نکاتی در مورد روش اندازه گیری امواج مایکروبو و رادیوفرکانسی

۱) اولین اقدام در فرایند اندازه‌گیری امواج، جمع آوری اطلاعات لازم در محیط کار و نحوه مواجهه افراد است. بدین منظور می بایست مشخصات فنی منابع و همچنین مشخصات امواج انتشار یافته از منابع به ویژه از لحاظ فرکانسی، ساعات مواجهه افراد، تعداد افراد در معرض و محل های تردد و ایستگاه‌های کاری مشخص گردیده و در داخل برگه‌های مخصوص ثبت گردد.

۲) جهت تعیین میزان مواجهه می‌توان شدت مؤثر میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در حالتی که ارتباط بین شدت‌های میدان الکتریکی و مغناطیسی مشخص است مثل محدوده میدان دور، دانسیته توان تابشی نیز می‌تواند بر اساس داشتن مقادیر میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی به صورت خودکار توسط دستگاه و یا به صورت دستی محاسبه شود.

۳) دستگاههای اندازه‌گیری معمولاً شامل آنتن دریافت‌کننده، آشکارساز، یک تقویت‌کننده و نمایشگر می‌باشد. آنتن و آشکار ساز به صورت کلی پروب یا جستجوگر نامیده می‌شود. آشکار ساز دستگاه معمولاً یک ترموکوپل یا جریان دیودی است. پروب دستگاه معمولاً بر اساس مدل آن به صورت جداگانه می‌تواند اختصاصاً جهت اندازه‌گیری میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی بکار رود. پهنای فرکانسی که در آن پروب ها قابلیت اندازه‌گیری دارند، نیز با توجه به مشخصات منبع انتشار امواج دارای اهمیت زیادی است.

۴) اغلب پروبهای دستگاههای اندازه‌گیری به صورت تمام جهت هستند تا پاسخی صحیح که نحوه و جهت نگهداری پروب دستگاه اندازه‌گیری تأثیری در آن نداشته باشد، ایجاد نمایند. در صورتی که از آنتن تمام جهت استفاده نشود آنتن را جهت دار (directional) گویند. بنابراین می بایست در زمان اندازه‌گیری، جهت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را تعیین و سپس متناسب با جهت میدان-های منبع، جهت نگهداری آنتن تعیین گردد.

۵) اندازه‌گیری میدان‌های رادیوفرکانسی معمولاً می‌بایست در ایستگاه کاری و محل کارگر انجام گیرد. توصیه می‌شود میانگین فضایی شدت امواج در اطراف سطح بدن کارگر تعیین گردد. بنابراین لازم است پروب دستگاه اندازه‌گیری در سطح زمین نگاه داشته شود و با فواصل عمودی ۲۵ سانتی متری در راستای بدن بالا آورده شود و در هر فاصله نتایج قرائت گردند.

حدود مجاز مواجهه با پرتو فرا بنفش (UV)

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با پرتو فرابنفش (UV) در ناحیه طیفی بین ۱۸۰ و ۴۰۰ نانومتر نشان دهنده شرایطی است که تحت آن شرایط شاغلین ممکن است به طور مکرر پرتوگیری نمایند بدون آنکه اثرات

زیان‌آوری نظیر اریتما (سرخی پوست) و Photokeratitis[1] بر سلامتی آنان عارض شود. این مقادیر برای پرتوگیری چشم یا پوست از منابع تابشی ملتهب، فلورسنت، تخلیه بخار و گاز، قوس‌های جوشکاری و تابش خورشیدی کاربرد دارد، ولی برای لیزرهای تابش‌کننده فرا بنفش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (به حد مجاز شغلی برای لیزرها مراجعه شود). مقادیر تعیین شده برای افراد حساس به نور که پرتوگیری فرا بنفش دارند و یا افرادی که همراه با پرتوگیری در مواجهه با عوامل حساس‌کننده به نور قرار گرفته‌اند کاربرد ندارد (به تذکر شماره ۳ توجه شود). مقادیر پرتوگیری تعیین شده برای چشمان افراد بدون عدسی[2] استفاده نمی‌شود (به حدود مجاز مواجهه شغلی روشنایی و پرتوهای فرو سرخ نزدیک مراجعه شود).

مقادیر مذکور به عنوان راهنمایی جهت کنترل پرتوگیری از منابع تابشی پیوسته که طول زمان پرتوگیری بیش از ۰/۱ ثانیه است مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر تعیین شده به منزله راهنما جهت کنترل پرتوگیری از منابع تابش فرا بنفش باید به کار رود ولی نباید به عنوان مرز مشخصی بین ایمنی و خطر تلقی گردد.

مقادیر توصیه شده

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای پرتوگیری شغلی از تابش فرا بنفش که برچشم یا پوست می‌تابد در حالیکه مقادیر چگالی شارتابشی (تابندگی)[3] معلوم بوده و زمان پرتوگیری نیز کنترل شده است به ترتیب زیر می‌باشد:

بخش اول – منبع با پهنای فرکانسی فرا بنفش (۱۸۰ الی۴۰۰ نانومتر) –خطرآسیب قرنیه چشم

الف: در شرایط اندازه‌گیری چگالی شار تابشی طیفی

اولین مرحله در ارزیابی منابع اشعه فرا بنفش تعیین تابیدگی مؤثر آنها است. برای تعیین چگالی شار تابشی مؤثر با درنظر گرفتن منحنی اثربخشی طیفی (۲۷۰ نانومتر) از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$E_{eff} = \sum E_\lambda S_{(\lambda)} \Delta_\lambda$$

۱- التهاب قرنیه چشم در مواجهه با پرتو فرابنفش

2 - Aphakics

3 - Irradiance

در این رابطه، E_{eff} چگالی شار تابشی مؤثر مربوط به منبع تک رنگی با طول موج ۲۷۰ nm برحسب W/cm^2 ، E_λ چگالی شار تابشی طیفی با طول موج λ بر حسب $W/(cm^2.nm)$ ، $S_{(\lambda)}$ اثربخشی طیفی نسبی (بدون واحد) و $\Delta\lambda$ پهنای باند بر حسب نانومتر است.

در عمل چگالی شار تابشی مؤثر می‌تواند به صورت مستقیم با استفاده از رادیومتر اشعه فرابنفش با لحاظ نمودن اثر بخشی طیفی اندازه‌گیری گردد. میزان مواجهه مجاز روزانه با اشعه فرابنفش بر مبنای تابیدگی مؤثر برابر با ۰/۰۰۳ j/cm^2 است که بر این اساس حداکثر زمان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر به دست می آید:

$$t_{\max} = 0.003 / E_{eff}$$

در رابطه فوق، t_{max} حداکثر زمان پرتوگیری مجاز برحسب ثانیه و E_{eff} تابیدگی مؤثر نسبت به یک منبع تک رنگ در طول موج nm ۲۷۰ برحسب W/cm^2 است.

جدول ۱۰ بیان‌کننده حد مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای فرابنفش بر مبنای طول موج و اثربخشی طیفی نسبی آنها می‌باشد. جدول۱۱مدت مجاز مواجهه با پرتوهای UV در ناحیه طیفی اکتینیک را بر حسب تابندگی مؤثر نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- حد مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای فرابنفش و اثربخشی طیفی نسبی

*طول موج (nm)	حد مجاز مواجهه شغلی $(j/m^2)\Lambda$	$(mj/cm^2)\Lambda$	اثربخشی طیفی نسبی $S(\lambda)$
۱۸۰	۲۵۰۰	۲۵۰	۰/۰۱۲
۱۹۰	۱۶۰۰	۱۶۰	۰/۰۱۹
۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۰/۰۳۰
۲۰۵	۵۹۰	۵۹	۰/۰۵۱
۲۱۰	۴۰۰	۴۰	۰/۰۷۵
۲۱۵	۳۲۰	۳۲	۰/۰۹۵
۲۲۰	۲۵۰	۲۵	۰/۱۲۰
۲۲۵	۲۰۰	۲۰	۰/۱۵۰
۲۳۰	۱۶۰	۱۶	۰/۱۹۰
۲۳۵	۱۳۰	۱۳	۰/۲۴۰
۲۴۰	۱۰۰	۱۰	۰/۳۰۰
۲۴۵	۸۳	۸/۳	۰/۳۶۰
۲۵۰	۷۰	۷/۰	۰/۴۳۰
**۲۵۴	۶۰	۶/۰	۰/۵۰۰
۲۵۵	۵۸	۵/۸	۰/۵۲۰
۲۶۰	۴۶	۴/۶	۰/۶۵۰
۲۶۵	۳۷	۳/۷	۰/۸۱۰
۲۷۰	۳۰	۳/۰	۱/۰۰۰
۲۷۵	۳۱	۳/۱	۰/۹۶۰
**۲۸۰	۳۴	۳/۴	۰/۸۸۰
۲۸۵	۳۹	۳/۹	۰/۷۷۰
۲۹۰	۴۷	۴/۷	۰/۶۴۰
۲۹۵	۵۶	۵/۶	۰/۵۴۰
**۲۹۷	۶۵	۶/۵	۰/۴۶۰
۳۰۰	۱۰۰	۱۰	۰/۳۰۰
**۳۰۳	۲۵۰	۲۵	۰/۱۲۰
۳۰۵	۵۰۰	۵۰	۰/۰۶۰
۳۰۸	۱۲۰۰	۱۲۰	۰/۰۲۶
۳۱۰	۲۰۰۰	۲۰۰	۰/۰۱۵

*طول موج (nm)	حد مجاز مواجهه شغلی $(j/m^2)\Delta$	حد مجاز مواجهه شغلی $(mj/cm^2)\Delta$	اثربخشی طیفی نسبی $S(\lambda)$
**۳۱۳	۵۰۰۰	۵۰۰	۰/۰۰۶
۳۱۵	$۱/۰ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۰ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۳
۳۱۶	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۳ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۲۴
۳۱۷	$۱/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۲۰
۳۱۸	$۱/۹ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۹ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۶
۳۱۹	$۲/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۲/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۲
۳۲۰	$۲/۹ \times ۱۰^{۴}$	$۲/۹ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۰
۳۲۲	$۴/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۴/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۶۷
۳۲۳	$۵/۶ \times ۱۰^{۴}$	$۵/۶ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۵۴
۳۲۵	$۶/۰ \times ۱۰^{۴}$	$۶/۰ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۵۰
۳۲۸	$۶/۸ \times ۱۰^{۴}$	$۶/۸ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۴۴
۳۳۰	$۷/۳ \times ۱۰^{۴}$	$۷/۳ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۴۱
۳۳۳	$۸/۱ \times ۱۰^{۴}$	$۸/۱ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۳۷
۳۳۵	$۸/۸ \times ۱۰^{۴}$	$۸/۸ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۳۴
۳۴۰	$۱/۱ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۱ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۸
۳۴۵	$۱/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۴
۳۵۰	$۱/۵ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۵ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۰
۳۵۵	$۱/۹ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۹ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۶
۳۶۰	$۲/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۲/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۳
**۳۶۵	$۲/۷ \times ۱۰^{۵}$	$۲/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۱
۳۷۰	$۳/۲ \times ۱۰^{۵}$	$۳/۲ \times ۱۰^{۶}$	۰/۰۰۰۰۹۳
۳۷۵	$۳/۹ \times ۱۰^{۵}$	$۳/۹ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۷۷
۳۸۰	$۴/۷ \times ۱۰^{۵}$	$۴/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۶۴
۳۸۵	$۵/۷ \times ۱۰^{۴}$	$۵/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۵۳
۳۹۰	$۶/۸ \times ۱۰^{۵}$	$۶/۸ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۴۴
۳۹۵	$۸/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۸/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۳۶
۴۰۰	$۱/۰ \times ۱۰^{۶}$	$۱/۰ \times ۱۰^{۵}$	۰/۰۰۰۰۳۰

* طول موجهای انتخابی، برای سایر طول موجها باید اینترپوله انجام شود.

** خطوط انتشار طیف بخار جیوه

$$1\ mJ/cm^2 = 10 J/m^2\ \Delta$$

جدول۱۱- مدت مجاز مواجهه با پرتوهای UV در ناحیه طیفی اکتینیک بر حسب تابندگی مؤثر

طول زمان پرتو گیری در روز	تابندگی مؤثر Eeff ($\mu W/cm^2$)
۸ ساعت	۰/۱
۴ ساعت	۲/۰
۲ ساعت	۰/۴
۱ ساعت	۰/۸
۳۰ دقیقه	۱/۷
۱۵ دقیقه	۳/۳
۱۰ دقیقه	۵
۵ دقیقه	۱۰
۱ دقیقه	۵۰
۳۰ ثانیه	۱۰۰
۱۰ ثانیه	۳۰۰
۱ ثانیه	۳۰۰۰
۰/۵ ثانیه	۶۰۰۰
۰/۱ ثانیه	۳۰۰۰۰

ب: در شرایط اندازه‌گیری چگالی شار تابشی در سه طیف اصلی

در صورت عدم وجود نتایج اندازه‌گیری چگالی شار تابشی طیفی با دراختیار داشتن نتایج چگالی شار تابشی در هر طیف A،B یا C نیز به طور جایگزین می‌توان از حدود زیر مندرج در جداول ۱۲ و ۱۳ استفاده نمود. این حدود از مقادیر ارائه شده در جداول ۱۰ و ۱۱ استخراج گردیده است.

جدول ۱۲ – حد مجاز مواجهه شغلی پرتوهای فرابنفش در طیف های مختلف

نوع پرتو	j/m^2	mj/cm^2
UVA	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰
UVB	۱۰	۱
UVC	۴	۰/۴

جدول ۱۳ – مدت مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای UV در طیف‌های مختلف

طول زمان پرتوگیری در روز	$UV_A(\mu W/cm^2)$	$UV_B(\mu W/cm^2)$	$UV_C(\mu W/cm^2)$
۸ ساعت	۱۰۴/۱۶۶۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۴
۴ ساعت	۲۰۸/۳۳۳۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲۸
۲ ساعت	۴۱۶/۶۶۶۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۵۶
۱ ساعت	۸۳۳/۳۳۳۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱
۳۰ دقیقه	۱۶۶۶/۶۶۷	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۲
۱۵ دقیقه	۳۳۳۳/۳۳۳	۰/۰۱	۰/۰۰۴
۱۰ دقیقه	۵۰۰۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶۷
۵ دقیقه	۱۰۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۱۳
۱ دقیقه	۵۰۰۰۰	۰/۱۶۷	۰/۰۶۷
۳۰ ثانیه	۱۰۰۰۰۰	۰/۳۳	۰/۰۱۳
۱۰ ثانیه	۳۰۰۰۰۰	۱	۰/۴
۱ ثانیه	۳۰۰۰۰۰۰	۱۰	۴
۰/۵ ثانیه	۶۰۰۰۰۰۰	۲۰	۸
۰/۱ ثانیه	۳۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰	۴۰

بخش دوم – منبع با پهنای فرکانسی فرا بنفش طیف A (۳۱۵ الی ۴۰۰ نانومتر)

خطر آسیب شبکیه و عدسی چشم

پرتوگیری چشم بدون حفاظ از پرتوهای فرا بنفش در این طیف نباید از مقادیر ذیل فراتر رود:

الف ـ دوز جذب شده $1\ j/cm^2$ برای مدت پرتوگیری کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه

ب ـ چگالی شار تابشی مؤثر $1\ mW/cm^2$ برای مدت پرتوگیری ۱۰۰۰ ثانیه و بیشتر از آن

بخش سوم – منبع با پهنای فرکانسی باریک

منابع با پهنای باند باریک معمولاً حاوی یک طول موج یا پهنای باریکی از طول موج ها هستند که حد مجاز آن از جداول فوق‌الذکر قابل تعیین است.

