستگاه‌های سنجش
- زمان مناسب اندازه‌گیری)..... ۵۲
- ۱-۱۹- تعیین اهداف اندازه‌گیری..... ۵۳
- ۲-۱۹- گردآوری اطلاعات دقیق از کارگاه..... ۵۳
- ۳-۱۹- تعداد و تعیین محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری..... ۵۳
- ۲۰- معرفی دستگاه‌های اندازه‌گیری استرس سرمایی..... ۵۴
- ۲۱- روش کشوری اندازه‌گیری استرس سرمایی در محیط کار..... ۵۵
- ۲۲- روش ارزیابی استرس سرمایی در محیط کار..... ۵۵
- ۲۳- برنامه کار- استراحت توأم با گرم شدن بدن..... ۵۸
- ۲۴- جنبه‌های بهداشتی و اثرات مواجهه شغلی با سرما..... ۶۱
- ۱-۲۴- آسیب‌های عمومی..... ۶۱
- ۲-۲۴- آسیب‌های موضعی..... ۶۱
- ۲۵- برنامه‌ریزی جهت کنترل مواجهه با استرس سرمایی و حفاظت..... ۶۳
- ۱-۲۵- کنترل مبتنی بر سازم..... ۶۳
- ۲-۲۵- برنامه پیشگیری از اثرات سرما..... ۶۵
- ۳-۲۵- حفاظت فردی..... ۶۷
- ۴-۲۵- کنترل‌های مدیریتی..... ۷۲
- منابع:..... ۷۳
- پیوست: دستورالعمل وارد نمودن نتایج اندازه‌گیری‌ها در سامانه مرکز
سلامت محیط و کار..... ۷۴

مقدمه:

از آنجایی که توجه به مسائل محیط کار کارگران و ایجاد یک محیط کار ایمن و مناسب و راحت برای ایشان، همیشه از جمله بزرگ‌ترین اهداف علم بهداشت حرفه‌ای بوده است؛ توجه به مسئله شرایط جوی محیط کار نیز به عنوان یکی از عوامل فیزیکی محیط کار در اولویت برنامه‌های مسئولین و متخصصین بهداشت حرفه‌ای قرار می‌گیرد. طبق آخرین آمار موجود در سال ۱۳۹۳ نزدیک به ۸ درصد کارگاه‌های کشور و ۸ درصد کارگران شاغل در آن در معرض عامل فیزیکی گرما و رطوبت در محیط‌های شغلی خود می‌باشند.

شرایط جوی محیط کار شامل کلیه عواملی است که روی هوای محیط کار تأثیر می‌گذارند مانند گرما، سرما، رطوبت، باد که هر یک جداگانه قادر به ایجاد عوارض خطرناکی می‌باشند. در مقوله سازه‌های مخصوص شرایط جوی محیط کار همواره مبنای کار بر اساس انرژی می‌باشد. بدین ترتیب تغییرات انرژی بنا به اصول ترمودینامیک همواره در طبیعت وجود داشته است و از بین نخواهد رفت. انسان به عنوان یک موجود فیزیولوژیک در برخورد با این پدیده فیزیکی دارای محدودیت‌ها و ظرفیت‌های بخصوصی است. لذا از نظر فیزیک، تأثیر انرژی فیزیکی مذکور می‌تواند به عنوان یک عامل استرس‌زا و مقابله مکانیسم‌های بدن با عوامل استرس‌زا تحت عنوان استرس مورد توجه قرار گیرد. انرژی فیزیکی از نقطه نظر حس انسانی به دو صورت مورد توجه و مطالعه قرار می‌گیرد:

۱- گرما

۲- سرما

انسان در برابر انرژی حرارتی دارای مکانیسم‌های دفاعی است زیرا که یک موجود فیزیولوژیک است و اعمال حیاتی وی باید در یک شرایط دمایی مشخص و غیرقابل تغییر انجام گیرد. متوسط دمای عمقی بدن انسان ۳۷ درجه سانتی‌گراد است. حال هرگونه افزایش یا کاهش در دمای عمقی بدن مکانیسم‌های دفاعی را فعال می‌کند. با افزایش یا کاهش ۲ درجه سانتی‌گراد، مکانیسم‌های دفاعی بدن در حداکثر قابلیت دفاعی قرار می‌گیرند. بدین مفهوم که بدن انسان می‌تواند با چنین افزایشی مقابله کرده و آن را

مجدداً به ۳۷ بازگرداند. در صورتی که شرایط، تغییرات وسیع‌تری را ایجاد نماید عوارض گرمایی یا سرمایی بروز می‌کند.

