حدود مجاز
مواجهه شغلی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

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

ویرایش پنجم ۱۴۰۰

بسم الله الرحمن الرحيم

شابک : ۲- ۵۴- ۶۲۷۶ – ۶۲۲ – ۹۷۷

شماره کتابشناسی ملی: ۷۵۶۴۲۱۲

عنوان و نام پدید آور : حدود مجاز مواجهه شغلی / گروه نویسندگان [مرکز سلامت محیط و کار با همکاری دانشگاه های علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کشور]

وضعیت ویراست : [ویراست ۵]

مشخصات نشر : وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت بهداشت، مرکز سلامت محیط و کار، ۱۳۹۹

مشخصات ظاهری : ۳۰۷ص، جدول و نمودار

یادداشت : چاپ قبلی : انتشارات دانشجو ۱۳۹۵، ۲۴۲ ص

یادداشت : چاپ اول

یادداشت : کتابنامه

موضوع : بهداشت حرفه ای

موضوع: industrial hygiene

رده بندی دیویی : ۹۸۰۳/۶۱۶

رده بندی کنگره :RC ۹٦٤

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

شناسه افزوده: Iran.Ministry of Health and Medical Education

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

نام کتاب : حدود مجاز مواجهه شغلی – ویرایش پنجم ۱۴۰۰

ناشر : مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

تلفن: ۸۱۴۵۴۱۳۹- ۸۱۴۵۴۱۷۴- ۸۱۴۵۵۰۳۳ - ۰۲۱ ، نمابر : ۸۱۴۵۴۳۵۷ – ۰۲۱ ،

http://markazsalamat.behdasht.gov.ir

مجری طرح : مرکز سلامت محیط و کار

مولف : وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مرکز سلامت محیط و کار

نوبت چاپ : اول- ۱۴۰۰

طراح جلد: مهندس مهدی علی گل

تیراژ :

فیلم زینک:

چاپ و صحافی:

شابک : ۲ – ۵۴ – ۶۲۷۶ – ۶۲۲ – ۹۷۷

جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

حدود مجاز مواجهه شغلی

ویرایش پنجم ۱۴۰۰

جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

بسمه تعالی

پیام وزیر

در جهان امروز سرمایه انسانی به‌ویژه نیروی کار ماهرگران بهاترین عنصر برای تحقق اهداف توسعه پایدار به شمار می‌رود و حفظ و ارتقاء سلامت این عزیزان از طریق تأمین محیط کار سالم، از اهم اهداف وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است.

کاربرد ده‌ها هزار نوع ماده شیمیایی با خواص و اثرات مختلف و استفاده از دستگاه‌ها و ماشین‌آلات صنعتی گوناگون، منجر به افزایش مواجهه شاغلان با انواع عوامل زیان‌آور محیط کار می‌شود که امکان ابتلا به بیماری‌های شغلی را افزایش خواهد داد. برای برخورداری شاغلان از محیط کار سالم، کنترل عوامل زیان‌آور مذکور ضرورت دارد. برای تحقق این امر اولین گام، شناسایی و تفکیک محیط‌های کاری سالم و ناسالم از یکدیگر بر اساس معیارهایی تحت عنوان "حدود مجاز مواجهه شغلی" است.

همگام با پیشرفت‌های علمی و مطالعات گوناگون، مقادیر حدود مجاز مواجهه شغلی نیز با تغییر روبرو است. در این راستا وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی اقدام به تدوین، به‌روز رسانی و ابلاغ مجموعه حاضر تحت عنوان "حدود مجاز مواجهه شغلی" نموده است. این حدود و ضوابط برای کلیه کارفرمایان و مدیران اجرایی کارگاه‌ها و واحدهای شغلی لازم الرعایه است و چنانچه محل کار دارای عوامل زیان‌آور فراتر از حدود مجاز باشد باید با استفاده از روش‌های مؤثر فنی- مهندسی، مدیریتی و اجرایی، به میزان حدود تعیین‌شده و یا کمترکاهش یافته وکنترل گردد.

امید است با بهره‌برداری از نسخه حاضر که حاصل زحمات تعداد زیادی از اساتید مجرب دانشگاه‌ها، کارشناسان اجرایی و محققان کشور است و طی سالهای ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مرکز سلامت محیط و کار معاونت بهداشت زیر نظر کمیته‌های فنی تخصصی تدوین شده است، شاهد محیط کار سالم برای شاغلان عزیز و زحمتکش و افزایش بهره‌وری فعالیت‌های اقتصادی کشور باشیم.

امسال در شرایطی نسخه پنجم کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی آماده بهره‌برداری گردید که کل جامعه جهانی درگیر پاندمی کووید-۱۹ است. تأثیر این پاندمی برکل بخش‌های جامعه از جمله فضای کسب وکار و سلامت نیروی کار، به خصوص کارکنان خدمات بهداشتی و درمانی نگران‌کننده بوده است.

شیوه نامه های بهداشتی پیشگیری و پاسخ به کرونا (گام اول و دوم) برای گروه‌های شغلی مختلف اقدام قابل تقدیری بودکه زمینه صیانت از سلامت نیروی کار، منابع مادی و تاب آوری اقتصادی کشور را فراهم نمود. این پاندمی لزوم توجه بیشتر بر عوامل زیان‌آور بیولوژیک و بیماری های واگیر را آشکار کرد. با توجه به اهمیت صیانت شاغلین از عوامل مذکور در محل کار، در مجموعه حاضر بخش عوامل بیولوژیک برای نخستین بار اضافه شد. انتظار می‌رود متخصصان و محققان محترم بهداشت حرفه ای با همکاری سایر متخصصان مرتبط، با استفاده از تجربیات جهانی، ضمن تقویت و به روزرسانی شیوه‌نامه‌های بهداشتی محل کار و کنترل عفونت های واگیر با پتانسیل اپیدمی، نسبت به توسعه راهنمای مواجهه با عوامل زیان آور بیولوژیکی در ویرایش‌های بعدی اهتمام نمایند.

دکتر سعید نمکی

وزیر بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

اعضای کمیته های بازنگری و تدوین ویرایش پنجم حدود مجاز مواجهه شغلی

نام و نام خانوادگی	سمت
دکتر احمد جنیدی جعفری	مسئول طرح
دکتر یحیی خسروی	مجری طرح
دکتر فاطمه صادقی گلوردی	مجری طرح
مهندس حسین طلعتی	مسئول هماهنگی اجرا
دکتر فریده گل بابایی	کمیته عوامل شیمیایی
دکتر سید جمال الدین شاه طاهری	"
دکترمسعود ریسمانچیان	"
دکتر عبدالرحمن بهرامی	"
دکتر مهدی جهانگیری	"
دکتر رسول یار احمدی	"
دکتر مریم رامین ثابت	"
مهندس احسان فرورش	"
دکتر یحیی رسول زاده	"
دکتر محمد حاج آقا زاده	"
مهندس رضا مرادی	"
دکتر فرشید وفا	"
مهندس محمد رضا حسن بیگی	"
دکتر اصغر قهری	"
دکتر یاسر شکوهی	"
دکتر محمد رضا منظم	کمیته عوامل فیزیکی
مهندس فرید سیف آقایی	"
دکتر رستم گل محمدی	"
مهندس کیکاووس ازره	"
دکتر حمیدرضا حیدری	
مهندس حمید اقتصادی	"
دکتر محسن علی آبادی	"

مهندس شهریار ابوالحسینی	"
دکتر حبیب اله دهقان	"
دکتر محمد جواد جعفری	"
مهندس حمیدرضا فخاریان	"
مهندس فاضله کتایون مدیری	"
دکتر حامد جلیلیان	"
دکتر غلامرضا مرادی	"
دکتر جمشید رحیمی	"
مهندس مهتاب سلیمی	"
دکتر محمد جواد عصاری	کمیته پایش بیولوژیکی و عوامل بیولوژیک
مهندس مهدی علی گل	"
مهندس ندا بختیاری	"
دکتر اسماعیل سلیمانی	"
دکتر فریبرز امیدی	"
دکتر منصور رضا زاده آذری	"
دکتر مجید معتمد زاده	کمیته عوامل ارگونومی
دکتر علیرضا چوبینه	"
مهندس زهره روشنی	"
دکتر نرمین حسن زاده رنگی	"
دکتر مصطفی پویا کیان	"
دکتر محسن زارع	"

فهرست مطالب

پیام وزیر..... ۴
مستندات قانونی ۱۱
بخش اول: حدود مجاز مواجهۀ شغلی با عوامل شیمیایی ۱۷
تعریف حدود مجاز مواجهۀ شغلی..... ۱۹
حدود مجاز مخلوط مواد شیمیایی..... ۲۷
کاربرد حدود مجاز مواجهه برای شرایط محیطی غیرمعمول..... ۲۷
برنامه‌های کاری غیرمعمول برای مشاغل با گردش کار هفتگی..... ۲۸
واحدهای OELs..... ۳۰
نمادها..... ۳۱
سرطان زایی..... ۳۲
بخار و مواد قابل تنفس(IFV)..... ۳۲
مواد شیمیایی با قابلیت ایجاد آسیب شنوایی..... ۳۳
ایجاد حساسیت..... ۳۳
پوست..... ۳۵
روش استفاده از جدول حدود مجاز مواجهه شغلی..... ۳۸
فهرست الزام آور حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی محیط کار..... ۴۰
ضمایم حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی..... ۱۲۴
ضمیمه الف: سرطان‌زایی..... ۱۲۴
ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال‌پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند..... ۱۲۵
ضمیمه ج– معیار نمونه‌برداری مبتنی بر انتخاب سایز ذرات هوابرد..... ۱۲۶
ضمیمه ه: حداقل محتوای اکسیژن..... ۱۳۴
ضمیمه و: روش محاسبه دوطرفه برای مخلوط‌های بخار حلال هیدروکربنی تصفیه شده معین... ۱۳۹
بخش دوم: حدود مجاز شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی..... ۱۴۴
پایش بیولوژیکی(زیستی)..... ۱۴۴
شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی..... ۱۴۴
ارتباط BEI با OEL..... ۱۵۲

جمع آوری نمونه ۱۵۳
مقبولیت نمونه ادرار ۱۵۴
ضمانت کیفی ۱۵۴
نمادهای ملاحظات ۱۵۴
کاربرد BEIs ۱۵۶
بخش سوم:حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) با عوامل فیزیکی محیط کار ۱۶۸
مقدمه ۱۶۸
تعاریف ۱۶۹
آکوستیک ۱۷۰
مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین ۱۷۰
فراصوت ۱۷۱
حد مجاز مواجهه شغلی با صدا ۱۷۳
الگوی مکمل جهت ارزیابی مواجهه با صدا ۱۷۷
صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای ۱۷۹
ارتعاش ۱۸۳
ارتعاش انسانی ۱۸۳
ارتعاش دست – بازو ۱۸۳
ضمیمه الف ۱۸۹
ارتعاش تمام بدن ۱۹۹
ضمیمه ب ۲۱۰
روشنایی ۲۱۹
تنش‌های حرارتی ۲۲۳
الف – تنش گرمایی ۲۲۳
ب ـ تنش سرمایی ۲۴۶
ضرورت‌های پایش محیط کار ۲۶۱
پرتوها ۲۶۳

بخش چهارم: حدود مجاز در ارگونومی ۲۶۵

آسیب‌های اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) ۲۶۶

راهبردهای کنترل..... ۲۶۷

عوامل غیر شغلی..... ۲۶۸

ارزیابی بار کار جسمانی..... ۲۷۴

حدود توصیه شده مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی..... ۲۷۵

محاسبات ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار..... ۲۷۹

ارزیابی فعالیتهای هل دادن، کشیدن و حمل بار..... ۲۸۱

بخش پنجم: عوامل بیولوژیکی ۲۹۹

منابع ۳۰۶

مستندات قانونی

تبصره یک ماده واحده قانون اصلاح بند ۲ ماده ۱ قانون تشکیلات و وظایف وزارت بهداشت

اعلام ضوابط و حدود تماس مجاز سموم و مواد شیمیایی از حیث رعایت نکات بهداشتی بر عهده وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است و کلیه سازمان ها موظف به رعایت ضوابط مربوطه می باشند.

ماده۱ قانون تشکیلات و وظایف وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

الف) بند ۲: تأمین بهداشت عمومی و ارتقاء سطح آن از طریق اجرای برنامه‌های بهداشتی مخصوصاً درزمینه بهداشت محیط، کنترل و نظارت بهداشتی بر سموم و مواد شیمیایی، مبارزه با بیماری‌ها، بهداشت خانواده و مدارس،آموزش بهداشت عمومی، بهداشت‌کار و شاغلین با تأکید بر اولویت مراقبت‌های بهداشتی اولیه، به‌ویژه بهداشت مادران و کودکان با همکاری و هماهنگی دستگاه‌های ذی‌ربط.

ب) بند ۱۱: تعیین و اعلام استانداردهای مربوط به:

خدمات بهداشتی، درمانی، بهزیستی و دارویی.

مواد دارویی، خوراکی، آشامیدنی، آرایشی، آزمایشگاهی، تجهیزات، ملزومات و مواد مصرفی پزشکی و توان‌بخشی.

بهداشت کلیه مؤسسات خدماتی و تولیدی مربوط به خدمات و مواد مذکور در فوق.

ج) بند ١٦: تعیین ضوابط مربوط به ارزیابی، نظارت و کنترل بر برنامه‌ها و خدمات واحدها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی، بهداشتی – درمانی و بهزیستی و انجام این امور بر اساس استانداردهای مربوطه.

ماده ۱۰ آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح ماده ٧٦ قانون تأمین اجتماعی

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تغییرات حدود تماس شغلی آلاینده‌های محیط کار و عوامل بیماری‌زا را به شورای عالی حفاظت فنی اعلام و شورای عالی مذکور مراتب را به کمیته‌های استانی کارهای سخت و زیان‌آور برای اجرا ابلاغ می‌نماید.

ماده ۸۵ قانون کار

برای صیانت نیروی انسانی و منابع مادی کشور رعایت دستورالعمل‌هایی که از طریق شورای عالی حفاظت فنی (جهت تأمین حفاظت فنی) و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (جهت جلوگیری از بیماری‌های حرفه‌ای و تأمین بهداشت‌کار و کارگر و محیط کار) تدوین می‌شود، برای کلیه کارگاه‌ها، کارفرمایان، کارگران و کارآموزان الزامی است.

مقدمه

دستیابی به سلامت حق اساسی آحاد جامعه ازجمله کارگران و کارکنان مشاغل مختلف است. رشته بهداشت حرفه‌ای به‌منظور تأمین این حق اساسی در جهت حرکت به سمت عدالت اجتماعی و حفظ کرامت اقشار زحمتکش جامعه فعالیت می‌نماید. بهداشت حرفه‌ای علم و فنی است که با پیش‌بینی، شناسایی، ارزیابی و کنترل عوامل زیان‌آور شغلی، در جهت تأمین، حفظ و ارتقاء بالاترین سطح سلامت جسمانی، روانی و اجتماعی کارکنان تمام مشاغل تلاش می‌کند. مسئولیت نظارت بر اجرای برنامه‌ها و طرح‌های بهداشت حرفه‌ای در محیط‌های کاری کشور به عهده مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است و از مهم‌ترین سیاست‌های اصلی بهداشت حرفه‌ای در ایران تحقق اهداف عالی بهداشتی اشاره شده در قانون اساسی کشور و تأمین، حفظ و ارتقاء سطح سلامت و کیفیت نیروی انسانی جهت دستیابی به توسعه پایدار مندرج در سند چشم‌انداز توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور و نقشه جامع علمی در بخش سلامت است. بر اساس آمارهای منتشره از مرکز آمار ایران، بالغ بر ۲۰ میلیون نفر شاغل در بیش از ۳ میلیون واحد شغلی در حال فعالیت هستند که از این تعداد، عمدتاً ۴۵ درصد نیروی کار در بخش های خدماتی، ۳۰ درصد در بخش کشاورزی و ۲۵ درصد در بخش‌های صنعتی شاغل هستند که به شکل‌های مختلف در معرض عوامل زیان‌آور بهداشتی ناشی از فعالیت کاری قرار دارند.

اندازه‌گیری مواجهه با عوامل زیان‌آور محیط کار، پیش‌نیاز برنامه‌های مهمی چون تدوین و اجرای برنامه‌های کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار، استقرار سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در محیط‌های کار (ISO۴۵۰۰۱)، معاینات شغلی بدو استخدام و دوره‌ای، تعیین صفت سخت و زیان-آوری مشاغل، آموزش‌های بهداشت حرفه‌ای به شاغلین و درنهایت انتخاب و استفاده بهینه از وسایل حفاظت فردی است. پس از اندازه‌گیری‌های انجام شده برای ارزیابی نتایج، نیاز به معیارهای قضاوت خواهد بود. لذا تدوین حدود مجاز ملی برای آلاینده‌های محیط کار امری لازم و اجتناب ناپذیر است تا ضمن توصیه‌های لازم ضوابط مشخص و واحدی برای کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار در اختیار ارائه کنندگان خدمات بهداشت حرفه‌ای، کارفرمایان، صاحبان مشاغل و صنایع و کارکنان قرار گیرد.

از سال ۱۳۷۰ در راستای صیانت از سلامت شاغلین، وزارت بهداشت با جلب مشارکت گروهی از متخصصین بهداشت حرفه‌ای کشور و بر مبنای منابع علمی معتبر بین‌المللی و در نظر گرفتن ملاحظات بومی، برای اولین بار اقدام به تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی نموده است. در طول دهای گذشته

مراکز و سازمان‌های قانونی و تحقیقاتی متعددی در کشورهای مختلف، حدود مجاز مواجهه شغلی را به‌صورت راهنما و کتاب ارائه نموده‌اند که عمدتاً در کشورهای مختلف دنیا موردپذیرش قرارگرفته و یا مبنایی برای تدوین استاندارد ملی بوده است.

پس از تعیین و ابلاغ حدود مجاز مواجهه شغلی و بعد از دوره‌های زمانی مشخص به دلایلی ازجمله تغییر قوانین بین‌المللی یا ملی، دعاوی قضایی، تقاضای جامعه، تغییر و اصلاح فرایندهای تولید و سطح فناوری، اهمیت روزافزون معضلات جهانی نظیر مسائل زیست‌محیطی، ارتقاء سطح دانش و مهارت‌های علمی درزمینه روش‌ها و فنون آزمایشگاهی، ارتقاء سطح فنون آماری مورد استفاده به ویژه در مطالعات اپیدمیولوژی، افزایش ارتباطات و تبادل اطلاعات در بعد جهانی، تفاوت‌ها در قابلیت تحمل ریسک و سهولت دسترسی به نتایج داده‌های مربوط به حدود مجاز مواجهه شغلی سایر کشورها، لازم است که این حدود بر اساس تغییرات و اصلاحات مورد اشاره بازنگری شده و به‌روز رسانی شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد حدود مجاز مواجهه شغلی با عناوین متنوع در کشورهای مختلف در دوره‌های زمانی بین ۳ الی ۵ سال بازنگری می‌شوند. باتوجه به لازم الاجرا بودن این حدود مجاز در کشور، مطابق تبصره یک ماده واحده قانون اصلاح بند ۲ ماده ۱ قانون تشکیلات و وظایف وزارت بهداشت، ماده ۸۵ قانون کار و سایر مقررات اشاره شده در بخش مستندات قانونی و استفاده از آن توسط کارشناسان، متخصصین و محققین به‌عنوان معیار قضاوت و تصمیم‌گیری در مورد سهم و نقش عوامل زیان آور شغلی در مدیریت ریسک محیط کار، اهمیت به روز رسانی آن دو چندان می‌گردد.

ویرایش‌های قبلی منتشرشده حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL)[۱] در کشور مربوط به سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۵بوده است و اینک ویرایش پنجم آن (۱۴۰۰) ارائه می‌گردد.

به‌منظور تهیه ویرایش پنجم در گام نخست، بروز رسانی نسخه چهارم بر مبنای نسخه TLV-۲۰۲۱ منتشره توسط ACGIH در مرکز سلامت محیط و کار انجام شد. سپس یک فراخوانی عمومی با هدف ایجاد فرصت برابر همکاری و اعلام نظر برای کلیه متخصصین و افراد خبره علمی، اجرایی و صنعتی انجام شد. در مرحله بعد نظرات حدود ۶۰ نفر از متخصصان درباره نسخه پیش‌نویس اولیه اخذ گردید و کارگروه های تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی با عضویت متخصصین و افراد خبره و باسابقه با رعایت سهم نسبی تخصص‌های موردنیاز تشکیل شد که شامل کارگروه: عوامل شیمیایی، سم‌شناسی و

---

۱ Occupational Exposure Limits

نشانگرهای زیستی، عوامل بیولوژیکی، عوامل فیزیکی و ارگونومی تشکیل گردید. وظیفه اعضاء کمیته بررسی مستندات داخلی و بین‌المللی و ارائه نقطه نظرات در خصوص حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل زیان‌آور فیزیکی، شیمیایی و ریسک فاکتورهای ارگونومی ترجمه شده و انطباق آن با شرایط کشور از نظر داشتن قابلیت اجرا و مقررات جاری بوده است. اعضای کارگروه‌های مذکور شامل اعضای هیئت‌علمی با رشته‌های مرتبط دانشگاهی، نمایندگانی از کارشناسان و بازرسان با تجربه وزارت بهداشت و نیز کارشناسان و خبرگان بخش صنعت و سازمان‌های ذی‌نفع بوده اند. مرکز سلامت و محیط و کار وزارت بهداشت و درمان وظیفه ترجمه متن، راهبری و هماهنگی‌های لازم بین کارگروه‌ها و جمع‌بندی نتایج کار را عهده‌دار بوده است.

تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور باید اساساً منطبق بر پژوهش‌های فراگیر و مستمر باشد. اما اغلب، محدودیت‌های تحقیقاتی و ملاحظات اجرایی این اجازه را نمی‌دهد که با موضوع، رویکردی کاملاً پژوهش محور داشت. تجربیات کشورهای پیشرو و سازمان‌های فراملیتی نیز به‌طور مطلق منطبق و متکی بر پژوهش‌های خود آنان نیست بلکه با بهره‌گیری از نتایج کار محققین در سراسر دنیا و تجربیات میدانی و اجرایی و با در نظر گرفتن ملاحظات محلی حدود مجاز را برای عوامل زیان‌آور تدوین و منتشر می‌کنند. منبع اصلی در ویرایش‌های قبلی و اخیر کتاب حدود مجاز مواجهه کشور اقتباسی و با محوریت راهنمای حدود مجاز مواجهه از انتشارات ACGIH بوده است. این راهنما صراحت دارد که در حدود مجاز تعیین‌شده صرفاً ملاحظات اثر بر سلامت عوامل زیان‌آور مدنظر قرارگرفته است و ملاحظات اقتصادی و فناوری و قانونی و ویژگی‌های بومی کشورها در آن لحاظ نشده است. بدین جهت در سال ۱۳۹۸ مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت تصمیم گرفت که با رعایت سه رویکرد: اقتباس، پژوهش محوری و اجماع علمی صاحب نظران به بازنگری حدود مجاز مواجهه شغلی بپردازد. درهرحال پایه اصلی تدوین ویرایش جدید، با رعایت قالب اصلی ویرایش‌های قبلی کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی بوده است و با در نظر گرفتن موارد زیر تدوین گردید:

- کتاب "حدود مجاز مواجهه شغلی" ویرایش چهارم، انتشار سال ۱۳۹۵
- استفاده از فهرست آخرین حدود مجاز شغلی سازمان‌های: ACGIH،NIOSH،OSHA استانداردهای اتحادیه اروپا و حدود مجاز کشورهای ژاپن
- استفاده از منابع علمی نو و معتبر بین‌المللی و نتایج آخرین مطالعات در کشورهای دیگر.
- بهره‌گیری از یافته ها و مدلهای میدانی از مطالعات کاربردی توسط محققان داخلی

- استفاده از پایگاه‌های اطلاعات معتبر بین‌المللی.
- در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، فناوری، اجتماعی و راهبردهای مصوب بالادستی کشور.
- در نظر گرفتن وسعت و خصوصیات جامعه کارگری در مواجهه با عامل زیان‌آور.
- در نظر گرفتن پیمان‌ها و قوانین ملی و بین‌المللی مرتبط.
- در نظر گرفتن ماموریتها و چشم اندازهای متفاوت متاثر از مسئولیتهای مشترک با سازمان‌های بین‌المللی و بین دولتها

کتاب حاضر تحت عنوان "حدود مجاز مواجهه شغلی" می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای سالم سازی محیط کار و تأمین سلامت شاغلین مورد استفاده متخصصین بهداشت حرفه‌ای قرار گیرد. بنابراین استفاده و تفسیر حدود مجاز مزبور، محدود به کسانی است که دانش لازم را برای آن آموخته باشند و از محدودیت‌هایی که ممکن است در حالات مختلف عملی پدید آید آگاهی داشته و بتوانند تفسیر صحیحی از تطابق این حدود مجاز با آلودگی محیط کار به دست آورند. مطالعه اسناد و مدارکی که بر پایه آن حدود مجاز وضع گردیده می‌تواند راهنمای خوبی در این زمینه باشد. جهت استفاده از این کتاب لازم است مقدمه هر بخش را به‌دقت مطالعه و در موارد ضروری با متخصصین مربوطه مشورت نمایند. بدیهی است که مسئولیت عواقبی که از کاربرد غیر صحیح این حدود مجاز به وجود آید و یا احیاناً مربوط به حالات استثنایی و بسیار نادر باشد به عهده مرکز سلامت محیط و کار نخواهد بود. کتاب «حدود مجاز مواجهه شغلی» هر دو تا سه سال یکبار مطابق با مقتضیات و اولویت‌های کشوری مورد تجدید نظر قرار می گیرد. لذا کلیه اسناد و مدارک به‌دست‌آمده در ارتباط با تأیید یا رد موارد اعلام شده مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در صورت تأیید در چاپ بعدی ملحوظ خواهد شد. رعایت حدود مجاز اعلام شده در این کتاب برآوردی از وضعیتی است که در آن شرایط اختلال فیزیولوژیک یا بیماری مشهودی برای شاغلین در محدوده‌های اعلام شده حادث نگردد. لیکن باید توجه داشت که شرایط جسمانی و زمینه‌های فردی شاغلین متفاوت است و این حدود بیان کننده مرز حقیقی بین سلامت و خطر نیست به همین منظور در اغلب موارد حد مراقبت نیز تعریف گردیده است. به نظر می‌رسد اگر شاغلین روزانه ۸ ساعت و ۴۰ ساعت کار هفتگی با حدود تعیین‌شده مواجهه داشته باشند با سطح اطمینان قابل قبولی برای سنوات کاری و بعد از آن سلامت آنان تأمین می گردد.

کتاب بازنگری شده حاضر، حاصل بیش از دو سال کار مداوم و پی گیر مرکز سلامت محیط و کار با مشارکت اعضاء کارگروه های علمی مرتبط بوده است که به جامعه متخصصین و شاغلین پر تلاش

کشور تقدیم می گردد و امید است موردتوجه و عنایت خداوند متعال قرار گیرد. از کلیه همکاران محترم استدعا داریم که نظرات اصلاحی و پیشنهادی خود را به مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به آدرس تهران، شهرک قدس، میدان قدس، بلوار شهید فرحزادی، خیابان ایوانک شرقی، وزارت بهداشت و درمان، ارسال نمایند. این نظرات می تواند شامل اصلاح توضیحات علمی کتاب و پیشنهاد تعدیل یا ایجاد حدود مجاز عوامل زیان‌آور باهدف بومی سازی انجام شود.

خواهشمند است نظرات خود را بصورت خلاصه ی مدیریتی، پیشنهادات، دلایل توجیهی (حداکثر در ۱۰ صفحه) و منابع مورد استفاده به صورت پیوست ارسال نمائید. نظرات واصله در کارگروه تخصصی مربوطه بررسی و در صورت تصویب، در نسخه بلافصل بعدی ارائه می گردد. نظرات مصوبی که امکان تحقق آن‌ها در بازه کوتاه فراهم نیست در صورت تصویب و قابل اجرا بودن در نسخه های آتی ارائه خواهد شد.