تذکرات

۱- احتمال بروز سرطان پوست بستگی به عوامل مختلفی از قبیل رنگدانه پوست، سابقه تاول‌های پوستی ناشی از آفتاب سوختگی و دوز تجمعی پرتو فرا بنفش دارد.

۲- کارگرانی که در محیط باز و در مناطقی با عرض جغرافیائی کمتر از ۴۰ ± درجه کار می‌نمایند، می‌توانند در ایام تابستانی در حوالی ظهر درحد ۵ دقیقه در مدت کوتاهی پرتوگیری بیش از مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی داشته باشند.

۳- مواجهه با پرتوهای فرا بنفش همزمان با مواجهه عمدی و غیرعمدی با مواد شیمیایی مختلف از جمله برخی از داروها ممکن است منجر به اریتم پوستی گردد. در صورتی که کارگر هنگامی که در معرض دوز UV به مقدار کمتر از حد مواجهه شغلی قرار می‌گیرد و واکنش پوستی نشان می‌دهد و این واکنش را قبلاًنشان نداده است، حساسیت بیش از حد وی باید مورد توجه قرار گیرد، در بین صدها عاملی که می‌تواند حساسیت شدید به پرتو UV ایجاد کند می‌توان برخی از گیاهان و مواد شیمیایی نظیر برخی آنتی‌بیوتیکها (مانند تتراسیکلین، سولفاتیازول) و برخی آرام بخش‌ها (مانند ایمی‌پرامین)، برخی از داروهای مدر، مواد آرایشی، داروهای بیماری‌های روانی، مشتقات قطران، برخی از رنگ‌ها و ذغال سنگ را نام برد.

۴- اُزن در اثر تابش فرا بنفش با طول موج کمتر از ۲۵۰ نانومتر در هوا تولید می‌شود. به مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی اُزن در قسمت مواد شیمیایی مراجعه کنید.

حدود مجاز مواجهه با پرتو فرو سرخ (IR)

با توجه به گستردگی پرتوگیری فرو سرخ شاغلین و احتمال صدمات چشمی، در این مبحث حدود مجاز مواجهه برای پیشگیری از صدمات به شرح زیر مورد توافق قرار گرفته است:

الف- حفاظت قرنیه و عدسی: برای اجتناب از صدمات قرنیه و اثرات احتمالی بر عدسی چشم (بیماری آب مروارید) پرتوگیری از اشعه فرو سرخ ($۷۷۰nm < \lambda < ۳\mu m$) در محیط‌های خیلی گرم در مدت زمان‌های طولانی (۱۰۰۰ ثانیه و بالاتر) باید به $۱۰\ mW/cm^2$ محدود شود و برای پرتوگیری‌های در مدت زمان کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sum_{770}^{3000} E_\lambda . \Delta\lambda \le 1.8 t^{-0.75}\ W/cm^2$$

برای پرتوگیری‌های در مدت زمان بیشتر از ۱۰۰۰ ثانیه میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sum_{770}^{3000} E_\lambda . \Delta\lambda \le 0.01 \text{ W/cm}^2$$

ب- حفاظت شبکیه: برای لامپ حرارتی فرو سرخ یا هر منبع فرو سرخ نزدیک (near IR) که خارج از طیف نور مرئی قرار دارد (با درخشندگی کمتر از 10^{-2} cd/m^2)، مقدار تابش IR-A یا فرو سرخ نزدیک ($770\text{nm} < \lambda < 1400\text{nm}$) که به چشم می‌رسد در محدوده رابطه زیر برای مدت زمان مواجهه کمتر از ۸۱۰ ثانیه قابل قبول است.

$$\sum_{770}^{1400} L_\lambda . R\lambda . \Delta\lambda \le \frac{3.2}{\alpha \times t^{0.25}}$$

این حد براساس قطر مردمک ۷ mm تعیین شده است (در صورتی که به دلیل فقدان نور کافی مردمک تا این اندازه باز نمی‌شود) و آشکار ساز زاویه میدان دید ۱۱ mrad داشته باشد. برای مدت زمان مواجهه بیشتر از ۸۱۰ ثانیه رابطه زیر برقرار است.

$$\sum_{770}^{1400} L_\lambda . R\lambda . \Delta\lambda \le \frac{6}{\alpha}$$

برای منبع دایره ای شکل مثل لامپ های روشنایی α برحسب رادیان، قطرلامپ تقسیم بر فاصله تا چشم دریافت‌کننده است. برای منابع مستطیل شکل α ،میانگین بزرگترین وکوچکترین بعد منبع تقسیم بر فاصله تا چشم دریافت کننده است.

$$\alpha(rad) \le \frac{l + w}{2r}$$

حد مجاز مواجهه شغلی لیزر[1]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی در برابر پرتو لیزر به شرایطی اشاره دارد که چنانچه کلیه مشاغلین به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند، آثار نامطلوب مشهودی بر سلامت آنان ایجاد نگردد. مقادیر مزبور به عنوان راهنما برای کنترل مواجهه افراد با پرتوهای مذکور بکار می‌روند و نباید به عنوان مرز قطعی بین حد ایمن و حد خطر تلقی گردند. حدود مواجهه شغلی براساس کاملترین اطلاعات بدست آمده از مطالعات تجربی تعیین گردیده است. در عمل خطرات چشمی و پوستی ناشی از لیزر را می‌توان با بکارگیری تمهیدات کنترلی، متناسب با نوع لیزر مهار نمود.

1 - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

گروه بندی لیزرها

شرکت سازنده‌غالباً به منبع مولد لیزر برچسبی الصاق می‌نماید که طبقه خطر آنها را مشخص می‌کند. معمولاً لازم نیست تابندگی لیزر یا مواجهه تابشی آن برای مقایسه با حدود مواجهه شغلی برآورد گردد. پتانسیل مواجهه‌های خطرناک را می‌توان با بکارگیری تمهیدات کنترلی متناسب با طبقه خطر لیزر به حداقل رسانید.

تمهیدات کنترلی بر تمام طبقات لیزرها بجز طبقهٔ "یک" قابل اعمال است. این تمهیدات و سایر اطلاعات ایمنی لیزر را می‌توان در نشریه ACGIH تحت عنوان A Guide For Control of Laser Hazards و نشریات سری ANSI- Z-136(2007) که توسط انستیتوی لیزر آمریکا منتشر شده است یافت.

روزنه محدود[1]

در این بخش برای مقایسه با حدود مجاز مواجهه شغلی، میانگین تابندگی دسته پرتوهای لیزر یا زمان پرتودهی تمام روزنه محدود در ناحیه طیفی و زمان مواجهه مناسب برآورد می‌شود. اگر قطر دسته پرتوهای لیزر کمتر از قطر روزنه محدود کننده باشد، تابندگی مؤثر دسته پرتوهای لیزر یا پرتودهی آن را می‌توان از طریق تقسیم توان دسته پرتوهای لیزر یا انرژی آن بر سطح روزنه محدود کننده به دست آورد. فهرست روزنه‌های محدود کننده در جدول ۱۴ آمده است.

اندازه منبع و ضریب تصحیح C_E

موارد زیر در طول موج‌های ناحیه خطر شبکیه یعنی ۴۰۰ الی ۱۴۰۰ نانومتر (nm) اعمال می‌شود. معمولاً لیزر منبع کوچکی در حد یک منبع نقطه‌ای است و شامل یک زاویه کمتر از α_{min} که برابر با ۱ میلی رادیان است، می‌باشد. با این وجود هر منبعی که زاویه α آن از α_{min}، که از چشم ناظر اندازه‌گیری می‌شود بزرگتر باشد، بعنوان یک منبع متوسط $(\alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_{max})$ و یا منبع بزرگ $(\alpha > \alpha_{max})$ منظور می‌شود. برای مدت زمان پرتوگیری t، زاویه α_{max} به صورت زیر تعریف می‌شود:

مدت مواجهه	زاویه α max
برای $t \leq$ ۰/۶۲۵ ms	$a_{max} =$ ۵ mrad
برای ۰/۶۲۵ ms$< t <$ ۰/۲۵s	$a_{max} =$ ۲۰۰ $\times t^{0.5}$ mrad
برای $t \geq$ ۰/۲۵s	$a_{max} =$ ۱۰۰ mrad
	$a_{min} =$ ۱/۵ mrad

1 - Limiting Apertares

چنانچه منبع مستطیل شکل است، α میانگین حسابی بلندترین طول و کوتاهترین بعد قابل مشاهده می‌باشد. برای منابع متوسط و بزرگ، حد مجاز مواجهه شغلی در جدول ۲ با ضریب تصحیح C_E که در قسمت "نکات" جدول ۲ آمده است، تعدیل می گردد.

جدول ۱۴- حدود شکافها برای تعیین حد مجاز مواجهه شغلی لیزر

گستره طیفی (نانومتر)	مدت مواجهه (ثانیه)	چشم (میلی متر)	پوست (میلی متر)
۱۸۰-۴۰۰	1×10^{-9}-۰/۲۵	۱	۳/۵
۱۸۰-۴۰۰	۰/۲۵-30×10^{3}	۳/۵	۳/۵
۴۰۰-۱۴۰۰	1×10^{-13}-۰/۲۵	۷	۳/۵
۴۰۰-۱۴۰۰	۰/۲۵-30×10^{3}	۷	۳/۵
۱۴۰۰-1×10^{5}	1×10^{-14}-۰/۲۵	۱	۳/۵
۱۴۰۰-1×10^{5}	۰/۲۵ -30×10^{3}	۳/۵	۳/۵
1×10^{5}-1×10^{6}	1×10^{-14} -30×10^{3}	۱۱	۱۱

ضرایب تصحیح C,B,A (C_C , C_B ,C_A)

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای پرتوگیری چشم که در جدول ۱۵ ارائه شده است در تمام طول موجها کاربرد دارد. حد مجاز مواجهه شغلی با طول موجهای بین ۷۰۰nm و ۱۰۴۹ nm با ضریب C_A افزایش می‌یابد (به دلیل کاهش جذب توسط ملانین که در نمودار شکل ۹ نشان داده شده است). در برخی موارد که فرد در معرض طول موجهای بین ۴۰۰ و ۶۰۰ نانومتر قرار می‌گیرد (به دلیل کاهش حساسیت فتوشیمیایی در صدمات وارد به شبکیه چشم) ضریب تصحیح C_B باید بکار برده شود. ضریب تصحیح C_C در طول موجهای ۱۱۵۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر بکار می‌رود که به دلیل جذب در عبور از محیط چشم قبل از رسیدن به شبکیه است. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی مندرج در جدول ۱۶ در ارتباط با پرتوگیری پوست از پرتوهای لیزر می‌باشد. مقادیر مزبور را می‌توان به نسبت ضریب C_A که در شکل ۹ نشان داده شده است برای طول موجهای بین ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر افزایش داد. برای سهولت در امر محاسبه زمان مواجهه مجاز که نیاز به محاسبه با توان‌های جزئی دارد نمودار شکلهای ۱۰تا ۱۴ را می‌توان بکار برد.

پرتوگیری پالسی مکرر[1](RPE)

لیزرهای اسکن با موج پیوسته[2] (CW) و یا لیزرهای پالسی مکرر می‌توانند سبب پرتوگیری پالسی مکرر شوند. حد مجاز مواجهه شغلی برای نگاه‌کردن مستقیم به پرتو در طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر و همچنین در پرتوگیری تک پالسی (پالسی با مدت زمان t) ارائه شده است و با استفاده از ضریب تصحیح که براساس تعداد پالس در هر پرتوگیری مشخص می‌گردد، تعدیل می‌شود. ابتدا تعداد پالسها (n) در یک پرتوگیری بر حسب Hz محاسبه می‌گردد. سپس این مقدار که فرکانس تکرار پالس نامیده می‌شود، در مدت زمان پرتوگیری ضریب می‌نماییم. معمولاً پرتوگیری در محدوده‌ای از ۰/۲۵ ثانیه برای منبع مرئی درخشان تا ۱۰ ثانیه برای منبع مادون قرمز اتفاق می‌افتد. حد مواجهه شغلی تصحیح شده برای هر پالس از رابطه زیر به دست می‌آید:

(حد مجاز مواجهه شغلی تک پالس) $(n^{-0.25})$ = حد مجاز مواجهه شغلی معادله (۱)

معادله فوق فقط در شرایط ایجاد صدمات حرارتی یعنی کلیه پرتوگیری‌های با طول موج بیش از ۷۰۰ نانومتر و برخی از پرتوگیری‌ها با طول موج‌های کوتاهتر کاربرد دارد. برای طول موج‌های مساوی یا کمتر از ۷۰۰ نانومتر حد مجاز تصحیح شده از معادله ۱ در صورتی استفاده می‌شود که متوسط تابندگی کمتر از حد مواجهه شغلی برای پرتوگیری مداوم باشد. در صورتی که مدت پرتوگیری بین ۱۰ ثانیه تا T_1[3] ثانیه باشد، متوسط تابندگی (یعنی پرتوگیری تجمعی کامل برای nt[4] بر حسب ثانیه) نباید از دوز مندرج در جدول ۱۵ تجاوز نمایند. توصیه می‌شود برای اطلاعات بیشتر به منبع زیر مراجعه نمایند:

A Guide For Control of Laser Hazards, 4th Edition, 1990, Published by ACGIH.

1 - Repetitively Pulsed Exposures

2- Continuous Wave

۳- برای مقادیر T_1 به نکات قابل توجه به هنگام استفاده از جدول ۲ مراجعه نمائید.

۴- nt = زمان هر پالس × تعداد پالس

جدول ۱۵: حد مجاز مواجهه شغلی پرتوگیری مستقیم عدسی چشم

(نگاه مستقیم به پرتو) حاصل از پرتو لیزر

ناحیه طیفی	طول موج (nm)	زمان پرتوگیری (t) بر حسب ثانیه	حد مجاز مواجهه شغلی
UVC	۱۸۰–۲۸۰ *	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۳ mj/cm^2
UVB	۲۸۰–۳۰۲	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۳ mj/cm^2
	۳۰۳	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۴ mj/cm^2
	۳۰۴	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۶ mj/cm^2
	۳۰۵	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۰ mj/cm^2
	۳۰۶	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۶ mj/cm^2
	۳۰۷	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۲۵ mj/cm^2
	۳۰۸	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۴۰ mj/cm^2
	۳۰۹	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۶۳ mj/cm^2
	۳۱۰	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۰۰ mj/cm^2
	۳۱۱	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۶۰ mj/cm^2
	۳۱۲	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۲۵۰ mj/cm^2
	۳۱۳	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۴۰۰ mj/cm^2
	۳۱۴	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۶۳۰ mj/cm^2
	۳۱۵ –۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا ۱۰	۰/۵۶ t$^{۰/۲۵}$ j/cm^2
UVA	" _ "	۱۰ تا $۱۰^{۳}$	۱/۰ j/cm^2
	" _ "	$۱۰^{۳}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱/۰ mw/cm^2

این محدوده نباید از ۰/۵۶ t $^{۰/۲۵}$ j/cm^2 در $t \leq ۱۰$ s تجاوز نماید

* اُزن O3 توسط منابع انتشار پرتو فرا بنفش (UV) در طول موج‌های کمتر از 250 nm در هوا تولید می گردد، به بخش حدود مجاز شغلی عوامل شیمیایی – اُزن مراجعه شود.