از آنجا که استرس گرمایی و سرمایی باعث بیماری‌ها و اختلالات خفیف، متوسط تا شوک‌های گرمایی در کارگران می‌شود و در بعضی موارد از کار افتادگی کارگر و غیبت از کار را سبب می‌گردند و همچنین باعث اشتباه در عملکرد از لحاظ ایمنی شده و حوادث جبران ناپذیری را به وجود می‌آورند. لزوم تدوین دستورالعمل در زمینه نحوه ارزیابی و پیرو آن اتخاذ مناسب‌ترین شیوه کنترلی ضروری می‌باشد.

۱- جنبه‌های قانونی ارتباط با استرس‌های محیط کار

موضوع پایش‌های محیطی و زیستی در مورد عوامل بیماری‌زا و زیان‌آور محیط کار به‌طور کامل از سوی قوانین کار و تأمین اجتماعی در کشورمان مورد حمایت قرار می‌گیرد. در موارد ۸۵، ۹۲ و ۹۵ قانون کار و ۸ و ۹ قانون تأمین اجتماعی به صورت مستقیم و غیرمستقیم این حمایت‌ها دیده می‌شود. موضوع شرایط جوی و استرس‌های حرارتی نیز به عنوان یکی از عوامل زیان‌آور در زمره پوشش حمایتی این قوانین قرار می‌گیرد.

۲- مشکلات ناشی از شرایط جوی نامساعد

مشکلات ناشی از شرایط جوی نامساعد در محیط‌های کاری از دید بهداشت حرفه‌ای از دو جنبه قابل بحث و بررسی است:

الف) جنبه ایمنی:

در واقع هدف اول و اساسی ما در مطالعه شرایط جوی محیط کار، پی بردن به تأثیر استرس‌های جوی در افزایش ضریب خطا و حادثه‌آفرینی است. این استرس‌های جوی، ابتدا مقدمات تغییرات و تأثیرات فیزیولوژیکی را فراهم می‌کنند و این تغییرات به صورت تدریجی افزایش می‌یابد، بنابراین تغییرات ایجاد شده بلافاصله موجب به وجود آمدن بیماری‌ها و گرم‌زدگی و... نمی‌شوند، بلکه تغییرات ایجاد شده باعث خطای انسانی می‌شوند

یعنی حتی کوچک‌ترین تغییرات در ساختار فیزیولوژیکی می‌تواند روی عملکرد انسانی تأثیر مستقیم داشته باشد. آقای دکتر W.D.Rowe در کتاب آناتومی ریسک، در مبحث تأثیر عوامل محیطی روی عملکرد انسانی و ایجاد حادثه، شرایط جوی محیط کار را به عنوان یک عامل اصلی در جداول مربوطه آورده است.

ب) جنبه بهداشتی:

بر اساس تغییرات بسیار زیاد دما و یا افزایش بیش از حد زمان مواجهه با شرایط جوی نامساعد، می‌توانیم یک سری مشکلات بهداشتی ناشی از شرایط نامساعد جوی را مشاهده کنیم.

عوارض ناشی از گرمایی از عوارض ناشی از افزایش درجه حرارت بر اساس وخامت به صورت زیر بیان می‌شوند:

- ۱- سوختگی پوست
- ۲- حوش‌های گرمایی
- ۳- ضعف گرمایی
- ۴- گرمازدگی
- ۵- گرمازدگی

عوارض ناشی از سرما: برخی از عوارض ناشی از کاهش درجه حرارت بر اساس وخامت، به صورت زیر بیان می‌شوند:

- ۱- کهیر
- ۲- سرخی
- ۳- سرمازدگی

۳- شرایط جوی محیط کار و شاخص‌های آن

تأثیر پارامترهای مختلف شرایط جوی بر روی عملکرد انسانی، بازده کاری و... به صورت مستقیم نیست، بلکه این پارامترها موجب به وجود آمدن اثرات و تغییرات فیزیولوژیکی می‌شوند و این تغییرات است که موجب تغییر عملکرد انسانی، بازده کاری و... می‌شود به همین دلیل است که از این پارامترها به عنوان عوامل «استرس‌زا» نام می‌بریم.

تأثیر عوامل استرس‌زای جوی، روی تعادل فیزیولوژیکی بدن را به وسیله معیارهایی تحت عنوان شاخص‌های استرس‌زایی، بررسی می‌کنیم. با توجه به اینکه یکی از کمیت‌های مهم

و اساسی شرایط جوی دما است، بر اساس تغییرات دما در محیط‌ها دو نوع شاخص خواهیم داشت، یکی «شاخص استرس گرمایی» است و دیگری «شاخص استرس سرمایی». جهت تعیین میزان استرس‌های گرمایی شاخص‌های مختلفی وجود دارد که از مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به شاخص‌های PPD, PMV, P4SR, B4SR, HSI, CET, ET WBGT اشاره کرد که در ادامه توضیح مختصری در مورد این شاخص‌ها ارائه شده است.