دکتر احمد جنیدی جعفری

رییس مرکز سلامت محیط و کار

بخش اول: حدود مجاز مواجههٔ شغلی با عوامل شیمیایی

مقدمه

در این فصل حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی به همراه مطالب تکمیلی مفید جهت بیان بهتر واژه‌های اختصاصی و تعاریف و کاربرد هر یک از آن‌ها ارائه می‌شود. حد مجاز مواجهه بایستی توسط کارشناسان و متخصصان بهداشت حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. این حدود باهدف ارزیابی و سطح کنترل مخاطرات محیط‌های کاری تعیین‌شده است و نباید در موارد دیگر مثل ارزیابی و کنترل آلودگی هوای مناطق شهری، روستایی یا زیست‌محیطی مورداستفاده قرار گیرند. همچنین از این حدود نباید برای برآورد پتانسیل میزان زیان‌آوری مواجهه مداوم و بی‌وقفه یا دوره‌های کاری طولانی‌مدت استفاده نمود. از دیگر موارد ممنوعیت، استفاده از حدود مجاز برای اثبات یا رد وجود یک عارضه یا بیماری در شاغلین است. حد مجاز مواجهه شغلی تعیین شده برای عوامل شیمیایی بسته به نوع حد، تعاریف و کاربردهای ویژه دارد. با تأمین شرایط مناسب در محیط کار و اعمال اقدامات کنترلی که منجر به کاهش مواجهه شاغلین با عوامل شیمیایی با غلظت کمتر از حدود مجاز مواجهه آن‌ها شود، انتظار می‌رود اثرات سوء کوتاه‌مدت و بلندمدت ناشی از این عوامل در شاغلین ایجاد نگردد. به دلایل مختلف ازجمله تفاوت در حساسیت و آسیب‌پذیری افراد، ممکن است بخش کوچکی از شاغلین در اثر مواجهه با مقادیر معادل و یا حتی کمتر از حد تعیین‌شده دچار عوارض جزئی، بیماری یا عارضه جدی و تشدید یا پیشرفت عوارض و بیماری‌های قبلی شوند. در این موارد، متخصصین طب کار بایستی این گروه از افراد را شناسایی و تحت مراقبت ویژه قرار دهند. بنابراین هرچند ملاحظات کافی برای تدوین این حدود مجاز اعمال‌شده است اما باید در نظر داشت که حدود تعیین‌شده مرز قطعی بین محیط کار سالم و پتانسیل مواجهه شغلی با مواد شیمیایی نیست و همواره باید جانب احتیاط را مراعات نمود و بر این اساس عقل و منطق حکم می‌کندکه غلظت تمام آلاینده‌های هوای محیط کار در پایین‌ترین سطح ممکن کنترل شود.

علاوه بر حساسیت‌های فردی عوامل دیگری نیز می‌توانند در مواجهه با غلظت‌های برابر یا کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی در بروز اثرات سوء بر سلامتی مؤثر باشند که از آن جمله می‌توان خصوصیات

ارثی و مادرزادی، سن، عادات فردی، استعمال سیگار، مواد مخدر، آلودگی هوا، درمان‌های دارویی و مواجهه‌های قبلی با مواد شیمیایی را نام برد. استعمال دخانیات می‌تواند سیستم‌های بدن را در برابر مواد سمی تضعیف نموده و نیز باعث تشدید اثرات بیولوژیک مواد شیمیایی موجود در محیط کار شود.

منابع اصلی که در تعیین این حد مجاز مواجهه شغلی مورد استفاده و استناد قرارگرفته‌اند عبارت‌اند از: اطلاعات حاصل از تجارب محیط کار، مطالعات تجربی بر روی انسان، حیوانات و یا ترکیبی از منابع مذکور، استفاده از حدود مجاز برخی از کشورها و سازمان‌های معتبر که در مقدمه کتاب آمده است. بر این اساس مبنای تعیین حد مجاز شغلی برای مواد شیمیایی مختلف متفاوت است و بعلاوه در تعیین آن برای برخی مواد، پیشگیری از بیماری یا عارضه‌ای خاص موردنظر بوده و در مواردی نیز حالاتی نظیر: تحریک، تخدیر، آزاردهندگی و استرس‌زایی مبنا و پایه تعیین حد مجاز شغلی قرارگرفته اند. در ویرایش پنجم حدود مجاز مواجهه عوامل شیمیایی، ۱۸ ماده شیمیایی به فهرست قبلی اضافه‌شده است که برگرفته از حدود مجاز مواجهه برخی از سازمان‌های معتبر یا حدود ملی برخی از کشورها است. با توجه به آنکه مبنای تعیین حدود برای برخی از مواد به‌طور دقیق مشخص نشده یا در دسترس نبوده لذا در ستون مربوط به مبنای تعیین حدود این مواد مطلبی ارائه نشده است و این مواد به پیوست این بخش منتقل شده اند. در ضمن در تدوین این حدود سعی شده است که علاوه بر اثرات و عوارض عوامل شیمیایی، شرایط و محدودیت‌های فنی، اقتصادی و قابلیت‌های اجرائی نیز در نظر گرفته شوند. به همین دلیل جدول حدود تماس شغلی عوامل بیماری زا در دو جدول مجزای حدود الزام آور در متن اصلی و حدود توصیه شده در پیوست قرار داده شده است.

به دلیل تفاوت‌های موجود در کیفیت و کمیت اطلاعات مورد استفاده برای تعیین حد مجاز مواجهه شغلی مواد مختلف، ارقام تعیین‌شده دارای دقت یکسانی نیستند. لذا جهت تعیین مقدار دقیق حد مجاز مواجهه باید جدیدترین و مطمئن‌ترین مستندات و اطلاعات مورداستفاده قرار گیرد. این موضوع باید همواره به اطلاع مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی رسانده شود تا در بازنگری‌های بعدی حدود مجاز مواجهه شغلی مورد استناد قرار گیرد.

تعریف حدود مجاز مواجههٔ شغلی

حدود مجاز مواجههٔ شغلی۱ (OELs) به غلظت آلاینده‌های هوابرد مواد شیمیایی اشاره دارد و شرایطی را بیان می‌کند که اگر کارگران به‌طور مداوم و به شکل روزانه در طول مدت‌زمان سنوات کاری خود با آن مواجهه داشته باشند، تقریباً همهٔ آن‌ها از تأثیرات زیان‌آور این مواد مصون خواهند ماند.

تمامی کسانی که از (OELs) استفاده می‌کنند، باید همواره به آخرین مستندات و اطلاعات مربوط به آن مراجعه کنند و از درک صحیح مبانی حدود مجاز مواجههٔ شغلی و اطلاعاتی که در تدوین این حدود به کار گرفته‌شده است اطمینان حاصل نمایند. ذکر این نکته ضروری است که کمیت و کیفیت اطلاعات ارائه‌شده برای هر مادهٔ شیمیایی در طول زمان تغییر خواهد کرد. به‌طورکلی، نمی‌توان تصور کرد که مواد شیمیایی با OELs برابر (مقادیر عددی مشابه)، دارای اثرات سمی و بیولوژیکی مشابه می باشند. به علاوه نمی توان بر اساس تشابه ساختار فیزیکی و یا شیمیایی دو ماده برای آنها سمیت مشابه در نظر گرفت.

در این کتاب OELs فهرست شده برای هر مادهٔ شیمیایی، شامل غلظت هوابرد این مواد برحسب قسمت در میلیون (PPM) یا میلی‌گرم بر مترمکعب (mg/m^3) و اثرات قطعی که توسط هر ماده ایجاد می‌شود می باشد. در واقع، این اثرات قطعی مبنای اصلی برای تدوین OELs آن ماده هستند.

باید توجه داشت که تفاوت‌های فراوانی در میزان پاسخ‌های زیستی به یک مادهٔ شیمیایی خاص وجود دارد که ممکن است به غلظت هوابرد آن ارتباطی نداشته باشد. به‌عبارت‌دیگر، OELs مرز مشخصی برای قضاوت درباره محیط‌های کاری سالم و ناسالم و یا نقطه‌ای را که این مواد در آن باعث اختلال در سلامتی کارکنان می‌شوند را نشان نمی‌دهد.

بنابراین حدود مجاز مواجهه شغلی نمی‌توانند به شکل مطلق کارگران را در برابر مخاطرات مواجهات شغلی با مواد شیمیایی محافظت کنند. بعضی از افراد ممکن است در زمان مواجهه با غلظت‌هایی از یک ماده شیمیایی در حد OEL و یا حتی مقادیری کمتر از OEL دچار ناراحتی یا عوارض شدید شوند.

حساسیت بیش‌ازحد به یک مادۀ شیمیایی ممکن است در اثر عوامل مختلفی مانند: سن، جنسیت، خصوصیات ژنتیکی (استعداد ابتلا به یک بیماری)، سبک زندگی (رژیم غذایی، کشیدن سیگار، سوءمصرف الکل و مواد مخدر)، مصرف داروها، بیماری‌های زمینه‌ای (تشدید و وخامت آسم و بیماری‌های قلبی و عروقی)، آلودگی هوا و مواجهه‌های قبلی با مواد شیمیایی افزایش یابد.

شایان ذکر است که برخی از افراد ممکن است به واسطۀ مواجهه‌های قبلی (حساس شدن) با یک یا چند مادۀ شیمیایی، در مواجهه‌های بعدی با این مواد، حساسیت و عوارض بیشتری را از خود بروز دهند. حساسیت به اثرات یک مادۀ شیمیایی ممکن است در طول دوره‌های متفاوت رشد جنین و دورۀ بارداری تغییر کند.

همچنین، انجام کار در سطوح مختلف (برای مثال انجام کار سبک یا کار سنگین) یا ورزش کردن و فعالیت بدنی (وضعیت‌هایی که در طی انجام آن‌ها فعالیت‌های قلبی - ریوی افزایش پیدا می‌کند) ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در میزان حساسیت افراد شوند. علاوه بر این، تغییرات دمایی (سرد شدن و گرم شدن شدید هوا) و رطوبت نسبی نیز می‌توانند واکنش افراد نسبت به مادۀ سمی را تغییر دهند. بنابراین، با توجه به اینکه عوامل متعددی ممکن است پاسخ‌های بیولوژیکی افراد را تغییر دهند، مستندات مربوط به هر یک از OELs داده شده باید همواره مورد کارشناسی قرار گیرد.

اگرچه OELs معمولاً به‌مواجهه با غلظت‌های هوابرد مواد شیمیایی اشاره دارند، تماس‌های پوستی که ممکن است در حین انجام کار اتفاق بیفتد نیز باید موردتوجه قرار گیرند.

به‌طورکلی، حد مجاز مواجهه شغلی عوامل شیمیایی در چهار دسته طبقه‌بندی شده‌اند:

متوسط وزنی-زمانی[۱] (TWA)، حد مواجهه کوتاه مدت[۲] (STEL) ، سقفی[۳] (C) و حد مجاز سطح[۴] (SL).

---

۱ Time-Weighted Average (TWA)
۲ Short-Term Exposure Limit (STEL)
۳ Ceiling (C)
٤ Surface Limit (SL)

برای اکثر مواد شیمیایی، حد متوسط وزنی- زمانی به‌تنهایی یا همراه با حد مجاز مواجهۀ کوتاه‌مدت ارائه‌شده است. برای برخی از مواد شیمیایی (مانند گازهای محرک) نیز فقط حد مجاز مواجهۀ کوتاه‌مدت (STEL) یا حد مجاز مواجهۀ سقفی (C) کاربرد دارد. اگر میزان مواجهه شاغلین از هر یک از این چهار حد تجاوز کند، احتمال آسیب‌رسانی ناشی از آن عامل شیمیایی وجود خواهد داشت.

حد مجاز شغلی- متوسط وزنی، زمانی (OEL–TWA) : عبارت است از متوسط غلظت مجاز ماده شیمیایی در ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار در هفته به طوری که مواجهه مستمر و روز به روز با این مقدار تقریباً در کلیه کارگران باعث ایجاد عارضه نامطلوبی نگردد مشروط بر آنکه فاصله زمانی بین پایان ۸ ساعت کار و شروع مجدد آن کمتر از ۱۶ ساعت نباشد و در این مدت با همان مواد شیمیایی یا عوامل تشدید کننده اثرات آنها مواجهه نداشته باشند. گمان می‌رود دستگاههای دفاعی بدن بتوانند سموم حاصل از ۸ ساعت کار را دفع ویا بوسیله پدیده های بیولوژیکی خنثی نمایند. بایستی در نظر داشت که اگر چه در برخی از موارد محاسبه غلظت متوسط هفتگی (به جای یک روز کاری) ممکن است مناسب باشد، اما حدود تعیین شده با شرط ۸ ساعت کار روزانه می باشد و بایستی متوسط غلظت روزانه با حدود تعیین شده مورد مقایسه قرار گیرد.

حد مجاز مواجهۀ کوتاه مدت (OEL–STEL): حد مجاز مواجهۀ کوتاه مدت عبارت است از حد مجاز مواجهه بر مبنای میانگین وزنی – زمانی ۱۵ دقیقه‌ای با یک مادۀ شیمیایی که در هیچ دوره ۱۵ دقیقه ای از یک نوبت‌کاری نباید غلظت آن ماده از این حد بیشتر باشد، حتی اگر میانگین مواجهۀ ۸ ساعته شاغلین کمتر از OEL-TWA آن ماده باشد. OEL-STEL غلظتی از یک مادۀ شیمیایی است که کارگران می‌توانند برای کوتاه‌مدت با غلظت‌های کمتر از آن به‌طور مداوم مواجهه داشته باشند بدون آنکه عوارض زیر را ایجاد کند:

۱) تحریک

۲) آسیب‌های بافتی مزمن یا غیرقابل‌برگشت

۳) اثرات سمی وابسته به میزان دوز

۴) رخوت و خواب‌آلودگی، به حدی که احتمال ایجاد آسیب بر اثر حادثه را افزایش دهد، یا توانایی فرد را برای دور شدن از عامل حادثه‌ساز مختل سازد و یا کارایی وی را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش دهد.

درصورتی‌که میانگین وزنی- زمانی روزانهٔ مواجههٔ کارکنان بیشتر از حد مجاز باشد، OEL-STEL لزوماً نمی‌تواند آنان را در برابر اثرات مذکور حفاظت کند.

معمولاً OEL-STEL به‌عنوان مکمل آن دسته از حدود مجاز بر مبنای OEL-TWA به‌حساب می‌آیند که علاوه بر اثرات مزمن دارای اثرات حاد شناخته شده نیز هستند. با این وجود، ممکن است OEL-STEL به‌عنوان یک حد و راهنمای کاملاً مجزا و مستقل قلمداد شود.

زمان مواجههٔ شغلی با غلظت‌های بین TWA و STEL نباید از ۱۵ دقیقه تجاوز کند. این دوره زمانی مواجهه ۱۵ دقیقه‌ای می‌تواند حداکثر تا ۴ مرتبه در طول ۸ ساعت کار مداوم تکرار شود، مشروط بر آنکه فاصلهٔ بین دو دورهٔ ۱۵ دقیقه‌ای کمتر از ۶۰ دقیقه نباشد. درصورتی‌که اثرات بیولوژیکی مشاهده شدهٔ ناشی از مواجهه با عوامل شیمیایی در بازه‌های زمانی دیگری اتفاق بیفتند، ممکن است میانگین وزنی – زمانی در بازه‌هایی به غیر از ۱۵ دقیقه توصیه شود.

حد مجاز مواجهه شغلی سقفی (OEL–C): عبارت است از غلظتی از مادهٔ شیمیایی که مواجهه شغلی بیش از آن حد حتی برای یک لحظه نیز مجاز نیست. اگر سنجش لحظه‌ای غلظت مادهٔ شیمیایی (برای مقایسه با OEL-C) امکان پذیر نباشد، نمونه‌برداری باید در حداقل زمانی کافی انجام شود تا مواجههٔ معادل با حد مجاز سقفی یا بیشتر از آن تشخیص داده شود.

برای برخی مواد مانند گازهای محرک فقط حد مجاز سقفی کاربرد دارد و برای سایر مواد می توان بر حسب اثرات فیزیولوژیک آنها از یک یا دو حد مجاز استفاده نمود. این اعتقاد وجود دارد که حدود مجاز مواجههٔ شغلی که مبتنی بر تحریکات فیزیکی تعیین‌شده‌اند، نباید کم اهمیت‌تر از حدود مجاز مواجههٔ مبتنی بر آسیب‌های فیزیکی در نظر گرفته شوند. شواهد روزافزونی نشان می دهد که تحریک

فیزیکی ممکن است شروع‌کننده، افزایش‌دهنده یا تسریع‌کنندهٔ اثرات بهداشتی زیان‌آور از طریق برهمکنش با سایر عوامل شیمیایی یا بیولوژیک یا از طریق سازوکارهای دیگر باشد.

حد مجاز مواجهه شغلی بر روی سطوح(OEL–SL) : غلظتی از مواد شیمیایی بر روی سطوح تجهیزات و وسایل محل کار که در صورت تماس‌های مستقیم یا غیرمستقیم با آن، احتمال ایجاد اثرات زیان‌آور وجود ندارد. نظر بر آن است که OEL-SL به‌عنوان تکمیل‌کنندهٔ حدود مجاز مواجههٔ شغلی هوابرد، به‌ویژه در خصوص موادی که عوارض پوستی (با نماد Skin)، حساسیت‌زایی پوستی (با نماد DSEN) و یا حساسیت‌زایی تنفسی (با نماد RSEN) ایجاد می‌کنند، مورداستفاده قرار می‌گیرد تا بتوان معیارهای کمی را جهت ایجاد غلظت‌های قابل‌قبول بر روی سطوح، برحسب $mg/100cm^2$ فراهم کرد. برای اثرات سیستمی که دارای نماد پوست (Skin) هستند، OEL-SL اغلب با میزان دوزی که توسط OEL-TWA برای مدت زمان ۸ ساعت ارائه‌شده است مطابقت دارد، مگر آنکه داده‌های ویژه‌ای در دسترس باشند که ارتباط غلظت نمونه‌های مواد شیمیایی برداشته شده از روی سطوح را با اثرات زیان‌آور این مواد نشان دهند.

برای برخی از مواد حساسیت‌زای پوستی، حد مجاز بر روی سطوح ممکن است با استفاده از برآورد توان و قدرت آسیب‌زایی آن ماده و با استفاده از نتایج مطالعات حیوانی، مانند غلظت مؤثری که می‌تواند باعث افزایش سه برابری تکثیر لنفوسیت‌ها (EC^3) شود، با به‌کارگیری یک ضریب تصحیح مناسب، تعیین شود.

همچنین برای سایر عوامل حساسیت‌زا مانند برخی از حساسیت‌زاهای ریوی که باعث ایجاد حساسیت از طریق تماس پوستی می‌شوند، ممکن است برای تکمیل نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی سطوح و هوابردهای موجود، نیاز به نظرات و قضاوت افراد خبره باشد.

مواجهه‌های بیشینه[۱]: بنا بر توصیهٔ کمیتهٔ تعیین حدود آستانهٔ مجاز مواجههٔ شغلی، در صورت وجود داده‌های تأیید کننده، باید ملاحظاتی را در خصوص OEL-STEL در نظر گرفت. برای بسیاری از

---

۱ Peak Exposures

موادی‌که OEL–TWA دارند، OEL-STEL وجود ندارد. با این وجود، مواجه‌های بیشینه‌ی کوتاه‌مدت که بالاتر از OEL-TWA هستند، باید به شکل مؤثری کنترل شوند، حتی اگر OEL-TWA ، ۸ ساعته به‌دست‌آمده در محیط کار، پایین‌تر از مقادیر توصیه شده باشد.

مواجهه‌های کوتاه مدت با غلظت‌های بالا به این دلیل محدود می‌شوند که از ایجاد عوارض حاد و سریعی که ممکن است درنتیجهٔ مواجهه‌های قله‌ای زودگذر در طول نوبت‌کاری ایجاد شود، جلوگیری شود.

ازآنجایی‌که عوارض مذکور ممکن است چند بار در طول متوسط وزنی زمانی ۸ ساعته اتفاق بیفتند، شرط احتیاط آن است که مواجهه‌های بیشینه محدود شوند (حتی اگر هنوز مستند نشده باشند). بنابراین برای آن دسته از موادیکه OEL-STEL ندارند، حدود مجاز مواجههٔ کوتاه‌مدت پیش‌فرض زیر اعمال می‌شود:

افزایش موقتی میزان مواجهه‌های کارگران می‌تواند تا ۳ برابر میزان OEL-TWA باشد به شرطی که بیشتر از ۱۵ دقیقه و بیشتر از ۴ مرتبه با فاصلهٔ یک‌ساعته در طول یک روز کاری نباشد.

زمانی که بر مبنای TWA، ۱۵ دقیقه سنجیده می‌شود تحت هیچ شرایطی دامنه نوسانات مواجهه کارگر نباید بیشتر از ۵ برابر میزان OEL-TWA باشد.

همچنین میزان TWA ، ۸ ساعته نباید از میزان یک دورهٔ کاری ۸ ساعته فراتر رود.

توضیحات ارائه شده در مورد محدود کردن مواجهه‌های بیشینه در مقادیر بالاتر از OEL-TWA مشابه OEL-STEL است و هردوی آن‌ها بیانگر محدودیت تماس ۱۵ دقیقه‌ای هستند. هدف مورد نظر یکپارچه سازی این رویکردها برای به حداقل رساندن چندگانگی در فرایند انتخاب و استفاده از راهنماهای مختلف و نیز حصول اطمینان از حفاظت کارگران می باشد.

با وجود آنکه مباحث کامل تئوری و ویژگی های توزیع لگ نرمال فراتر از اهداف این بخش است لذا فقط توصیف مختصری از واژه های مهم ارائه شده است. در توزیع لگ نرمال باید از میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی استفاده نمود. در این توزیع شاخص تمایل مرکزی عبارت از آنتی لگاریتم

میانگین لگاریتم مقادیر نمونه ها است. این توزیع دارای چولگی بوده و میانگین هندسی آن همیشه کوچکتر از میانگین حسابی و مقداری است که بستگی به انحراف معیار هندسی (sdg) دارد. در توزیع لگ نرمال، انحراف معیار هندسی، معادل آنتی لگاریتم انحراف معیار لگاریتم مقادیر نمونه است. در این توزیع ۶۸,۲۶٪ مقادیر نمونه ها، بین sdg/mg و sdg × mg قرار می گیرند.

راهنمای مواجهه‌های بیشینه (که قبلاً با عنوان محدوده‌های نوسان از آن یاد می‌شد) منحصراً بر اساس ملاحظات آماری تدوین شده است. برای مثال اگر مقادیر حدود مجاز مواجههٔ کوتاه مدت برای فرآیندی که به خوبی کنترل شده دارای انحراف معیار هندسی ۲ باشد، ۵٪ از کل مقادیر فراتر از ۳/۱۳ برابر میانگین هندسی خواهند بود.

فرآیندهایی که تغییرات بیشتری را نشان می‌دهند، به خوبی تحت کنترل نیستند و باید مجددا تلاش‌های لازم برای کنترل شرایط اعمال شود. مقادیر بیشتر مواجهه، همچنین باعث افزایش احتمال ایجاد اثرات حاد خواهند شد. به اثراتی که ممکن است درجایی که OEL-TWA مبنای پیشگیری از اثرات مزمن است، اشاره‌ای به آن‌ها نشده باشد. فاکتور مواجهه بیشینه، حداکثر تا ۵ نیز بیانگر نگرانی در مورد اثرات نامطلوب بر سلامتی می باشد. محدود کردن مواجهات بیشینه، احتمال فراتر رفتن از مقدار OEL-TWA را کاهش می‌دهد.

هنگامی‌که نمونه‌های اولیه نشان‌دهندهٔ مواجهه‌های بیشینه‌ی بیش از مقادیر پیشنهادشده هستند، ارزیابی‌های دقیق‌تری نیاز خواهد داشت. مخصوصاً این مسئله وقتی جدی‌تر می‌شود که از برنامه کاری غیرمعمول استفاده می شود. قاعده‌ای که در اصطلاح به " قانون ۳ در ۵ " معروف شده است، همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، باید به‌عنوان یک قاعدهٔ تجربی و یک روش پیشگیرانه و کاربردی در نظر گرفته شود. چنانچه در برخی از محیط های متداول کاری، انحراف معیار هندسی بیشتر از عدد ۲ و توزیع داده‌ها مشخص باشد و چنانچه ریسک اثرات زیان‌بار بهداشتی افزایش نیافته باشد، ممکن است بتوان راهنمای مواجهه های بیشینه‌ی توصیه‌شده را بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از محیط کار مشخص و اثرات بهداشتی مادهٔ مورد نظر، اصلاح نمود.

همچنین باید به برنامه‌های کاری غیرمعمول توجه ویژه‌ای شود و اینکه آیا موارد مرتبط با مواجهه های بیشینه باید دربارهٔ OEL-TWA اعمال شود (مثلاً، اگر نگرانی در مورد غلبه داشتن اثرات حاد بر سلامتی وجود دارد) یا OEL-TWA تصحیح شده (مثلاً، اگر نگرانی در مورد تجاوز از حد OEL-TWA تنظیم‌شده وجود دارد). متخصص بهداشت حرفه‌ای آموزش‌دیده باید هنگام استفاده از راهنمای مواجه‌های بیشینه قضاوت درستی داشته باشند. درصورتی‌که OEL-STEL یا OEL-C برای یک ماده موجود باشند، این حدود نسبت به مقادیر مواجهه قله‌ای ارجحیت خواهند داشت.

مقایسه حد مجاز مواجههٔ شغلی TWA و STEL با حد مجاز مواجههٔ شغلی سقفی (C)

یک مادهٔ شیمیایی ممکن است دارای ویژگی‌های سم‌شناسی خاصی باشد که نیازمند استفاده از OEL-C به جای OEL-STEL یا راهنمای مواجهه‌های بیشینه‌ی بالاتر از OEL-TWA باشد. مقداری از غلظت مواجهه با یک ماده که می‌تواند برای کوتاه‌مدت از حد مجاز تجاوز نماید بدون آنکه آسیبی به سلامت شاغل وارد کند بستگی به عوامل زیادی ازجمله: ماهیت آلاینده، امکان ایجاد مسمومیت حاد در مواجهه با غلظت‌های زیاد حتی در کوتاه‌مدت، احتمال اثرات تجمعی و تعداد دفعات و طول مدت زمان مواجهه با غلظت‌های بالا دارد. هنگام تصمیم‌گیری دربارهٔ وجود یا عدم وجود یک وضعیت مخاطره‌آمیز باید کلیه موارد فوق را در نظر گرفت.

اگرچه تعیین غلظت بر مبنایTWA، از رضایت بخش‌ترین و عملی‌ترین روش‌های نظارت بر عوامل هوابرد به جهت تطبیق با OELs به‌حساب می‌آید، چنین تطبیقی ممکن است در مورد برخی از مواد نامناسب باشد. این گروه موادی هستند که اغلب اثرات سمیت خود را سریع اعمال می‌کنند و OEL آن‌ها بر اساس غلظت مرتبط با این پاسخ، ویژه است. موادی با این نوع پاسخ به بهترین شکل توسط OEL-Cکه نباید از آن تجاوز کرد، کنترل می‌شوند. بنابراین واضح است که شیوهٔ نمونه‌برداری برای تعیین عدم سازگاری با OELs برای هر گروه از مواد شیمیایی باید متفاوت باشد. درنتیجه، نمونهٔ واحد و کوچکی که برای تعیین OEL-C قابل‌استفاده است، برای تعیین OEL-TWA مناسب نیست و تعدادکافی از نمونه لازم است تا بتوان تعیین کرد که OEL-C در هیچ زمانی از چرخهٔ کامل کاری یا در کل نوبت‌کار افزایش پیدا نمی‌کند.

به عبارت دیگر OEL-C مرز معینی را مشخص می‌کند که غلظت مواد نباید از آن فراتر رود و برای گروهی از مواد استفاده می شود که غالبا اثرات آنی داشته و OEL بر اساس اثرات اختصاصی آنها تعیین می شود و این در حالی است که میزان OEL-TWA بطور مشروط نوسان مقادیر بالاتر از OEL را مجاز می داند زیرا در طی زمانی که متوسط وزنی زمانی TWA آن تعیین می شود غلظت ماده می تواند به بالاتر یا پایین تر از OEL در نوسان باشد مشروط بر این که مقادیر کمتر از OEL مقادیر بالاتر از آن را جبران نماید.