جدول ۱۶: حد مجاز مواجهه شغلی پرتوگیری مستقیم عدسی چشم
(نگاه مستقیم به درون پرتو) حاصل از پرتو لیزر

ناحیه طیفی	طول موج (nm)	زمان پرتوگیری (t) بر حسب ثانیه	حد مجاز مواجهه شغلی
Light	۴۰۰–۷۰۰	$۱۰^{-۱۱}$ تا $۱۰^{-۱۵}$	۱۵×۱۰^{-۹} j/cm^2
	۴۰۰–۷۰۰	$۱۰^{-۹}$تا $۱۰^{-۱۱}$	۲/۷ $t^{۰/۷۵}$ j/cm^2
	۴۰۰–۷۰۰	$۱۰^{-۶}$ تا ۱۸×۱۰^{-۹}	۰/۵ µj/cm^2
	۴۰۰–۷۰۰	۱۸×۱۰^{-۶} تا ۱۰	۱/۸ $t^{۰/۷۵}$ mj/cm^2
	۴۰۰–۴۵۰	۱۰ تا ۱۰۰	۱۰ mj/cm^2
	۴۵۰–۵۰۰	۱۰ تا T_1	۱mw/cm^2
	۴۵۰–۵۰۰	T_1 تا ۱۰۰	۱۰ C_B mj /cm^2
	۴۵۰–۵۰۰	۱۰۰ تا ۳۰۰۰۰	۰/۱ C_B mw /cm^2
	۵۰۰–۷۰۰	۱۰۰ تا ۳۰۰۰۰	۱mw/cm^2
IR-A	۷۰۰–۱۰۵۰	$۱۰^{-۱۱}$ تا $۱۰^{-۱۳}$	۱۵ $C_A\times۱۰^{-۴}$j/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{-۱۱}$	۲/۷ $C_A t^{۰/۷۵}$ j/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	$۱۰^{-۶}$ تا ۱۸×۱۰^{-۹}	۰/۵ C_A µj/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	۱۰ تا ۱۸×۱۰^{-۶}	۱/۸ $C_A t^{۰/۷۵}$ m j/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	۱۰ تا ۳۰۰۰۰	C_A mw/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۱۱}$ تا $۱۰^{-۱۳}$	۱/۸ Cc $\times10^{-1}$)µj/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{-۱۱}$	۲۷$C_C\times t^{۰/۷۵}$ j/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۶}$ تا ۵۰×۱۰^{-۹}	۵C_e µj/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	۵۰۰×۱۰^{-۶}تا ۱۰	۹ $C_C\times t^{۰/۷۵}$mj/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	۱۰ تا ۳۰۰۰۰	۵C_e mw/cm^2
IR-B & C	۱۴۰۱–۱۵۰۰	$۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{-۱۴}$	۰/۱j/cm^2
	۱۴۰۱–۱۵۰۰	$۱۰^{-۳}$تا ۱۰	۰/۵۶ $t^{۰/۲۵}$j/cm^2
	۱۵۰۱–۱۸۰۰	$۱۰^{-۱۴}$تا ۱۰	۱/۰ j/cm^2
	۱۸۰۱–۲۶۰۰	$۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{-۱۴}$	۰/۱j/cm^2
	۱۸۰۱–۲۶۰۰	$۱۰^{-۳}$تا ۱۰	۰/۵۶ $t^{۰/۲۵}$ j/cm^2
	۲۶۰۱–$۱۰^۶$	$۱۰^{-۷}$ تا $۱۰^{-۱۴}$	۱۰mj/cm^2
	۲۶۰۱–$۱۰^۶$	$۱۰^{-۷}$تا ۱۰	۰/۵۶ $t^{۰/۲۵}$ j/cm^2
	۱۴۰۰–$۱۰^۶$	۱۰تا ۳×۱۰^۴	۱۰۰mw/cm^2

نکات قابل توجه به هنگام استفاده از جدول ۱۶:

C_A = نمودار ۲؛ ۱=C_B به ازاء λ = ۴۰۰ – ۵۴۹ nm

$C_B = 10^{[\cdot/\cdot 15(\lambda - 550)]}$ به ازاء λ = ۵۵۰ – ۷۰۰ nm ؛ C_c = ۱ از ۷۰۰ تا ۱۱۵۰ نانومتر

$C_c = 10^{[\cdot/181(\lambda - 1150)]}$ درطول موج‌های بزرگتر از ۱۱۵۰ نانومتر و کمتر از ۱۲۰۰ نانومتر

C_c = ۸ از ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر؛ T_1 = ۱۰s به ازاء λ=۴۰۰–۴۵۰ nm

$T_1 = 10 \times 10^{[\cdot/\cdot 2 (\lambda - 550)]}$ به ازای λ= ۴۵۰ – ۵۰۰nm

T_1 = ۱۰s به ازاء λ=۵۰۰–۷۰۰ nm

برای چشمه‌های متوسط یا بزرگ (مثلاً شبکه‌های دیود لیزر) در طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر حد مجاز شغلی پرتوگیری برای نگاه کردن مستقیم به پرتو را می‌توان با ضریب تصحیح (C_E) طبق رابطه ذیل افزایش داد، مشروط بر آنکه زاویه چشم بیننده و منبع تابش پرتو (اندازه‌گیری شده از فاصله چشم بیننده) بزرگتر از α_{min} باشد. مقدار (C_E) مطابق با جدول زیر با α متناسب است:

زاویه ۱۰۰ میلی رادیان را می‌توان α_{max} در نظر گرفته در نقطه‌ای که حد مجاز شغلی به عنوان رادیانس

زاویه چشم بیننده و منبع تابش پرتو	اندازه چشمه قابل تشخیص	ضریب تصحیح(C_E)
$\alpha \le \alpha_{min}$	کوچک	$C_E = 1$
$\alpha_{min} < \alpha \le \alpha_{max}$	متوسط	$C_E = \alpha / \alpha_{min}$
$\alpha > \alpha_{max}$	بزرگ	$C_E = 3.33, \quad t \ge 0.625$ $C_E = 3.33\, t^{0.5}, \quad 0.625 < t < 0.25s$ $C_E = 66.7, \quad t > 0.25s$

ثابت بیان شده باشد و معادله فوق بر حسب رادیانس L به صورت ذیل تبدیل گردد:

به ازاء t < ۰/۶۲۵ ms L_{AOE} برحسب $j(cm^2 \times Sr)$ = (۳/۸۱ × ۱۰ ^{5})× (AOE $_{pt}$منبع)

به ازاء ۰/۶۲۵ s < t < ۰/۲۵s L_{AOE} برحسب $j(cm^2 \times Sr) = (7/6 \times t^{-/5})$

به ازاء t >۱۰s L_{AOE} برحسب $W(cm^2 \times Sr)$ = ۴/۸

شکاف وسیله سنجش باید در فاصله ۱۰۰mm یا بیش از آن از منبع پرتو قرار گیرد. برای سطوح تابندگی بزرگ، میزان حد مجاز شغلی برای مواجهه پوست در زیر نویس جدول ۱۷ آمده است.

جدول ۱۷– مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی پرتوگیری پوستی اشعه لیزر

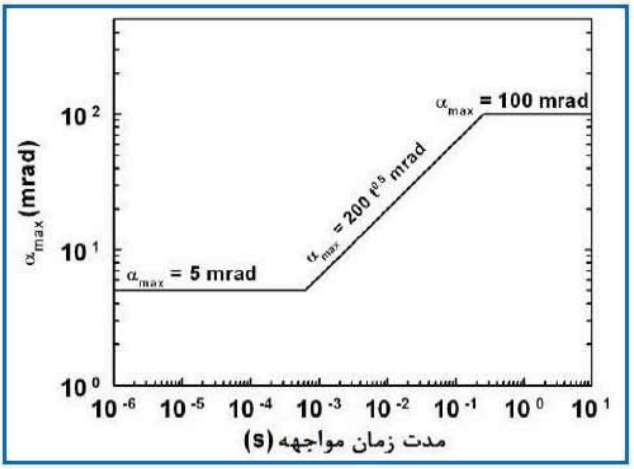
ناحیه طیفی	طول موج (nm)	مدت پرتوگیری (t) بر حسب ثانیه	حد مجاز مواجهه شغلی
UVA*	۱۸۰–۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{۴}$	مطابق جدول ۱۵
LIGHT&IR-A	۴۰۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{-۷}$	$۲\ C_A \times ۱۰^{-۲}\ j/cm^2$
	۴۰۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۷}$ تا ۱۰	$۱/۱\ C_A\ (t^{۰/۲۵})\ j/cm^2$
	۴۰۰–۱۴۰۰	۱۰ تا ۳×۱۰^{۴}	$۰/۲\ C_A\ W/cm^2$
IR – B & C**	$۱۰^{۶}$–۱۴۰۱	$۱۰^{۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	مطابق جدول ۱۶

* اُزن (O_3) توسط منابع پرتو فرابنفش (UV) در طول موجهای کمتر از ۲۵۰mm در هوا تولید می گردد. به بخش حدود مجاز شغلی عوامل شیمیایی اُزن مراجعه شود.

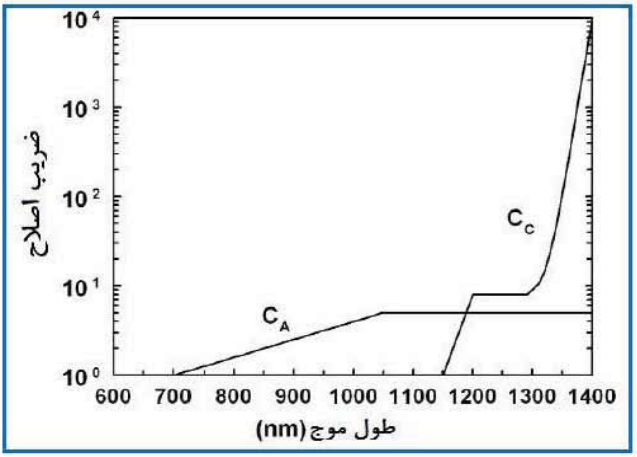
$C_8 = ۱/۰$ به ازاء $\lambda = ۴۰۰–۷۰۰nm$، برای $\lambda = ۷۰۰ – ۱۴۰۰\ nm$ به نمودار ۱ مراجعه شود.

** در طول موجهای بیش از ۱۴۰۰ nm، برای سطح مقطع پرتو به میزان بیش از ۱۰۰ سانتی متر مربع و مدت پرتوگیری بیش از ۱۰ ثانیه است، حد مواجهه شغلی از رابطه $OEL = (10000/A_3)\ mw/cm^2$ به دست می‌آید که A_3 مساحت پوست پرتو گرفته از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سانتی متر مربع و OEL درصورتیکه مساحت پوست پرتو گرفته بیش از $۱۰۰۰\ cm^2$ باشد $۱۰\ mw/cm^2$ و در صورتی که مساحت پوست پرتو گرفته کمتر از ۱۰۰ باشد حد مجاز شغلی $۱۰۰\ mw/cm^2$ می‌باشد.

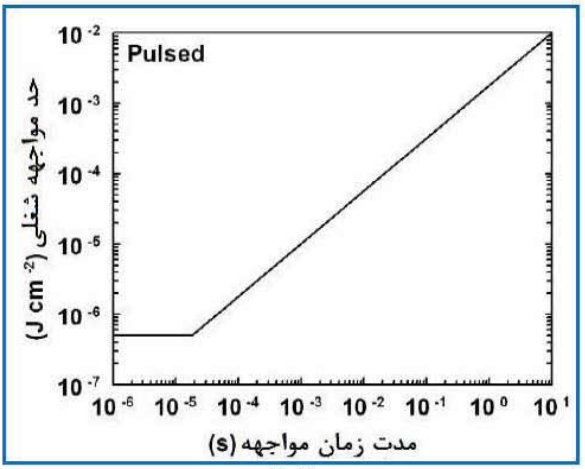
شکل ۹– تغییرات α_{max} بر مبنای مدت زمان مواجهه



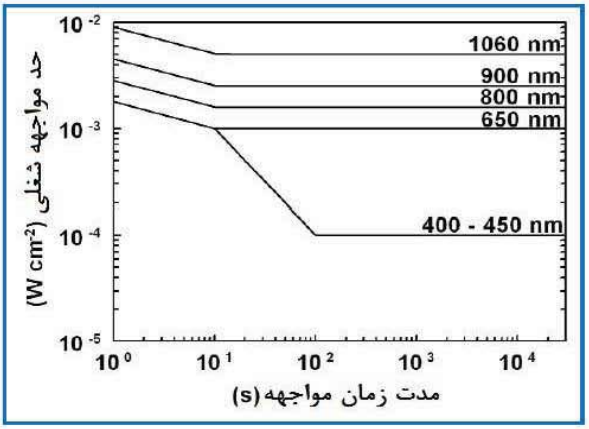
شکل ۱۰– ضریب تصحیح OEL در محدوده طول موج ۴۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر



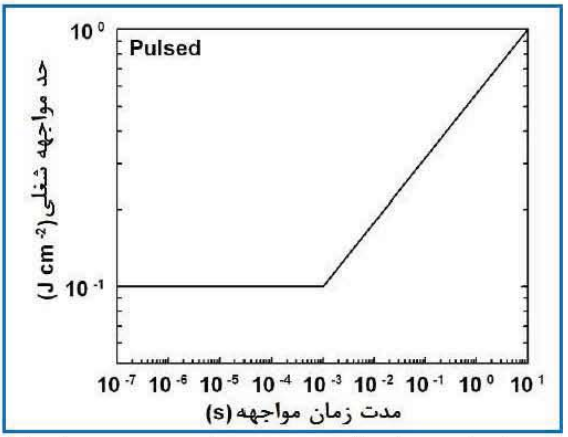
شکل ۱۱- حد مجاز مواجهه شغلی برای نگاه گردن به طور مستقیم داخل لیزر در محدوده ۴۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر



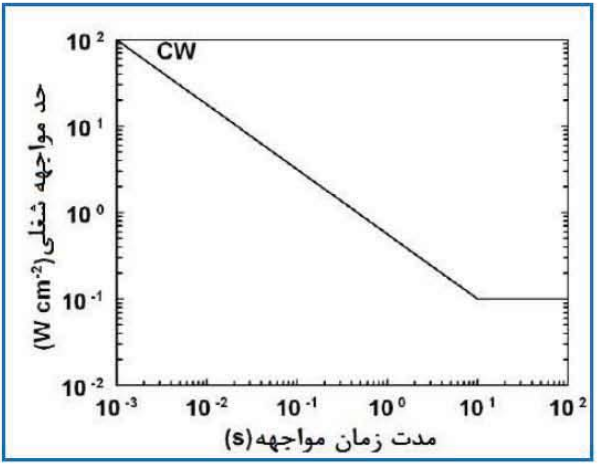
شکل ۱۲ – حد مجاز مواجهه شغلی برای نگاه گردن به طور مستقیم داخل لیزر نوع پیوسته در محدوده ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر



شکل ۱۳- حد مجاز مواجهه شغلی با لیزر برای پوست وچشم برای طول موج های بزرگتر از ۱/۴ میکرومتر



شکل۱۴- حد مجاز مواجهه شغلی با لیزر نوع پیوسته برای پوست وچشم برای طول موج های بزرگتر از ۱/۴ میکرومتر



روشنایی

کمیته تعیین مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی پس از مطالعه و بررسی مدارک موجود و نظر به سوابق جداول تفصیلی نسخه‌های قبلی کتابچه حد مجاز مواجهه شغلی با لحاظ اینکه تأمین روشنایی کافی و مطلوب از نقطه نظر ارگونومیک و ایمنی نیز حائز اهمیت بوده و می‌تواند از اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با روشنایی نیز پیشگیری نماید، به جای جداول قبلی از جداول فشرده جدید با تدوین و ارائه حدود توصیه شده (الزامی و هم ارزش با OEL) در جداول ۱۸ و ۱۹ ارقامی را برای تعیین میانگین شدت روشنایی عمومی داخلی اماکن مختلف بر مبنای خصوصیات مکان و دقت مورد نیاز برای رؤیت واضح اشیاء و تصاویر به همراه شاخص یکدستی روشنایی و جدول ۲۰ برای محوطه ها و معابر آورده شده است. این مقادیر حداقل شدت روشنایی را در موارد ذکر شده تعیین نموده است. همچنین با توجه به نیاز برخی از مشاغل به تأمین روشنایی موضعی برای انجام کار راحت حدود توصیه شده شدت روشنایی موضعی مورد نیاز برای مشاغل مختلف در جدول ۱۹ آورده شده است.