۴- تعاریف علمی:

الف) دمای هوا (Dry Bulb Temperature): دما کمیتی است که میزان سردی یا گرمی را بیان می‌کنند. دمای هوا تحت عنوان دمای خشک نیز نامیده می‌شود و معمولاً با واحدهای سانتی‌گراد ($^{\circ}\text{C}$) یا درجه فارنهایت ($^{\circ}\text{F}$) بیان می‌شود و دمای خشک به‌وسیله دماسنج معمولی اندازه‌گیری می‌شود.

ب) دمای تر (Wet Bulb Temperature): دمای تر، پایین‌ترین درجه حرارتی است که بتوان هوا را «در فشار ثابت» با تبخیر آب خشک نمود. دمای تر با واحدهای درجه سانتی‌گراد یا درجه فارنهایت بیان می‌شود و به‌وسیله دماسنج خشکی که دور مخزن آن فتیله تر پیچیده شده است، اندازه‌گیری می‌شود.

پ) دمای تابشی (Globe Bulb Temperature): دمای تابشی از بعضی سطوح داغ اجسام منتشر می‌شود و بیشتر در ناحیه مادون قرمز است معادل با واحدهای ($^{\circ}\text{C}$) و یا ($^{\circ}\text{F}$) بیان می‌شود و به‌وسیله دماسنج گوی‌سان اندازه‌گیری می‌شود.

ت) رطوبت نسبی (Relative Humidity): رطوبت نسبی عبارت است از فشار بخار آب موجود در هوا به فشار بخار آب اشباع شده در همان درجه حرارت، بر حسب درصد بیان می‌شود و به‌وسیله رطوبت‌سنج چرخان و یا رطوبت‌سنج آسمن اندازه‌گیری می‌شود و قرائت غیرمستقیم نیز از طریق جداول یا نمودارهای سایکرومتری دارد. روش‌های اندازه‌گیری رطوبت نسبی به صورت زیر است:

۱- روش مستقیم: در این روش از وسایلی استفاده می‌گردد که به‌طور مستقیم قادر به اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوا می‌باشند. یکی از این وسایل هیدروگراف می‌باشد که

بر اساس اندازه‌گیری تغییر طول جنس موی خاصی از انسان در اثر رطوبت عمل می‌کند.

۲- روش غیرمستقیم: در این روش با اندازه‌گیری دو پارامتر دمایی دماسنج خشک چرخان و دماسنج تر چرخان، مقدار رطوبت نسبی به کمک روابط، جداول، خط‌کش و نمودار سایکرومتری تعیین می‌شود. در اندازه‌گیری دمایی تر و خشک چرخان لازم است که جریان هوای اجباری با سرعت حدود ۲/۵ متر بر ثانیه از سطح بخش حساس دماسنج‌ها عبور داده شود. رطوبت‌سنج‌هایی که بر این اساس عمل می‌کنند به درصوبت کلی، رطوبت‌سنج چرخان و رطوبت‌سنج آسمن ساخته و ارائه شده‌اند.

ث) فشار هوا (Air Pressure): فشار جوی یا بارومتری عبارت است از فشاری که جو زمین به علت نیروی وزنش بر روی سطح زمین و سایر سطوحی که در آن غوطه‌ور است، وارد می‌کند. معمولاً با دستگاه‌های قرائت مستقیم اندازه‌گیری می‌شود و واحدهای مختلفی دارد ولی معمولاً با واحد، «میلیمتر جیوه» بیان می‌شود.

ج) سرعت جریان هوا (Air Velocity): به‌طور کلی، جریان هوا در نتیجه اختلاف دمایی نقاط مختلف، که به اختلاف چگالی آن نقطه منجر می‌شود، ایجاد می‌گردد.

۵- راه‌های تبادل حرارت بدن با محیط

راه‌های تبادل حرارت بین بدن و محیط متفاوت بوده و به شرح زیر می‌باشد:

۵-۱- جابجایی (Convection): جابجایی یکی از فرآیندهای انتقال حرماست. میزان

گرمای مبادله شده از طریق جابجایی بین بدن انسان و هوای مجاور برابر است با:

$$C = 7 V^{0.6} (t_a - t_s)$$

C = مقدار گرمای جابجا شده (Kcal/h).

V = سرعت جریان هوا (m/s)

t_a = دمای هوا بر حسب (°C).