لذا باید توجه داشت که روش نمونه گیری برای تعیین انواع حدود مجاز متفاوت است. بطور مثال برای تعیین حد مواجهه شغلی سقفی می توان از یک نمونه گیری کوتاه مدت و مختصر استفاده نمود ولی برای تعیین حد TWA به تعداد کافی نمونه در یک شیفت یا یک دوره کامل کاری نیاز است و تعیین دقیق تعداد و مدت زمان مواجهه‌های بیشینه مورد نیاز است که در مقادیر توصیه شدهٔ بالاتر از -OEL TWA قابل‌قبول هستند.

حدود مجاز مخلوط مواد شیمیایی

در هنگام استفاده از OELs برای ارزیابی مخاطرات بهداشتی ناشی از مواجهه هم‌زمان با مخلوطی از دو یا چند ماده شیمیایی، باید ملاحظات ویژه‌ای در نظر گرفته شود. بحث مختصری در مورد ملاحظات اساسی و روش‌هایی که در تدوین حدود مجاز مواجهه با مخلوط مواد شیمیایی به کار گرفته‌شده‌اند به همراه مثال‌هایی جهت تفهیم بیشتر در ضمیمهٔ (د) ارائه‌شده‌اند.

تغییرات در شرایط و برنامه‌های کاری

کاربرد حدود مجاز مواجهه برای شرایط محیطی غیرمعمول

زمانی که شرایط دما و فشار محیط کار شاغلینی که با آلاینده‌های هوا مواجهه دارند تفاوت قابل توجهی با وضعیت نرمال (NTP) (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) داشته باشد، باید در مقایسهٔ نتایج حاصل از نمونه‌برداری و مقادیر OELs دقت کرد. برای آئروسل‌ها، غلظت مواجهه TWA (محاسبه‌شده از حجم نمونه بدون تصحیح دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) باید مستقیماً با حدود مجاز مواجهه تعیین شده(OELs و BELs) مقایسه شوند. برای گازها و بخارات،

گزینه‌های مختلفی برای مقایسه نتایج حاصل از نمونه‌برداری هوا با حدود مجاز مواجهه وجود دارد که به‌تفصیل توسط Stephenson and Lillquist (۲۰۰۱) شرح داده شده است. در ضمن در این شرایط نکات زیر باید رعایت شود:

۱) غلظت مواجهه برحسب جرم بر حجم (mg/m^3)، بدون تصحیح شرایط دما و فشار تعیین شود.

۲) در صورتی که غلظت مواجهه بر حسب واحد mg/m^3 نبود تبدیل واحد انجام شود. برای تبدیل OEL به میلی‌گرم بر مترمکعب (یا سایر واحدهای جرم بر حجم) حجم یک مول از گاز ۲۴/۴۵ لیتر لحاظ شود

۳) جهت مقایسهٔ غلظت اندازه‌گیری شده با OEL موردنظر باید واحدهای یکسان استفاده شود.

برای مقایسه نتایج نمونه‌برداری تحت شرایط جوی غیرمعمول با حدود مجاز مواجهه، چندین پیش‌فرض در نظر گرفته می‌شود. یکی از این پیش‌فرض‌ها این است که حجم هوای استنشاقی شاغل در یک روز کاری تحت شرایط دما و فشار متوسط [متعادل] محیط در مقایسه با شرایط استاندارد، چندان تفاوتی ندارد. یک فرض دیگر برای گازها و بخارات آن است که دز جذب‌شده با فشار نسبی ترکیب استنشاق‌شده مرتبط است. نتایج نمونه‌برداری تحت شرایط غیرمعمول را نمی‌توان به سهولت با حدود مجاز مواجهه تدوین‌شده مقایسه کرد. چنانچه شاغلین با فشارهای خیلی زیاد یا خیلی کم هوا مواجهه داشته باشند، باید دقت زیادی در انجام این مقایسه‌ها به خرج داد.

برنامه‌های کاری غیرمعمول برای مشاغل با گردش کار هفتگی

کاربرد حدود مجاز مواجهه برای مشاغلی که برنامه‌های (زمان‌بندی) کاری آن‌ها تفاوت بسیار زیادی با شرایط معمول ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت هفتگی دارد، نیازمند تجزیه وتحلیل‌های ویژه است تا بتوان این نوع شاغلین را مانند شاغلینی که با برنامهٔ زمان‌بندی کاری معمول کار می‌کنند، حفاظت کرد. هفته‌های کاری کوتاه این اجازه را به شاغلین می‌دهد تا بتوانند شغل‌های دیگری هم داشته باشند. شغل‌هایی که ممکن است مواجهه‌های مشابهی را برای شاغلین به همراه داشته باشند. درنتیجه علیرغم اینکه ممکن است در هیچ‌یک از این مشاغل مواجهه بیشتر از حد مجاز نباشد، مجموع مواجهه‌های فرد

بیش‌ازحد مجاز گردد. مدل‌های ریاضی متعددی برای تحلیل و تنظیم برنامه‌های زمان‌بندی کاری غیرمعمول ارائه‌شده‌اند. برحسب اصول سم‌شناسی، هدف کلی آن‌ها تعیین دزی است که بتوان اطمینان حاصل نمود که بیشینهٔ (پیک) بار بدنی روزانه یا هفتگی یک آلاینده ازآنچه که در طی یک نوبت‌کاری معمولی(۸ ساعت در روز/ ۵ روز در هفته) رخ می‌دهد، تجاوز نمی‌کند. این مدل حد مجاز را متناسب با افزایش زمان مواجهه و کاهش زمان بهبود یا زمان بازگشت (زمان بدون مواجهه)، کاهش می‌دهد. این مدل معمولاً برای برنامه‌های کاری با زمان کار بیشتر از ۸ ساعت در روز یا بیشتر از ۴۰ ساعت کار در هفته مورداستفاده قرار می‌گیرد و نباید برای مواجهه‌های خیلی زیادی که در مدت زمان خیلی کوتاه رخ می‌دهند استفاده شوند (به‌عنوان‌مثال، مواجهه طوری باشد که در ۱ ساعت اول، کارگر با مقداری معادل ۸ برابر OEL-TWA تماس داشته باشد و در مابقی زمان نوبت‌کاری هیچ مواجهه‌ای نداشته باشد). که در این شرایط باید حدود نوسان یا OEL-STEL برای جلوگیری از کاربرد نامناسب این مدل برای نوبت کاری‌ها یا دوره‌های مواجههٔ بسیار کوتاه‌مدت، مورداستفاده قرار گیرند.

مدل Brief و Scala از مدل‌های پیچیده‌تری که بر اساس واکنش‌های فارماکوکینتیکی تدوین‌شده‌اند، ساده‌تر است. استفاده از چنین مدل‌هایی معمولاً نیاز به دانستن نیمه‌عمر بیولوژیکی هر ماده دارد و در مورد برخی از مدل‌ها حتی به داده‌های اضافی نیز نیاز خواهد بود.

ازآنجاکه حدود مجاز تعدیل‌شده، قدمت زیادی ندارند و هنوز به‌اندازهٔ کافی موردنقد و بررسی قرار نگرفته‌اند، نظارت و کنترل دقیق پزشکی بر سلامت شاغلین در هنگام کاربرد آن‌ها توصیه می‌شود. به‌طورکلی، باید از مواجهه‌های غیرضروری کارگران اجتناب شود، حتی اگر مدلی چنین مواجهه‌هایی را "مجاز" بداند. همچنین، مدل‌های ریاضی نباید به‌عنوان توجیهی برای قرار گرفتن در معرض مواجهه‌های بالاتر از حد لازم استفاده شوند.

مدل مورد تائید کمیته در دستورالعمل پیوست این کتاب که الزام‌آور خواهد بود، ارائه‌شده است.

واحدهای OELs

حدود مجاز مواجهه شغلی با مواد شیمیایی برحسب ppm، mg/m^3 یا $mg/100\ cm^2$ بیان می‌شوند. یک ماده شیمیایی استنشاقی ممکن است به شکل گاز، بخار یا ذرات معلق در هوا وجود داشته باشد.

گاز: ماده‌ای شیمیایی است که مولکول‌های آن آزادانه در فضایی که در آن محبوس شده‌اند (مانند سیلندر / مخزن) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه حرکت می‌کند. فرض بر آن است که گازها هیچ شکل یا حجم معینی ندارند.

بخار: فاز گازی یک ماده شیمیایی است که در شرایط نرمال دما و فشار به شکل مایع یا جامد است. مقدار بخار متصاعد شده از ماده شیمیایی، به‌صورت فشار بخار بیان می‌شود و تابعی از دما و فشار است.

ذرات معلق یا آئروسل: سوسپانسیونی از ذرات جامد یا قطرات مایع در محیط گازی است.

واژگان دیگری که برای توصیف آئروسل بکار می‌روند عبارت‌اند از گردوغبار، میست، مه، فیبر، دود و مه دود. آئروسل‌ها با رفتار آئرودینامیکی و محل رسوب در دستگاه تنفسی انسان متمایز می‌شوند.

حدود مجاز آئروسل‌ها معمولاً برحسب مقدار جرم مواد شیمیایی در حجم هوا (mg/m^3) بیان می‌شوند.

حدود مجاز گازها و بخارات معمولاً برحسب قسمت در میلیون حجمی[۱](ppm) آلاینده در هوا یا ممکن است برحسب میلی‌گرم در مترمکعب بیان شود. برای سهولت کاربران، وزن مولکولی هر یک از ترکیبات شیمیایی برای تبدیل واحد آن‌ها، در جداول حدود مجاز نیز ارائه‌شده است. با توجه به آنکه حجم مولی هوا در شرایط NTP معادل ۲۴/۴۵ لیتر است، روابط تبدیل واحدهای ppm و mg/m^3 گازها و بخارات در شرایط NTP عبارت است از:

---

[۱] parts per million

$$OEL_{(ppm)} = \frac{OEL_{(mg/m^3)} \times ۲۴.۴۵}{M_{(g/mol)}}$$

یا

$$OEL_{(mg/m^3)} = \frac{OEL_{(ppm)} \times M_{(g/mol)}}{۲۴.۴۵}$$

در زمان تبدیل واحد مقادیر ارائه‌شده برای اشکال فرار ترکیبات معدنی (به‌عنوان‌مثال آهن، نیکل)، وزن مولکولی آن عنصر بایستی به‌جای وزن مولکولی کل ترکیب در رابطه مورداستفاده قرار گیرد. در تبدیل واحدها برای مواد با وزن مولکولی متغیر، وزن مولکولی مناسب باید برآورد یا فرض شود.

نمادها

شاخص بیولوژیکی مواجهه[۱] (BEIs)

نماد BEIs مربوط به شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه است و برای برخی از مواد شیمیایی تدوین شده است. این نماد دارای سه زیرگروه می‌باشد که به کاربران در تشخیص آفت‌کش‌های بازدارنده استیل‌کولین‌استراز، مواد ایجادکننده متهموگلوبین و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه ای کمک می کند. این سه زیرگروه عبارتنداز:

BEIA: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای آفت‌کش‌های مهارکننده استیل‌کولین‌استراز مراجعه شود.

BEIM: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای ایجادکننده‌های متهموگلوبین مراجعه شود.

BEIP: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه ای (PAHs) مراجعه شود.

برای ارزیابی مواجهه کلی این مواد از منابع مختلف ازجمله پوست، گوارش یا مواجهه غیر شغلی بایستی پایش بیولوژیکی انجام شود. برای اطلاع از شاخص بیولوژیکی مواجهه این مواد به فصل مربوطه مراجعه شود.

---

۱ Biological Exposure Indices

سرطان زایی[۱]

سرطان‌زا عاملی است که باعث ایجاد یک تومور خوش‌خیم یا بدخیم می‌شود. شواهد سرطان‌زایی از مطالعه‌های سم‌شناسی، اپیدمیولوژی و مکانیکی حاصل می‌شود. نمادهای مختلف توسط سازمان‌ها و مراکز علمی معتبر برای نشان دادن قابلیت سرطان‌زایی عوامل مختلف ارائه‌شده است. در این بخش از نمادهای ارائه‌شده توسط مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا[۲] (ACGIH) که با حرف A همراه با اعداد ۱ تا ۵ که نشانگر درجه سرطان‌زایی مواد است استفاده شده‌است. طبقه‌بندی و تعاریف مربوط به نمادهای مختلف سرطان‌زایی در ضمیمه الف به‌طور مفصل ارائه‌شده است.

بخار و مواد قابل تنفس[۳] (IFV)

این نماد زمانی استفاده می‌شود که یک ماده، فشار بخار کافی برای بودن در هر دو فاز ذره‌ای و بخار را با نسبت معنی‌داری از دوز در غلظت OEL-TWA داشته باشد. هنگام تعیین IFV، نسبت غلظت بخار اشباع[۴] (SVC) به OEL-TWA در نظر گرفته می‌شود. این نماد به‌طور معمول برای موادی با نسبت SVC/OEL بین ۰/۱ و ۱۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کارشناس بهداشت حرفه ای هنگام انتخاب روش نمونه برداری باید هر دو فاز ذره و بخار را برای ارزیابی مواجهه با آلاینده های ناشی از فرایندهای زیر مورد نظر قرار دهد:

الف- عملیات پاشش (اسپری)

ب- عملیاتی که در آنها تغییرات دما روی حالت فیزیکی ماده اثرگذار است

ج- در مواردی که بخش عمده‌ای از بخار در داخل ذرات ماده دیگر حل می‌شود یا بر روی آن جذب می‌شود مثل ترکیبات محلول در آب در محیط‌های مرطوب

---

۱ Carcinogenicity
۲ American Conference of Governmental Industrial Hygienist
۳ Inhalable Fraction and Vapor
٤ Saturated Vapor Concentration

مواد شیمیایی با قابلیت ایجاد آسیب شنوایی

درج عبارت "OTO " برای اختلالات شنوایی در ستون "نمادها"، پتانسیل یک مادۀ شیمیایی را در ایجاد اختلالات شنوایی در صورت مواجهه به تنهایی یا به همراه صدا (حتی صداهای زیر (A) dB ۸۵) نشان می‌دهد.

نماد OTO مخصوص مواد شیمیایی است که بنا بر شواهد به‌دست‌آمده از مطالعات حیوانی یا انسانی می‌توانند اثرات نامطلوبی را بر ساختار آناتومیک یا عملکرد شنیداری بگذارند، که این مسئله معمولاً به شکل تغییر دائمی در آستانۀ شنوایی و یا مشکلات ایجادشده در پردازش صداها، بروز می‌کند.

به نظر می‌رسد که اثرات مواجهۀ توأم برخی از مواد با سروصدا به شکل هم‌افزایی است، درحالی‌که برخی دیگر اثرات سروصدا را تقویت می‌کنند.

نماد OTO نه‌تنها بر نقش کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های اداری و به‌کارگیری لوازم حفاظت فردی مورد نیاز برای کاهش غلظت آلاینده‌های هوابرد تأکید می‌کند، بلکه سایر روش‌هایی که برای پیشگیری از مواجهۀ هم‌زمان با مقادیر بیش‌ازحد مواد شیمیایی و سروصدا که برای جلوگیری از اختلالات شنوایی لازم هستند را نیز در نظر گرفته است.

به بیان دقیق‌تر، ممکن است لازم باشد تا شاغلینی که در معرض این عوامل هستند، حتی زمانی که مواجهه با سروصدا از حدود توصیه‌شده OEL تجاوز نمی‌کند، تحت بررسی برنامه‌های حفاظت شنوایی و نظارت پزشکی قرار بگیرند تا وضعیت شنوایی آن‌ها از نزدیک بررسی و پایش شود.

ایجاد حساسیت

واژه‌های "DSEN" و "RSEN" در ستون "نمادها" در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی به پتانسیل یک ماده برای ایجاد حساسیت پوستی یا تنفسی اشاره دارند. هنگامی‌که شواهد مشخصی از حساسیت، توسط یک راه ورود به وسیلۀ داده‌های انسانی یا حیوانات تأیید می‌شود، RSEN (برای ایجاد حساسیت سیستم تنفسی) و DSEN (به معنای پتانسیل یک ماده شیمیایی برای ایجاد حساسیت پوستی) به جای نماد SEN (نماد حساسیت)استفاده می‌شود.

این نمادها دلالت بر این ندارند که حساسیت، تأثیر مهمی در تعیین OEL داشته است و یا حساسیت تنها عامل تعیین‌کننده OEL بوده است. بلکه بدان معنی است که اگر داده‌های مربوط به حساسیت‌زایی وجود دارد از آن‌ها با دقت در پیشنهاد حد مجاز یک ماده استفاده شود. برای موادی که مبنای تعیین حد مجاز آن‌ها، حساسیت‌زایی بوده است به معنای آن است که انتظار می‌رود با رعایت این حد، از ایجاد حساسیت در شاغلین حفاظت شود. این حدود مجاز برای حفاظت از شاغلینی که قبلاً به آن ماده حساسیت پیدا کرده‌اند، در نظر گرفته نمی‌شود.

در محیط‌های کاری، مواجهه با عوامل حساسیت‌زا ممکن است از طریق تنفسی، پوستی و ملتحمه چشم رخ دهد. از طرفی عوامل حساسیت‌زا باعث واکنش‌های تنفسی، پوستی و ملتحمه می‌شوند. در حال حاضر این نماد، بین حساسیت هیچ‌یک از این بافت‌ها تمایز قائل نشده است. عدم استفاده از این نماد به معنی فقدان قابلیت یک ماده برای حساسیت‌زایی هم نیست بلکه ممکن است نشانگر شواهد علمی اندک یا ناکافی باشد.

حساسیت‌زایی اغلب از طریق یک مکانیسم ایمونولوژی رخ می‌دهد و نباید با شرایط یا اصطلاحات دیگر مانند بیش فعالی، استعداد یا حساسیت داشتن، اشتباه گرفته شود. در ابتدای مواجهه با یک عامل حساسیت‌زا ممکن است هیچ پاسخی مشاهده نشود و یا پاسخ اندکی مشاهده شود. با این‌وجود زمانی که یک فرد دچار حساسیت ناشی از مواجهه با آن عامل شد، مواجهه‌های بعدی می‌تواند باعث پاسخ‌های شدید حتی در مواجهه با غلظت‌های کم (کمتر از OEL) بشود. این واکنش‌ها ممکن است حیات یک فرد را تهدید کند و می‌تواند دارای آغاز سریع یا تأخیری باشد. شاغلینی که به یک عامل خاص حساس شده‌اند، ممکن است به عوامل دیگری که ازلحاظ ساختار شیمیایی مشابه عامل اصلی است، یک واکنش مقطعی نشان دهند. کاهش مواجهه با عوامل حساسیت‌زا و ترکیبات با ساختار مشابه با آن‌ها معمولاً شیوع واکنش‌های آلرژیک (تعداد و شدت واکنش‌ها) را در افراد حساس شده کاهش می‌دهد. برای برخی از افراد حساس شده، اجتناب کامل از مواجهه با عامل حساسیت‌زا و ترکیبات مشابه آن تنها راه‌حل پیشگیری از پاسخ‌های ایمنی خاص است.

مواد شیمیایی با قابلیت حساسیت‌زایی مشکلات خاصی را در محیط کار ایجاد می کنند. مواجهه با این مواد از طریق تنفسی، پوستی و ملتحمه باید از طریق اقدامات کنترلی فرایند یا حفاظت فردی کاهش یابد. آموزش افرادی که با این مواد کار می کنند بخصوص آموزش در مورد اثرات بالقوه بهداشتی آن‌ها، روش‌های حمل ایمن آن‌ها و اطلاعات مربوط به شرایط اضطراری نیز ضروری است.

پوست

نماد پوست برای موادی به کار می‌رود که سهم قابل‌توجهی از جذب آن‌ها از طریق جلدی، غشاهای مخاطی و چشم‌ها در اثر مواجهه با بخارات، مایعات و جامدات، انجام می‌شود. هر جا که مطالعات پوستی نشانگر آن باشد که جذب پوستی قادر به ایجاد اثرات سیستمیک به دنبال مواجهه است، نماد پوست بایستی برای آن عامل مورد استفاده قرار گیرد. نماد پوست هشداری برای کارشناسان بهداشت حرفه‌ای است مبنی بر اینکه ممکن است حتی در شرایطی که مواجهه‌های هوابرد کمتر از حد مجاز است، مواجهه بیش‌ازحد مجاز به دنبال تماس با مایع یا آئروسل‌ها رخ دهد.

نماد پوست نباید برای مواد شیمیایی که باعث تحریک پوستی می‌شوند به کار رود. البته این نماد ممکن است همراه با نماد حساسیت برای موادی استفاده شود که به دنبال مواجهه جلدی باعث ایجاد حساسیت تنفسی می‌شوند. با وجودی که نماد پوست ممکن است برای مواد شیمیایی استفاده نشده باشد اما کارشناسان بهداشت حرفه‌ای باید بداننکه عوامل متعددی هستند که ممکن است پتانسیل جذب پوستی یک ماده را که قابلیت ورود جلدی آن کم است را افزایش دهد.

برخی از مواد می‌توانند به‌عنوان یک حامل عمل کنند به‌طوری‌که وقتی بر روی پوست قرار می گیرند یا با یک ماده مخلوط می‌شوند، می توانند میزان انتقال مواد را به داخل پوست افزایش دهند. علاوه بر این وجود برخی از شرایط جلدی نیز می‌تواند بر روی میزان ورود مواد از طریق پوست یا زخم تأثیرگذار باشد.

افزودنی‌های موجود در محلول‌ها و یا مخلوط‌ها می‌توانند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای قابلیت جذب پوستی را افزایش دهند. هرچند برخی مواد می‌توانند سبب تحریک یا التهاب و یا حساسیت پوستی در شاغلین

گردند، ولی این خصوصیات در ارزیابی‌های مربوط به لزوم یا عدم لزوم ذکر نماد پوست دخیل نبوده‌اند. درهرحال ضایعات پوستی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش جذب از راه پوست می گردند.

زمانی که اطلاعات کمی در ارتباط با جذب پوستی گازها و بخارات و مایعات توسط شاغلین وجود داشته باشد، پیشنهاد می‌شود که مجموع یافته‌های حاصل از مطالعات بر روی بیماری‌های جلدی حاد و مطالعات درزمینه تماس‌های مکرر پوستی بر روی حیوانات و انسان‌ها، همراه با قابلیت جذب مواد شیمیایی، در تصمیم گیری برای نمادگذاری پوست مورداستفاده قرار گیرد. به طورکلی چنانچه یافته‌های موجود نشان‌دهنده جذب قابل‌توجه ماده شیمیایی از طریق دست‌ها و ساعدها در طی ساعات کار روزانه بخصوص برای مواد شیمیایی دارای OELs پایین باشد، باید از نماد پوست استفاده شود. بر پایه یافته‌های حاصل از سمیت حاد بر روی حیوانات در مورد مواد شیمیایی که دارای LD۵۰ نسبتاً کم (mg/kg ۱۰۰۰یا کمتر) باشند، باید نماد پوست به کار برده شود.

در مواردی که ماده شیمیایی به سهولت از پوست نفوذ می کند (مواد با ضرایب جزئی اکتانول–آب بالا) و در مواردی که برون‌یابی اثرات سیستمیک حاصل از روش‌های دیگر مواجهه نشانگر آن باشد که جذب جلدی ممکن است در سمیت مهم باشد، بایستی نماد پوست در نظر گرفته شود. نماد پوست برای مواد شیمیایی که باعث اثرات تحریک یا خورندگی بدون سمیت سیستمیک شوند، به کار نمی رود.

مواد شیمیایی دارای نماد پوست و OELs کم، ممکن است در فرایندهایی که غلظت آن ماده در هوا زیاد است، مشکلات خاصی را ایجاد کنند. این مشکل زمانی نمود بیشتری دارد که سطح وسیعی از پوست برای طولانی‌مدت در مواجهه با آن باشد. در چنین شرایطی ممکن است احتیاط‌های ویژه‌ای برای پیشگیری یا کاهش و یا قطع تماس پوستی لازم باشد.

برای تعیین نسبت سهم تماس پوستی به کل مقدار ورود سم به بدن باید از روش‌های پایش بیولوژیکی استفاده نمود. فصل شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه، حاوی تعدادی از شاخص‌های بیولوژیکی پذیرفته‌شده است و به عنوان ابزار تکمیلی در هنگام ارزیابی تماس کلی کارگر با ماده شیمیایی موردنظر به کار می‌رود. مشاهده نماد پوست برای ماده شیمیایی موردنظر، هشداری است که

نشان می‌دهد برای تعیین قطعی میزان مواجهه، نمونه‌برداری از هوا به‌تنهایی کافی نیست و بر اقداماتی که برای حفاظت کامل کارگر در مقابل جذب پوستی لازم است تأکید می‌نماید.

علائم و حروف مخفف

‡ : کاندید تغییر حد مجاز

A : سرطان‌زایی (ضمیمه الف)

C : حد مجاز سقفی

D : خفگی آور ساده

E: حد مجاز صرفاً برای ذرات فاقد آزبست و دارای سیلیس بلورین کمتر از ۱ درصد

F: الیاف قابل استنشاق دارای طول بزرگ‌تر از ۵ و نسبت طول به قطر بیشتر از ۳ که با روش فیلتر غشایی نمونه‌گیری و با میکروسکوپ فاز کنتراست با بزرگنمایی ۴۵۰-۴۰۰ شمارش می‌شوند.

G: با نمونه‌گیر دالان ته‌نشینی عمودی مخصوص پنبه (کتان) اندازه‌گیری شود.

H: فقط آئروسل

I: ذرات قابل‌تنفس (ضمیمه ج)

IFV: بخار و کسر قابل‌تنفس

J: شامل ترکیبات استئارات فلزات سمی نیست.

K: نباید جرم ذرات قابل استنشاق بیشتر از $2\ mg/m^3$ باشد.

L: بایستی با کنترل محیط مواجهه شاغل از طریق کلیه روش‌ها تا حد ممکن کاهش یابد.

M: طبقه‌بندی انجام‌شده اشاره به اسیدسولفوریک موجود در میست‌های اسیدی قوی معدنی دارد.

O: نمونه‌برداری با روشی که بخار را جمع‌آوری نمی‌کند، انجام شود.

P: کاربرد محدود به شرایطی است که مواجهه با آئروسل قابل صرف‌نظر است.

R: ذرات قابل استنشاق (ضمیمه ج)

T: ذرات توراسیک (ضمیمه ج)

V: بخار و آئروسل

روش استفاده از جدول حدود مجاز مواجهه شغلی

در ویرایش حاضر جدول حدود مجاز مواجهه شغلی سعی شده است با ساختاربندی ساده و حذف مطالب تکراری و دارای اهمیت کمتر، امکان استفاده از آن را برای کاربران تسهیل و تسریع نماید. چیدمان مواد شیمیایی بر اساس حروف الفبای انگلیسی مشهورترین نام آن‌ها است. در ضمن سعی شده برخی از اسامی مترادف مشهور مواد شیمیایی نیز در ستون نام مواد شیمیایی اضافه شود. در صورت مشکوک بودن به نام فارسی یک ترکیب با کنترل معادل انگلیسی و وزن مولکولی ارائه‌شده در ستون بعدی، می‌توان از صحیح بودن نام ماده شیمیایی اطمینان حاصل نمود. در ستون اول این جدول که شماره‌گذاری ردیفی مواد شیمیایی است می‌تواند در تدوین گزارش‌ها و دعاوی حقوقی برای پیشگیری از اشتباهات تفسیری مورد استفاده قرار گیرد.

ستون حدود مجاز نیز برای هر چهار نوع حدود مجاز Ceiling , SL , STEL , TWA طراحی شده است. در مواردی که ستون مربوط به هر یک این حدود برای ماده‌ای خالی است به معنی فقدان آن نوع از حد مجاز است. در استفاده از اعداد حدود مجاز ارائه شده بایستی دقت نمود که برخی از آن‌ها همراه با علامت یا حرف مخفف خاصی هستند که معانی هریک از آن‌ها در بخش قبلی و ضمایم انتهای این بخش ارائه شده است.