شدت روشنایی مورد نیاز بر حسب لوکس (لومن بر متر مربع) انتخاب شده است. اندازه‌گیری مقادیر شدت روشنایی باید توسط دستگاه سنجش روشنایی با دقت ۰/۱ لوکس و به صورت کالیبره شده در ارتفاع سطح کار انجام شود. معیار تعیین ایستگاههای اندازه گیری روشنایی عمومی استفاده از روش الگویی مورد قبول انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی IESNA[1] در ارتفاع عمومی سطح کار و محاسبات مربوط به آن می‌باشد. در اندازه‌گیری روشنایی موضعی باید حداقل سه ایستگاه در سطح کار(که یکی از آنها محدوده بیشترین زمان رؤیت باشد) مورد سنجش قرار گیرد و ارقام هیچ یک از آنها از حد توصیه شده جدول ۱۹ نباید کمتر باشد.

به همین صورت در جدول شماره ۲۰ حدود توصیه شده میانگین شدت روشنایی مورد نیاز برای معابر و محوطه‌های باز مختلف آورده شده است. معیار تعیین ایستگاههای اندازه گیری روشنایی عمومی در محوطه‌ها بر اساس معیار شبکه‌ای مورد قبول انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی در سطح معابر و محوطه‌ها با رعایت شاخص یکدستی توزیع روشنایی می‌باشد.

روشنایی اضطراری که مربوط به زمانهای خاص نظیر قطع جریان برق اصلی، تعمیرات سامانه اصلی تأمین روشنایی و هنگام حوادث است باید به طور مجزا به گونه‌ای تأمین شده باشد که در هیچ محدوده‌ای از ۵۰ لوکس برای فعالیت موقت کمتر نباشد در مسیرهای عبور و محدوده های خروج اضطراری افراد شدت روشنایی در کف مکان مورد نظر از ۱۰ لوکس کمتر نباشد.

1 - Illumination Engineering Society of North America

جدول ۱۸– حدود توصیه شده میانگین شدت روشنایی عمومی داخلی* مورد نیاز برای اماکن مختلف (Lx)

گروه مکان	خصوصیات مکان	دقت وضوح اشیاء و تصاویر	مثال	میانگین شدت روشنایی عمومی مورد نیاز Lx	شاخص یکدستی E_{min}/E_{av_g}
الف	مکانهایی با تردد محدود افراد	۱۰ سانتی متر	زیرزمین‌ها، راهروها، تونل‌های عبور و زیرگذرها	۱۰۰	۰/۶
ب	مکانهایی با توقف محدود افراد	۱۰ سانتی متر	انبارها و راه‌های خروج	۱۵۰	۰/۶
ج	کارهای غیر دقیق	۱۰ سانتی متر	بارگیری و تخلیه یا آماده سازی مواد اولیه تولید، کارهای عمومی ساختمان	۲۰۰	۰/۶
د	کارهای با دقت متوسط	۵ سانتی متر	کارهای خدماتی و تولیدی صنعتی، سالن‌های ورزشی عمومی، اماکن	۲۵۰	۰/۶
ه	کارهای دقیق	۵ میلی متر	کارهای اداری، آموزشی تحریری، بهداشتی درمانی، خط مونتاژ قطعات، چاپ، نساجی و پوشاک، اتاق کنترل	۳۰۰	۰/۶

* مبنای سنجش، ارتفاع عمومی سطح کار و براساس الگوهای شش گانه IESNA می‌باشد.

جدول۱۹- حدود توصیه شده شدت روشنایی موضعی مورد نیاز برای مشاغل مختلف (Lx)

گروه شغل	خصوصیات شغل	دقت وضوح اشیاء و تصاویر	مثال	شدت روشنایی موضعی مورد نیاز Lx
الف	کارهای معمول غیر دقیق	۵ سانتی متر	مشاغل تولیدی و تعمیرات عادی	۲۵۰
ب	کارهای نسبتاً دقیق	یک سانتی متر	مونتاژ قطعات مکانیکی، تعمیر تجهیزات مکانیکی	۲۷۰
ج	کارهای دقیق	۵ میلی متر	مشاغل اداری، تحریری یا تایپی، تعمیرات و مونتاژ تجهیزات الکتریکی	۳۰۰
د	کارهای خیلی دقیق	یک میلی متر	نقشه کشی، طراحی دقیق، مونتاژ یا تعمیر قطعات ریز، قالی بافی	۵۰۰
ه	کارهای فوق‌العاده دقیق	کمتر از یک میلی متر	جراحی	۵۰۰-۱۰۰۰۰

جدول۲۰- حدود توصیه شده میانگین شدت روشنایی مورد نیاز برای معابر و محوطه‌های باز مختلف (Lx)

خصوصیات مکان	مبنای سنجش	میانگین شدت روشنایی عمومی مورد نیاز Lx	شاخص یکدستی E_{min}/E_{av_g}
محوطه عمومی کارگاه‌های تولیدی و ساختمانی، توقفگاه‌ها، باراندازها	کف زمین	۵۰	۰/۳۳
راه‌های اصلی و شریانی	کف زمین	۲۰	۰/۳۳
راه‌های فرعی	کف زمین	۱۵	۰/۳۳
پیاده روها	کف زمین	۲۰	۰/۳۳
تونل‌های عبور سواره	کف زمین	۵۰	۰/۳۳

حدود مجاز مواجهه شغلی تنش‌های دمایی

الف – تنش گرمایی[1]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی استرس گرمایی که در جدول ۲۱ آمده است به شرایطی از استرس گرمایی اشاره دارد که تحت آن شرایط، شاغلین می‌توانند به طور مکرر با گرما مواجهه داشته باشند بدون آنکه اثرات سوء مشهودی در سلامت آنان ایجاد شود. مقادیر مذکور با شاخص دمای تر گوی-سان[2](WBGT) بر مبنای این فرض تعیین شده‌اند، که کلیه افراد با شرایط گرمایی محیط کار تطابق یافته و لباس مناسب (مثلاً شلوار و پیراهن سبک) بر تن داشته و به مقدار کافی آب و نمک استفاده نموده‌اند تا تحت شرایط کاری معین بدون افزایش دمای عمقی بدن از حد ۳۸ °C (۱۰۰/۴ °F) بتوانند کارایی مؤثری داشته باشند.

در صورتیکه برای حفاظت در برابر سایر عوامل زیان آور محیط کار استفاده از لباس حفاظت فردی خاص و وسایل حفاظت فردی دیگری لازم است استفاده شود، بایستی مقادیر شاخص محاسبه شده برای تعیین حد مجاز شغلی براساس مقادیر ذکر شده در جدول ۲۲ اصلاح گردد.

از آنجایی که اندازه‌گیری میزان دمای عمقی بدن برای پایش اضافه بار حرارتی وارد بر شاغلین غیر عملی است باید آن دسته از عوامل محیط که کاملاً با دمای عمقی و سایر واکنش‌های فیزیولوژیکی بدن در مقابل حرارت مرتبط هستند، اندازه‌گیری شوند. درحال حاضر شاخص WBGT ساده‌ترین و مناسب‌ترین معیار برای تعیین استرس گرمایی است که براساس معادلات زیر محاسبه می‌گردد:

۱) در فضای باز غیر مسقف $WBGT = 0.7\, t_{nw} + 0.2\, t_g + 0.1\, t_a$

۲) در فضای سرپوشیده یا فضای باز (سایه یا ابری) $WBGT = 0.7\, t_{nw} + 0.2\, t_g$

که در روابط فوق WBGT شاخص تر گوی‌سان با واحد درجه سانتی‌گراد، t_{nw} دمای تر طبیعی، t_g دمای گوی‌سان و t_a دمای خشک هوای محل کار می‌باشد. برای تعیین مقدار WBGT لازم است که از دماسنج گوی‌سان، دماسنج تر طبیعی و دماسنج خشک استفاده شود. اندازه‌گیری دمای تر طبیعی و خشک باید در سایه انجام شود. کار در محیط گرمتر از دمای ذکر شده در جدول ۲۱ وقتی مجاز است که این افراد تحت مراقبت‌های مرتب پزشکی قرار داشته و اثبات شود که قابلیت تحمل حرارت محیطی بیشتری نسبت به افراد عادی دارند.

---

1 - Heat Stress

2 .Wet Bullb Globe Temperature

در صورتی که دمای عمقی بدن از (۱۰۰/۴ °F)۳۸ °C فراتر رود باید از ادامه کار فرد ممانعت به‌عمل آید.

جدول ۲۱- حد مجاز مواجهه شغلی برای مواجهه با استرس گرمایی
با شاخص دمای ترگوی‌سان (WBGT)

مدت زمان کار	کار سبک		کار متوسط		کار سنگین		کار خیلی سنگین	
	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز
٪۷۵ الی ٪۱۰۰	۲۸	۳۱	۲۵	۲۸	–	–	–	–
٪۵۰ الی ٪۷۵	۲۸/۵	۳۱	۲۶	۲۹	۲۴	۲۷/۵	–	–
٪۲۵ الی ٪۵۰	۲۹/۵	۳۲	۲۷	۳۰	۲۵/۵	۲۹	۲۴/۵	۲۸
٪۰ الی ٪۲۵	۳۰	۳۲/۵	۲۹	۳۱/۵	۲۸/۰	۳۰/۵	۲۷	۳۰

نکات جدول ۲۱

۱) حد مراقبت (اقدام) در واقع مشابه شرایط افراد سازش نیافته است و شرایطی را توصیف می‌کند که درحدود توصیه شده برنامه‌های پیشگیرانه کنترل مدیریتی و پایش فردی در استرس حرارتی بکار گرفته شود.

۲) برای تعیین درجه بارکاری به جدول شماره ۲۳ و ۲۴مراجعه شود.

۳) مقادیر WBGT بر حسب درجه سانتیگراد می‌باشد و به نزدیکترین رقم نسبت به نیم درجه گرد شده است.

۴) محیط کار و استراحت یکسان فرض می‌شود. در صورتیکه شرایط جوی این دو محیط متفاوت است، متوسط وزنی زمانی (TWA) در طی یک ساعت محاسبه و بکار برده شود. و در صورتی که تفاوت درجه بارکاری در یک ساعت وجود دارد، برای تعیین درجه بارکاری نیز TWA می‌بایست استفاده شود.

۵) در صورتی که لباس کار سبک و تابستانی نباشد، مقدار مؤثر شاخص WBGT بعد از اصلاح اثر کلوی[1] لباس می‌بایست در جدول با حد مجاز مقایسه گردد.

1 - Clo Value

۶) مقادیر جدول ۲۱ براساس اسناد و مدارک بخش "رژیم کار- استراحت" که فرض بر ۸ ساعت کار روزانه و ۵ روز کاری در هفته با استراحت‌های مناسب می‌باشد تدوین گردیده است. در صورتی که ساعات کار بیش از معمول روزانه باشد به بخش "کاربرد حد آستانه مجاز" اسناد ACGIH مراجعه شود.

۷) در جدول ۲۱ برای مدت ۱۰۰٪ کار، دو نوبت استراحت کوتاه ۱۵ دقیقه‌ای و یک نوبت استراحت ۳۰ دقیقه‌ای در طول شیفت در نظر گرفته شده است. تناوب کار- استراحت در حالتهای بعدی باید به صورت متناوب باشد و کار یکسره در این حد مجاز ممنوع می‌باشد. نوبتهای استراحت صرف غذا، نماز، نوشیدن آب و مایعات حاوی نمک و شستشوی بدن می‌گردد.

جدول ۲۲- مقدار اصلاح کننده WBGT (بر مبنای درجه سانتیگراد) بر حسب نوع لباس

نوع لباس	مقدار کلو*	مقداری که باید به شاخص WBGT محاسبه شده اضافه شود
لباس کار تابستانی	۰/۶	صفر
لباس کار یکسره نخی	۱/۰	۲
لباس کار زمستانی	۱/۴	۴
لباس ضد آب	۱/۲	۶
لباس ضد بخارات شیمیایی	۱/۲	۱۰

* Clo.value : مقدار عایق بودن لباس در برابر تبادلات حرارتی بین پوست بدن و محیط اطراف است. یک واحد clo برابر ۵/۵۵ کیلوکالری بر متر مربع بر ساعت" تبادل حرارتی" به طریقه تشعشع و جابجایی برای هر درجه سانتیگراد تفاوت بین دمای پوست بدن و دمای خشک می‌باشد.

ارزیابی و کنترل تنش دمایی

یکم: اندازه‌گیری عوامل محیطی

دستگاه‌های مورد نیاز عبارتند از: دماسنج خشک، دماسنج تر طبیعی، دماسنج گوی‌سان و پایه مناسب برای نصب آنها. در صورتی که از دماسنج های مایعی یا دیجیتال استفاده شود همگی می‌توانند بر روی یک پایه در ارتفاع مناسب نصب شده باشند. دماسنج های مورد استفاده باید قبلاً از نظر دقت و صحت مورد تأیید قرار گرفته باشند. اندازه‌گیری عوامل محیط باید به شرح زیر انجام شود:

الف- گستره دماسنج خشک و دماسنج تر طبیعی بین ۵- تا ۵۰+ درجه سانتیگراد (۲۳ تا ۱۲۲ درجه فارنهایت) با دقت ±۰/۵°C باشد ضمن آنکه نباید جریان هوا در اطراف دماسنج خشک قطع یا محدود شود، دماسنج باید در برابر تابش آفتاب و سایر سطوح بازتاب دهنده محافظت گردد. فتیله دماسنج‌تر طبیعی باید حداقل به مدت نیم ساعت قبل از قرائت بوسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب شود. فتیله باید کاملاً روی مخزن دماسنج را پوشانده یا به اندازه یک طول و بیشتر روی مخزن دماسنج را احاطه نماید. فتیله باید همیشه پاکیزه باشد و فتیله نو قبل از استفاده باید شسته شود همچنین برای پرکردن مخزن از آب مقطر استفاده شود.

ب- دماسنج گوی سان از یک کره توخالی مسی به قطر ۱۵ سانتیمتر (۶ اینچ) تشکیل شده که سطح خارجی آن با رنگ سیاه مات یا معادل آن پوشانده شده است. مخزن یا قسمت حساس دماسنج در گستره اندازه‌گیری ۵- تا ۱۰۰+ درجه سانتیگراد (۲۳ تا ۲۱۲ درجه فارنهایت) با دقت ±۰/۵C° باید دقیقاً در مرکز این کره مسی قرار گیرد. قبل از هر بار قرائت باید حداقل ۲۵ دقیقه دماسنج گوی‌سان در محل سنجش قرار گیرد.

ج- پایه به منظور آویزان کردن سه دماسنج فوق الذکر به کار می‌رود. پایه باید به گونه‌ای قرارداده شود که جریان هوا در اطراف سه دستگاه مذکور به طور طبیعی برقرار باشد و دماسنج گوی‌سان در سایه پایه قرار نگیرند.

د- استفاده از سایر دماسنج‌هایی که در مقایسه با دماسنج‌های جیوه‌ای در شرایط محیطی مشابه مقادیر یکسانی را نشان می‌دهند (مانند الکلی یا الکترونیکی) مجاز می‌باشد.

ه- دماسنج‌ها باید در وضعیتی قرار داده شوند که مقادیر قرائت شده از روی آنها نمایانگر شرایطی باشد که شاغلین تحت آن شرایط کار یا استراحت می‌نمایند.

دوم: طبقه‌بندی بار کاری

مجموع گرمای ایجاد شده به وسیله بدن و گرمای محیط "کل بار گرمایی"[1] را تعیین می‌کند. لذا اگر کار باید در محیط گرم انجام شود. برای محافظت کارگر در برابر مواجهه با گرمای بیشتر از مقادیر مجاز باید "درجه بار کاری" برای هر یک از مشاغل تعیین و "حد مجاز گرمایی" متناسب با "بار کاری" شغل مورد نظر به شرح زیر تعیین گردد:

1 - Total Heat Load

کار سبک شامل متابولیسم حداکثر ۲۰۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۸۰۰ Btu/hr[1] شامل مشاغل دستی و بازویی سبک در هنگام کار با ماشین‌های کنترلی در حالت‌های نشسته و یا ایستاده می‌باشد.

کار متوسط شامل متابولیسم ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۱۴۰۰-۸۰۰ Btu /hr مانند راه رفتن ضمن بلندکردن و هل دادن بار متوسط می‌باشد.

کار سنگین شامل متابولیسم ۳۵۰ تا ۵۰۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۲۰۰۰-۱۴۰۰ Btu/hr مانند کلنگ زدن و بیل زدن می‌باشد.

کار خیلی سنگین شامل متابولیسم بیش از ۵۰۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۲۰۰۰ Btu/hr مانند کار در معدن می‌باشد.

وقتی درجه بار کاری برای هر شغل تعیین شد میزان حد مجاز شغلی با استرس گرمایی در شغل مورد نظر از طریق محاسبه با استفاده از جدول ۲۱ و توجه به جدول ۲۲ به‌دست می‌آید.

ب ـ بار کار یا از راه اندازه‌گیری متابولیسم کارگر حین کار مورد بحث و یا از طریق تخمین میزان متابولیسم کارگر با استفاده از جداول ۲۳ و ۲۴ تعیین می‌گردد و سپس با مراجعه به جدول شماره ۲۱ حد مجاز مواجهه شغلی برای استرس گرمایی مشخص می‌شود.

سوم: برنامه کار – استراحت

مقادیر ذکر شده در جدول ۲۱ براساس این فرض استوار است که درجه حرارت محیط کار و محل استراحت (بر مبنای WBGT) مشابه و به‌هم نزدیک می‌باشد. در صورتیکه WBGT محیط کار و محل استراحت متفاوت باشند، باید مقادیر میانگین وزنی زمانی (TWA) برای گرمای محیطی و میزان متابولیسم به شرح زیر تعیین شود:

الف ـ میزان میانگین وزنی زمانی (TWA) برای متابولیسم از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$\overline{M} = \frac{M_1 t_1 + M_2 t_2 + \ldots M_n t_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$

در رابطه فوق، $M_1, M_2, M_3, \ldots M_n$ میزان متابولیسم تخمین زده یا اندازه‌گیری شده در فعالیت‌های مختلف و زمان استراحت کارگر در طی مدت $t_1, t_2, \ldots, t_n$ (برحسب دقیقه) که توسط زمان‌سنجی تعیین شده است.

ب ـ میزان میانگین وزنی زمانی WBGT از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$WBGT = \frac{WBGT_1 \times t_1 + WBGT_2 \times t_2 + \ldots WBGT_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$

1- British Thermal Unit/ hour= Btu/hr

در رابطه فوق $WBGT_n$, ... , $WBGT_2$, $WBGT_1$ مقادیر اندازه‌گیری شده $WBGT$ در محیط‌های کاری و استراحت مختلف در طی شیفت کار روزانه است و t_n , ... , t_1,t_2, مدت زمان گذرانده شده در هر محیط بر حسب دقیقه می‌باشد که توسط زمان سنجی تعیین می گردد. اگر مواجهه با محیط خیلی گرم به طور مستمر در طی چند ساعت و یا در طی روز است باید میانگین وزنی زمانی براساس زمان مراحل کار برمبنای TWA یک ساعته (TWA/hr) محاسبه شود مثلاً دقیقه ۶۰ = $t_1, t_2, \dots, t_n$ و اگر برنامه کار متناوب است میانگین وزنی زمانی برحسب TWA دو ساعته محاسبه می‌شود مثلاً:

دقیقه ۱۲۰ = $t_1,t_2, \dots, t_n$

جدول ۲۴- مثال هایی از درجه بار کاری با توجه به نوع کار

جدول ۲۳- ارزیابی بارکاری

متوسط میزان متابولیسم حین فعالیت‌های مختلف			
الف- وضع بدن و حرکت			**Kcal/min**
حالت نشسته			۰/۳
حالت ایستاده			۰/۶
در حالت راه رفتن			۲/۰-۳/۰
حرکت در سر بالایی			به مقدار تعین شده در حالت راه رفتن به ازاء هر متر ۰/۸ اضافه شود
ب- نوع کار		**میانگین Kcal/min**	**گستره تغییرات** Kcal/min
کار دستی	سبک	۰/۴	۰/۲-۱/۲
	سنگین	۰/۹	
کار با یک بازو	سبک	۱/۰	۰/۷ -۲/۵
	سنگین	۱/۷	
کار با هر دو بازو	سبک	۱/۵	۱/۰ -۳/۵
	سنگین	۲/۵	
کار با تمام بدن	سبک	۳/۵	۲/۵ -۱۵/۰
	متوسط	۵/۰	
	سنگین	۷/۰	
	فوق سنگین	۹/۰	

نوع کار	درجه بارکاری
نوشتن - باقندگی	کار سبک دستی
تایپ کردن	کار سنگین دستی
چکش کاری روی میخ (کفاشی و مبل سازی)	کار سنگین با یک بازو
سوهان کاری فلزات، رنده کاری چوب و کارهای باغبانی (با شن کش)	کار سنگین با دو بازو
تمیز کردن سطح زمین، تکان دادن فرش	کار متوسط با همه بدن
ریل گذاری، چاه کنی، پوست کنی تنه درختان	کار سنگین با همه بدن
مثال برای محاسبه بار کاری: مونتاژ کاری با استفاده از ابزار سنگین	
راه رفتن در امتداد خط تولید = ۲/۰ Kcal/min	
متابولیسم بین کار سنگین با هر دو بازو و کار سبک با همه بدن = ۳/۰ Kcal/min	
جمع = ۵/۰Kcal/min	
متابولیسم پایه نیز اضافه می‌شود = ۱/۰Kcal/min	
جمع کل متابولیسم = ۶/۰Kcal/min	

تذکر مهم

مقادیر ذکر شده برای کار مداوم وقتی قابل اجرا است که برنامه «کار- استراحت» برای ۵ روز در هفته و ۸ ساعت کار روزانه با دو توقف کوتاه مدت هر یک حدود پانزده دقیقه، یک نوبت در صبح و یک نوبت در بعد از ظهر و یک توقف طولانی‌تر حدود نیم ساعت برای ناهار همراه باشد. مواجهه با مقادیر بیش از حد مجاز شغلی عنوان شده وقتی مجاز است که «استراحت اضافی» در برنامه کار گنجانده شده باشد. در مواردی که در برنامه کار روزانه به جهت حرارت زیاد محیط کار «استراحت اضافی» منظور شده است، کلیه توقف‌ها اعم از توقف بدون برنامه قبلی و یا موارد توقف توصیه شده توسط مدیریت یا توقف‌های فنی را می‌توان به حساب زمان استراحت حین کار منظور نمود.

چهارم: تأمین آب و نمک جبرانی

در فصل گرما یا مواقعی که کارگر با منابع تولید حرارت در مواجهه است، آب آشامیدنی مناسب و کافی باید در دسترس باشد و امکان آشامیدن آب حین کار هم باید میسر گردد. شرایط آب آشامیدنی برای کارگران محیط گرم به شرح زیر است:

۱- کارگران باید ترغیب شوند که مکرراً در فواصل کوتاه (هر ۱۵ تا ۲۰ دقیقه) به مقدار کم (حدود ۱۵۰ سانتیمتر مکعب) مثلاً یک فنجان آب خنک بنوشند.

۲- دمای آب خنک حدود ۱۰ درجه تا ۱۵ درجه سانتیگراد (۵۰ تا ۶۰ درجه فارنهایت) و باید نزدیک محل کار قرار داده شود تا نیازی به ترک محل کار نباشد.

۳- کارگران ترغیب شوند تا در فصل گرما و بخصوص در طی کار در محیط خیلی گرم به غذا به مقدار مورد نیاز نمک اضافه نمایند.

۴-برای کارگرانی که با گرمای محیط تطابق نیافته‌اند آب نمک در غلظت یک دهم درصد (یک گرم نمک در یک لیتر آب یا یک قاشق غذاخوری سر صاف نمک در ۵ لیتر آب) باید در دسترس باشد و نمک اضافه شده قبل از توزیع باید کاملاً حل شده باشد و آب در حد مطلوب خنک باشد. در مواردی که این کار مقبولیت ندارد، با نظر پزشک می‌توان از قرص نمک استفاده نمود.

پنجم: سایر ملاحظات

الف- لباس کار: مقادیر حد مجاز شغلی اعلام شده برای استرس گرمایی، در صورتی معتبر است که لباس کار سبک تابستانی همانند آنچه که معمولاً کارگران هنگام کار در محیط کار به تن دارند پوشیده شود. چنانچه برای انجام کار معین، لباس کار مخصوص نیاز است و این لباس سنگین‌تر است یا از تبخیر عرق جلوگیری می‌کند یا ضریب عایق بودن آن بالاتر می‌باشد و در نتیجه ظرفیت تحمل گرمایی کارگر تقلیل می‌یابد و مقادیر مندرج در جدول ۲۱ دیگر کاربرد ندارد، در چنین مواردی وقتی برای انجام کاری لباس کار مخصوص مورد نیاز است، جهت راهنمایی در جدول ۲۲ برای انواع لباس کار مقدار تصحیح WBGT ذکر شده است.

ب- حد مجاز مواجهه شغلی برای استرس گرمایی باید توسط کارشناس بهداشت حرفه‌ای تعیین گردد.

ج ـ تطابق گرما و سلامتی بدن: ضمن هفته اول مواجهه با محیط گرم، در نتیجه توازن عوامل متعدد روانی و فیزیولوژیک، تطابق با گرما[1] در فرد بوجود می‌آید. مقادیر توصیه شده در مورد کارگرانی که با گرما تطابق یافته‌اند و سالم می‌باشند معتبر است. برای کارگرانی که به گرما عادت نکرده‌اند و یا سالم نیستند احتیاط‌های بیشتری باید مراعات شود.

د- عوارض ناشی از گرمازدگی: گرمازدگی از جمله عوارض جدی و نامطلوب مواجهه با درجه حرارت‌های بالا است و ممکن است زندگی را تهدید کند و یا ضایعات غیرقابل برگشت به جا بگذارد. بی‌حالی و خستگی مفرط[2] ناشی از گرمازدگی ممکن است موجب عارضه Heat Prostration (مجموع علائم سرگیجه و تهوع و حالت Collapase) گردد، که در برخی موارد غیر قابل برگشت است. انقباض دردناک عضلات[3]، اگر چه ناتوان‌کننده است ولی قابل برگشت است بخصوص اگر سریع و به موقع

1 - Acclimatization

2 - Heat Exhaustion

3 - Heat Cramps

درمان شود. از دیگر عوارض ناشی از مواجهه با گرمای زیاد، اختلال شدید الکترولیت، کم آبی بدن، سرخی پوست و ادم گرمایی و کم شدن ظرفیت‌های کار فکری و جسمی می‌باشد.

اگر ضمن سه ماه اول بارداری میزان دمای عمقی کارگر باردار به مدت طولانی از ۳۹°C (۱۰۲/۲°F) تجاوز کند احتمال تشکیل جنین ناقص الخلقه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر دمای عمقی بیشتر از ۳۸ درجه سانتیگراد(۱۰۰/۴°F) به طور موقتی موجب نا باروری در مرد و یا زن می‌شود.

ب ـ تنش سرمایی[1]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به منظور حفظ شاغلین در برابر اثرات شدید سرما (کاهش دمای عمقی بدن) و ضایعات ناشی از سرما تدوین شده است و بیانگر حالتی از مواجهه شغلی با سرما است که تحت آن شرایط شاغلین می‌توانند مکرراً با سرما مواجهه داشته باشند بدون آنکه عارضه یا اختلال مشهود ناشی از سرما در آنان بروز نماید. در اینجا حد مجاز مواجهه شغلی از سقوط درجه حرارت عمقی بدن به زیر ۳۶ درجه سانتیگراد (۹۶/۸ °F) جلوگیری و از ایجاد ضایعات سرمازدگی انتهای اندام‌ها، پیشگیری می‌کند (حرارت عمقی بدن، همان حرارت مرکزی بدن است که از طریق اندازه‌گیری درجه حرارت مقعد تعیین می‌شود). در یک نوبت مواجهه اتفاقی با محیط سرد کاهش درجه حرارت مرکزی بدن به پائین‌تر از ۳۵ درجه سانتیگراد (۹۵ °F) مجاز نمی‌باشد. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی، کل بدن به ویژه دستها، پاها و سر را در برابر ضایعات سرمازدگی حفاظت می‌نماید. استفاده از لباس مناسب و خشک(محافظ سر، صورت و چشم ها، بدن، دستها و پاها) که دارای مقاومت حرارتی متناسب با سرمای محیط و مقاوم به نفوذ آب باشد برای شاغلین مشمول این حدود مجاز اجباری می‌باشد. در صورتی که فرد استعمال دخانیات، مصرف مشروبات الکلی یا مواجهه همزمان با ارتعاش نیز داشته باشد، این حدود تعریف شده نمی‌تواند سلامت فرد را در مقابل سرما تأمین نماید. همچنین مرطوب یا خیس بودن لباس به دلیل تسریع ۲۰ برابری انتقال حرارت نیز اجرای این حدود مجاز را نقض می‌کند لذا لباس فرد همواره باید خشک و غیر قابل نفوذ به بدن باشد.

مقدمه

مواجهه مرگبار با سرما نتیجه عدم توفیق در فرار از محیط سرد و یا به‌دلیل فرو رفتن در آب سرد می‌باشد. در چنین شرایطی نشانه‌های بالینی مصدومین کاهش دما در جدول شماره ۲۵ آمده است. شاغلین باید همواره از مواجهه با سرما محافظت شوند. به طوریکه درجه حرارت عمقی مرکزی بدن به کمتر از ۳۶

1 - Cold Stress

درجه سانتیگراد (۹۶/۸ °F) سقوط نکند. افت درجه حرارت بدن موجب کاهش هوشیاری و تمرکز فکری می‌شود، تصمیم‌گیری منطقی کاهش می‌یابد و یا سبب بیهوشی و نهایتاً مرگ می‌گردد.