ستون نمادها و مبنای تعیین حد مجاز نیز معرف اجمالی نوع اثرات و ملاک تدوین حد مجاز برای هریک از مواد شیمیایی است. این ستون‌ها به‌طور خاص در ارزیابی مخلوط ترکیبات مختلف باید موردتوجه ویژه قرار گیرند.

برای اطمینان از این موضوع که یک ماده شیمیایی در لیست حدود تماس شغلی وجود دارد یا خیر، بایستی شماره ثبت چکیده نامه شیمی آن ماده را (CAS#[1]) از طریق جستجو در مستندات موجود یا منابع اینترنتی پیدا کرد که در جداول مربوطه ذیل نام هر ماده درج شده اند. چنانچه از عدم وجود شماره مذکور اطمینان حاصل شود، به‌منزله عدم وجود حد تماس شغلی برای ماده مذکور در این کتاب خواهد بود. بدیهی است در صورت عدم وجود حد تماس شغلی برای یک ماده، ارزیابی میزان مواجهه فردی با آن کاربردی نخواهد داشت.

در ضمن شماره ثبت چکیده نامه شیمی (CAS Number) یک کد عددی است که مختص یک ماده شیمیایی است. این کد عددی دارای سه بخش است که بخش اول آن (سمت چپ) شامل تا ۷ عدد، بخش دوم شامل دو عدد و بخش سوم محتوی یک عدد و درمجموع حداکثر تا ۱۰ عدد است. اختصاص کد عددی برای هر ماده شیمیائی برای غلبه بر مشکلات سایر روش‌های نام‌گذاری مواد شیمیایی است. اختصاص این کدها توسط سرویس چکیده نامه شیمی که بخشی از انجمن شیمی آمریکا است انجام می‌شود. کلیه مواد آلی، غیر آلی، مواد معدنی، ایزوتوپ‌ها، آلیاژها، پلیمرها و مواد غیر ساختار پذیر مشمول دریافت این کد می‌شوند. تا ۲۳ مه ۲۰۱۳ حدود ۷۱/۶ میلیون کد عددی به مواد مختلف ارائه‌شده و در حال حاضر روزانه تا حدود ۱۵۰۰۰ کد جدید به لیست مذکور اضافه می‌شود.

[1] CAS Registry Number

فهرست الزام آور حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی محیط کار

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
استالدئید Acetaldehyde [۱۱۱-۶۹-۳]	۴۴/۰۵	–	C ۲۵ ppm	A۲	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
استامید Acetamide [۶۰-۳۵-۵]	۵۹/۰۷	۱ ppm(IFV)	–	A۳	سرطان و آسیب کبدی
اسید استیک Acetic acid [۶۴-۱۹-۷]	۶۰	۱۰ ppm	۱۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تأثیر بر عملکرد ریوی
انیدرید استیک Acetic anhydride [۱۰۸-۲۴-۷]	۱۰۲/۰۹	۱ ppm	۳ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
استون Acetone [۶۷-۶۴-۱]	۵۸/۰۵	۲۵۰ ppm	۵۰۰ ppm	BEI ؛A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی
استون سیانو هیدرین Acetone cyanohydrin [۷۵-۸۶-۵] ,as CN	۸۵/۱۰	–	C ۵ mg/m^3	پوست	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس؛ سردرد؛ هیپوکسی و سیانوز
استونیتریل Acetonitrile [۷۵-۰۵-۸]	۴۱/۰۵	۲۰ppm	-	پوست؛ A٤	تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس
استو فنون Acetophenone [۹۸-۸۶-۲]	۱۲۰/۱۵	۱۰ ppm	-	-	سوزش چشم، سقط جنین، تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۲- استیل آمینو فلورن ۲-Acetylamino flourene [۵۳-۹۶-۳]	۲۲۳/۲۷	۱ ppm	–	–	تحریک و سوزش چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
استیلن Acetylene [۷۴-۸۶-۲]	۲۶/۰۴	خفگی آور ساده (D)			خفگی
ترا برمید استیلن Acetylene Tetrabromide [۷۹-۲۷-۶]	۳۴۵/۷	۱ ppm	–	–	تحریک و سوزش
اسید استیل سالیسیلیک (آسپیرین) Acetylsalicylic acid [۵۰-۷۸-۲]	۱۸۰/۱۵	۵ mg/m^3	–	–	سوزش چشم و پوست
آکرولئین Acrolein [۱۰۷-۰۲-۸]	۵۶/۰۶	–	C ۰/۱ ppm	پوست؛ A٤	سوزش چشم و قسمت فوقانی دستگاه تنفس؛ ادم وآمفیزم ریوی
آکریل آمید Acrylamide [۷۹-۰۶-۱]	۷۱/۰۸	۰/۰۳ $mg/m^{3(IFV)}$	–	پوست؛ A۲؛ DSEN	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اسید آکریلیک Acrylic acid [۷۹-۱۰-۷۷]	۷۲/۰۶	۲ ppm	–	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
آکریلونیتریل Acrylonitrile [۱۰۷-۱۳-۱]	۵۳/۰۵	۲ ppm	–	پوست؛ A۳	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی
اسید آدیپیک Adipic acid [۱۲٤-۰٤-۹]	۱۴۶/۱۴	۵ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب خودکار
آدیپونیتریل Adiponitrile [۱۱۱-۶۹-۳]	۱۰۸/۱۰	۲ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی
آلاکلر Alachlor [۱۵۹۷۲-۶۰-۸]	۲۶۹/۸	۱ $mg/m^{3(IFV)}$	–	A۳ ؛DSEN	هموسیدروزیس
آلدیکارب Aldicarb [۱۱۶-۰۶-۳]	۱۹۰/۲۶	./۰۰۵ $mg/m^{3(IFV)}$		پوست؛ A٤؛ BELc	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
آلدرین Aldrin [۳۰۹-۰۰-۲]	۳۶۴/۹۳	۰/۰۵ mg/m$^{3(IFV)}$	–	پوست؛ A۳	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛آسیب کبدی وکلیوی
گازهای هیدروکربن های آلیفاتیک؛ آلکانها (C۱-C٤) Aliphatic hydrocarbon gases, Alkane [C۱-C٤]	متفاوت	۱۰۰۰ ppm	–	–	حساسیت های قلبی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
آلیل الکل Allyl alcohol [۱۰۷-۱۸-٦]	۵۸/۰۸	۰/۵ ppm	–	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
آلیل برمید Allyl bromide [۱۰٦-۹۵-٦]	۱۲۰/۹۹	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
آلیل کلرید Allyl choloride [۱۰۷-۰۵-۱]	۷۶/۵۰	۱ ppm	۲ ppm	پوست؛ A۳	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب‌های کبدی و کلیوی
آلیل گلیسیدیل اتر Allyl glycidyl Ether [۱۰٦-۹۲-۳]	۱۱۴/۱۴	۱ ppm	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ درماتیت سوزش چشم و پوست
آلیل مت اکریلیت Allyl methacrylate [۹٦-۰۵-۹]	۱۲۶/۱۵	۱ ppm	–	پوست	آسیب کبدی
آلیل پروپیل دی سولفید Allyl propyl disulfide [۲۱۷۹-۵۹-۱]	۱۴۸/۱۶	۰/۵ ppm	–	DSEN	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
فلز آلومینیوم و ترکیبات نامحلول آن Aluminum metal [۷٤۲۹-۹۰-۵] and insoluble compounds	۲۶/۹۸ متفاوت	۱ mg/m$^{3(R)}$	–	A٤	پنوموکونیوزیس؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی؛ سمیت عصبی
۴- آمینو دی فنیل ۴-Amino diphenyl l [۹۲-٦۷-۱]	۱۶۹/۲۳	–(L)	–	پوست؛A۱	سرطان کبد و مثانه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۲- آمینو دی فنیل ۲-Amino diphenyl [۵۰۴-۲۹-۰]	۹۱/۱۱	۰/۵ ppm	–	–	سردرد؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سرگیجه
۲- آمینو پیریدین ۲-Aminopyridine [۸۱-۱۶-۳]	۹۴/۱۲	۰/۵ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی سردرد، حالت تهوع و سرگیجه
آمیترول Amitrol [۶۱-۸۲-۵]	۸۴/۰۸	۰/۲ mg/m^3	–	A۳	اثرات تیروئیدی
آمونیاک Ammonia [۷۶۶۴-۴۱-۷]	۱۷/۰۳	۲۵ ppm	۳۵ ppm	–	آسیب چشم؛ تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
دمه کلرید آمونیوم Ammonium chloride fume [۱۲۱۲۵-۰۲-۹]	۵۳/۵۰	۱۰ mg/m^3	۲۰ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس و چشم
پرفلورو اکتانوات آمونیوم Ammonium Perfluorooctanoate [۳۸۲۵-۲۶-۱]	۴۳۱	۰/۰۱ mg/m^3	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
سولفامات آمونیم Ammonium sulfamate [۷۷۷۳-۰۶-۰]	۱۱۴/۱۳	۱۰ mg/m^3	–	–	–
استات آمیل نرمال n-Amyl acetate [۶۲۸-۶۳-۷]	۱۳۰/۱۸	۱۰۰ ppm	–	–	تحریک و سوزش
استات آمیل نوع دوم sec-Amyl acetate [۶۲۶-۳۸-۰]; [۵۳۴۹۶-۱۵-۴]	۱۳۰	۱۲۵ ppm	–	–	تحریک و سوزش
ترت- آمیل متیل اتر tert-Amyl methyl Ether (TAME) [۹۹۴-۰۵-۸]	۱۰۲/۲	۲۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب جنینی
آنیلین Aniline [۶۲-۵۳-۳]	۹۳/۱۲	۲ ppm	–	BEI؛ پوست؛ A۳	مت هموگلوبینی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
ارتو- آنیزیدین o-Anisidine [۹۰-۰٤-۰]	۱۲۳/۱۵	۰/۵ mg/m^3	–	BEI_M؛ پوست؛ BEI_M ؛A۳	مت هموگلوبینی
آنیسیدین Anisidine ایزومرهای اورتو ortho isomer [۹۰-۰٤-۰] ایزومرهای پارا para isomer [۱۰٤-۹٤-۹]	۱۲۳/۱۵ ۱۲۳/۱۵	۰/۵ mg/m^3 ۰/۵ mg/m^3	– –	پوست؛ A۳؛ BEI_M پوست؛ A۳؛ BEI_M	MeHb-emia MeHb-emia
پارا- آنیزیدین p-Anisidine [۱۰٤-۹٤-۹]	۱۲۳/۱۵	۰/۵ mg/m^3	-	BEI_M؛ پوست؛ A٤	مت هموگلوبینی
آنتی موآن و ترکیبات آن Antimony [۷٤٤۰-۳٦-۰] and compounds, as Sb	۱۲۱/۷۵	۰/۵ mg/m^3	-	-	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و پوست
هیدرید آنتی موآن Antimony hydride [۷۸۰۳-۵۲-۳]	۱۲۴/۷۸	۰/۱ ppm	–	–	همولیز؛ آسیب کلیوی؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی
‡ تری اکسید آنتی موآن Antimony trioxide [۱۳۰۹-٦٤-٤]	۲۹۱/۵	۰/۰۲ mg/m$^{3(I)}$	–	A۲	سرطان ریه؛ پنوموکنیوزیس
آنتو؛ (آلفا) نفتیل تیوکاربامید، α-Naphthyl thio carbamide (ANTU) [۸٦-۸۸-٤]	۲۰۲/۲۷	۰/۳ mg/m^3	–	پوست؛ A٤	اثرات تیروئیدی؛ تهوع
آرگون Argon [۷٤٤۰-۳۷-۱]	۳۹/۹۵	خفگی آور ساده (D) ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن			خفگی
آرسنیک و ترکیبات معدنی Arsenic [۷٤٤۰-۳۸-۲] and inorganic compound, as As	۷۴/۹۲ متفاوت	۰/۰۱ mg/m^3	–	A۱ ؛BEI	سرطان ریه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
آرسین Arsine [۷۷۸۴-۴۲-۱]	۷۷/۹۵	۰/۰۰۵ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب و عروق محیطی؛ اختلال کلیوی وکبدی
تمام اشکال آزبست Asbestos [۱۳۳۲-۲۱-۴] , all forms	–	۰/۱ f/cc(F)	-	A۱	پنوموکونیوزیس؛ سرطان ریه؛ مزوتلیوم
دمه آسفالت (قیر) برحسب آئروسل محلول در بنزن Asphalt (Bitumen) fume [۸۰۵۲-۴۲-۴] , as benzene-soluble aerosol	–	۰/۵ mg/m۳	-	A۴ ؛ BELp	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
آترازین Atrazine [۱۹۱۲-۲۴-۹]	۲۱۵/۶۹	۲ mg/m۳(I)	–	A۳	اثر بر سیستم های خونساز، تولید مثل و رشد و نمو
متیل آزینفوس Azinphos-methyl [۸۶-۵۰-۰]	۳۱۷/۳۴	۰/۲ mg/m۳ (IFV)	-	پوست؛ DSEN A۴ ؛BELC	بازدارنده آنزیم کولین استراز
آزو دی کربن آمید Azodicarbonamide [۱۲۳-۷۷-۳]	۱۱۶/۰۸	۱ mg/m۳	۳mg/m۳	–	حساسیت
باریم و ترکیبات محلول آن Barium [۷۴۴۰-۳۹-۳] and soluble compound, as Ba	۱۳۷/۳۰	۰/۵ mg/m۳	–	A۴	سوزش پوست؛ چشم و دستگاه گوارش؛ تونوس عضلات
سولفات باریم Barium sulfate [۷۷۲۷-۴۳-۷]	۲۳۳/۴۳	۵ mg/m۳(I)(E)	–	–	پنوموکونیوزیس
بندیوکارب Bendiocarb [۲۲۷۸۱-۲۳-۳]	۲۲۳/۲۰	۰/۱ mg/m۳ (IFV)	–	پوست؛ A۴ BELC	بازدارنده آنزیم کولین استراز
بنومیل Benomyl [۱۷۸۰۴-۳۵-۲]	۲۹۰/۳۲	۱ mg/m۳(I)	–	A۳ ؛DSEN	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ آسیب به بیضه و دستگاه تولید مثل مردان؛ آسیب جنینی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
بنزو (آلفا) آنتراسن Benz[α]anthrancene [۵۶-۵۵-۳]	۲۲۸/۳۰	_(L)	–	A۲ ؛BEIp	سرطان پوست
بنزن Benzene [۷۱-۴۳-۲]	۷۸/۱۱	۰/۵ ppm	۲/۵ ppm	BEI؛ پوست؛ A۱	سرطان خون
بنزیدین Benzidine [۹۲-۸۷-۵]	۱۸۴/۲۳	_(L)	–	پوست؛ A۱	سرطان مثانه
بنزو (بتا) فلورانتن Benzo[b]fluoroanthene [۲۰۵-۹۹-۲]	۲۵۲/۳۰	_(L)	–	A۲ ؛BEIp	سرطان
بنزو (آلفا) پیرن Bebzo[a]pyrene [۵۰-۳۲-۸]	۲۵۲/۳۰	_(L)	–	A۲ ؛BEIp	سرطان
بنزو تری کلرید Benzotrichloride [۹۸-۰۷-۷]	۱۹۵/۵۰	–	C ۰/۱ ppm	پوست؛ A۲	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
کلرید بنزوئیل Benzoyl chloride [۹۸-۸۸-۴]	۱۴۰/۵۷	–	C ۰/۵ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
پراکسید بنزوئیل Benzoyl Peroxide [۹۴-۳۶-۰]	۲۴۲/۲۲	۵ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و پوست
استات بنزیل Benzyl acetate [۱۴۰-۱۱-۴]	۱۵۰/۱۸	۱۰ ppm	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
کلرید بنزیل Benzyl chloride [۱۰۰-۴۴-۷]	۱۲۶/۵۸	۱ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی، چشم و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
بریلیم و ترکیبات آن Beryllium [۷۴۴۰-۴۱-۷] and compounds, as Be ترکیبات قابل حل Soluble compounds ترکیبات غیر قابل حل Soluble and in Soluble compounds	۹/۰۱	۰/۰۰۰۰۵ mg/m^{3} (I)	–	A۱ پوست؛ DSEN RSEN	حساسیت بریلیوم؛ بیماری مزمن ناشی از بریلیوم (بریلیوزیس)
بی فنیل Biphenyl [۹۲-۵۲-۴]	۱۵۴/۲۰	۰/۲ ppm	–	–	عملکرد ریوی
بیس (کلرو متیل) اتر Bis(chloromethyl) ether [۵۴۲-۸۸-۱]	۱۱۴/۹۶	۰/۰۰۱ ppm	–	–	سرطانزایی
بیس (۲- دی متیل آمینو اتیل) اتر Bis (۲-dimethylaminoethyl) ether (DMAEE) [۳۰۳۳-۶۲-۳]	۱۶۰/۲۶	۰/۰۵ ppm	۰/۱۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی، چشم و پوست
بیسموت تلورید Bismuth Telluride [۱۳۰۴-۸۲-۱] ترکیب غیر منقوط Undoped, as Bi_2Te_3 ترکیب منقوط با سلنیم Se-doped as Bi_2Te_3	۸۰۰/۸۳	۱۰ mg/m^{3} ۵ mg/m^{3}	– –	A۴ A۴	آسیب ریوی
ترکیبات بورات؛ معدنی Borate compounds, inorganic [۱۳۰۳-۹۶-۴]; [۱۲۱۷۹-۰۴-۳]; ۱۰۰۴۳-۳۵-۳]; [۱۳۳۰-۴۳-۴]	متفاوت	۲ mg/m^{3} (I)	۶ mg/m^{3} (I)	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اکسید بور Boron oxide [۱۳۰۳-۸۶-۲]	۶۹/۶۴	۱۰ mg/m^{3}	–	–	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
تری برمید بور Boron tribromide [۱۰۲۹٤-۳۳-٤]	۲۵۰/۵۷	–	C ۰/۷ ppm	–	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
تری کلریدبور Boron trichloride [۱۰۲۹٤-۳٤-۵]	۱۱۷/۲۰	–	C ۰/۷ ppm		تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
تری فلورید بور Boron trifluoride e [۷٦۳۷-۰۷-۲]	۶۷/۸۲	۰/۱ ppm	C ۰/۷ ppm	–	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
اتر تری فلورید بور Boron trifluoride ethers [۱۰۹-٦۳-۷]; [۳۵۳-٤۲-۴] as BF_3	متفاوت	۰/۱ ppm	C۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
بروماسیل Bromacil l [۳۱٤-٤۰-۹]	۲۶۱/۱۱	۱۰ mg/m^3	–	A۳	اثرات تیروئیدی
بروم Bromine [۷۷۲٦-۹۵-٦]	۱۵۹/۸۱	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی؛ آسیب ریوی
پنتا فلورید بروم Bromine pentafluoride [۷۷۸۹-۳۰-۲]	۱۷۴/۹۲	۰/۱ ppm	–	–	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
برموفرم Bromoform [۷۵-۲۵-۲]	۲۵۲/۷۳	۰/۵ ppm	–	A۳	آسیب کبدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱- برمو پروپان ۱- Bromopropane [۱۰٦-۹٤-۵]	۱۲۲/۹۹	۰/۱ ppm	–	A۳	سیستم اعصاب مرکزی، نوروپاتی محیطی، تاثیرات خونی، تاثیرات سمی بر رشد و تولید مثل
۱و۳- بوتادین ۱،۳-Butadiene [۱۰٦-۹۹-۰]	۵۴/۰۹	۲ ppm	–	BEI ،A۲	سرطان
ایزومرهای بوتان	۵۸/۱۲	–	۱۰۰۰ppm (EX)	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Butane, isomers [۷۵-۲۸-۵]; [۱۰۶-۹۷-۸]					
ان_ بوتانول n-Butanol [۷۱-۳۶-۳]	۷۴/۱۲	۲۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتانول نوع دوم sec-Butanol [۷۸-۹۲-۲]	۷۴/۱۲	۱۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی اختلال سیستم اعصاب مرکزی
بوتانو ل نوع سوم tert-Butanol [۷۵-۶۵-۰]	۷۴/۱۲	۱۰۰ ppm	–	A٤	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
همه ایزومرهای بوتن ها Butene, all isomers [۱۰۶-۹۸-۹]; [۱۰۷-۰۱-۷]; [۲۵۱۶۷-۶۷-۳]; [۶۲۴-۶۴-۶]; [۵۹۰-۱۸-۱] ایزو بوتن Isobutene [۱۱۵-۱۱-۷]	۵۶/۱۱ –	۲۵۰ ppm ۲۵۰ ppm	– –	– A٤	اثر روی وزن بدن تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اثر روی وزن بدن
۲- بوتوکسی اتانول ۲-Butoxyethanol (EGBE) [۱۱۱-۷۶-۲]	۱۱۸/۱۷	۲۰ ppm	–	A۳ ؛BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲- بوتوکسی اتیل استات ۲-Butoxyethyl acetate [۱۱۲-۰۷-۲]۹۵	۱۶۰/۲	۲۰ ppm	–	A۳	همولیز
همه ایزومرهای بوتیل استات Butyl acetates,all isomers [۱۱۰-۱۹-۰]; [۱۲۳-۸۶-۴]; [۵۴۰-۸۸-۵]; [۱۰۵-٤٦-٤]	۱۱۶/۱۶	۵۰ ppm	۱۵۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتیل استات نرمال n-Butyl acetate [۱٤۱-۳۲-۲]	۱۱۶/۱۶	۱۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتیل استات نوع دوم sec-Butyl acetate [۱۰۵-٤٦-٤]	۱۱۶/۱۶	۲۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
بوتیل استات نوع سوم tert-Butyl acetate [۵۴۰-۸۸-۵]	۱۱۶/۱۶	۲۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتیل آکریلات نرمال n-Butyl acrylate [۱۴۱-۳۲-۲]	۱۲۸/۱۷	۲ ppm	–	A۴ ؛DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
بوتیل آمین نرمال n-Butylamine [۱۰۹-۷۳-۹]	۷۳/۱۴	–	C ۵ ppm	پوست	سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
هیدروکسی تولوئن بوتیل دار Butylated hydroxytoluene [۱۲۸-۳۷-۰]	۲۲۰/۳۴	۲ mg/m^3 (IFV)	–	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴ بوتیل بنزوئیک اسید نوع سوم ۴-tert-Butylbenzoic acid [۹۸-۷۳-۷]	۱۷۸/۲۰	C ۰/۱ mg/m^3(IFV)	–	پوست	آسیب بیضه،اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تاثیر بر سیستم تولید مثل
بوتیل کرومات نوع سوم tert-Butyl chromates, as CrO_3 [۱۱۸۹-۸۵-۱]	۲۳۰/۲۲	–	C۰/۱ mg/m^3	پوست	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و پوست
بوتیل گلیسیدیل اتر نرمال n-Butyl glycidyl ether (BGE) [۲۴۲۶-۰۸-۶]	۱۳۰/۲۱	۳ ppm	–	پوست؛ DSEN	آسیب سیستم تولید مثل
بوتیل هیدروپروکساید نوع سوم tert-Butyl hydroperoxide [۷۵-۹۱-۲]	۹۰/۱۲	۰/۱ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، جهش ژنی، اثر باروری
بوتیل لاکتات نرمال n-Butyl lactate [۱۳۸-۲۲-۷]	۱۴۶/۱۹	۵ ppm	–	–	سردرد؛تحریک قسمت فوقانی تنفسی
بوتیل مرکاپتان نرمال n-Butyl mercaptan [۱۰۹-۷۹-۵]	۹۰/۱۹	۰/۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
ارتو بوتیل فنول نوع دوم o-sec Butylphenol [۸۹-۷۲-۵]	۱۵۰/۲۲	۵ ppm	–	پوست	تحریک قسمت تحتانی تنفسی، پوست و چشم
پارا بوتیل تولوئن نوع سوم	۱۴۸/۱۸	۱ ppm	–	–	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و چشم؛ تهوع

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
p-tert-Butyl toluene [۹۸-۷۴-۰]					
کادمیوم و ترکیباتش Cadmium [۷۴۴۰-۴۳-۹] and compounds, as Cd	۱۱۲/۴۰ متفاوت	۰/۰۱ mg/m^3 ۰/۰۰۲ mg/m$^{3(R)}$	- -	A۲ ؛BEI A۲ ؛BEI	آسیب‌های کلیوی
کادوسافوس Cadusafos [۹۵۴۶۵-۹۹-۹]	۲۷۰/۴۰	۰/۰۰۱ mg/m$^{3(IFV)}$	–	پوست؛ A۴	بازدارنده کولین استراز
کرومات کلیسم Calcium chromate [۱۳۷۶۵-۱۹-۰]	۱۵۶/۰۹	۰/۰۰۱ mg/m^3	–	A۲	سرطان ریه
سیانامید کلسیم Calcium cyanamide [۹۵۴۶۵-۹۹-۹]	۸۰/۱۱	۰/۵ mg/m^3	-	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
هیدروکسیدکلسیم Calcium hydroxide [۱۳۰۵-۶۲-۰]	۷۴/۱۰	۵ mg/m^3	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
اکسید کلسیم Calcium oxide [۱۳۰۵-۷۸-۸]	۵۶/۰۸	۲ mg/m^3	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
سیلیکات کلسیم؛ غیر فیبروزی مصنوعی Calcium silicate Synthetic nonfibrous [۱۳۴۴-۹۵-۲]	–	۱۰ mg/m$^{3\ (E)}$	-	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
سیلیکات کلسیم؛ به‌صورت طبیعی به شکل ولاستونیت وجود دارد Calcium silicate ,naturally occurring as wollastonite [۱۳۹۸۳-۱۷-۰]	–	۱ mg/m$^{3\ (I,E)}$	–	A۴	پنوموکونیوزیس؛ عملکرد ریوی
سولفات کلسیم	۱۳۶/۱۴	۱۰ mg/m$^{3(I)}$	-	–	پاره شدن تیغه بینی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Calcium sulfate [۷۷۷۸-۱۸-۹]; [۱۰۰۳٤-۷٦-۱]; [۱۳۳۹۷-۲۴-۵]; [۱۰۱۰۱-۴۱-۴]					
کافور، مصنوعی Camphor, synthetic [۷٦-۲۲-۲]	۱۵۲/۲۳	۲ ppm	۳ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ فقدان حس شامه
کاپرولاکتام Caprolactam [۱۰۵-٦۰-۲]	۱۱۳/۱۶	۵ mg/m^{۳} (IFV)	–	A۵	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کاپتافول Captafol [۲٤۲۵-۰٦-۱]	۳۴۹/۱۰	۰/۱ mg/m^{۳}(IFV)	–	پوست ؛ A۳؛ RSEN ؛DSEN	سوزش پوست
کاپتان Captan [۱۳۳-۰٦-۲]	۳۰۰/۶۰	۵ mg/m^{۳}(I)	–	A۳ ؛DSEN	سوزش پوست
کاربارپل Carbaryl [٦۳-۲۵-۲]	۲۰۱/۲۰	۰/۵ mg/m^{۳} (IFV)	–	پوست؛ BEL_C؛ A٤	بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ آسیب سیستم تولید مثل مردان؛ آسیب جنینی
کاربوفوران Carbofuran [۱۵٦۳-٦٦-۲]	۲۲۱/۳۰	۰/۱ mg/m^{۳} (IFV)	–	BEL_C ؛A٤	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دوده Carbon black [۱۳۳۳-۸٦-٤]	–	۳ mg/m^{۳} (I)	–	A۳	برونشیت
دی اکسید کربن Carbon dioxide [۱۲٤-۳۸-۹]	۴۴/۰۱	۵۰۰۰ ppm	۳۰۰۰۰ ppm	–	خفگی
دی سولفید کربن Carbon disulfide [۷۵-۱۵-۰]	۷۶/۱۴	۱ ppm	–	پوست؛ A٤؛ BEI	اختلال سیستم اعصاب محیطی
مونوکسید کربن Carbon monoxide [٦۳۰-۰۸-۰]	۲۸/۰۱	۲۵ ppm	–	BEI	کربوکسی هموگلوبین