لرز عمومی بدن و درد در انتهای اندام‌های حرکتی ممکن است اخطاری زودرس و اولیه از خطر سرمازدگی باشد. هنگام مواجهه با سرما که درجه حرارت مرکزی بدن تا ۳۵ درجه سانتی گراد پایین آمده باشد بدن شدیداً دچار لرز می‌گردد. این نشانه خطر برای کارگران محسوب می‌شود و مواجهه با سرما برای هر فردی که دچار لرز شدید شد فوراً باید قطع گردد. به هنگام بروز لرز شدید فعالیت و کار مفید جسمی و فکری دچار محدودیت خواهد شد. از آنجا که مواجهه طولانی با هوای سرد یا فرو رفتن در آب سرد و در دمای بالای انجماد می‌تواند موجب کاهش دما در حد خطرناک شود، لذا باید تمام بدن را بااقدامات زیر در مقابل سرما محافظت نمود:

۱- اگر کار در محیطی انجام می‌شود که درجه حرارت هوای محیط کمتر از ۴ درجه سانتیگراد (۴۰°F) است برای حفظ دمای عمقی بدن به میزان بیش از ۳۶ درجه سانتیگراد (۹۶/۸ °F) باید لباس خشک و عایق‌بندی مناسب در اختیار کارگران قرار گیرد.

نظر به این که درجه خنک‌کنندگی باد سرد و توان سردکنندگی هوا از عوامل تعیین کننده هستند، (دمای معادل سرماباد[1] (ECT) عبارت است از دمای معادلی که تابعی از دمای هوا و سرعت باد مؤثر بر تبادل دمای بدن می‌باشد) هرچه سرعت باد بیشتر و دمای محیط کار کمتر باشد باید میزان عایق بودن لباس مورد نیاز افزایش یابد. در این شرایط، استفاده از امکاناتی نظیر پاراوان محافظ باد، چادر یا کانکسهای محدود کننده جریان هوا در محل کار به طور مؤکد توصیه می‌گردد.

دمای معادل سرماباد به ازاء دمای موجود هوا (دمای خشک) و سرعت باد در جدول ۲۶ نشان داده شده است. هنگام برآورد دمای معادل سرما و تعیین میزان عایقی لباس برای حفظ دمای عمقی بدن باید اثر خنک‌کنندگی باد و دمای هوا روی پوست در نظر گرفته شود. در این جدول محدوده‌های اخطار برای حفظ دمای داخلی بدن در حد ۳۶ درجه سانتی‌گراد و پیشگیری از یخ‌زدگی اندامهای انتهایی معلوم شده است.

۲- در شرایط معمول به جز دستها، پاها و سر معمولاً ضایعات سرمازدگی در سایر اندام‌ها همراه با افت دمای عمقی بدن می‌باشد. شاغلین سالمند و کارکنان مبتلا به بیماری‌های عروقی نیازمند محافظت و مراقبت در مقابل ضایعات ناشی از سرما می‌باشند. پوشیدن لباس‌های اضافی (عایق سرما) و یا کاهش زمان مواجهه با سرما از جمله تدابیر احتیاطی است که باید مد نظر باشد.

---

1 - Equivalent Chill Temperature (Wind chill)

تدابیر احتیاطی اتخاذ شده تابع وضع جسمی شاغلین است و باید با مشورت و راهنمایی یک پزشک مطلع به مسائل استرس سرما و وضعیت درمانی فرد اتخاذ گردد.

۳- وجود پناهگاه مطمئن و گرم برای استراحت در وقفه‌های کاری، لباس یدکی خشک برای تعویض به موقع هنگام خیس شدن لباس شاغلین و همچنین امکانات تغذیه گرم، وسایل کمک‌های اولیه و مخابراتی برای مواقع خطر ضرورت دارد.

جدول ۲۵- علائم بالینی پیش رونده نتیجه کاهش دمای عمقی بدن*

درجه حرارت عمقی		نشانه‌های بالینی
°C	°F	
۳۷/۶	۹۹/۶	"طبیعی" دمای مقعد
۳۷	۹۸/۶	"طبیعی" دمای دهان
۳۶	۹۶/۸	افزایش متابولیسم به منظور جبران گرمای از دست رفته
۳۵	۹۵/۰	حداکثر لرز
۳۴	۹۳/۲	مصدوم هوشیار است و جواب می‌گوید و فشار خون طبیعی است.
۳۳	۹۱/۴	علائم کاهش شدید دما در پایین تر از این درجه حرارت
۳۲	۸۹/۶	هوشیاری مخدوش است، تعیین فشار خون مشکل است، مردمک‌ها گشاد هستند ولی به نور
۳۱	۸۷/۸	جواب می‌دهند، لرز متوقف می‌شود.
۳۰	۸۶/۰	از دست دادن پیش رونده هوشیاری، سفتی عضلات افزایش می‌یابد، گرفتن نبض و فشار خون
۲۹	۸۴/۲	مشکل است، تعداد تنفس کاهش می‌یابد.
۲۸	۸۲/۴	فیبریلاسیون بطنی به همراه افزایش تحریک پذیری میوکارد ممکن است عارض شود.
۲۷	۸۰/۶	حرکات ارادی متوقف می‌شود، مردمکها به نور جواب نمی‌دهند و رفلکس عمقی و محیطی تاندونی جواب نمی‌دهد.
۲۶	۷۸/۸	مصدوم به ندرت هوشیار است.
۲۵	۷۷/۰	فیبریلاسیون بطنی ممکن است خود به خود عارض شود.
۲۴	۷۵/۲	ورم حاد ریه (pulmonary edema)
۲۲	۷۱/۶	بیشترین خطر بروز فیبریلاسیون بطنی محتمل است
۲۱	۶۹/۸	
۲۰	۶۸/۰	توقف قلب
۱۸	۶۴/۴	پایین ترین حد اتفاقی کاهش دما که مصدوم امکان بهبودی دارد.
۱۷	۶۲/۶	در EEG موجی رسم نمی‌شود.
۹	۴۸/۲	پایین ترین حد برای بهبودی بیماری که به طور مصنوعی سرد شده است.

*بروز علائم بالینی با دمای مرکزی رابطه تقریبی دارد.(نقل از نشریه پزشک خانواده آمریکا، ژانویه ۱۹۸۲ انتشارات آکادمی پزشک خانواده آمریکا).

جدول ۲۶- دمای معادل سرماباد (ECT) مؤثر بر بافتهای عمقی بدن

حدود سرعت باد (m/s)	دمای قرائت شده هوای محیط (°C)																				
	۸	۶	۴	۲	۰	-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	-۱۲	-۱۴	-۱۶	-۱۸	-۲۰	-۲۲	-۲۴	-۲۶	-۲۸	-۳۰	
	درجه معادل سرماباد (ECT °C)																				
۲	۷	۵	۳	۱	-۱	-۳	-۵	-۷	-۹	-۱۱	-۱۳	-۱۵	-۱۷	-۱۹	-۲۱	-۲۳	-۲۵	-۲۷	-۳۰	-۳۲	
۴	۳	۱	-۲	-۴	-۷	-۹	-۱۱	-۱۴	-۱۶	-۱۹	-۲۱	-۲۳	-۲۶	-۲۸	-۳۱	-۳۳	-۳۵	-۳۸	-۴۰	-۴۳	
۶	۰	-۲	-۵	-۸	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۱۸	-۲۱	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۱	-۳۴	-۳۷	-۳۹	-۴۲	-۴۵	-۴۷	-۵۰	
۸	-۲	-۵	-۷	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۱۹	-۲۱	-۲۴	-۲۷	-۳۰	-۳۳	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۳	-۴۷	-۴۹	-۵۲	-۵۵	
۱۰	-۳	-۶	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	-۲۷	-۳۰	-۳۳	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۴	-۴۷	-۵۰	-۵۳	-۵۶	-۵۹	
۱۲	-۵	-۸	-۱۱	-۱۴	-۱۷	-۲۰	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۴	-۴۷	-۵۰	-۵۳	-۵۶	-۵۹	-۶۲	
۱۴	-۵	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	-۲۷	-۳۰	-۳۳	-۳۶	-۳۹	-۴۲	-۴۵	-۴۸	-۵۲	-۵۵	-۵۸	-۶۱	-۶۴	
۱۶	-۶	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۹	-۲۲	-۲۵	-۲۸	-۳۱	-۳۴	-۳۷	-۴۰	-۴۴	-۴۷	-۵۰	-۵۳	-۵۶	-۵۹	-۶۲	-۶۶	
۱۸	-۷	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۱۹	-۲۲	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۵	-۴۸	-۵۱	-۵۴	-۵۷	-۶۰	-۶۴	-۶۷	
۲۰*	-۷	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۲۰	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۶	-۳۹	-۴۲	-۴۵	-۴۸	-۵۲	-۵۵	-۵۸	-۶۱	-۶۴	-۶۸	
	خطر پایین*								خطر فزاینده**								خطر بالا***				
در هر نقطه‌ای از جدول ممکن است عارضه از نوع پای غوطه ور immersion foot یا پای خندقی trench foot ایجاد شود.																					

* حداکثر خطر از احساس کاذب ایمنی در مواجهه کمتر از یک ساعت با پوست خشک

** خطر یخ‌زدگی اندام در معرض سرما در یک دقیقه

*** ممکن است اندام در ۳۰ ثانیه دچار یخ زدگی شود.

ارزیابی و نظارت

۱) زمانی که سرعت جریان هوا و درجه حرارت منجر به دمای معادل سرماباد به ۳۲- درجه سانتیگراد (۲۵/۶ °F-) برسد، مواجهه مستمر پوست با سرما مجاز نیست.

۲) بدون توجه به سرعت جریان هوا نیز موارد یخزدگی نسج سطحی و یا نسج موضعی عمقی در دمای پایین تراز ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲ °F) امکان بروز دارد.

۳) در دمای۲ درجه سانتیگراد (۳۵/۶ °F) یا کمتر، تعویض فوری لباس افرادی که در آب فرو رفته‌اند و یا لباسشان مرطوب شده الزامی است و برای پیشگیری از عوارض و پیامدهای کاهش دمای بدن باید تحت درمان قرار گیرند.

۴) در جدول ۲۷، برای شاغلینی که به طرز مناسبی لباس کار پوشیده‌اند، مقادیری توصیه شده است که برای تنظیم برنامه زمانبندی شده کار- استراحت توأم با گرم شدن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵) به منظور حفظ تداوم فعالیت‌های دستی دقیق و پیشگیری از حوادث، لازم است دست‌ها به طور ویژه‌ای به شرح زیر حفاظت شوند:

الف- اگر کارهای ظریف دستی با دستهای لخت برای مدت بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در محیطی زیر ۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰/۸ °F) انجام می‌شود، برای گرم نگه داشتن دستها باید پیش‌بینی‌های ویژه انجام گیرد، بدین منظور جریان هوای گرم و بخاری‌های تابشی ممکن است بکار رود. در دمای کمتر از ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲ °F) دسته‌های فلزی ابزارآلات و اهرم‌های کنترل باید با مواد عایق حرارتی روکش شوند.

ب- اگر دمای هوا برای کارهای نشسته به پایین‌تر از ۱۶ °C (۶۰/۸ °F) و در کارهای سبک به ۴ °C (۳۹/۲ °F) کاهش باید و کارهای دستی ظریف دقیق و ماهرانه مورد نیاز نباشد، آنگاه شاغلین باید از دستکش استفاده نمایند.

۶) برای پیشگیری از یخزدگی تماسی دستها، شاغلین باید از دستکش‌های عایق سرما به‌شرح زیر استفاده نمایند:

الف- هر زمان که کار در نزدیکی سطوح سرد، با دمای کمتر از ۷ °C- (۱۹/۴ °F) انجام می‌شود، باید به یکایک افراد برای پیشگیری از ضایعات تماس اتفاقی پوست هشدار داده شود.

ب- اگر دمای هوا ۱۷/۵ °C- (۰/۵ °F) یا کمتر باشد دستها باید بوسیله دستکش‌های کار (دو انگشتی)[1] محافظت شوند. دستگاه‌های کنترلی و ابزارهای کار باید طوری طراحی شوند که برای کار با آنها نیاز

1 - Mittens

به بیرون آوردن دستکش کار نباشد.

۷) اگر دمای محیط کار ۴ °C (۳۹/۲ °F) یا کمتر باشد، تأمین حفاظت بیشتر تمام بدن ضروری است.

کارگران باید لباس محافظتی متناسب با میزان سرما و فعالیت بدنی به شرح زیر استفاده نمایند:

الف- اگر سرعت جریان هوا در محل کار توسط جریان باد، کوران و یا وسایل تهویه مصنوعی افزایش یابد، اثرات خنک‌کنندگی باد باید به‌وسیله نصب محافظ در محل کار و یا پوشیدن لباسهای بادگیر که به آسانی قابل تعویض است، تقلیل یابد.

ب- اگر در کارهای سبک احتمال خیس شدن لباس وجود دارد، بهتر است لایه بیرونی لباس مورد استفاده از نوع نفوذ ناپذیر در برابر آب[1] باشد. در چنین شرایطی با سنگین شدن کار، لایه خارجی لباس باید ضد آب[2] باشد. در صورتی که لباس بیرونی خیس شد، باید تعویض گردد. برای پیشگیری از خیس شدن لباس‌های زیرین در اثر تعریق، بایستی تدابیر لازم به منظور تهویه مناسب در لایه بیرونی لباس اتخاذ گردد. اگر قبل از ورود به محیط کار سرد لباس‌های زیرین در اثر تعریق خیس شود، باید آنها را تعویض کرده، جورابها و قسمتهای نمدی قابل تعویض داخل کفش باید به طور منظم تعویض شده و یا آنکه از پوتین مناسب (ضد عرق) استفاده گردد. دفعات تعویض باید به طور تجربی و عملی مشخص شود. در مورد هر فرد و به تناسب نوع کفشی که پوشیده و میزان تعریق پای هر فرد، دفعات تعویض متغیر خواهد بود.

ج- اگر محافظت قسمتهایی از بدن که با سرما در مواجهه است به قدری ممکن نباشد که مانع از احساس سرمای شدید شود و یا از بروز سرمازدگی پیشگیری کند، لباس و وسایل محافظتی باید در حالت گرم شده آن عرضه شود.

د- اگر لباس‌های موجود حفاظت مناسب را در برابر کاهش دمای بدن یا سرمازدگی فراهم ننماید، تا فراهم شدن لباس کافی و یا بهبود وضعیت هوا بایستی کار تعدیل و یا متوقف گردد.

ه- افرادی که در دمای کمتر از ۴ C° (۳۹/۲ °F) مایعات قابل تبخیر (بنزین، الکل و یا مواد پاک‌کننده و غیره) را جابجا می‌کنند، به جهت افزایش خطر بروز ضایعات ناشی از سرما که در نتیجه خاصیت خنک-کنندگی مواد تبخیر شونده حاصل می‌شود. باید احتیاطات لازم برای پرهیز از خیس شدن لباس یا دستکش با مایعات مذکور را به‌عمل آورند. به خصوص به اثرات حاد پاشیدن مایعات سرمازا[3] یا مایعاتی که نقطه جوش آنها مختصری بالاتر از درجه حرارت متعارف است باید توجه کافی بشود.

---

1 - Impermeable to Water

2 - Water Repellent

3 - Cryogenic Fluids

برنامه کار – استراحت توأم با گرم شدن بدن

جدول ۲۷ تعیین‌کننده مدت هر بار مواجهه در دوره کاری ۴ ساعته می‌باشد و در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه می‌باشد.