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
تترابرمید کربن Carbon tetrabromide [۵۵۸-۱۳-۴]	۳۳۱/۶۵	۰/۱ ppm	۰/۳ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست؛ آسیب کبدی
تتراکلرید کربن Carbon tetrachloride [۵۶-۲۳-۵]	۱۵۳/۸۴	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A۲	آسیب کبدی
فلوئورید کربونیل Carbonyl fluoride [۳۵۳-۵۰-۴]	۶۶/۰۱	۲ ppm	۵ ppm	–	تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آسیب استخوانی
سولفید کربونیل Carbonyl sulfide [۴۶۳-۵۸-۱]	۶۰/۰۸	۵ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیل کارفنترازون Carfentrazone – ethyl [۱۲۸۶۳۹-۰۲-۱]	۴۱۲/۲۰	۱ $mg/m^{3(I)}$	–	A۴	آسیب کبدی؛ تأثیر بر پورفیرین
کاتکول Catechol [۱۲۰-۸۰-۹]	۱۱۰/۱۱	۵ ppm	–	پوست A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ درماتیت
سلولز Cellulose [۹۰۰۴-۳۴-۶]	نامشخص	۱۰ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
هیدروکسید سزیم Cesium hydroxide [۲۱۳۵۱-۷۹-۱]	۱۴۹/۹۲	۲ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و پوست
کلردان Chlordane [۵۷-۷۴-۹]	۴۰۹/۸۰	۰/۵ $mg/m^{3(IFV)}$	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
کامفن کلره Chlorinated camphene [۸۰۰۱-۳۵-۲]	۴۱۴/۰۰	۰/۵ mg/m^3	۱ mg/m^3	پوست؛ A۳	تشنج سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
ارتو دی فنیل اکساید کلره o-Chlorinated diphenyl oxide [۳۱۲۴۲-۹۳-۰]	۳۷۷/۰۰	۰/۵ mg/m^3	–	–	جوش آکنه مانند؛ آسیب کبدی
کلر Chlorine [۷۷۸۲-۵۰-۵]	۷۰/۹۱	۰/۱ ppm	۰/۴ ppm	A۴	تحریک دستگاه تنفسی و ادم ریوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
دی اکسید کلر Chlorine dioxide [۱۰۰۴۹-۰۴-۴]	۶۷/۴۶	-	C ۰/۱ ppm	–	تحریک دستگاه تنفسی؛ ادم ریوی
تری فلورید کلر Chlorine trifluoride [۷۷۹۰-۹۱-۲]	۹۲/۴۶	–	C ۰/۱ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و آسیب ریوی
کلرواستالدئید Chloroacetaldehyde [۱۰۷-۲۰-۰]	۷۸/۵۰	–	C ۱ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
کلرواستون Chloroacetone [۷۸-۹۵-۵]	۹۲/۵۳	–	C ۱ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲- کلرواستوفنون ۲-Chloroaceto phenone [۵۳۲-۲۷-۴]	۱۵۴/۵۹	۰/۰۵ ppm	--	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
کلرواستیل کلراید Chloroacetyl chloride [۷۹-۰۴-۹]	۱۱۲/۹۵	۰/۰۵ ppm	۰/۱۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کلرو بنزن Chlorobenzene [۱۰۸-۹۰-۷]	۱۱۲/۵۶	۱۰ ppm	–	BEI ؛A۳	آسیب‌های کبدی
ارتوکلرو بنزیلیدن مالونونیتریل o-Chlorobenzylidene malononitrile [۲۶۹۸-۴۱-۱]	۱۸۸/۶۲	–	C ۰/۰۵ ppm(IFV)	پوست؛ A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی ؛ حساسیت پوستی
کلرو برمو متان Chlorobromomethane [۷۴-۹۷-۵]	۱۲۹/۳۹	۲۰۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
کلرو دی فلورو متان Chlorodifluoromethane [۷۵-۴۵-۶]	۸۶/۴۷	۱۰۰۰ ppm	–	A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ خفگی؛ حساسیت قلبی
کلرو دی فنیل (۴۲٪کلر) Chlorodiphenyl (۴۲٪ chlorine) [۵۳۴۶۹-۲۱-۹]	۲۶۶/۵۰	۱ mg/m^3	-	پوست	آسیب کبدی تحریک چشمی کلرانه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
کلرو دی فنیل (٥۴٪کلر) Chlorodiphenyl (٥٤٪ chlorine) [١١٠٩٧-٦٩-١]	٣٢٨/۴٠	٠/٥ mg/m^{٣}	-	پوست؛ A٣	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کبدی؛ جوش آکنه مانند
کلروفرم Chloroform [٦٧-٦٦-٣]	١١٩/٣٨	١٠ ppm	–	A٣	آسیب کبدی؛ آسیب‌های جنینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
بیس (کلرومتیل) اتر bis (Chloromethy) ether [٥٤٢-٨٨-١]	١١۴/٩۶	٠/٠٠١ ppm	–	A١	سرطان ریه
کلرو متیل متیل اتر Chloromethyl methyl ether [١٠٧-٣٠-٢]	٨٠/٥٠	–(L)	–	A٢	سرطان ریه
١–کلرو–١– نیتروپروپان ١-Chloro-١-nitropropane [٦٠٠-٢٥-٩]	١٢٣/٥۴	٢ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم؛ ادم ریوی
کلرو پنتا فلورو اتان Chloropenta fluoroethane [٧٦-١٥-٣]	١٥۴/۴٧	١٠٠٠ ppm	–	–	حساسیت قلبی
کلروپیکرین Chloropicrin [٧٦-٠٦-٢]	١۶۴/٣٩	٠/١ ppm	–	A٤	تحریک چشم، ادم ریوی
١–کلرو–٢– پروپانول و ١-Chloro-٢-propanol [١٢٧-٠٠-٤] ٢–کلرو–١– پروپانول ٢-Chloro-١-propanol [٧٨-٨٩-٧]	٩۴/٥۴	١ ppm	–	پوست؛ A٤	آسیب کبدی
بتا–کلروپرن B-Chloroprene [١٢٦-٩٩-٨]	٨٨/٥۴	١ ppm	–	پوست؛ A٢	سرطان ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
٢–کلروپروپاینیک اسید ٢-Chloropropionic acid	١٠٨/٥٣	٠/١ ppm	–	پوست	آسیب سیستم تولید مثل مردان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
[۵۹۸-۷۸-۷]					
ارتوکلرو استایرن o-Chlorostyrene [۲۰۳۹-۸۷-٤]	۱۳۸/۶۰	۵۰ ppm	۷۵ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ نوروپاتی
ارتو کلرو تولوئن o-Chlorotoluene [۹۵-٤۹-۸]	۱۲۶/۵۹	۵۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
کلروپیریفوس Chlorpyrifos [۲۹۲۱-۸۸-۲]	۳۵۰/۵۷	۰/۱ mg/m^{3} (IFV)	–	پوست؛ A٤؛ BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
کرومات حاصل از فرآوری سنگ معدنی کرومیت Chromite [۱۳۰۸-۳۱-۲] ore processing (Chromate), as Cr	–	۰/۰۵ mg/m^{3}	-	A۱	سرطان ریه
کروم و ترکیبات معدنی آن Chromium [۷٤٤۰-٤۷-۳] & inorganic compounds, as Cr	متفاوت	۰/۵ mg/m^{3}(I)	–	–	تحریک دستگاه تنفسی
کرم فلزی Metallic chromium as Cr(۰)					
ترکیبات کروم سه ظرفیتی و ترکیبات محلول در آب Trivalent chromium compounds, as Cr(III) Water- soluble compounds	متفاوت	۰/۰۰۳ mg/m^{3}(I)	–	A٤ RSEN ؛DSEN	تحریک دستگاه تنفسی و آسم
ترکیبات کروم شش ظرفیتی و محلول درآب Hexavalent chromium compounds, as Cr(VI) Water- soluble compound	متفاوت	۰/۰۰۰۲ mg/m^{3}(I)	۰/۰۰۰۵ ppm(I)	A۱؛ پوست ؛DSEN BEI ؛RSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه و سینوسها، آسم
کرومیل کلراید Chromyl chloride [۱٤۹۷۷-٦۱-۸], as Cr (VI)	متفاوت	۰/۰۰۰۱ ppm(IFV)	۰/۰۰۰۲۵ ppm(IFV)	A۱؛ پوست؛ DSEN;RSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه و سینوسها، آسم
کرایزن Chrysene [۲۱۸-۰۱-۹]	۲۲۸/۳۰	_(L)	–	A۳ ؛BEIp	سرطان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
سیترال Citral [۵۳۹۲-۴۰-۵]	۱۵۲/۲۴	۵ ppm (IFV)	–	DSEN ، پوست A۴	اثر روی وزن بدن؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی
کلوپیدال Clopidol [۲۹۷۱-۹۰-۶]	۱۹۲/۰۶	۳ mg/m^3 (IFV)	–	A۴	اثر موتاژنیک
غبار ذغال سنگ Coal dust آنتراسیت Anthracite [۸۰۲۹-۱۰-۵]	–	۰/۴ mg/m^3 (R)	–	A۴	آسیب ریوی و فیبروز ریه
بیتومینوس یا لیگنیت Bituminous or Lignite [۳۰۸۰۶۲-۸۲-۰]	–	۰/۹ mg/m^3 (R)	–	A۴	آسیب ریوی و فیبروز ریه
مواد فرار قیر قطران ذغال سنگ به‌صورت آئروسل محلول در بنزن Coal tar pitch volatiles [۶۵۹۹۶-۹۳-۲] as benzene soluble aerosol	–	۰/۲ mg/m^3	–	A۱ ؛BEIp	سرطان
کبالت و ترکیبات معدنی آن Cobalt [۷۴۴۰-۴۸-۴] and inorganic Compounds; as Co	۵۸/۹۳ متفاوت	۰/۰۲ mg/m^3	–	DSEN؛ BEI؛ RESN, A۳؛	آسم؛ عملکرد ریوی؛ اثرات میوکاردیال
کربونیل کبالت Cobalt carbonyl [۱۰۲۱۰-۶۸-۱], as Co	۳۴۱/۹۴	۰/۱ mg/m^3	–	–	ادم ریوی، آسیب طحال
هیدروکربونیل کبالت Cobalt hydrocarbonyl [۱۶۸۴۲-۰۳-۸], as Co	۱۷۱/۹۸	۰/۱ mg/m^3	–	–	آسیب ریوی؛ ادم ریوی
مس	۶۳/۵۵				محرک؛ اثرات گوارشی؛ تب دمه فلزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Copper [۷۴۴۰-۵۰-۸] دمه Fume غبار و میست ها Dust and mist as Cu		۰/۲ mg/m^3 ۱ mg/m^3	– –	– –	
غبار پنبه خام Cotton dust, raw, untreated		۰/۱ mg/m^3 (T)	-	A٤	برونشیت؛ بیسینوزیس؛ عملکرد ریوی
کومافوس Coumaphos [٥٦-٧٢-٤]	۳۶۲/۸	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	A٤ ؛BEI_C پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
همه ایزومرهای کروزول Cresol, all isomers [۹۵-٤٨-۷]; [۱۰٦-٤٤-٥]; [۱۳۱۹-۷۷-۳]; [۱۰۸-۳۹-۴]	۱۰۸/۱۴	۲۰mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کروتون آلدئید Crotonaldehyde [٤١٧٠-٣٠-٣]	۷۰/۰۹	–	C ۰/۳ ppm	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
کروفومات Crufomate [۲۹۹-۸٦-٥]	۲۹۱/۷۱	۵ mg/m^3	–	A٤ ؛BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
‡ کومن Cumene [۹۸-۸۲-۸]	۱۲۰/۱۹	۵ ppm	–	A۳	تومور خوش خیم قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال عصبی
سیانامید Cyanamide [٤٢٠-٠٤-٢]	۴۲/۰۴	۲ mg/m^3	–	–	تحریک چشمی و پوستی
سیانازین Cyanazine [٢١٧٢٥-٤٦-٢]	۲۴۰/۷۰	۰/۱ mg/m^3(I)	–	A۳	تأثیر بر وزن بدن، سیستم اعصاب مرکزی، تراتوژنیک
اتیل و متیل سیانواکریلیت Cyanoacrylates Ethyl [۷۰۸۵-۸۵-۰]	۱۲۵/۴	۰/۲ ppm	۱ ppm	DSEN ؛RSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
and Methyl [۱۳۷-۰۵-۳]	۱۱۲/۱۱				
سیانوژن Cyanogen [٤٦٠-١٩-٥]	۵۲/۰۴	–	C ۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
برمید سیانوژن Cyanogen bromide [٥٠٦-٦٨-٣]	۱۰۵/۹۲	–	C ۰/۳ ppm		تحریک دستگاه تنفسی و چشم؛ ادم ریوی
کلرید سیانوژن Cyanogen Chloride [٥٠٦-٧٧-٤]	۶۱/۴۸	–	C۰ /۳ ppm	–	ادم ریوی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
سیکلو هگزان Cyclohexane [١١٠-٨٢-٧]	۸۴/۱۶	۱۰۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سیکلوهگزانول Cyclohexanol [١٠٨-٩٣-٠]	۱۰۰/۱۶	۵۰ ppm	–	پوست	آسیب سیستم اعصاب مرکزی و تحریک چشم
سیکلو هگزانون Cyclohexanone [١٠٨-٩٤-١]	۹۸/۱۴	۲۰ ppm	۵۰ ppm	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
سیکلوهگزن Cyclohexene [١١٠-٨٣-٨]	۸۲/۱۴	۲۰ ppm	–	-	تاثیر کبدی
سیکلوهگزیل آمین Cyclohexylamine [١٠٨-٩١-٨]	۹۹/۱۷	۱۰ ppm	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
سیکلونیت Cyclonite [١٢١-٨٢-٤]	۲۲۲/۲۶	۰/۵ mg/m^3	–	پوست؛ A٤	آسیب کبدی
سیکلو پنتادین Cyclopentadiene [٥٤٢-٩٢-٧]	۶۶/۱۰	۷۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
‡ سیکلو پنتان Cyclopentane [۲۸۷-۹۲-۳]	۷۰/۱۳	۶۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ آسیب سیستم اعصاب مرکزی
سی هگزاتین Cyhexatin [۱۳۱۲۱-۷۰-۵]	۳۸۵/۱۶	۵ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تأثیر روی وزن بدن؛ اثرات کلیوی
۴-۲ دی کلروفنوکسی‌استیک اسید ۲،۴-D [۹۴-۷۵-۷]	۲۲۱/۰۴	۱۰$mg/m^{3(I)}$	–	A٤	تأثیر تیروئیدی؛ آسیب لوله های کلیوی
ددت DDT[۵۰-۲۹-۳]	۳۵۴/۵۰	۱ mg/m^3	–	A۳	اثرات کبدی
دکابوران Decaborane [۱۷۷۰۲-۴۱-۹]	۱۲۲/۳۱	۰/۰۵ ppm	۰/۱۵ ppm	پوست	تشنج سیستم اعصاب مرکزی ؛ کاهش قوه ادراکی
دمتون Demeton [۸۰۶۵-۴۸-۳]	۲۵۸/۳۴	۰/۰۵ $mg/m^{3\ (IFV)}$	–	پوست؛ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دمتون –اس– متیل Demeton-S-methyl [۹۱۹-۸۶-۸]	۲۳۰/۳۰	۰/۰۵ $mg/m^{3\ (IFV)}$	–	پوست؛ BEL_C ؛ DSEN ،A٤	بازدارنده آنزیم کولین استراز
الکل دی استون Diacetone alcohol [۱۲۳-۴۲-۲]	۱۱۶/۱۶	۵۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی استیل Diacetyl [۴۳۱-۰۳-۸]	۸۶/۱۰	۰/۰۱ ppm	۰/۰۲ ppm	A٤	آسیب ریه
دیازینون Diazinon [۳۳۳-۴۱-۵]	۳۰۴/۳۶	۰/۰۱ $mg/m^{3\ (IFV)}$	–	پوست؛ BEL_C A٤	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دیازومتان Diazomethane [۳۳٤-۸۸-۳]	۴۲/۰۴	۰/۲ ppm	–	A۲	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
دی بوران Diborane [۱۹۲۸۷-٤٥-۷]	۲۷/۶۹	۰/۱ ppm	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و سردرد
۲- ان- دی بوتیل آمینو اتانول ۲-N-Dibutylamino ethanol [۱۰۲-۸۱-۸]	۱۷۳/۲۹	۰/۵ ppm	–	پوست؛ BEL_C	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی بوتیل فنیل فسفات Dibutyl phenyl phosphate [۲۵۲۸-۳٦-۱]	۲۸۶/۲۶	۰/۳ ppm	–	پوست؛ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی بوتیل فسفات Dibutyl phosphate [۱۰۷-٦٦-٤]	۲۱۰/۲۱	۵ mg/m^3 (IFV)	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و مثانه
دی بوتیل فتالات Dibutyl phthalate [۸٤-۷٤-۲]	۲۷۸/۳۴	۵ mg/m^3	–	–	آسیب بیضه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اسید دی کلرواستیک Dichloroacetic acid [۷۹-٤۳-٦]	۱۲۸/۹۵	۰/۵ ppm	–	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب بیضه
دی کلرو استیلن Dichloroacetylene [۷۵۷۲-۲۹-٤]	۹۴/۹۳	–	C۰/۱ ppm	A۳	تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب محیطی
ارتو دی کلرو بنزن o-Dichlorobenzene [۹۵-۵۰-۱]	۱۴۷/۰۱	۲۵ ppm	۵۰ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبدی
پارا دی کلرو بنزن p-Dichlorobenzene [۱۰٦-٤٦-۷]	۱۴۷/۰۱	۱۰ ppm	–	A۳	تحریک و سوزش چشم و آسیب کلیوی
۳و۳- دی کلرو بنزیدین ۳،۳-Dichloro benzidine [۹۱-۹٤-۱]	۲۵۳/۱۳	–(L)	-	پوست؛ A۳	سرطان مثانه وتحریک چشم
۱و۴- دی کلرو- ۲- بوتن ۱،۴-Dichloro-۲-butene [۷٦٤-٤۱-۰]	۱۲۴/۹۹	۰/۰۰۵ ppm	–	پوست؛ A۲	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
دی کلرو دی فلوئورو متان Dichlorodifluoro methane [۷۵-۷۱-۸]	۱۲۰/۹۱	۱۰۰۰ ppm	–	A٤	حساسیت های قلبی
۱و۳- دی کلرو- ۵ و ۵- دی متیل هیدانتوئین ۱،۳-Dichloro-۵،۵- dimethyl hydantoin [۱۱۸-۵۲-۵]	۱۹۷/۰۳	۰/۲ mg/m^3	۰/۴ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۱و۱- دی کلرو اتان ۱،۱- Dichloroethane [۱۱۸-۵۲-۵]	۹۸/۹۷	۱۰۰ ppm	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کلیوی وکبدی
۱و۲- دی کلرو اتیلن؛ همه ایزومرها ۱،۲-Dichloroethylene, all isomers [۱۵۶-۵۹-۲]; [۵۴۰-۵۹-۰]; [۱۵۶-۶۰-۵]	۹۶/۹۵	۲۰۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی سوزش چشم
دی کلرو اتیل اتر Dichloroethyl ether [۱۱۱-٤٤-٤]	۱۴۳/۰۲	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
دی کلرو فلوئورو متان Dichloromonofluoro methane [۷۵-٤۳-٤]	۱۰۲/۹۲	۱ ppm	–	–	آسیب کبدی
دی کلرو متان Dichloromethane [۷۵-۰۹-۲]	۸۴/۹۳	۵۰ ppm	–	A۳ BEI	کربوکسی هموگلوبینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱و۱- دی کلرو- ۱- نیترواتان ۱،۱- Dichloro-۱- nitroethane [۵۹٤-۷۲-۹]	۱۴۳/۹۶	۲ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۱و۳- دی کلرو پروپن ۱،۳-Dichloropropene [۵٤۲-۷۵-٦]	۱۱۰/۹۸	۱ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب‌های کلیوی
۲و۲- دی کلرو پروپیونیک اسید	۱۴۳	۵ $mg/m^{3(I)}$	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۲،۲- Dichloro propionic acid [۷۵-۹۹-۰]					
دی کلرو تترا فلوئورو اتان Dichlorotetrafluoro ethane [۷۶-۱۴-۲]	۱۷۰/۹۳	۱۰۰۰ ppm	–	A٤	تأثیر بر عملکرد ریوی
دی کلروووس Dichlorvos [۶۲-۷۳-۷]	۲۲۰/۹۸	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A٤؛ DSEN؛ BEL	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دی کروتوفوس Dicrotophos [۱٤۱-٦٦-۲]	۲۳۷/۲۱	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A٤؛ DSEN؛ BEL	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دی سیکلو پنتادین و شامل سیکلوپنتادین Dicyclopentadiene [۷۷-۷۳-٦] including Cyclopentadiene	۱۳۲/۲۱	۰/۵ ppm	۱ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم
دی سیکلو پنتادیل آهن Dicyclopentadienyl iron as Fe [۱۰۲-۵٤-۵]	۱۸۶/۰۳	۱۰mg/m^3	–	–	آسیب کبدی
دیلدرین Dieldrin [٦۰-۵۷-۱]	۳۸۰/۹۳	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی؛ اثرات سیستم تولید مثل؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سوخت دیزل به صورت هیدروکربن های کل Diesel fuel [٦۸۳۳٤-۳۰-۵]; [٦۸٤۷٦-۳۰-۲]; [۶۸۴۷۶-۳۴-۶] as total Hydrocarbons [۶۸۴۷۶-۳۱-۳];	متفاوت	۱۰۰ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A۳	درماتیت
دی اتانول آمین Diethanolamine [۱۱۱-٤۲-۲]	۱۰۵/۱۴	۱ mg/m^3 (IFV)		پوست؛ A۳	آسیب کبدی و کلیوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
دی اتیل آمین Diethylamine [۱۰۹-۸۹-۷]	۷۳/۱۴	۵ ppm	۱۵ ppm	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و پوست
۲- دی اتیل آمینو اتانول ۲-Diethylaminoethanol [۱۰۰-۳۷-۸]	۱۱۷/۱۹	۲ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تشنج سیستم اعصاب مرکزی
دی اتیلن گلایکول مونوبوتیل اتر Diethylene glycol monobutyl ether [۱۱۲-۳٤-۵]	۱۶۲/۳۳	۱۰ ppm (IFV)		-	هماتولوژی ریه؛ اثرات کبدی و کلیوی
دی اتیلن تری آمین Diethylene triamine [۱۱۱-٤۰-۰]	۱۰۳/۱۷	۱ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
‡ دی(۲-اتیل هگزیل) فتالات Di(۲- ethylhexyl) phthalate [۱۱۷-۸۱-۷]	۳۹۰/۵۴	۵ mg/m^3	-	A۳	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
ان، ان- دی اتیل هیدروکسیل آمین N,N-Diethylhydroxylamine [۳۷۱۰-۸٤-۷]	۸۹/۱۴	۲ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی اتیل کتون Diethyl ketone [۹٦-۲۲-۰]	۸۶/۱۳	۲۰۰ ppm	۳۰۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
دی اتیل فتالات Diethyl phthalate [۸٤-٦٦-۲]	۲۲۲/۲۳	۵ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی اتیل سولفات Diethyl sulphate [٦٤-٦۷-۵]	۱۵۴/۱۸	۰/۰۵ ppm	–	A۲	سرطان زائی، سوزش پوست
دی فلوئورو دی بروموِ متان Diflurodibromomethan [۷۵-٦۱-٦]	۲۰۹/۸۳	۱۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات کبدی
دی گلایسیدیل اتر Diglycidyl ether [۲۲۳۸-۰۷-۵]	۱۳۰/۱۴	۰/۰۱ ppm	–	A٤	تحریک و سوزش پوست و چشم؛ اثرات سیستم تولید مثل در مردان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
دی ایزو بوتیل کتون Diisobutyl ketone [۱۰۸-۸۳-۸]	۱۴۲/۲۳	۲۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی ایزو پروپیل آمین Diisopropylamine [۱۰۸-۱۸-۹]	۱۰۱/۱۹	۵ ppm	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی
دی متیل استامید Dimethyl acetamide [۱۲۷-۱۹-۵]	۸۷/۱۲	۱۰ ppm	-	پوست؛ A۳ BEI	آسیب کبدی و آسیب جنینی، تولید مثل، کلیه، اثر تراتوژنیک
دی متیل آمین Dimethylamine [۱۲۴-۴۰-۳]	۴۵/۰۸	۵ ppm	۱۵ ppm	A٤؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و دستگاه گوارش
بیس (۲-دی متیل آمینو اتیل) اتر Bis (۲-Dimethyl aminoethyl) ether (DMAEE) [۳۰۳۳-۶۲-۳]	۱۶۰/۲۶	۰/۰۵ ppm	۰/۱۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
دی متیل آنیلین Dimethylaniline [۱۲۱-۶۹-۷]	۱۲۱/۱۸	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A٤؛ BEI_M	مت هموگلوبینی
دی متیل کارباميل کلراید Dimethyl carbamoyl chloride [۷۹-۴۴-۷]	۱۰۷/۵۴	۰/۰۰۵ ppm	–	پوست؛ A۲	سرطان بینی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی متیل دی سولفید Dimethyl disulfide [۶۲۴-۹۲-۰]	۹۴/۲	۰/۵ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
دی متیل اتوکسی سیلان Dimethylethoxysilane [۱۴۸۵۷-۳۴-۲]	۱۰۴/۲۰	۰/۵ ppm	۱/۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سردرد
دی متیل فرمامید Dimethylformamide [۶۸-۱۲-۲]	۷۳/۱۰	۵ ppm	–	پوست؛ A۳ BEI	آسیب کبدی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱و۱- دی متیل هیدرازین	۶۰/۱۲	۰/۰۱ ppm	–	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرطان بینی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۱،۱-Dimethyl hydrazine [۵۷-۱۴-۷]					
همه ایزومرهای دی متیل فنل Dimethyl phenol all isomers [۱۰۸-۶۸-۹]; [۱۰۵-۶۷-۹]; [۹۵-۸۷-۴]; [۹۵-۶۵-۸]; [۱۳۰۰-۷۱-۶]; [۵۷۶-۲۶-۱]; [۵۲۶-۷۵-۰]	متفاوت	۱ ppm(IFV)	–	A۳ ؛DSEN	تأثیر بر سیستم خون و وزن بدن
دی متیل فتالات Dimethylphthalate [۱۳۱-۱۱-۳]	۱۹۴/۱۹	۵ mg/m۳	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی متیل سولفات Dimethyl sulfate [۷۷-۷۸-۱]	۱۲۶/۱۰	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A۳	سوزش پوست و چشم
دی متیل سولفید Dimethyl sulfide [۷۵-۱۸-۳]	۶۲/۱۴	۱۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کلیه ایزومرهای دی نیترو بنزن Dinitrobenzene,all isomers [۲۵۱۵۴-۵۴-۵];[۵۲۸-۲۹-۰];[۱۰۰-۲۵-۴]; [۹۹-۶۵-۰]	۱۶۸/۱۱	۰/۱۵ ppm(IFV)	–	پوست BEI_M	مت هموگلوبینی، آسیب چشم
دی نیترو – ارتو–کروزول Dinitro-o-cresol [۵۳۴-۵۲-۱]	۱۹۸/۱۳	۰/۲ mg/m۳(IFV)	–	پوست	متابولیسم پایه
۳و۵- دی نیترو– ارتو – تولوآمید ۳،۵-Dinitro-o-toluamide [۱۴۸-۰۱-۶]	۲۲۵/۱۶	۱ mg/m۳	–	A٤	آسیب کبدی
دی نیترو تولوئن Ditnitrotoluene [۲۵۳۲۱-۱۴-۶]	۱۸۲/۱۵	۰/۲ mg/m۳	–	پوست؛ A۳ BEI_M	اختلالات قلبی؛ اثرات سیستم تولید مثل
۱و۴- دی اکسان ۱،۴-Dioxane [۱۲۳-۹۱-۱]	۸۸/۱۰	۲۰ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
دی اکساتیون Dioxathion [۷۸-۳۴-۲]	۴۵۶/۵۴	۰/۱ mg/m۳ (IFV)	-	پوست؛ A٤ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۱و۳- دی اکسولان ۱،۳-Dioxolane [۶۴۶-۰۶-۰]	۷۴/۰۸	۲۰ ppm	–	–	اثرات خونی
دی فنیل آمین Diphenylamine [۱۲۲-۳۹-۴]	۱۶۹/۲۴	۱۰mg/m^3	–	A۴	آسیب کبدی و کلیوی؛ اثرات خونی
دی پروپیل کتون Dipropyl ketone [۱۲۳-۱۹-۳]	۱۱۴/۸۰	۵۰ ppm	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی کوات Diquat [۸۵-۰۰-۷]; [۲۷۶۴-۷۲-۹]; [۶۳۸۵-۶۲-۲], as the cation	متفاوت	۰/۵ mg/m^3(I) ۰/۱ mg/m^3 (R)	– –	پوست؛ A۴ پوست؛A۴	تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آب مروارید تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آب مروارید
دی سولفیرام Disulfiram [۹۷-۷۷-۸]	۲۹۶/۵۴	۲ mg/m^3	–	A۴	اتساع عروق؛ تهوع
دی سولفتون Disulfoton [۲۹۸-۰۴-۴]	۲۷۴/۳۸	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A۴ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دیورون Diuron [۳۳۰-۵۴-۱]	۲۳۳/۱۰	۱۰ mg/m^3	–	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی وینیل بنزن Divinybenzene [۱۳۲۱-۷۴-۰]	۱۳۰/۱۹	۱۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دودسیل مرکاپتان Dodecyl mercaptan [۱۱۲-۵۵-۰]	۲۰۲/۴	۰/۱ ppm	–	DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اندو سولفان Endosulfan [۱۱۵-۲۹-۷]	۴۰۶/۹۵	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A۴	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و آسیب کبدی وکلیوی
اندرین Endrin [۷۲-۲۰-۸]	۳۸۰/۹۳	۰/۱ mg/m^3	–	پوست؛ A۴	آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی و سردرد

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
انفلوران Enflurane [۱۳۸۳۸-۱۶-۹]	۱۸۴/۵۰	۷۵ ppm	–	A٤	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی
اپی کلرو هیدرین Epichlorohydrin [۱۰۶-۸۹-۸]	۹۲/۵۳	۰/۵ ppm	–	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثرات سیستم تولید مثل در مردان
ای پی ان EPN [۲۱۰٤-٦٤-٥]	۳۲۳/۳۱	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A٤ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
اتان Ethane [۷٤-۸٤-۰]	۳۰/۰۷	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن(D, EX)			خفگی
اتانول Ethanol [٦٤-۱۷-٥]	۴۶/۰۷	–	۱۰۰۰ ppm	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتانول آمین Ethanolamine [۱٤۱-٤۳-٥]	۶۱/۰۸	۳ ppm	۶ ppm	–	تحریک و سوزش پوست و چشم
اتیون Ethion [٥٦۳-۱۲-۲]	۳۸۴/۴۸	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A٤ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲-اتوکسی اتانول ۲-Ethoxyethanol [۱۱۰-۸۰-٥]	۹۰/۱۲	۵ ppm	-	پوست؛ BEI	آسیب سیستم تولید مثل در مردان؛ آسیب جنینی
۲- اتوکسی اتیل استات ۲-Ethoxyethyl acetate [۱۱۱-۱۵-۹]	۱۳۲/۱۶	۵ ppm	-	پوست؛ BEI	آسیب سیستم تولید مثل مردان
اتیل استات Ethyl acetate [۱٤۱-۷۸-٦]	۸۸/۱۰	۴۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اتیل آکریلات Ethyl acrylate [۱٤۰-۸۸-٥]	۱۰۰/۱۱	۵ ppm	۱۵ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ حساسیت پوستی
اتیل آمین	۴۵/۰۸	۵ ppm	۱۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Ethyl amine [۷۵-۰۴-۷]					
اتیل آمیل کتون Ethyl amyl ketone [۵۴۱-۸۵-۵]	۱۲۸/۲۱	۱۰ ppm	–	–	ایجاد سمیت اعصاب
‡ اتیل بنزن Ethyl benzene [۱۰۰-۴۱-۴]	۱۰۶/۱۶	۲۰ ppm	–	A۳؛ BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و آسیب کلیوی (نفروپاتی)؛ اختلال بخش حلزونی گوش میانی
اتیل بروماید Ethyl bromide [۷۴-۹۶-۴]	۱۰۸/۹۸	۵ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیل ترت- بوتیل اتر Ethyl tert-butyl ether [۶۳۷-۹۲-۳]	۱۰۲/۱۸	۲۵ ppm	–	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیل بوتیل کتون Ethyl butyl ketone [۱۰۶-۳۵-۴]	۱۱۴/۱۹	۵۰ ppm	۷۵ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سوزش پوست و چشم
اتیل کلراید Ethyl chloride [۷۵-۰۰-۳]	۶۴/۵۲	۱۰۰ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
اتیل سیانوآکریلات Ethyl cyanoacrylate [۷۰۸۵-۸۵-۰]	۱۲۵/۱۲	۰/۲ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
اتیلن Ethylene [۷۴-۸۵-۱]	۲۸/۰۵	۲۰۰ ppm	–	A۴	خفگی
اتیلن کلرو هیدرین Ethylene chlorohydrin [۱۰۷-۰۷-۳]	۸۰/۵۲	–	C ۱ ppm	پوست؛ A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
اتیلن دی آمین Ethylen diamine [۱۰۷-۱۵-۳]	۶۰/۱۰	۱۰ ppm	–	پوست؛ A۴	–
اتیلن دی بروماید Ethylene dibromide [۱۰۶-۹۳-۴]	۱۸۷/۸۸	–	–	پوست؛ A۳	–

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
اتیلن دی کلرید Ethylene dichloride [۱۰۷-۰۶-۲]	۹۸/۹۶	۱۰ ppm	–	A٤	آسیب کبدی ؛ تهوع
اتیلن گلیکول Ethylene glycol [۱۰۷-۲۱-۱]	۶۲/۰۷	۵۰ ppm (v) ۱۰ mg/m^3 (I,H)	۲۵ ppm (v)	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
‡ اتیلن گلیکول دی نیترات Ethylene glycol dinitrate [٦٢٨-٩٦-٦]	۱۵۲/۰۶	۰/۰۵ ppm	–	پوست	اتساع عروق و سردرد
اتیلن اکساید Ethylene oxide [۷۵-۲۱-۸]	۴۴/۰۵	۱ ppm	–	A۲،پوست؛ BEI	سرطان؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیلن ایمین Ethylen imine [۱۵۱-۵٦-٤]	۴۳/۰۸	۰/۰۵ ppm	۰/۱ ppm	پوست؛ A۳	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
اتیل اتر Ethyl ether [٦٠-٢٩-٧]	۷۴/۱۲	۴۰۰ ppm	۵۰۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتیل فرمات Ethyl formate [۱۰۹-۹٤-٤]	۷۴/۰۸	-	۱۰۰ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲- اتیل هگزانوییک اسید ۲-Ethylhexanoic acid [۱٤۹-۵۷-۵]	۱۴۴/۲۴	۵ mg/m^3 (IFV)	–	–	اثرات ناقص الخلقه زایی
اتیلیدن نوربومن Ethylidene norbomene [۱٦۲۱۹-۷۵-۳]	۱۲۰/۱۹	۲ ppm	۴ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اتیل ایزوسیانات Ethyl isocyanate [۱۰۹-۹۰-۰]	۷۱/۱	۰/۰۲ ppm	۰/۰۶ ppm	پوست، DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
اتیل مرکاپتان Ethyl mercaptan [۷۵-۰۸-۱]	۶۲/۱۳	۰/۵ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتیل مورفولین نرمال N-Ethylmorpholine [۱۰۰-۷۴-۳]	۱۱۵/۱۸	۵ ppm	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی
اتیل سیلیکات یا تترا اتوکسی سیلان Ethyl silicate [۷۸-۱۰-۴]	۲۰۸/۳۰	۱۰ ppm	-	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی؛ آسیب کلیوی
فنامیفوز Fenimiphos [۲۲۲۲۴-۹۲-۶]	۳۰۳/۴۰	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A۴ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فن سولفوتیان Fensulfothian [۱۱۵-۹۰-۲]	۳۰۸/۳۵	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A۴ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فنیتروتیون Fenitrothion [۱۲۲-۱۴-۵]	۲۷۷/۲۳	۱ ppm	–	پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فنوبوکارب Fenobucarb [۳۷۶۶-۸۱-۲]	۲۰۷/۲۷	۵ ppm	–	پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فنتیون Fenthion [۵۵-۳۸-۹]	۲۷۸/۳۴	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A۴ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فربام Ferbam [۱۴۴۸۴-۶۴-۱]	۴۱۶/۵۰	۵ mg/m^3(I)	–	A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی تأثیر روی وزن بدن آسیب طحال
فلودیوکسونیل Fludioxonil [۱۳۱۳۴۱-۸۶-۱]	۲۴۸/۲۰	۱ mg/m^3(I)	–	A۳	آسیب کبدی و کلیوی
غبار فرو وانادیوم Ferrovanadium dust [۱۲۶۰۴-۵۸-۹]	–	۱ mg/m^3	۳ mg/m^3	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم
غبار آرد	–	۰/۵ mg/m^3(I)	–	RSEN	آسم؛ برونشیت؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Flour dust					
فلوئوریدها Fluorides, as F	متفاوت	۲/۵ mg/m^3	–	A٤؛ BEI	آسیب استخوانی فلوئوروزیس
فلوئورین Fluorine [۷۷۸۲-٤۱-٤], as F	۳۸	۰/۱ ppm	C ۰/۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم و پوست
فولپت Folpet [۱۳۳-۰۷-۳]	۲۹۶/۶۰	۱ $mg/m^{3(I)}$	–	A۳؛ DSEN	آسیب کبدی؛ تأثیر روی وزن بدن
فونوفوس Fonofos [۹٤٤-۲۲-۹]	۲۴۶/۳۲	۰/۱ mg/m^{3} (IFV)	-	A٤ ؛پوست BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فرم آلدئید Formaldehyde [۵۰-۰۰-۰]	۳۰/۰۳	۰/۱ ppm	۰/۵ ppm	A۱؛ RSEN؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم؛ سرطان قسمت فوقانی تنفسی
فرمامید Formamide [۷۵-۱۲-۷]	۴۵/۰۴	۱ ppm	–	پوست	تاثیرات خونی، سرطان کبد، افزایش سمیت
اسید فرمیک Formic acid [٦٤-۱۸-٦]	۴۶/۰۲	۵ ppm	۱۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
فورفورال Furfural [۹۸-۰۱-۱]	۹۶/۰۸	۰/۲ ppm	–	A۳ ؛پوست؛ BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
فورفوریل الکل Furfuryl alcohol [۹۸-۰۰-۰]	۹۸/۱۰	۰/۲ ppm	-	A۳؛ پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم
گالیم آرسنید Gallium arsenide [۱۳۰۳-۰۰-۰]	۱۴۴/۶۴	۰/۰۰۰۳ mg/m^{3} (R)	-	A۳	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
بنزین Gasoline [۸٦۲۹۰-۸۱-۵]	متفاوت	۳۰۰ ppm	۵۰۰ ppm	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
تتراهیدرید ژرمانیوم Germanium tetrahydride [۷۷۸۲-۶۵-۲]	۷۶/۶۳	۰/۲ ppm	–	–	اثرات خونی
گلوتارآلدئید (فعال و غیر فعال) Glutaraldehyde [۱۱۱-۳۰-۸], activated and unactivated	۱۰۰/۱۱	-	C ۰/۰۵ ppm	A٤؛RSEN؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
میست گلیسرین Glycerin mist [۵۶-۸۱-۵]	۹۲/۰۹	۱۰ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
گلیسیدول Glycidol [۵۵۶-۵۲-۵]	۷۴/۰۸	۲ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
گلای اکزال Glyoxal [۱۰۷-۲۲-۲]	۵۸/۰۴	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	RSEN ؛A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ متاپلازی حنجره
گردغبار غلات (جو دو سر؛ گندم) Grain dust (oat, wheat, barley)	نامشخص	۴ mg/m^3	–	–	برونشیت؛ اثرات ریوی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
گرافیت(همه اشکال جز فیبر گرافیت) Graphite (all forms except graphite fibres) [۷۷۸۲-۴۲-۵]	–	۲ mg/m^3 (R)	–	–	پنوموکونیوزیس
هافنیم و ترکیبات آن Hafnium [۷۴۴۰-۵۸-۶] and compounds, as Hf	۱۷۸/۴۹	۰/۵ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبدی
هالوتان Halothane [۱۵۱-۶۷-۷]	۱۹۷/۳۹	۵۰ ppm	–	A٤	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اتساع عروق
فلزات سخت حاوی کبالت و کاربید تنگستن Hard metals containing Cobalt [۷۴۴۰-۴۸-۴] and Tungsten carbide [۱۲۰۷۰-۱۲-۱], as Co	–	۰/۰۰۵ mg/m^3(T)		RSEN ؛A۲	التهاب ریه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
هلیم Helium [۷۴۴۰-۵۹-۷]	۴	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D)			خفگی
هپتاکلر و هپتاکلر اپوکسید Heptachlor [۷۶-۴۴-۸] and Heptachlor epoxide [۱۰۲۴-۵۷-۳]	۳۷۳/۳۲ ۳۸۹/۴۰	۰/۰۵ mg/m^3	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
کلیه ایزومرهای هپتان Haptane, all isomers [۱۰۸-۰۸-۷]; [۱۴۲-۸۲-۵]; [۵۹۱-۷۶-۴]; [۵۹۰-۳۵-۲]; [۵۸۹-۳۴-۴]; [۵۶۵-۵۹-۳]	۱۰۰/۲۰	۴۰۰ ppm	۵۰۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
هگزوکلرو بنزن Hexachlorobenzene [۱۱۸-۷۴-۱]	۲۸۴/۷۸	۰/۰۰۲ mg/m^3	–	پوست؛ A۳	اثرات پورفیرین؛ آسیب پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هگزا کلرو بوتادین Hexachlorobutadiene [۸۷-۶۸-۳]	۲۶۰/۷۶	۰/۰۲ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب کلیوی
هگزا کلرو سیکلو پنتادین Hexachlorocyclo pentadiene [۷۷-۴۷-۴]	۲۷۲/۷۵	۰/۰۱ ppm	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
هگزا کلرو اتان Hexachloroethane ٦٧-٧٢-١]	۲۳۶/۷۴	۱ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب کلیوی و کبدی
هگزا کلرو نفتالن Hexachloro Naphthalene [۱۳۳۵-۸۷-۱]	۳۳۴/۷۴	۰/۲ mg/m^3	–	پوست	آسیب کبدی و جوشهای شبه آکنه
هگزا فلوئورو استون Hexafluoroacetone [٦٨٤-١٦-٢]	۱۶۶/۰۲	۰/۱ ppm	–	پوست	آسیب بیضه؛ آسیب کلیوی
هگزا فلوئورو پروپیلن Hexafluoropropylene [١١٦-١٥-٤]	۱۵۰/۰۲	۰/۱ ppm	–	–	آسیب کلیوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
هگزا هیدروفتالیک انیدرید؛ کلیه ایزومرها Hexahydrophthalic anhydride, all isomers [۸۵-۴۲-۷]; [۱۳۱۴۹-۰۰-۳]; [۱۴۱۶۶-۲۱-۳]	۱۵۴/۱۷	-	C ۰/۰۰۵ mg/m^3 (IFV)	RSEN	حساسیت ؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ پوست و چشم
هگزا متیلن دی ایزوسیانات Hexamethylene diisocyanate [۸۲۲-۰۶-۰]	۱۶۸/۲۲	۰/۰۰۵ ppm		BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت سیستم تنفسی
هگزامتیلن تترامین Hexamethylenetetramine [۱۰۰-۹۷-۰]		۱ mg/m^3 (IFV)	–	DSEN؛ A٤	حساسیت پوستی
هگزا متیل فسفرآمید Hexamethyl phosphoramide [۶۸۰-۳۱-۹]	۱۷۹/۲۰	–	–	پوست؛A۳	سرطان قسمت فوقانی تنفسی
هگزان نرمال n-Hexane [۱۱۰-۵٤-۳]	۸۶/۱۸	۵۰ ppm	–	پوست؛ BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و نوروپاتی محیطی؛ تحریک چشمی
کلیه ایزومرهای هگزان بجز هگزان نرمال Hexane, isomer, other than n-Hexane [۷۵-۸۳-۲; [۷۹-۲۹-۸]; [۹۶-۱۴-۰]; ۱۰۷-۸۳-۵]	۸۶/۱۷	۵۰۰ ppm	۱۰۰۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱و۶- هگزان دی آمین ۱،۶-Hexanediamine [۱۲٤-۰۹-٤]	۱۱۶/۲۱	۰/۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
هگزازینون Hexazinone [۵۱۲۳۵-۰٤-۲]	۲۵۲/۳۰	۳ mg/m^3(I)	–	A٤	خونی، آسیب کبدی
۱- هگزن ۱-Hexene [۵۹۲-٤۱-٦]	۸۴/۱۶	۵۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هگزیل استات نوع دوم sec-Hexyl acetate [۱۰۸-۸٤-۹]	۱۴۴/۲۱	۲۰ ppm	۵۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
هگزیلن گلیکول Hexylene glycol [۱۰۷-۴۱-۵]	۱۱۸/۱۸	۲۵ ppm(V)	۵۰ ppm(V) ۱۰ mg/m³(I,H)	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
هیدرازین Hydrazine [۳۰۲-۰۱-۲]	۳۲/۰۵	۰/۰۱ ppm	-	پوست؛ A۳	سرطان قسمت فوقانی تنفسی
هیدروژن Hydrogen [۱۳۳۳-۷۴-۰]	۱/۰۱	خفگی آور ساده (D)			خفگی
ترفنیل های هیدروژنه (غیر تابشی) Hydrogenated terphenyls (nonirradiated) [۶۱۷۸۸-۳۲-۷]	۲۴۱/۰۰	۰/۵ ppm	–	–	آسیب کبدی
برومید هیدروژن Hydrogen bromide [۱۰۰۳۵-۱۰-۶]	۸۰/۹۲	–	C ۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کلرید هیدروژن Hydrogen chloride [۷۶۴۷-۰۱-۰]	۳۶/۴۷	–	C ۲ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
سیانید هیدروژن و نمکهای سیانید Hydrogen cyanide and cyanide salts, as CN سیانید هیدروژن Hydrogen cyanide [۷۴-۹۰-۸] نمکهای سیانید Cyanide salts [۱۴۳-۳۳-۹; ۱۵۱-۵۰-۸; ۵۹۲-۰۱-۸]	۲۷/۰۳ متفاوت	– –	C ۴/۷ ppm C ۵ mg/m³	پوست پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تهوع؛ سردرد؛ اثرات تیروئیدی
فلوئورید هیدروژن Hydrogen fluoride [۷۶۶۴-۳۹-۳], as F	۲۰/۰۱	۰/۵ ppm	C ۲ ppm	پوست EBI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحتانی، پوست و چشم؛ فلوروزیس