اگر کار در سرمای کمتر از $^{\circ}C$ ۷- ($^{\circ}F$ ۱۹/۴) و یا درجه حرارت معادل سرماباد آن به طور مداوم انجام می‌شود باید پناهگاه گرمی در مجاورت محل کار مهیا گردیده و افراد برای استفاده از آن در فواصل منظم ترغیب شوند. دفعات استفاده از پناهگاه تابع شدت سرمای محیط کار است. کار در دمای بین ۱+ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد باید حداکثر در دوره های ۷۵ دقیقه قطع گردد و کارگر به مدت ۱۵ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نماید. این حدود مجاز برای سرعت باد کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه (۱/۱ مایل بر ساعت) و لباس کار خشک تدوین شده است. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل در ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین‌تر خواهد بود. به طور مثال در صورتی که فرد در دمای ۱۵- درجه سانتیگراد و جریان هوای آرام به مدت حداکثر ۵۰ دقیقه مواجهه داشته است تکرار مواجهه وی در دوره ۴ ساعته در صورتی مجاز است که حداقل ۳۰ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نموده باشد. در صورتی که همین کارگر در دمای مذکور و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه مشغول بکار باشد مدت مواجهه مجاز وی یک مرحله پایین‌تر، یعنی ۳۰ دقیقه مداوم خواهد بود و تکرار مواجهه منوط به ۳۰ دقیقه استراحت در هر دوره می‌باشد.

اگر اطلاعات صحیحی برای تخمین یا اندازه‌گیری سرعت باد موجود نیست، پیشنهادات زیر به صورت راهنما بکار می‌رود:

- سرعت باد ۵ مایل در ساعت (۵ mph[1]) = حرکت آرام پرچم
- سرعت باد ۱۰ مایل در ساعت (۱۰ mph) = پرچم کاملاً باز شده است.
- سرعت باد ۱۵ مایل در ساعت (۱۵ mph)= صفحات روزنامه در هوا بلند شده‌اند.
- سرعت باد ۲۰ مایل در ساعت (۲۰ mph) = باد، بوران برف

در صورت بروز علایمی از قبیل لرز شدید، احساس سرما، خستگی مفرط، خواب آلودگی، تحریک پذیری و گیجی مراجعت فوری به پناهگاه ضروری می‌باشد. پس از ورود به پناهگاه باید لباس رو از تن خارج و بقیه لباس‌ها شل و آزاد گردند تا عرق تبخیر شود و یا لباس با یک لباس کار خشک تعویض گردد. برای جلوگیری از برگشت بکار کارگران با لباس مرطوب، ضروری است، چنددست لباس خشک به تعداد کافی در محل مزبور وجود داشته باشد. در محیط سرد کاهش آب یا مایعات بدن

1 - Miles Per Hour

بندرت رخ می‌دهد، اما ممکن است استعداد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما به جهت تغییرات قابل ملاحظه در جریان خون انتهای اندام‌ها افزایش یابد. برای تأمین کالری و حجم مایعات دریافتی بدن، مایعات گرم و شیرین در محل کار مهیا باشد. مصرف مایعات مدر (همانند چای) باید محدود شود. برای انجام کار در درجه سرمایی ۱۲°C- (۱۰/۴ °F) و یا کمتر از آن رعایت نکات زیر ضروری می‌باشد:

۱) فرد باید از نظر حفاظتی تحت نظارت دائم و کامل قرار گیرد.

۲) برای پیشگیری از تعریق زیاد و مرطوب شدن لباس‌های زیرین میزان کار نباید سنگین باشد، در صورت انجام کار سنگین باید امکان استراحت در پناهگاههای گرم و فرصت تعویض لباس‌های مرطوب با لباس‌های خشک فراهم گردد.

۳) در روزهای اولیه اشتغال و قبل از هماهنگ شدن فرد با رفتارهای مناسب در شرایط جوی سرد محیط کار نباید از شاغلین به طور تمام وقت استفاده کرد.

۴) باید حتی المقدور از لباس‌های سبک، کم حجم و مناسب استفاده گردد تا مانع کار راحت نشود.

۵) برنامه کار باید به گونه‌ای تنظیم شود که نشستن بی‌حرکت برای مدت طولانی به حداقل کاهش یابد. صندلی‌های با نشیمنگاه فلزی بدون عایق نبایستی استفاده کرد. کارگر باید در برابر جریان‌های شدید هوا به طور مناسب حفاظت شود.

۶) نکات ایمنی و بهداشت مربوطه باید به افراد آموزش داده شود. حداقل برنامه‌های آموزشی شامل دستورالعمل‌های زیراست:

الف ـ تمرینات استفاده از لباس‌های مخصوص

ب ـ عادات صحیح خوردن و آشامیدن

ج ـ شناسایی سرمازدگی قریب الوقوع

د ـ شناسایی نشانه‌ها و علائم بالینی کاهش دمای قریب الوقوع یا سرد شدن فزاینده بدن حتی وقتی که لرز ظاهر نشود.

ه ـ انجام کار بدون مخاطره

و- کمک های اولیه ضروری و درخواست امداد

جدول ۲۷- حدود مجاز مواجهه شغلی با سرما (برای یک دوره ۴ ساعته کار)

حداکثر مدت مداوم کار مجاز (دقیقه) *	بار کاری	دمای خشک هوا °C
**۷۵	کار سبک و متوسط	۱۰- تا ۱+
۵۰	کار سبک	۲۵- تا ۱۱-
۶۰	کار متوسط	
۳۰	کار سبک	۴۰- تا ۲۶-
۴۰	کار متوسط	
۲۰	کار سبک	***۵۰ - تا ۴۱-
۳۰	کار متوسط	

* این شرایط برای سرعت باد کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه (۱/۱ مایل بر ساعت) و لباس کار خشک تدوین شده است. در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه می‌باشد. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل بر ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین تر خواهد بود.

** در محدوده دمایی ۱۰- تا ۱+ درجه سانتی گراد، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برای تکرار مواجهه ۱۵ دقیقه می‌باشد.

*** در شرایط پایین‌تر از این مرحله کارهای غیر اضطراری باید متوقف شود. در موارد اضطراری مواجهه کوتاه مدت ۱۰ دقیقه ای برای یک بار مواجهه مجاز می‌باشد.

توصیه‌هایی برای محیط کار خاص

مقررات خاص برای سردخانه‌ها عبارتند از:

۱- در سردخانه سرعت جریان هوا باید تا آنجا که ممکن است به حداقل تقلیل داده شود، و نباید از یک متر در ثانیه (۲۰۰ FPM[1]) تجاوز کند، دسترسی به هدف فوق به وسیله دستگاه‌های توزیع هوا که به طرز خاصی طراحی شده‌اند امکان پذیر است.

۲- به افرادی که در مواجهه با جریان هوای موجود در سردخانه هستند می‌بایست لباس حفاظتی مخصوص بادگیر داده شود.

۳- در مواردی که کار در محیط سرد انجام می‌شود و فرد در مواجهه با مواد سمی و همچنین در معرض ارتعاش است باید احتیاط‌های ویژه مبذول گردد، از جمله ممکن است کاهش حد مجاز شغلی به یک مرحله پایین‌تر ضرورت یابد.

1 - Feet Per Minute

۴- لازم است چشم‌های افرادی که در فضای باز در هوای برفی و یا وقتی پهنه وسیعی از زمین پوشیده از یخ است کار می‌کنند، حفاظت گردند. عینک‌های ایمنی مخصوص برای حفاظت چشمها در مقابل نور فرا بنفش و یا درخشندگی خیره کننده برف و یخ که می‌تواند موجب خیرگی و ورم ملتحمه گردد، بکار گرفته شود. در مواردی که زمین پوشیده از برف است و بالقوه می‌تواند موجب آزارهای چشمی شود، پاکسازی محوطه کار از برف مزاحم توصیه می‌شود.

ضرورت های پایش محیط کار

وقتی دمای محیط کار کمتراز ۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰/۸ °F) است می‌بایست نسبت به نصب دستگاه مناسب برای اندازه‌گیری دمای محیط در محل کار اقدام نمود. با چنین تدبیری نگهداری وضعیت دمای محیط کار در راستای توصیه‌های حد مجاز شغلی میسر است.

هر زمان که دمای هوا در محل کار به کمتر از ۱- درجه سانتی‌گراد (۳۰/۲ °F) رسید، باید حداقل هر چهار ساعت یک بار اندازه‌گیری دما بوسیله دماسنج خشک انجام و ثبت گردد.

در محل کار سرپوشیده که سرعت جریان هوا بیشتر از ۲ متر در ثانیه (۵ مایل در ساعت) است حداقل هر چهار ساعت یک بار سرعت باد باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

در وضعیت کار در فضای باز، هر زمان که دمای هوا کمتر از ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲ °F) است، میزان دمای هوا و سرعت باد باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

در کلیه مواردی که اندازه‌گیری سرعت جریان هوا ضروری باشد، درجه سرمای معادل (ECT) با استفاده از جدول ۲۶ محاسبه و هرگاه سرمای معادل (ECT) کمتر از ۷- درجه سانتیگراد (۱۹/۴ °F) به دست آید این شاخص باید به همراه سایر اطلاعات ثبت گردد.

ملاحظات پزشکی

شاغلین بیمار و شاغلینی که تحت درمان با داروهایی هستند که در تنظیم درجه حرارت طبیعی بدن دخالت می‌کنند و یا میزان تحمل کار در سرما را کاهش می‌دهند، باید از کار در درجات ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲°F) و کمتر معاف گردند. شاغلینی که معمولاً در درجات کمتر از ۲۴- درجه سانتیگراد (۱۱/۲ °F-) همراه با سرعت باد کمتر از پنج مایل در ساعت و یا هوای کمتر از ۱۸- درجه سانتیگراد (۰/۰°F) همراه با سرعت باد بیشتر از ۵ مایل در ساعت در مواجهه هستند، باید گواهی پزشکی دال بر مناسب بودن برای چنین مواجهه‌ای را داشته باشند. مصدومی که در دمای انجماد یا زیر صفر می‌ماند نیاز به توجه ویژه دارد، زیرا فرد مصدوم مستعد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما است. پیش‌بینی‌های مخصوص

برای پیشگیری از بروز عوارض کاهش دما و انجماد نسوج آسیب‌دیده لازم است، مضافاً اینکه کمک-های اولیه درمانی باید به فوریت انجام گیرد.

منابع

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Index (BEI), ACGIH, Cincinnati, 2011.
ANSI S1.4-1983 (ASA 47). American National Standard Specification for Sound Level Meters. This Standard includes ANSI S1.4A-1985 Amendment to ANSI S1.4-1983(R2006).
ANSI S1. 11-1986 (ASA 65). American National Standard Specification for Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and Digital Filters (R1998).
ANSI S1.25-1991 (ASA 98). American National Standard Method for the Specification for Personal Noise Dosimeters.
ANSI S1.26-1978 (R 2007) (ASA 23). American National Standard Method for the Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere.
ANSI S3.6- 1996, American National Standards Institute: Specification for Audiometers. ANSI, New York.
ANSI- Z-136(2007), American National Standard for Safe Use of Lasers. ANSI, New York.
ANSI-S3.18-1979(R1999), American National Standards Institute: Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. ANSI, New York.
ANSI S3.29-1983(R2006), American National Standards Institute: Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration in Buildings. ANSI, New York.
ANSI S3.34-1986(R1997), American National Standards Institute: Guide for the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand. ANSI, New York.
ISO-5349-1986 (R2001), International Standards Organization: Guide for the Measurement and the Assessment of Human Exposure to Hand Transmitted Vibration. ISO, Geneva.
ISO-2631-1997(R2004), International Standards Organization: Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. ISO, Geneva.
IEC 804, International Electrotechnical Commission: Integrating-Averaging Sound Level Meters.IEC, New York (1985).
IEEE C95.3 (2002), IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz.
MIL-STD-1474 C, U.S. Department of Defense: Noise Limits for Military Materiel (Metric). USA, Washington, DC (1991).
SAE-J.1013 (1992), Society of Automotive Engineers. Measurement of Whole Body Vibration of the Seated Operator of Off Highway Work Machines. SAE, Warrendale, PA.
Jafari MJ, Karimi A, Haghshenas M, Extrapolation of Experimental Field Study to a National Occupational Noise Exposure Standard, *Inter. J of Occup. Hyg. IJOH* 2: 69-74, 2010.
Japan Society for Occupational Health, Recommendation of Occupational Exposure Limits (2010–2011), *J Occup Health,* 2010; 52: 308–324.
World Health Organization, Occupational Exposure to Noise-Evaluation, Prevention and Control, WHO, Geneva, 2011.
European Commission, Methodology for the Derivation of Occupational Exposure Limits, EC, 2009.
World Health Organization, Occupational and community noise, WHO, Geneva, 2006.

Occupational Safety and Health Administration, **OSHA Standards Development**, Salt Lake City, UT: U.S. Department of Labor. OSHA. 2010.
Occupational Safety and Health Administration, **Occupational noise exposure**: U.S. Department of Labor. OSHA. 2011.
IEEE Std C95.3™-2002 (R2008) , IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz.
American Conference of Governmental Industrial Hygienists, A Guide For Control of Laser Hazards, 4th Edition, , ACGIH, Cincinnati, 1990.

بخش چهارم

حدود مجاز در ارگونومی[1]

ارگونومی علمی است که به مطالعه و طراحی سطح مشترک[2] انسان- ماشین می‌پردازد تا از این طریق به پیشگیری از بیماری و آسیب و ارتقاء عملکرد شغلی کمک نماید. در ارگونومی تلاش می‌شود تا مشاغل و فعالیتها به گونه‌ای طراحی شوند که با توانایی‌های کارگر منطبق باشند.

بعضی از عوامل فیزیکی نقش مهمی در ارگونومی ایفا می‌کنند که نیرو و شتاب در حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) ارتعاش دست- بازو و ارتعاش کل بدن مورد تأکید قرار گرفته است. همچنین عوامل حرارتی در حدود مجاز استرس حرارتی مورد اشاره قرار گرفته است. نیرو از عوامل مهم ایجادکننده آسیب ناشی از بلندکردن بار به شمار می رود. سایر عوامل ارگونومیک حائز اهمیت شامل زمان انجام کار، تکرار، استرسهای تماسی، پوسچر و عوامل روانی- اجتماعی هستند.

آسیبهای اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار (MSDs[3])

یکی از مهمترین مشکلات بهداشت شغلی، آسیبهای اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار است که با بکارگیری برنامه‌های بهداشتی، ایمنی و ارگونومیکی می‌توان آن را مدیریت نمود. اصطلاح آسیبهای اسکلتی – عضلانی اینگونه تعریف می‌شود: هرگونه آسیب مزمن به عضلات، تاندونها و اعصاب که به علت کارهای تکراری، حرکات سریع، اعمال نیروی زیاد، پوسچر نامناسب حین کار، ارتعاش و یا سرما باشد.

سایر اصطلاحات که برای آسیب‌های اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار بکار می‌روند عبارتند از: آسیبهای ترومای تجمعی (CTDs[4])، آسیب‌های ناشی از حرکات تکراری(RMIs[5]) و آسیب‌های ناشی از تنشهای تکراری (RSIs). برخی از این آسیب‌ها دارای علائم تشخیصی اختصاصی هستند مثل سندرم تونل کارپال یا تاندونیت. سایر آسیبهای اسکلتی- عضلانی ممکن است به صورت دردهای غیراختصاصی ظاهر شوند. برخی ناراحتی‌های موقتی و زودگذر، نتیجه طبیعی کار و غیر قابل اجتناب

1 - Ergonomics
2 - Interface
3 - Musculoskeletal Disorders
4 - Cumulative Trauma Disorders
5 - Repetitive Motion Illnesses

می‌باشند اما ناراحتی‌هایی که روز به روز بیشتر شده و با فعالیت‌های شغلی یا زندگی روزانه تداخل می‌کنند، نباید به عنوان نتیجه طبیعی کار در نظر گرفته شوند.