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
پروکسید هیدروژن Hydrogen peroxide [۷۷۲۲-۸۴-۱]	۳۴/۰۲	۱ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، پوست و چشم
سلنید هیدروژن Hydrogen selenide [۷۷۸۳-۰۷-۵], as Se	۸۰/۹۸	۰/۰۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
سولفید هیدروژن Hydrogen sulfide [۷۷۸۳-۰۶-۴]	۳۴/۰۸	۱ ppm	۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هیدروکینون Hydroquinone [۱۲۳-۳۱-۹]	۱۱۰/۱۱	۱ mg/m^3	–	A۳ ؛DSEN	تحریک و آسیب چشم
۲- هیدروکسی پروپیل آکریلات ۲-Hydroxypropyl acrylate [۹۹۹-۶۱-۱]	۱۳۰/۱۴	۰/۵ ppm	–	پوست؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
ایندن Indene [۹۵-۱۳-۶]	۱۱۶/۱۵	۵ ppm	–	-	آسیب کبدی
ایندیم و ترکیبات آن Indium [۷۴۴۰-۷۴-۶] & compounds, as In	۱۱۴/۸۲	۰/۱ mg/m^3	–	-	ادم ریه؛ پنوموکونیوزیس؛ فرسایش دندان؛ ضعف و بیقراری
ایندیم تین اکساید Indium tin oxide [۵۰۹۲۶-۱۱-۹], as In	متفاوت	۰/۰۰۰۱ mg/m^3 (R)	–	A۳ ؛DSEN	فیبروز ریوی؛ تأثیر بر عملکرد ریوی
ید و یدیدها ید Iodine [۷۵۵۳-۵۶-۲] یدیدها Iodides	۲۵۳/۸۰ متفاوت	۰/۰۱ ppm(IFV) ۰/۰۱ ppm(IFV)	۰/۱ ppm(V) –	A٤ A٤	کم کاری تیروئید؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ کم کاری تیروئید تحریک قسمت فوقانی تنفسی
‡ یودوفرم Iodoform [۷۵-۴۷-۸]	۳۹۳/۷۸	۰/۶ ppm	–	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
اکسید آهن Iron oxide (Fe_2O_3) [۱۳۰۹-۳۷-۱]	۱۵۹/۷۰	۵ mg/m^3 (R)	–	A٤	پنوموکنیوزیس
پنتا کربونیل آهن Iron pentacarbonyl [۱۳٤٦۳-٤۰-٦], as Fe	۱۹۵/۹۰	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	–	ادم ریه؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
نمک های محلول آهن مثل سولفات؛ کلرید؛ نیترات و ... Iron salts, soluble, as Fe	متفاوت	۱ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
الکل ایزوآمیل یا الکل ایزوپنتیل Isoamyl alcohol [۱۲۳-۵۱-۳]	۸۸/۱۵	۱۰۰ ppm	۱۲۵ ppm		تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
ایزوبوتانول Isobutanol [۷۸-۸۳-۱]	۷۴/۱۲	۵۰ ppm	–	–	تحریک پوست و چشم
ایزوبوتیل استات Isobutyl acetate [۱۱۰-۱۹-۰]	۱۱۶/۱۶	۱۵۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی
ایزو بوتیل نیتریت Isobutyl nitrite [۵٤۲-۵٦-۳]	۱۰۳/۱۲	–	C ۱ ppm	A۳ BEI_M	اتساع عروق خونی؛ مت هموگلوبینی
الکل ایزواکتیل Isooctyl alcohol [۲٦۹۵۲-۲۱-٦]	۱۳۰/۲۳	۵۰ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
ایزوفورون Isophorone [۷۸-۵۹-۱]	۱۳۸/۲۱	–	C ۵ ppm	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ خستگی؛ ضعف و بیقراری
ایزوفورون دی ایزوسیانات Isophorone diisocyanate [٤۰۹۸-۷۱-۹]	۲۲۲/۳۰	۰/۰۰۵ ppm	–	–	حساسیت سیستم تنفسی
۲- ایزو پروپوکسی اتانول ۲-Isopropoxy ethanol [۱۰۹-۵۹-۱]	۱۰۴/۱۵	۲۵ ppm	–	پوست	اثرات خونی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
ایزو پروپیل استات Isopropyl acetate [۱۰۸-۲۱-٤]	۱۰۲/۱۳	۱۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
ایزوپروپیل آمین Isopropylamine [۷۵-۳۱-۰]	۵۹/۱۱	۲ ppm	۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحریک و آسیب چشمی
ایزوپروپیل آنیلین نرمال N-Isopropylaniline [۷٦۸-۵۲-۵]	۱۳۵/۲۱	۲ ppm	–	پوست؛ BEI_M	مت هموگلوبینی
ایزو پروپیل اتر Isopropyl ether [۱۰۸-۲۰-۳]	۱۰۲/۱۷	۲۵۰ ppm	۳۱۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
ایزو پروپیل گلایسیدل اتر Isopropyl glycidyl ether (IGE) [٤۰۱٦-۱٤-۲]	۱۱۶/۱۸	۵۰ ppm	۷۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ درماتیت
کائولن Kaolin [۱۳۳۲-۵۸-۷]	–	۲ mg/m^3 (E,R)	-	A٤	پنوموکونیوزیس
کروزن/ سوخت های جت برحسب بخار هیدروکربن کل Kerosene [۸۰۰۸-۲۰-٦; ٦٤۷٤۲-۸۱-۰] /Jet fuels, as total hydrocarbon vapor	متفاوت	۲۰۰ mg/m^3 (P)	-	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
‡ کتن Ketene [٤٦۳-۵۱-٤]	۴۲/۰۴	–	C ۰/۰۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، آسیب ریه و ادم ریوی
سرب و ترکیبات معدنی آن Lead [۷٤۳۹-۹۲-۱] and inorganic compounds as Pb	۲۰۷/۲۰ متفاوت	۰/۰۵ mg/m^3	-	BEI ؛A۳	اختلالات سیستم اعصاب محیطی و مرکزی؛ اثرات خونی
کرومات سرب؛ به‌عنوان سرب Lead chromate [۷۷۵۸-۹۷-٦] as Pb به‌عنوان کروم as Cr	۳۲۳/۲۲	۰/۰۰۰۲ mg/m^3(I)	۰/۰۰۰۵ mg/m^3(I)	BEI ؛A۱؛ RSEN ؛DSEN	سرطان ریه و سینوس ها، آسم، تحریک سیستم تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
لیندان Lindane [۵۸-۸۹-۹]	۲۹۰/۸۵	۰/۵ mg/m^3	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هیدرید لیتیم Lithium hydride [۷۵۸۰-۶۷-۸]	۷/۹۵	–	C ۰/۰۵ mg/m$^{3(I)}$	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ پوست و چشم
گاز مایع (L.P.G) Liquified petroleum gas [۶۸۴۷۶-۸۵-۷]	–	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی
اکسید منیزیم Magnesium oxide [۱۳۰۹-۴۸-۴]	۴۰/۳۲	۱۰ mg/m$^{3(I)}$	–	A۴	URT; metal fume fever
مالاتیون Malathion [۱۲۱-۷۵-۵]	۳۳۰/۳۶	۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A۴ BELc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
مالئیک انیدرید Maleic anhydride [۱۰۸-۳۱-۶]	۹۸/۰۶	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	–	A۴؛ DSEN؛ RSEN	حساسیت سیستم تنفسی
منگنز ، ترکیبات معدنی و عنصری Manganese [۷۴۳۹-۹۶-۵], elemental and inorganic compounds, as Mn	۵۴/۹۴ متفاوت	۰/۰۲ mg/m$^{3(R)}$ ۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	–	A۴ –	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
منگنزسیکلوپنتا دینیل تری کربونیل Manganese cyclopentadienyl tricarbonyl [۱۲۰۷۹-۶۵-۱], as Mn	۲۰۴/۱۰	۰/۱ mg/m^3	–	پوست	تحریک پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
جیوه، ترکیبات آلکیل Mercury [۷۴۳۹-۹۷-۶], alkyl compounds, as Hg جیوه، همه اشکال بجز آلکیل، به‌عنوان جیوه Mercury [۷۴۳۹-۹۷-۶],all forms except alkyl, as Hg	متغییر ۲۰۰/۵۹	۰/۰۱ mg/m^3	۰/۰۳ mg/m^3	پوست پوست	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و محیطی؛ آسیب کلیوی اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
ترکیبات آریل Aryl compounds اشکال معدنی و عنصری Elemental and inorganic forms	متغیر متغیر	۰/۱ mg/m^3 ۰/۰۲۵ mg/m^3	– –	پوست؛A٤ BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کلیوی
مزیتیل اکساید Mesityl oxide [۱٤۱-۷۹-۷]	۹۸/۱۴	۱۵ ppm	۲۵ ppm	–	تحریک چشم و قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اسید مت آکریلیک Methacrylic acid [۷۹-٤۱-٤]	۸۶/۰۹	۲۰ ppm	–	–	تحریک پوست و چشم
متان Methane [۷٤-۸۲-۸]	۱/۰۴	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی
متانول Methanol [٦۷-٥٦-۱]	۳۲/۰۴	۲۰۰ ppm	۲۵۰ ppm	پوست؛ BEI	سردرد و آسیب چشم
متومیل Methomyl [۱٦۷٥۲-۷۷-٥]	۱۶۲/۲۰	۰/۲ $mg/m^{3(IFV)}$	-	A٤ ، پوست BELc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
متوکسی کلر Methoxychlor [۷۲-٤۳-٥]	۳۴۵/۶۵	۱۰ mg/m^3	-	A٤	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۲- متوکسی اتانول ۲-Methoxyethanol (EGME) [۱۰۹-۸٦-٤]	۷۶/۰۹	۰/۱ ppm	-	پوست؛ BEI	اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل
۲- متوکسی اتیل استات ۲-Methoxyethyl acetate (EGMEA) [۱۱۰-٤۹-٦]	۱۱۸/۱۳	۰/۱ ppm	-	پوست؛ BEI	اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل
(۲- متوکسی متیل اتوکسی) پروپانول (۲-Methoxymethyl ethoxy) propanol	۱۴۸/۲۰	۱۰۰ ppm	۱۵۰ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
[۳۴۵۹۰-۹۴-۸]					
۴- متوکسی فنول ۴- Methoxyphenol [۱۵۰-۷۶-۵]	۱۲۴/۱۵	۵ mg/m^3	–	–	سوزش چشم؛ آسیب پوست
۱- متوکسی- ۲- پروپانول ۱-Methoxy-۲-propanol [۱۰۷-۹۸-۲]	۹۰/۱۲	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	A٤	سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل استات Methyl acetate [۷۹-۲۰-۹]	۷۴/۰۸	۲۰۰ ppm	۲۵۰ ppm	-	سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب عصب چشم
متیل استیلن Methyl acetylene [۷٤-۹۹-۷]	۴۰/۰۷	۱۰۰۰ ppm(EX)	–	-	اختلال سیستم ؛ اعصاب مرکزی
مخلوط متیل استیلن پروپادین Methyl acetylene-propadiene mixture [۵۹۳۵۵-۷۵-۸]	۴۰/۰۷	۱۰۰۰ ppm(EX)	۱۲۵۰ ppm(EX)	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل آکریلات Methyl acrylate [۹٦-۳۳-۳]	۸۶/۰۹	۲ ppm	–	پوست؛ A٤؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست؛ آسیب چشم
متیل آکریلونیتریل Methyl acrylonitrile [۱۲٦-۹۸-۷]	۶۷/۰۹	۱ ppm	–	پوست؛ A٤	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سوزش چشم و پوست
متیلال Methylal [۱۰۹-۸۷-۵]	۷۶/۱۰	۱۰۰۰ ppm	–	-	سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل آمین Methyl amine [۷٤-۸۹-۵]	۳۱/۰۶	۵ ppm	۱۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
متیل ان- آمیل کتون Methyl n-amyl ketone [۱۱۰-٤۳-۰]	۱۱۴/۱۸	۵۰ ppm	–	-	تحریک چشمی و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
متیل آنیلین نرمال N-Methyl aniline [۱۰۰-۶۱-۸]	۱۰۷/۱۵	۰/۵ ppm	–	پوست؛ BEI_M	مت همو گلوبینی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل بروماید Methyl bromide [۷۴-۸۳-۹]	۹۴/۹۵	۱ ppm	–	پوست؛ A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
متیل ترت بوتیل اتر Methyl-tert-butyl ether [۱۶۳۴-۰۴-۴]	۸۸/۱۷	۵۰ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کلیوی
متیل ان- بوتیل کتون Methyl n-butyl ketone [۵۹۱-۷۸-۶]	۱۰۰/۱۶	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ BEI	نوروپاتی محیطی؛ آسیب بیضه
متیل کلرید Methyl chloride [۷۴-۸۷-۳]	۵۰/۴۹	۵۰ppm	۱۰۰ ppm	پوست؛ A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی وکبدی؛ آسیب بیضه؛ اثرات ناقص الخلقه- زایی
متیل کلروفرم Methyl chloroform [۷۱-۵۵-۶]	۱۳۳/۴۲	۳۵۰ ppm	۴۵۰ ppm	BEI ؛A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کبدی
متیل ۲- سیانوآکریلات Methyl ۲-cyano acrylate [۱۳۷-۰۵-۳]	۱۱۱/۱۰	۰/۲ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
متیل سیکلو هگزان Methyl cyclohexane [۱۰۸-۸۷-۲]	۹۸/۱۹	۴۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی وکبدی
متیل سیکلو هگزانول Methyl cyclohexanol [۲۵۶۳۹-۴۲-۳]	۱۱۴/۱۹	۵۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی
۲ – متیل سیکلوهگزانون و ایزومرها ۲ – Methylcyclohexanone all isomers [۵۸۹-۹۲-۴]; [۵۹۱-۲۴-۲]; [۱۳۳۱-۲۲-۲]	۱۱۲/۱۷	۲۰ ppm	–	–	آسیب کبدی، آسیب سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۲- متیل سیکلو پنتادینیل منگنز تری کربونیل ۲-Methylcyclo pentadienyl manganese tricarbonyl [۱۲۱۰۸-۱۳-۳], as Mn	۲۱۸/۱۰	۰/۲ mg/m^3	–	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب ریه؛ اثرات کبدی و کلیوی
متیل دمتون Methyl demeton [۸۰۲۲-۰۰-۲]	۲۳۰/۳۰	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ BEI_A	بازدارنده آنزیم کولین استرلز
متیلن بیس فنیل ایزوسیانات Methylene bisphenyl isocyanate (MDI) [۱۰۱-۶۸-۸]	۲۵۰/۲۶	۰/۰۰۵ ppm	-	-	حساسیت های سیستم تولید مثل
۴و۴- متیلن بیس (۲- کلرو آنیلین) ۴،۴-Methylene bis (۲-Chloroaniline)[۱۰۱-۱۴-۴]	۲۶۷/۱۷	۰/۰۱ ppm(IFV)	-	پوست؛ A۲ BEI	مت هموگلوبینی ؛ سرطان مثانه
متیلن بیس (۴- سیکلو هگزیل ایزوسیانات) Methylene bis (۴-cyclohexylisocyanate) [۵۱۲۴-۳۰-۱]	۲۶۲/۳۵	۰/۰۰۵ ppm	–	-	حساسیت سیستم تنفسی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی
۴و۴- متیلن دی آنیلین ۴،۴- Methylene dianiline [۱۰۱-۷۷-۹]	۱۹۸/۲۶	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
متیل اتیل کتون Methyl ethyl ketone (MEK) [۷۸-۹۳-۳]	۷۲/۱۰	۲۰۰ ppm	۳۰۰ ppm	BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و محیطی
متیل اتیل کتون پروکساید Methyl ethyl ketone proxide [۱۳۳۸-۲۳-۴]	۱۷۶/۲۴	–	C ۰/۲ ppm	-	تحریک پوست و چشم؛ آسیب کبدی و کلیوی
متیل فرمات Methyl formate [۱۰۷-۳۱-۳]	۶۰/۰۵	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم
متیل هیدرازین Methyl hydrazine [۶۰-۳۴-۴]	۴۶/۰۷	۰/۰۱ ppm	–	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرطان ریه؛ آسیب کبدی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
متیل یدید یا یدومتان Methyl iodide [۷۴-۸۸-۴]	۱۴۱/۹۵	۲ ppm	–	پوست	آسیب چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل ایزو آمیل کتون یا هگزانون Methyl isoamyl ketone [۱۱۰-۱۲-۳]	۱۱۴/۲۰	۲۰ ppm	۵۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
متیل ایزوبوتیل کاربینول Methyl isobutyl carbinol [۱۰۸-۱۱-۲]	۱۰۲/۱۸	۲۵ ppm	۴۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرگیجه، سردرد
متیل ایزو بوتیل کتون Methyl isobutyl ketone [۱۰۸-۱۰-۱]	۱۰۰/۱۶	۲۰ ppm	۷۵ ppm	A۳؛ BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرگیجه و سردرد
متیل ایزوسیانات Methyl isocyanate [۶۲۴-۸۳-۹]	۵۷/۰۵	۰/۰۲ ppm	۰/۰۶ ppm	پوست؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
متیل ایزو پروپیل کتون Methyl isopropyl ketone [۵۶۳-۸۰-۴]	۸۶/۱۴	۲۰ ppm	-	-	آسیب جنین؛ ایجاد سمیت در نوزاد
متیل مرکاپتان Methyl mercaptan [۷۴-۹۳-۱]	۴۸/۱۱	۰/۵ ppm	-	-	آسیب کبدی
متیل مت آکریلات Methyl methacrylate [۸۰-۶۲-۶]	۱۰۰/۱۳	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	پوست؛ A۴؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اثرات روی وزن؛ ادم ریه
۱- متیل نفتالین و ۲- متیل نفتالین ۱- Methyl naphthalene [۹۰-۱۲-۰] and ۲-Methyl naphthalene [۹۱-۵۷-۶]	۱۴۲/۲	۰/۵ ppm	–	پوست؛ A۴	تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آسیب ریه
متیل پاراتیون Methyl parathion [۲۹۸-۰۰-۰]	۲۶۳/۲	۰/۰۲ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A۴ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
متیل پروپیل کتون Methyl propyl ketone [۱۰۷-۸۷-۹]	۸۶/۱۷	–	۱۵۰ ppm	–	واکنش ریوی؛ تحریک چشم
متیل سیلیکات Methyl silicate [۶۸۱-۸۴-۵]	۱۵۲/۲۲	۱ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی آسیب چشم
آلفا- متیل استایرن یا ۲-فنیل پروپن α-Methyl styrene [۹۸-۸۳-۹]	۱۱۸/۱۸	۱۰ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی آسیب کلیوی؛ آسیب تولیدمثل در زنان
ایزومرهای متیل تترا هیدروفتالیک انهیدرید Methyl tetrahydrophtalic anhydride [۱۹۴۳۸-۳]; [۱۱۰۷۰-۴۴-۳]; [۵۳۳۳-۸۴-۶]; [۳۴۲۵-۸۹-۶]; [۴۲۴۹۸-۵۸-۸]; [۲۶۵۹۰-۲۰-۵]; [۱۹۴۳۸-۶۴-۳]; [۶۳-۲]	۱۶۶/۷	۰/۰۷ ppb SL ۰/۷ mg/۱۰۰ cm^3	۰/۳ ppb	پوست؛ DSEN؛ RSEN	واکنش به حساسیت
متیل وینیل کتون Methyl vinyl ketone [۷۸-۹۴-۴]	۷۰/۱۰	-	C ۰/۰۱ ppm		تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ لکوپنی
متری بوزین Metribuzin [۲۱۰۸۷-۶۴-۹]	۲۱۴/۲۸	۵ mg/m^3	-	A٤	آسیب کبدی؛ اثرات خونی
موین فوس Mevinphos [۷۷۸۶-۳۴-۷]	۲۲۴/۱۶	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A٤ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
میکا Mica [۱۲۰۰۱-۲۶-۲]	–	۰/۱ mg/m^3 (R)	-	-	پنوموکنیوزیس