راهبردهای کنترل

با به‌کارگیری برنامه جامع ارگونومیکی به بهترین نحو می‌توان میزان بروز و شدت MSDs را کنترل نمود. اجزای اصلی این برنامه به شرح زیر می‌باشند:

- شناسایی مشکلات
- ارزیابی مشاغل مشکوک به داشتن ریسک فاکتور
- مشخص نمودن و ارزیابی عوامل به وجود آورنده
- مشارکت دادن کارگران به صورت آگاهانه
- مراقبتهای بهداشتی مناسب برای کارگرانی که دچار آسیبهای اسکلتی- عضلانی هستند

زمانی که علل MSDs شناسایی شد برنامه کنترل اجرایی باید به صورت جامع به مرحله اجرا درآید. این برنامه شامل سه بخش زیر می‌باشد:

- آموزش کارگران، سرپرستان، مهندسان و مدیران
- گزارش زودرس علائم بروز آسیب توسط کارگران
- نظام مراقبت مستمر و ارزیابی اطلاعات جمع‌آوری شده ازبیماریها و داده‌های بهداشتی و پزشکی

اقدامات کنترلی خاص هرشغل در ارتباط با نوع MSDs برنامه‌ریزی می‌شود. این اقدامات شامل کنترل‌های مهندسی و مدیریتی است. حفاظتهای فردی ممکن است در موارد خاص مناسب باشند. از میان روشهای کنترلی مهندسی به منظور کاهش یا محدود سازی ریسک فاکتورهای شغلی موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

- به کارگیری روشهای مهندسی کار نظیر انجام مطالعه کار- زمان و آنالیز حرکت جهت حذف اعمال فشارهای بیش از حد و حرکات غیرضروری.
- بکارگیری لوازم مکانیکی کمکی جهت محدودنمودن یا کاهش اعمال نیروی لازم برای نگهداشتن ابزار و اشیاء مورد استفاده در حین کار.
- انتخاب یا طراحی ابزارهایی که میزان نیروی مورد نیاز و زمان در دست داشتن را کاهش دهد و باعث بهبود پوسچر شود.
- طراحی ایستگاههای کار قابل تنظیم به منظور کاهش فواصل دسترسی و بهبود پوسچر.
- اجرای برنامه‌های کنترل کیفیت و نگهداری تجهیزات به منظور کاهش میزان اعمال نیرو به ویژه در فعالیتهای غیر مفید.

کنترلهای مدیریتی ازطریق کاهش مدت زمان مواجهه و تقسیم مواجهه بین گروه بزرگتری از کارگران ریسک را کاهش می‌دهد. مثالها عبارتند از:

- اجرای استانداردهایی که به کارگران اجازه توقف یا ادامه کار را برحسب نیاز می‌دهد (حداقل یک بار در هر ساعت کاری)
- طراحی مجدد وظایف شغلی (به عنوان مثال استفاده از کارگران به صورت چرخشی یا توسعه وظایف شغلی به طوری که یک کارگر در کل طول یک شیفت کاری در یک شغل سخت مشغول بکار نباشد.

از آنجایی که آسیبهای اسکلتی- عضلانی ماهیتی پیچیده دارند برای همه آنها رویکرد واحدی به منظور کاهش شدت و بروز موارد ابتلا وجود ندارد. اصول کاربردی جهت انتخاب اقدامات به شرح زیر می باشد:

- کنترلهای مهندسی و مدیریتی مناسب در هر صنعت و شرکتی متفاوت می‌باشد.
- جهت انتخاب روشهای مناسب کنترلی نیاز به اظهار نظر متخصصین آگاه در این زمینه است.
- زمان مورد نیاز جهت بهبود علائم
- MSDs مرتبط با کار از چند هفته تا چند ماه متغیر است و تعیین اثر بخشی راهکارهای پیشگیری و کنترلی باید با در نظر گرفتن این امر صورت گیرد.

عوامل غیر شغلی

از طریق اجرای کنترلهای مهندسی و مدیریتی حذف تمام آسیبهای اسکلتی- عضلانی امکان‌پذیر نیست. در ابتلای فرد به آسیبهای اسکلتی- عضلانی عوامل فردی و سازمانی نیز دخالت دارند. برخی از مواردی که ممکن است با عوامل غیر شغلی مرتبط باشند، عبارتنداز :

- سن
- آرتریت روماتوئید
- جنس
- مشکلات غدد درون ریز
- چاقی
- ترومای حاد
- بارداری
- دیابت

- شرایط جسمانی
- سابقه آسیب
- فعالیتهای تفریحی در اوقات فراغت

حدود مجاز شغلی (OEL) پیشنهاد شده شاید نتواند افراد دارای این شرایط مواجهه را محافظت نماید اما بکارگیری روشهای کنترل مهندسی و مدیریتی موجب محدود کردن عوامل زیان‌آور ارگونومیکی برای افرادی می‌شود که زمینه ابتلا به این آسیبها را دارند و در نتیجه باعث کاهش ناتوانی می‌شود.

بلند کردن بار[1]

حدود مجاز پیشنهادی بلند کردن بار در این بخش برای انجام کارهایی است که کارگران به طور مکرر و روزهای متمادی با حمل بار مواجهه دارند، بدون اینکه در اثر انجام این کار دچار درد در ناحیه کمر، پشت و آسیب‌های شانه شوند. در همین راستا برخی ریسک فاکتورهای فردی و سازمانی وجود دارند که احتمال ایجاد درد در ناحیه پشت و آسیب‌های شانه را در شاغل افزایش می‌دهند.

این حدود مجاز، شامل سه جدول با محدوده وزنی برحسب کیلوگرم (kg) می‌باشند. برای کارهایی که به طور دستی فقط به شکل بلندکردن بارهای مشابه انجام می‌شود، بدن در هنگام انجام آن کار، ۳۰° (۳۰ درجه) نسبت به وضعیت طبیعی انحراف پیدا می‌کند.

در کار یکنواخت برداشتن بار، بارها مشابه بوده و نقاط شروع و پایان تکرار می‌شوند (با یک ریتم یکنواخت) و کارگر در طول روز فقط کار بلندکردن بار را انجام می‌دهد. سایر کارهایی که به صورت برداشتن و گذاشتن اجسام انجام می‌شوند مانند حمل‌کردن بار، هل‌دادن و کشیدن اجسام جزء این حدود مجاز نمی‌باشند. ضمناً این حدود مجاز تحت شرایط فوق الذکر باید مورد استفاده قرار گیرند.

حدود مجاز ذکر شده در جداول ۱ تا ۳ براساس دوره‌های زمانی برای کمتر یا بیشتر از ۲ ساعت در روز و تکرار (تعداد بلندکردن بار در ساعت) تعریف شده‌اند. در حضور هرکدام از فاکتورها یا شرایط کاری در هنگام بلندکردن بار به شرح زیر، به منظور کاهش محدوده وزن بار به زیر حد مجاز، حدود مجاز توصیه شده با نظر کارشناسی بایستی بکار گرفته شوند.

- بیشترین میزان تکرار بلندکردن بار: بیشتر از ۳۶۰ بار بلند کردن در ساعت.
- مدت زمان شیفت کاری: انجام فعالیت بلندکردن بار برای مدت زمان بیش از ۸ ساعت در روز.
- عدم تقارن زیاد: بلندکردن بار با زاویه بیش از ۳۰ درجه نسبت به صفحه تقارن.
- بلندکردن سریع بار و جابجایی چرخشی بار (برای مثال از جایی به جای دیگر ببریم).

1 - Lifting

- بلندکردن بار با یک دست.
- وضعیت بدنی در حین انجام کار که مستلزم اعمال نیرو توسط قسمت پایین بدن می‌باشد از قبیل بلندکردن بار در حالت نشسته یا زانو زده.
- گرما و رطوبت زیاد: با توجه به حدود مجاز تدوین شده در زمینه استرس و تنش گرمایی.
- بلندکردن اشیاء نامتعادل (به عنوان مثال مایعاتی با مرکز ثقل متغیر یا فقدان هماهنگی در تقسیم کار بلندکردن بار توسط چند نفر).
- چنگش ضعیف دست: به علت نبودن جای دست مناسب برای گرفتن بار و یا داشتن لبه‌های تیز یا نداشتن دیگر نقاط مناسب برای چنگش بار.
- عدم تعادل پاها به عنوان مثال، عدم توانایی جهت برقراری تعادل بدن به روی دو پا در زمان ایستادن.
- داشتن مواجهه با ارتعاش تمام بدن در حین بلندکردن بار یا بلند کردن بار بلافاصله بعد از مواجه با ارتعاش تمام بدن در حد مجاز یا بالاتر از آن (باتوجه به حدود مجاز متداول برای ارتعاش کل بدن).

دستورالعمل استفاده از جداول حدود مجاز بلند کردن بار

۱) مطالعه نمودن حدود مجاز مربوط به بلندکردن بار به منظور آشنایی با حدود مجاز آنها.

۲) طبقه بندی دوره‌های انجام کار، که این طبقه‌بندی می‌تواند جمعاً به صورت ۲ ساعت یا کمتر از ۲ ساعت و یا بیشتر از ۲ ساعت در طول روز باشد. یک دوره کاری عبارت است از مجموع مدت زمانی که یک کارگر در طول یک روز آن کار را انجام می‌دهد.

۳) مشخص نمودن تعداد دفعات بلندکردن بار، که عبارت است از تعداد دفعاتی که کارگر در طول یک ساعت عمل بلندکردن بار را انجام می‌دهد.

۴) استفاده از جدول حدود مجاز مربوطه که برای مدت زمان و تعداد دفعات بلندکردن بار مورد نظر تدوین شده است.

۵) مشخص‌نمودن نواحی عمودی (شکل ۱)، براساس موقعیت قرارگیری دست‌ها در هنگام بلندکردن بار.

۶) مشخص کردن نواحی افقی در هنگام بلندکردن بار (شکل ۱) به وسیله اندازه‌گیری فاصله افقی از نقطه میانی استخوان‌های قوزک پا تا نقطه میانی دو دست.

۷) تعیین‌نمودن حدود مجاز مربوط به وزن بار بلند شده برحسب کیلوگرم با استفاده از نواحی عمودی و افقی خانه‌های جدول و براساس بیشترین مدت زمان و فرکانس بلندکردن بار.

۸) کنترل بار در نقطه مقصد، چنانچه بار در نقطه مقصد به صورت کنترل شده جای‌گذاری می‌گردد (به صورت آهسته و یا با تأمل)، مراحل ۵ تا ۷ به جای شروع از ابتدا تکرار شود. حدود مجاز براساس مقدار پایین‌تر بین دو محدوده توصیه می‌گردد.

توضیحات علائم جداول ۱ تا ۳:

A: فاصله مابین قسمت میانی قسمت داخلی استخوان قوزک پا و بار.

B: جابجایی بار نبایستی در دسترسی افقی بیش از ۸۰ سانتیمتر از قسمت میانی بین‌بخش داخلی استخوان قوزک پا شروع و پایان یابد (شکل ۱).

C: جابجایی معمول بار نبایستی در ارتفاع ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه ها یا بالاتر از ۱۸۰ سانتیمتر از سطح کف شروع و پایان یابد (شکل۱).

D: جابجایی معمول بار نبایستی برای قسمتهای سایه دار جدول انجام شود. هنوز شواهدی برای تعیین حدود مجاز وزن بار این قسمت‌ها در دسترس نیست.

E: نشانه های اختصاصی آناتومیک برای ارتفاع بند انگشت برای شرایطی که کارگر در حالت ایستاده با بازوهای آویزان از بغل می باشد، فرض شده است.

جدول ۱: حدود مجاز بلند کردن بار

* برای حالات:

الف- کمتر یا مساوی ۲ ساعت کار در روز یا کمتر یا مساوی ۶۰ بار برداشتن در ساعت

ب- کمتر از ۲ ساعت کار در روز با ۱۲ بار برداشتن در ساعت

ناحیه عمودی	ناحیه افقی[A]		
	نزدیک: کمتر از ۳۰ سانتیمتر	متوسط: ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	گسترش یافته[B]: بیشتر از ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر
محدوده دسترسی مابین ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه و ۸ سانتیمتر پایین تر ارتفاع شانه[C]	۱۶کیلوگرم	۷ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]
از ارتفاع بند انگشت تا پایین شانه[E]	۳۲کیلوگرم	۱۶ کیلوگرم	۹ کیلوگرم
از ساق پا تا ارتفاع بند انگشت[E]	۱۸کیلوگرم	۱۴ کیلوگرم	۷ کیلوگرم
از سطح کف تا ارتفاع وسط ساق پا	۱۴کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]

جدول ۲: حدود مجاز بلندکردن بار

*برای حالات:

الف- بیشتر از ۲ ساعت کار در روز یا بیشتر از ۱۲ و کمتر یا مساوی ۳۰ بار برداشتن در ساعت

ب-کمتر یا مساوی ۲ ساعت کار در روز یا بیشتر از ۶۰ و کمتر یا مساوی ۳۶۰ بار برداشتن در ساعت

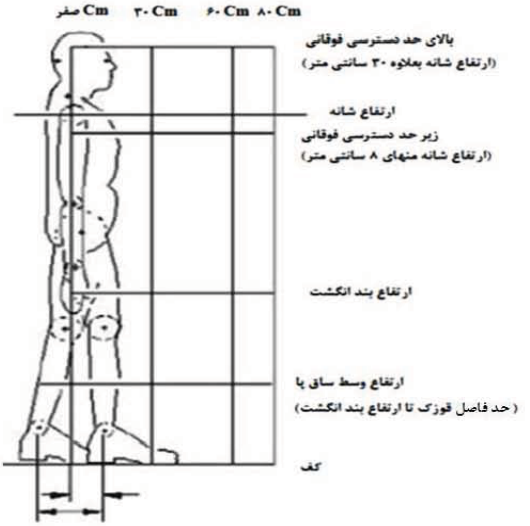
ناحیه عمودی	ناحیه افقی[A]		
	نزدیک: کمتر از ۳۰سانتیمتر	متوسط: ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	گسترش یافته[B]: بیشتر از ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر
محدوده دسترسی مابین ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه و ۸ سانتیمتر پایین تر ارتفاع شانه[C]	۱۴کیلوگرم	۵ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]
از ارتفاع بند انگشت تا پایین شانه[E]	۲۷کیلوگرم	۱۴ کیلوگرم	۷ کیلوگرم
از ساق پا تا ارتفاع بند انگشت[E]	۱۶کیلوگرم	۱۱ کیلوگرم	۵ کیلوگرم
از سطح کف تا ارتفاع وسط ساق پا	۹ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]

جدول۳: حدود مجاز بلند کردن بار

برای حالت بیشتر از ۲ ساعت کار در روز یا بیشتر از ۳۰ و کمتر یا مساوی ۳۶۰ بار برداشتن در ساعت

ناحیه عمودی	ناحیه افقی[A]		
	نزدیک: کمتر از ۳۰ سانتیمتر	متوسط: ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	گسترش یافته[B]: بیشتر از ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر
محدوده دسترسی مابین ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه و ۸ سانتیمتر پایین تر ارتفاع شانه[C]	۱۱ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]
از ارتفاع بند انگشت تا پایین شانه[E]	۱۴ کیلوگرم	۹ کیلوگرم	۵ کیلوگرم
از ساق پا تا ارتفاع بند انگشت[E]	۹ کیلوگرم	۷ کیلوگرم	۲ کیلوگرم
از سطح کف تا ارتفاع وسط ساق پا	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]

شکل ۱ - نمایش گرافیکی نواحی قائم بدن



منابع

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Index (BEI), ACGIH, Cincinnati, 2011.

وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی
معاونت بهداشت
مرکز سلامت محیط و کار

دانشگاه علوم پزشکی تهران
پژوهشکده محیط زیست

Occupational Exposure Limits
(OEL)