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
روغن معدنی به استثناء سیالات فلزکاری خالص Mineral oile, xcluding metal working fluids با تصفیه خوب Pure,highly & severely refined با تصفیه متوسط و ضعیف Poorly & mildly refined	متفاوت	۵ mg/m^3 (I) _(L)	- -	A٤ A٢	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
مولیبدن Molybdenum [۷-۹۸-۷۴۳۹], as Mo ترکیبات محلول Soluble compounds ترکیبات نامحلول و فلزی Metal and insoluble compounds	۹۵/۹۵	۰/۵ mg/m^3 (R) ۱۰ mg/m^3(I) ۳ mg/m^3 (R)	– – –	A٣ – –	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اسید مونو کلرو استیک Monochloroacetic acid [۸-۱۱-۷۹]	۹۴/۵	۰/۵ ppm(IFV)	–	پوست؛ A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
مونوکروتوفوس Monocrotophos [٤-۲۲-۶۹۲۳]	۲۲۳/۱۶	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A٤ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
مونومتیل فرمامید Monomethylformamide [۷-۳۹-۱۲۳]	۵۰/۰۷	۱ ppm		پوست	Embryo/fetal & liver dam; teratogenic ef
مورفولین Morpholine [۸-۹۱-۱۱۰]	۸۷/۱۲	۲۰ ppm	–	پوست؛ A٤	آسیب چشم ؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
نالد Naled [۵-۷۶-۳۰۰]	۳۸۰/۷۹	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A٤ حساسیت؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
نفتالین Naphthalene [۹۱-۲۰-۳]	۱۲۸/۱۹	۱۰ ppm	-	پوست، A۳، BEI	اثرات خونی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی وچشم؛ آسیب چشم
بتا– نفتیل آمین β-Naphathylamine [۹۱-۵۹-۸]	۱۴۳/۱۸	–(L)	–	A۱	سرطان مثانه
گاز طبیعی Natural gas [۸۰۰۶-۱۴-۲]	–	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی
لاتکس لاستیک طبیعی به‌عنوان پروتئین های حساسیت زای قابل استنشاق Natural rubber latex [۹۰۰۶-۰۴-۶] as inhalable allergenic proteins	متفاوت	۰/۰۰۰۱ mg/m^3 (I)	–	پوست؛ DSEN؛ RSEN	حساسیت های سیستم تنفسی
نئون Neon [۷۴۴۰-۰۱-۹]	۲۰/۱۸	خفگی آور ساده (D)، ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن			خفگی
نیکل Nickel l [۷۴۴۰-۰۲-۰], as Ni	۵۸/۷۱	۱/۵ mg/m^3 (I)	–	A۵	درماتیت؛ پنوموکنیوزیس
عنصر نیکل Elemental [۷۴۴۰-۰۲-۰]	متفاوت	۰/۱ mg/m^3 (I)	–	A٤	آسیب ریه؛ سرطان بینی
ترکیبات معدنی محلول Soluble inorganic compounds (NOS)	متفاوت	۰/۲ mg/m^3(I)	–	A۱	سرطان ریه
ترکیبات معدنی نا محلول Insoluble inorganic compounds (NOS)	۲۴۰/۱۹	۰/۱ mg/m^3 (I)	–	A۱	سرطان ریه
ترکیبات گوگرد دار نیکل Nickel subsulfide [۱۲۰۳۵-۷۲-۲]					
نیکل کربونیل Nickel carbonyl [۱۳٤٦۳-۳۹-۳], as Ni	۱۷۰/۷۳	–	C۰/۰۵ ppm	A۳	تحریک ریوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
نیکوتین Nicotine [۵۴-۱۱-۵]	۱۶۲/۲۳	۰/۵ mg/m^3	–	پوست	آسیب گوارشی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اختلالات قلبی عروقی
نیتراپایرین Nitrapyrin [۱۹۲۹-۸۲-۴]	۲۳۰/۹۳	۱۰ mg/m^3(IFV)	۲۰ mg/m^3(IFV)	A۴	آسیب کبدی
اسید نیتریک Nitric acid [۷۶۹۷-۳۷-۲]	۶۳/۰۲	۲ ppm	۴ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی وچشم؛ فرسایش دندان
اکسید نیتریک Nitric oxide [۱۰۱۰۲-۴۳-۹]	۳۰/۰۱	۲۵ ppm	–	BEI_M	هیپوکسیا/سیانوزیس؛ ایجاد نیتروزیل – هموگلوبین؛ تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس
پارا نیترو آنیلین p-Nitroaniline [۱۰۰-۰۱-۶]	۱۳۸/۱۲	۳ mg/m^3	–	پوست؛ A۴ BEI_M	مت هموگلوبینی ؛ آسیب کبدی؛ سوزش چشم
نیترو بنزن Nitrobenzene [۹۸-۹۵-۳]	۱۲۳/۱۱	۱ ppm	–	پوست؛ A۳؛ BEI_M	مت هموگلوبینی
پارا نیترو کلرو بنزن p-Nitrochloro benzene [۱۰۰-۰۰-۵]	۱۵۷/۵۶	۰/۱ ppm	–	پوست؛A۳ BEI_M	مت هموگلوبینی
۴- نیترو دی فنیل ۴-Nitrodiphenyl [۹۲-۹۳-۳]	۱۹۹/۲۰	–(L)	–	پوست؛ A۲	سرطان مثانه
نیترواتان Nitroethane [۷۹-۲۴-۳]	۷۵/۰۷	۱۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
نیتروژن Nitrogen [۷۷۲۷-۳۷-۹]	۱۴/۰۱	خفگی آور ساده (D)، ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن			خفگی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
دی اکسید نیتروژن Nitrogen dioxide [۱۰۱۰۲-۴۴-۰]	۴۶/۰۱	۰/۲ ppm	–	A۴	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
تری فلوئورید نیتروژن Nitrogen trifluoride [۷۷۸۳-۵۴-۲]	۷۱/۰۰	۱۰ ppm	–	BEI_M	مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی و کلیوی
نیتروگلیسرین یا نیتروگلیکول Nitroglycerin [۵۵-۶۳-۰]	۲۷۷/۰۹	۰/۰۵ ppm	–	پوست	اتساع عروق
نیترو متان Nitromethane [۷۵-۵۲-۵]	۶۱/۰۴	۲۰ ppm	–	A۳	آسیب تیروئیدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه
۱- نیترو پروپان ۱-Nitropropane [۱۰۸-۰۳-۲]	۸۹/۰۹	۲۵ ppm	–	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبد
۲- نیترو پروپان ۲-Nitropropane [۷۹-۴۶-۹]	۸۹/۰۹	۱۰ ppm	–	A۳	آسیب کبدی؛ سرطان کبد
ان- نیترو سودیمتیل آمین N-Nitrosodimethyl amine [۶۲-۷۵-۹]	۷۴/۰۸	_(L)	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی؛ سرطان کبدی و کلیوی
نیترو تولوئن، کلیه ایزومرها Nitrotoluene, all isomers [۸۸-۷۲-۲]; [۹۹-۰۸-۱]; [۹۹-۹۹-۰]	۱۳۷/۱۳	۲ ppm		پوست؛ BEI_M	مت هموگلوبینی
۵- نیترو- ارتو- تولوئیدین ۵-Nitro-o-toluidine [۹۹-۵۵-۸]	۱۵۲/۱۶	۱ $mg/m^{3(IFV)}$	–	A۳	آسیب کبدی
اکسید نیتروز Nitrous oxide [۱۰۰۲۴-۹۷-۲]	۴۴/۰۲	۵۰ ppm	–	A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی؛ اثرات جنینی
نونان، کلیه ایزومرها	۱۲۸/۲۶	۲۰۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Nonane, all isomers [۲-۸۴-۱۱۱]					
اکتا کلرو نفتالن Octachloro naphthalene [۱-۱۳-۲۲۳۴]	۴۰۳/۷۴	۰/۱ mg/m^3	۰/۳ mg/m^3	پوست	آسیب کبدی
اکتان، کلیه ایزومرها Octane [۹-۶۵-۱۱۱], all isomers	۱۱۴/۲۲	۳۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تتروکسید اوسمیوم Osmium tetroxide [۷-۶۲-۱۴۴], as Os	۲۵۴/۲۰	۰/۰۰۰۲ ppm	۰/۰۰۰۶ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سوزش چشم و پوست
اسید اگزالیک انیدروس و دهیدرات Oxalic acid, anhydrous [۷-۶۲-۱۴۴] and dehydrate [۶-۵۶-۶۱۵۳]	۹۰/۰۴ ۱۲۶/۰۰	۱ mg/m^3	۲ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پارا، پارا– اگزی بیس (بنزن سولفونیل هیدرازید) p,p- Oxybis (benzene sulfonyl hydrazide) [۳-۵۱-۸۰]	۳۵۸/۴۰	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	–	–	اثرات ناقص الخلقه زایی
دی فلورید اکسیژن Oxygen difluoride [۷-۴۱-۷۷۸۳]	۵۴	-	C ۰/۰۵ ppm	-	سردرد؛ ادم ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
ازن Ozone [۶-۱۵-۱۰۰۲۸] کار سنگین Heavy work کار متوسط Moderate work کار سبک Light work بار کار سنگین، متوسط یا سبک (کمتر از ۲ ساعت)	۴۸	۰/۰۵ ppm ۰/۰۸ ppm ۰/۱ ppm ۰/۲ ppm	– – – –	A۴ A۴ A۴ A۴	عملکرد واکنشی ریوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
(Light moderate or light workloads (≤۲ hours)					
دمه واکس پارافین Paraffin wax fume [۸۰۰۲-۷۴-۲]	–	۲ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تهوع
پاراکوآت به‌صورت کاتیون Paraquat [۴۶۸۵-۱۴-۷], as cathion	۲۵۷/۱۸	۰/۰۵ $mg/m^{3(I)}$	-	پوست؛ A۴	آسیب ریوی، تحریک قسمت فوقانی
پاراتیون Parathion [۵۶-۳۸-۲]	۲۹۱/۲۷	۰/۰۵ $mg/m^{3\ (IFV)}$	-	پوست؛ BEI؛ A۴	بازدارنده آنزیم کولین استراز
ذرات (نامحلول یا کم محلول)که در جای دیگر مشخص نشده‌اند Particles (insoluble or poorly soluble) not otherwise specified	ضمیمه ب را مشاهده کنید				–
پنتا بوران Pentaborane [۱۹۶۲۴-۲۲-۷]	۶۳/۱۷	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۱۵ PPM	–	تشنج و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
پنتا کلرو نفتالین Pentachloronaphthalene [۱۳۲۱-۶۴-۸]	۳۰۰/۴۰	۰/۵ mg/m^3	–	پوست	آسیب کبدی؛ کلرآکنه
پنتا کلرو نیترو بنزن Pentachloronitrobenzene [۸۲-۶۸-۸]	۲۹۵/۳۶	۰/۵ $mg/m^{3(IFV)}$	–	A۴	آسیب کبدی
پنتاکلروفنول Pentachlorophenol [۸۷-۸۶-۵]	۲۶۶/۳۵	۰/۵ $mg/m^{3(IFV)}$	۱ $mg/m^{3(IFV)}$	پوست؛ A۳ BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی
پنتا آریتریتول Pentaerythriol [۱۱۵-۷۷-۵]	۱۳۶/۱۵	۱۰ mg/m^3	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
پنتان، کلیه ایزومرها	۷۲/۱۵	۱۰۰۰ ppm	–	-	تخدیر، نوروپاتی (آسیب اعصاب) محیطی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Pentane, all isomers [۷۸-۷۸-٤]; [۱۰۹-٦٦-۰]; [۸۲-۸۲-۱] [۴۶۳]					
۲و۴- پنتان دی ان ۲،۴-pentanedione [۱۲۳-٥٤-٦]	۱۰۰/۱۲	۲۵ ppm	–	پوست	سمیت اعصاب و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
پنتیل استات، کلیه ایزومرها Pentyl acetate, all isomers [۱۲۳-۹۲-۲]; [۶۲۵-۱۶-۱]; [۶۲۴-۴۱-۹]; [۶۲۰-۱۱-۱]; [۶۲۸-۶۳-۷]; [۶۲۶-۳۸-۰]	۱۳۰/۲۰	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پراستیک اسید Peracetic acid [۷۹-۲۱-۰]	۷۶/۰۵	–	۰/۴ ppm (IFV)	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پرکلرو متیل مرکاپتان Perchloromethyl mercaptan [٥٩٤-٤٢-٣]	۱۸۵/۸۷	۰/۱ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
فلوئورید پرکلریل Perchloryl fluoride [۷٦۱٦-۹٤-٦]	۱۰۲/۴۶	۰/۵ ppm	-	–	مت هموگلوبینی؛ فلوئورزیس
پرفلوئورو بوتیل اتیلن Perfluorobutyl ethylene [۱۹٤۳۰-۹۳-٤]	۲۴۶/۱	۱۰۰ ppm		–	اثرات خونی
پر فلوئورو ایزو بوتیلن Perfluoroisobutylene [۳۸۲-۲۱-۸]	۲۰۰/۰۴	-	C ۰/۰۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثرات خونی
پرسولفات ها به‌صورت پرسولفات Persulfates, as Persulfate [۷۷۲۷-۲۱-۱]; [۷۷۷۵-۲۷-۱]; [۷۷۲۷-۵۴-۰]	متفاوت	۰/۱ mg/m^3	–	–	تحریک پوست
فنول Phenol [۱۰۸-۹۵-۲]	۹۴/۱۱	۵ ppm	–	پوست؛ A٤؛ BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
فنوتیازین Phenothiazine [۹۲-۸٤-۲]	۱۹۹/۲۶	۵ mg/m^3	–	پوست	تحریک پوست، حساسیت چشم به نور
ان- فنیل- بتا- نفتیل آمین N-Phenyl-beta-naphthylamine [۱۳۵-۸۸-٦]	۲۱۹/۲۹	–(L)	–	A٤	سرطان
ارتو فنیلین دی آمین o-Phenylene diamine [۹۵-٥٤-٥]	۱۰۸/۰۵	۰/۱ mg/m^3	–	A۳	کم خونی
متا فنیلین دی آمین m-Phenylene diamine [۱۰۸-٤٥-۲]	۱۰۸/۰۵	۰/۱ mg/m^3	–	A٤	آسیب کبدی و تحریک پوستی
پارا فنیلین دی آمین p-Phenylene diamine [۱۰٦-٥۰-۳]	۱۰۸/۰۵	۰/۱ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و حساسیت پوستی
فنیل اتر، بخار Phenyl ether [۱۰۱-۸٤-۸] ,Vapor	۱۷۰/۲۰	۱ ppm(V)	۲ ppm(V)	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
فنیل گلیسیدیل اتر Phenyl glycidyl ether r [۱۲۲-٦۰-۱]	۱۵۰/۱۷	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A۳؛ حساسیت	آسیب بیضه
فنیل هیدرازین Phenylhydrazine [۱۰۰-٦۳-۰]	۱۰۸/۱۴	۰/۱ ppm		پوست؛ A۳	آنمی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
فنیل ایزوسیانات Phenyl isocyanate [۱۰۳-۷۱-۹]	۱۱۹/۱۰	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۱۵ ppm	پوست؛ DSEN,RSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فنیل مرکاپتان Phenyl mercaptan [۱۰۸-۹۸-٥]	۱۱۰/۱۸	۰/۱ ppm	–	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک چشم و پوست
فنیل فسفین Phenylphosphine [٦۳۸-۲۱-۱]	۱۱۰/۱۰	–	C ۰/۰۵ ppm	–	درماتیت؛ اثر روی خون و بیضه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
فورات Phorate [۲۹۸-۰۲-۲]	۲۶۰/۴۰	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A٤ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
‡ فسژن Phosgene [۷۵-٤٤-٥]	۹۸/۹۲	۰/۱ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ ادم ریه؛ آمفیزم ریه
فسفین Phosphine [۷۸۰۳-۵۱-۲]	۳۴/۰۰	۰/۰۵ ppm	C ۰/۱۵ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سردرد؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اسید فسفریک Phosphoric acid [۷٦٦٤-۳۸-۲]	۹۸/۰۰	۱ mg/m^3	۳ mg/m^3	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
فسفر (زرد) Phosphorus(yellow) [۱۲۱۸۵-۱۰-۳]	۱۲۳/۹۲	۰/۱ mg/m^3	–	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی؛ مشکلات گوارشی،آسیب کبدی
اکسی کلرید فسفر Phosphorus oxychloride [۱۰۰۲۵-۸۷-۳]	۱۵۳/۳۵	۰/۱ ppm	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پنتا کلرید فسفر Phosphorus pentachloride [۱۰۰۲٦-۱۳-۸]	۲۰۸/۲۴	۰/۱ ppm	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
پنتا سولفید فسفر Phosphorus pentasulfide [۱۳۱٤-۸۰-۳]	۲۲۲/۲۹	۱ mg/m^3	۳ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تری کلرید فسفر Phosphorus trichloride [۷۷۱۹-۱۲-۲]	۱۳۷/۳۵	۰/۲ ppm	۰/۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
اورتو فتال آلدهید O – phethalaldehyde [٦٤۳-۷۹-۸]	۱۳۴/۱۰	SL ۲۵ µg/۱۰۰ cm^2	C ۰/۱ ppb(V)	پوست؛ RSEN؛DESN	چشم،آسم، واکنش به حساسیت، آنافیلاکسی
انیدرید فتالیک Phthalic anhydride [۸۵-٤٤-۹]	۱۴۸/۱۱	۰/۰۰۲ mg/m^3 (IFV)	۰/۰۰۵ mg/m^3 (IFV)	A٤ RSEN DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
متا فتالودی نیتریل m-Phthlodinitrile [۶۲۶-۱۷-۵]	۱۲۸/۱۴	۵ mg/m^3 (IFV)	-	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
ارتوفتالودی نیتریل O-Phthalodinitrile [۹۱-۱۵-۶]	۱۲۸/۱۳	۱ mg/m^3 (IFV)	–	–	تشنج سیستم اعصاب مرکزی
پیکلورام Picloram [۱۹۱۸-۰۲-۱]	۲۴۱/۴۸	۱۰ mg/m^3	–	A٤	آسیب کبدی و کلیوی
اسید پیکریک Picric acid [۸۸-۸۹-۱]	۲۲۹/۱۱	۰/۱ mg/m^3	–	–	حساسیت های پوستی؛ درماتیت؛تحریک چشم
پیندون Pindone [۸۳-۲۶-۱]	۲۳۰/۲۵	۰/۱ mg/m^3	–	–	انعقاد
دی هیدروکلرید پی پرازین Piperazine dihydrochloride [۱۴۲-۶۴-۳]	۱۵۹/۰۵	۵ mg/m^3	–	–	سوزش پوست و چشم؛ حساسیت پوستی ؛ آسم
پیپرازین و نمک های آن، به‌صورت پیپرازین Piperazine and salts [۱۱۰-۸۵-۰], as piperazine	۸۶/۱۴	۰/۰۳ ppm (IFV)	–	DSEN؛ RSEN؛ A٤	حساسیت سسیتم تنفسی، آسم
پلاتین Platium [۷۴۴۰-۰۶-۴]	۱۹۵/۰۹	۱ mg/m^3	–	–	آسم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فلز Metal نمکهای محلول، به‌صورت پلاتین Soluble salts, as Pt	متفاوت	۰/۰۰۲ mg/m^3	–	–	آسم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پلی وینیل کلراید Polyvinyl chloride (PVC) [۹۰۰۲-۸۶-۲]	متفاوت	۱ mg/m^3 (R)	–	A٤	پنوموکونیوزیس؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ تغییرعملکرد ریوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
سیمان پرتلند Portland cement [۶۵۹۹۷-۱۵-۱]	–	۱ mg/m^3 (E,R)	–	A٤	عملکرد ریوی؛ علائم تنفسی؛ آسم
هیدروکسید پتاسیم Potassium hydroxide [۱۳۱۰-۵۸-۳]	۵۶/۱۰	-	C ۲ mg/m^3	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پروپان Propane [۷٤-۹۸-٦]	۴۴/۱۰	ضمیمه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی
پروپان سولتون Propane sultone [۱۱۲۰-۷۱-٤]	۱۲۲/۱۴	_(L)	–	A۳	سرطان
ان- پروپانول (ان- پروپیل الکل) n- Propanol (n- Propyl alchol) [۷۱-۲۳-۸]	۶۰/۰۹	۱۰۰ ppm	-	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲- پروپانول یا ایزوپروپانول ۲-Propanol [٦۷-٦۳-۰]	۶۰/۰۹	۲۰۰ ppm	۴۰۰ ppm	BEI ؛A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفس و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
الکل پروپارژیل Propargyl alchol [۱۰۷-۱۹-۷]	۵۶/۰۶	۱ ppm	-	پوست	تحریک پوست؛ آسیب کبدی و کلیوی
بتا- پروپیول استون β-Propiolactone [۵۷-۵۷-۸]	۷۲/۰۶	۰/۵ ppm	-	A۳	سرطان پوست؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پروپیون آلدئید Propionaldehyde [۱۲۳-۳۸-٦]	۵۸/۱	۲۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اسید پروپیونیک Propionic acid [۷۹-۰۹-٤]	۷۴/۰۸	۱۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پروپوکسور Propoxur [۱۱٤-۲٦-۱]	۲۰۹/۲۴	۰/۵ mg/m^3(IFV)	–	BEI_C ؛A۳	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
ایزومرهای پروپیل استات Propyl acetate isomers [۱۰۸-۲۱-٤]; [۱۰۹-٦۰-٤]	۱۰۲/۱۳	۱۰۰ ppm	۱۵۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی ؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و چشم
پروپیلن Propylene [۱۱۵-۰۷-۱]	۴۲/۰۸	۵۰۰ ppm	-	A٤	خفگی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پروپیلن دی کلرید Propylene dichloride [۷۸-۸۷-۵]	۱۱۲/۹۹	۱۰ ppm	–	DSEN ؛A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثر روی وزن بدن
پروپیلن گلیکول دی نیترات Propylene glycol dinitrate [٦٤۲۳-٤۳-٤]	۱۶۶/۰۹	۰/۰۵ ppm	–	پوست؛ BEI_M	سردرد ؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
پروپیلن گلایکول اتیل اتر Propylene glycol ethyl ether [۱۵٦۹-۰۲-٤]	۱۰۴/۱۷	۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	پوست	CNS impair; eye & URT irr
اکسید پروپیلن Propylene oxide [۷۵-۵٦-۹]	۵۸/۰۸	۲ ppm	–	DSEN ؛A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
پروپیلن ایمین Propylene imine [۷۵-۵۵-۸]	۵۷/۰۹	۰/۲ ppm	۰/۴ ppm	پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کبدی
ان- پروپیل نیترات n-Propyl nitrate [٦۲۷-۱۳-٤]	۱۰۵/۰۹	۲۵ ppm	۴۰ ppm	BEI_M	تهوع؛ سردرد
پیرتروم Pyrethrum [۸۰۰۳-۳٤-۷]	۳۴۵ (میانگین)	۵ mg/m^3	–	A٤	آسیب کبدی؛ تحریک قسمت تنفسی تحتانی
پیریدین Pyridine [۱۱۰-۸٦-۱]	۷۹/۱۰	۱ ppm	–	A۳	تحریک پوست؛ آسیب کبدی وکلیوی
پیریدافنتیون Pyridaphenthion [۱۱۹-۱۲-۰]	۳۴۰/۳۳	۰/۲ mg/m^3	–	–	پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
کینون Quinone [۱۰۶-۵۱-۴]	۱۰۸/۰۹	۰/۱ ppm	–	–	تحریک چشم؛ آسیب پوست
اسیدهای رزین و اسیدهای رزین کلی Resin acids, as total Resin acids [۸۰۵۰-۰۹-۷]	–	۰/۰۰۱ mg/m^3(I)	–	DSEN ؛RSEN	آسم، تحریک تنفسی و چشم، حساسیت پوستی و تنفسی
رزورسینول Resorcinol [۱۰۸-۴۶-۳]	۱۱۰/۱۱	۱۰ ppm	۲۰ ppm	A۴	سوزش چشم و پوست
رودیوم Rhodium [۷۴۴۰-۱۶-۶] ترکیبات نامحلول و فلزی Metal and insoluble compounds ترکیبات محلول Soluble compounds	۱۰۲/۹۱ متفاوت متفاوت	۱ mg/m^3 ۰/۰۱ mg/m^3	– –	A۴ A۴	فلزات: تحریک قسمت فوقانی تنفسی نامحلول ها: تحریک قسمت تنفسی تحتانی آسم
رونل Ronnel [۲۹۹-۸۴-۳]	۳۲۱/۵۷	۵ mg/m^3 (IFV)	–	BEI$_C$ ؛A۴	بازدارنده آنزیم کولین استراز
‡ آلاینده‌های حاصل از تجزیه حرارتی روزین در زمان لحیم کاری (کولوفونی) Rosin core solder thermal decomposition Products colophony) [۸۰۵۰-۰۹-۷]	نامشخص	–(L)	-	DSEN؛ RSEN	حساسیت پوستی درماتیت؛ آسم
روتنون (تجاری) Rotenone (commercial) [۸۳-۷۹-۴]	۳۹۱/۴۱	۵ mg/m^3	-	A۴	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سلنیم و ترکیبات آن به‌صورت سلنیم Selenium [۷۷۸۲-۴۹-۲] and compounds, as se	۷۸/۹۶	۰/۲ mg/m^3	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
هگزا فلوراید سلنیم Selenium hexafluoride [۷۷۸۳-۷۹-۱], as Se	۱۹۲/۹۶	۰/۰۵ ppm	–	–	ادم ریوی
سزون Sesone [۱۳۶-۷۸-۷]	۳۰۹/۱۳	۱۰ mg/m^3		A٤	تحریک سیستم گوارشی
سیلیس؛ کریستالین، آلفا کوارتز و کریستوبالیت Silica, Crystalline-α-Quartz [۱۳۱۷-۹۵-۹]; [۱۴۸۰۸-۶۰-۷] and cristobalite [۱۴٤٦٤-٤٦-۱]	۶۰/۰۹	۰/۰۲۵ mg/m^3 (R)	-	A۲	فیبروز و سرطان ریه
کاربید سیلیکون Silicon carbide [٤۰۹-۲۱-۲] غیر الیافی Non-fibrous الیافی (شامل الیاف سیلیسی شکل) Fibrous (including whiskers)	۴۰/۱۰	۱۰ mg/m^3 (I,E) ۳ mg/m^3 (R,E) ۰/۱ f/cc(F)	– –	– A۲	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس مزوتلیوما؛ سرطان
تترا هیدرید سیلیکون Silicon tetrahydride [۷۸۰۳-۶۲-۵]	۳۲/۱۲	۵ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
نقره و ترکیبات Silver [۷٤٤۰-۲۲-٤], and compounds فلزی، غبار و دمه Metal, dust & fume ترکیبات محلول، به‌صورت نقره Soluble compounds as Ag	۱۰۷/۸۷ متفاوت	۰/۱ mg/m^3 ۰/۰۱ mg/m^3	– –	– –	آرژیری (تجمع رنگدانه ها در بافتها)
سیمازین Simazine [۱۲۲-۳٤-۹]	۲۰۱/۶۰	۰/۵ mg/m^3 (I)	–	A۳	اثرات خونی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
آزید سدیم Sodium azide [۲۶۶۲۸-۲۲-۸] به‌صورت آزید سدیم As Sodium azide به‌صورت بخار اسید هیدرا زوئیک As Hydrozoic acid vapor	۶۵/۰۲	- -	C ۰/۲۹ mg/m^3 C ۰/۱۱ ppm	A٤ A٤	اختلال قلبی و آسیب ریوی
بی سولفیت سدیم Sodium bisulfite [۷۶۳۱-۹۰-۵]	۱۰۴/۰۷	۵ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، پوست و چشم
فلوئورو استات سدیم Sodium fluoroaccetate [۶۲-۷٤-۸]	۱۰۰/۰۲	۰/۰۵ mg/m^3	–	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی؛ تهوع
هیدروکسید سدیم Sodium hydroxide [۱۳۱۰-۷۳-۲]	۴۰/۰۱	–	C ۲ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
متا بی سولفیت سدیم Sodium metabisulfite [۷۶۸۱-۵۷-٤]	۱۹۰/۱۳	۵ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
نشاسته Starch [۹۰۰۵-۲۵-۸]	–	۱۰ mg/m^3	–	A٤	درماتیت
استئارات ها Stearates [۵۷-۱۱-٤]; [۵۵۷-۰٤-۰]; [۵۵۷-۰۵-۱]; [۸۲۲-۱۶-۲]	متفاوت	۱۰ mg/m$^{3(I)}$ ۳ mg/m$^{3(R)}$	–	A٤	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
حلال استودارد Stoddard solvent [۸۰۵۲-٤۱-۳]	۱۴۰/۰۰	۱۰۰ ppm	–	–	تحریک پوست و چشم؛ آسیب کلیوی؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
کرومات استرونسیوم Strontium chromate [۷۷۸۹-۰۶-۲], as Cr	۲۰۳/۶۱	۰/۰۰۰۵ mg/m^3	–	A۲	سرطان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
استرکنین Strychnine [۵۷-۲۴-۹]	۳۳۴/۴۰	۰/۱۵ mg/m^3	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
استایرن Styrene [۱۰۰-۴۲-۵]	۱۰۴/۱۵	۱۰ ppm	۲۰ ppm	A۳؛ OTO؛ BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و شنوایی،تحریک قسمت فوقانی سیستم تنفسی،نوروپاتی محیطی، اختلال بینایی
اکسید استایرن Styrene oxide [۹۶-۰۹-۳]	۱۲۰/۱۵	۱ ppm	–	DSEN؛ پوست؛ A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی،تغییرات خونی
سوبتیلیزین ها به صورت آنزیم فعال بلوری Subtilisins [۹۰۱۴-۰۱-۱]; [۱۳۹۵-۲۱-۷] as crystalline active enzyme	–	–	C ۰/۰۰۰۰۶ mg/m^3	–	آسم؛ پوست، تحریک قسمت تحتانی و فوقانی تنفسی
سوکروز Sucrose [۵۷-۵۰-۱]	۳۴۲/۳۰	۱۰ mg/m^3	-	A٤	فرسایش دندان
متیل سولفو متورون Sulfometuron methyl [۷٤۲۲۲-۹۷-۲]	۳۶۴/۳۸	۵ mg/m$^{3(IFV)}$	-	A٤	اثرات خونی
سولفوتپ Sulfotepp (TEDP) [۳٦۸۹-۲٤-۵]	۳۲۲/۳۰	۰/۱ mg/m^{3} (IFV)	-	پوست؛ A٤؛ BEL_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
سولفاکسافلور Sulfoxaflor [۹٤٦۵۷۸-۰۰-۳]	۲۷۷/۳۰	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	–	A۳	آسیب کبدی و بیضه
دی اکسید سولفور Sulfur dioxide [۷٤٤٦-۰۹-۵]	۶۴/۰۷	-	۰/۲۵ ppm	A٤	واکنش ریوی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی
هگزا فلوئورید گوگرد Sulfur hexafluoride [۲۵۵۱-٦۲-٤]	۱۴۶/۰۷	۱۰۰۰ ppm	–		خفگی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
اسیدسولفوریک Sulfuric acid [۷۶۶۴-۹۳-۹]	۹۸/۰۸	۰/۲ mg/m^3 (T)	–	A۲ (M)	واکنش ریوی
سولفور مونوکلرید Sulfur monochloride [۱۰۰۲۵-۶۷-۹]	۱۳۵/۰۳	-	C ۱ ppm		تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پنتا فلوئورید گوگرد Sulfur pentafluoride [۵۷۱۴-۲۲-۷]	۲۵۴/۱۱	-	C ۰/۰۰۱ ppm		آسیب ریه
تترا فلورید گوگرد Sulfur tetrafluoride [۷۷۸۳-۶۰-۰]	۱۰۸/۰۷	-	C ۰/۱ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی وچشم؛آسیب ریه
سولفوریل فلوئورید Sulfuryl fluoride [۲۶۹۹-۷۹-۸]	۱۰۲/۰۷	۵ ppm	۱۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سولپروفوس Sulprofos [۳۵۴۰۰-۴۳-۲]	۳۲۲/۴۳	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A٤ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲و۴و۵- تری کلروفنوکسی استیک اسید ۲،۴،۵-Trichloro phenoxy acetic acid [۹۳-۷۶-۵]	۲۵۵/۴۹	۱۰ mg/m^3	–	A٤	اختلال سیستم اعصاب محیطی
الیاف های شیشه مصنوعی Synthetic vitreous fibers	–	۱ $f/cc^{(F)}$	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فایبرگلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	–	۵ mg/m^3 (I)	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فایبرگلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	–	۱ $f/cc^{(F)}$	–	A۳	تحریک پوست و غشای مخاطی
الیاف پشم شیشه (Glass Wool fibers)		۱ $f/cc^{(F)}$	–	A۳	تحریک پوست و غشای مخاطی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
الیاف پشم سنگ (Rock wool fibers)	–	۱ f/cc(F)	–	A۳	تحریک پوست و غشای مخاطی
الیاف پشم سرباره (Slag wool fibers)	–	۱ f/cc(F)	–	A۳	تحریک پوست و غشای مخاطی
فایبرگلاسهای خاص (Special purpose glass fibers)	–	۰/۲ f/cc(F)	–	A۲	فیبروز ریه، اختلال در عملکرد ریه
الیاف نسوز سرامیکی (Refractory Ceramic fibers)	–				
تالک Talc [۱۴۸۰۷-۹۶-۶]	–	۲ mg/m^3 (E,R)	–	A٤	فیبروز ریه، اختلال در عملکرد ریه
فاقد آزبست containing no asbestos fibres	–				
دارای آزبست containing asbestos fibres	–	حد مجاز آزبست(K)	–	A۱	
تلوریم و ترکیباتش به‌صورت تلوریم به استثناء تلورید هیدروژن Tellurium [۱۳٤۹٤-۸۰-۹] and compounds, as Te, excluding hydrogen telluride	۱۲۷/۶	۰/۱ mg/m^3	–	–	بوی بد دهان
هگزا فلورید تلوریم Tellurium hexafluoride [۷۷۸۳-۸۰-٤], as Te	۲۴۱/۶۱	۰/۰۲ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تمفوس Temephos [۳۳۸۳-۹۶-۸]	۴۶۶/۴۶	۱ mg/m^3 (I)	–	پوست؛ A٤ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
تربوفوس Terbufos [۱۳۰۷۱-۷۹-۹]	۲۸۸/۴۵	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A٤ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
اسید ترفتالیک Terephthalic acid [۱۰۰-۲۱-۰]	۱۶۶/۱۳	۱۰ mg/m^3	–		–
ترفنیل ها (ایزومرهای P ,M , O) Terphenyls (o-, m-, p- isomers) [۲۶۱۴۰-۶۰-۳]	۲۳۰/۳۱	–	C ۵ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱و۱و۲و۲- تترابرمواتان ۱،۱،۲،۲,-Tetra bromoethane [۷۹-۲۷-۶]	۳۴۵/۷۰	۰/۱ ppm	-	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ ادم ریه؛ آسیب کبدی
۱و۱و۱و۲- تتراکلرو-۲ و ۲- فلوئورو اتان ۱،۱،۱،۲-Tetra chloro- ۲ , ۲ difluoroethane [۷۶-۱۱-۹]	۲۰۳/۸۳	۱۰۰ ppm	-	–	آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱و۱و۲و۲- تتراکلرو-۱ و۲- فلوئورو اتان ۱،۱،۱،۲-Tetra chloro- ۱،۲ difluoroethane [۷۶-۱۲-۰]	۲۰۳/۸۳	۵۰ppm	–	–	آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱و۱و۲و۲- تتراکلرواتان ۱،۱،۲،۲-Tetra chloroethane [۷۹-۳۴-۵]	۱۶۷/۸۶	۱ ppm	-	پوست؛ A۳	آسیب کبدی
تترا کلرو اتیلن یا پرکلرواتیلن Tetrachloroethylene [۱۲۷-۱۸-۴]	۱۶۵/۸۰	۲۵ ppm	۱۰۰ ppm	BEI ؛A۳	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تترا کلرو نفتالن Tetrachloronaphthalene [۱۳۳۵-۸۸-۲]	۲۶۵/۹۶	۲ mg/m^3	–	–	آسیب کبدی
تترا اتیل سرب Tetraethyl lead [۷۸-۰۰-۲], as Pb	۳۲۳/۴۵	۰/۱ mg/m^3	–	پوست؛ A٤	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تترا اتیل پیرو فسفات Tetraethyl pyrophosphate [۱۰۷-۴۹-۳]	۲۹۰/۲۰	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ BEI_C	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تترا فلوئورو اتیلن	۱۰۰/۲۰	۲ ppm	–	A۳	آسیب کبدی و کلیوی، سرطان کبد و کلیه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Tetrafluoroethylene [۱۱۶-۱۴-۳]					
تتراهیدروفوران Tetrahydrofuran [۱۰۹-۹۹-۹]	۷۲/۱۰	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	پوست؛ A۳ ، BEI	آسیب کلیه، تحریک دستگاه تنفس فوقانی، اختلال سیستم اعصاب مرکزی
نمک های فسفونیوم تتراکیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium salts کلرید فسفونیوم تترا کیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium chloride [۱۲۴-۶۴-۱]	۱۹۰/۵۶	۲ mg/m^3	–	A۴ ؛DSEN	کاهش وزن بدن؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات کبدی
سولفات فسفونیوم ترا کیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium sulfate [۵۵۵۶۶-۳۰-۸]	۴۰۶/۲۶	۲ mg/m^3	–	A۴ ؛DSEN	
ترا متیل سرب Tetramethyl lead [۷۵-۷۴-۱], as Pb	۲۶۷/۳۳	۰/۱۵ mg/m^3	–	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
ترا متیل سوکسینو نیتریل Tetramethyl succinonitrile [۳۳۳۳-۵۲-۶]	۱۳۶/۲۰	۰/۵ $ppm^{(IFV)}$	–	پوست	سردرد؛ تهوع؛ تشنج سیستم اعصاب مرکزی
ترا نیترو متان Tetranitromethane [۵۰۹-۱۴-۸]	۱۹۶/۰۴	۰/۰۰۵ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرطان قسمت فوقانی تنفسی
تتریل Tetryl [۴۷۹-۴۵-۸]	۲۸۷/۱۵	۱/۵ mg/m^3	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تالیم و ترکیباتش، به‌صورت تالیوم Thallium [۷۴۴۰-۲۸-۰] and compounds, as Tl	۲۰۴/۳۷ متفاوت	۰/۰۲ $mg/m^{3(I)}$	–	پوست	نوروپاتی محیطی؛ آسیب گوارشی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
تیاکلوپرید Thiacloprid [۱۱۱۹۸۸-۴۹-۹]	۲۵۲/۷۲	۰/۲ mg/m^3(I)	–	پوست؛ A۳	آسیب کبدی و تیروئیدی؛ تأثیر بر سیستم اعصاب مرکزی؛ سرطان
۴و۴'- تیوبیس (۶- ترت- بوتیل- متا-کروزول) ۴،۴'-Thiobis (٦-tert-butyl-m-cresol) [۹۶-۶۹-۵]	۳۵۸/۵۲	۱ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تیودیکارب Thiodicarb [۵۹۶۶۹-۲۶-۰]	۳۵۴/۵۰	۰/۱ mg/m^3(IFV)	–	A۳ ؛DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز
اسید تیوگلیکولیک Thioglycolic acid [٦٨-١١-١]	۹۲/۱۲	۱ ppm		پوست؛ DSEN	تحریک سیستم تنفسی و چشم
کلرید تیونیل Thionyl chloride [۷۷۱۹-۰۹-۷]	۱۱۸/۹۸	–	C ۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تیرام Thiram [۱۳۷-۲۶-۸]	۲۴۰/۴۴	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	A٤ ؛ DSEN	تأثیر در وزن بدن؛ اثرات خونی
قلع و ترکیبات معدنی بجز هیدرید قلع و اکسید قلع ایندیوم ؛ به‌صورت قلع compounds [۷۴۴۰-۳۱-۵] & inorganic Tin [۱۸۲۸۲-۱۰-۵]; [۲۱۶۵۱-۱۹-۴], excluding tin hydride and Indium tin oxide as Sn	۱۱۸/۶۹ متفاوت	۲ mg/m^3	–	–	پنوموکونیوزیس
قلع، ترکیبات آلی Tin [۷٤٤۰-۳۱-۵], Organic compounds	متفاوت	۰/۱ mg/m^3	۰/۲ mg/m^3	پوست،A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، سردرد، تهوع، اثر روی سیستم اعصاب مرکزی و سیستم ایمنی
‡ دی اکسید تیتانیم Titanium dioxide [۱۳٤٦۳-٦۷-۷]	۷۹/۹۰	۱۰ mg/m^3	–	A٤	تحریک قسمت تحتانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
ارتو تولیدین o-Tolidine [۱۱۹-۹۳-۷]	۲۱۲/۲۸	–	–	پوست؛ A۳	سوزش چشم؛ مثانه و کلیه؛ سرطان مثانه؛ مت هموگلوبینی
تولوئن Toluene [۱۰۸-۸۸-۳]	۹۲/۱۴	۲۰ ppm	–	A٤; OTO؛ BEI	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی، بینایی و شنوایی، سیستم تولید مثل زنان، سقط جنینی
تولوئن-۲و۴- یا ۲و۶- دی ایزوسیانات (یا به‌صورت مخلوط) Toluene -۲,٤- or ۲,٦-diisocyanate (or as a mixture) [۵۸۴-۸۴-۹]; [۹۱-۰۸-۷]	۱۷۴/۱۵	۰/۰۰۱ ppm(IFV)	۰/۰۰۵ ppm(IFV)	DSEN, RSEN، پوست،A۳، BEI	آسم، حساسیت های تنفسی و چشمی
ارتو تولوئیدین o-Toluidine [٩٥-٥٣-٤]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	–	پوست؛A۳ BEI_M	مت هموگلوبینی، حساسیت پوست و چشم و کلیه و مثانه
متا تولوئیدین m-Toluidine [١٠٨-٤٤-١]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	–	پوست؛A٤ BEI_M	سوزش چشم ؛ مثانه و کلیه؛ مت هموگلوبینی
پارا تولوئیدن p-Toluidine [١٠٦-٤٩-٠]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	–	پوست؛A۳ BEI_M	مت هموگلوبینی
تری بیوتیل فسفات Tributyl phosphate [١٢٦-٧٣-٨]	۲۶۶/۳۱	۵ ppm (IFV)	–	A۳ BEI_C	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و مثانه
اسید تری کلرو استیک Trichloroacetic acid [٧٦-٠٣-٩]	۱۶۳/۳۹	۰/۵ ppm	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱و۲و۴- تری کلرو بنزن ۱،۲،۴-Trichlorobenzene [١٢٠-٨٢-١]	۱۸۱/۴۶	–	C ۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱و۱و۲- تری کلرو اتان	۱۳۳/۴۱	۱۰ ppm		پوست؛ A۳	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۱،۱،۲-Trichloroethane [۷۹-۰۰-۵]					
تری کلرو اتیلن Trichloroethylene [۷۹-۰۱-۶]	۱۳۱/۴۰	۱۰ ppm	۲۵ ppm	A۲؛ BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سمیت کلیوی؛ کاهش قوه ادراک
تری کلرو فلوئورو متان Trichlorofluro methane [۷۵-۶۹-۴]	۱۳۷/۳۸	-	C ۱۰۰۰ ppm	A۴	حساسیت های قلبی عروقی
تری کلرو نفتالن Trichloronapthalene [۱۳۲۱-۶۵-۹]	۲۳۱/۵۱	۵ mg/m^3	–	پوست	آسیب کبدی؛ جوشهای شبه آکنه
۱و۲و۳- تری کلرو پروپان ۱،۲،۳-Trichloropropane [۹۶-۱۸-۴]	۱۴۷/۴۳	۰/۰۰۵ ppm	–	A۲	سرطان
۱و۱و۲- تری کلرو-۱و۲و۲- تری فلوئورو اتان ۱،۱،۲-Trichloro-۱،۲،۲-Trifuoroethane [۷۶-۱۳-۱]	۱۸۷/۴۰	۱۰۰۰ ppm	۱۲۵۰ ppm	A۴	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تری کلروفون Trichlorphon [۵۲-۶۸-۶]	۲۵۷/۶۰	۰/۰۱ ppm (IFV)	-	A۴؛ DSEN؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
تری اتانول آمین Triethanloamine [۱۰۲-۷۱-۶]	۱۴۹/۲۲	۵ mg/m^3		-	سوزش پوست و چشم
تری اتیل آمین Triethylamine [۱۲۱-۴۴-۸]	۱۰۱/۱۹	۰/۵ ppm	۱ ppm	پوست؛ A۴	اختلالات بصری و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تری فلومیزول Triflumizole [۶۸۶۹۴-۱۱-۱]	۳۴۵/۷۵	۱ ppm (I)	–	A۴؛ DSEN	تغییرات کبدی
تری فلوئورو برمو متان Trifluobromo methane [۷۵-۶۳-۸]	۱۴۸/۹۲	۱۰۰۰ ppm	–	–	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی
۱و۳و۵- تری گلیسیدیل-اس- تری آزینتریون	۲۹۷/۲۵	۰/۰۵ mg/m^3	–	–	آسیب‌های تولید مثل در مردان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
۱،۳،۵-Triglycidyl-S-Triazinetrione [۲۴۵۱-۶۲-۹]					
تری ملیتیک انیدرید Trimellitic anhydride [۵۵۲-۳۰-۷]	۱۹۲/۱۲	۰/۰۰۰۵ mg/m^3 (IFV)	۰/۰۰۲ mg/m^3 (IFV)	پوست؛ RSEN؛ DSEN	حساسیت های سیستم تنفسی
تری متیل آمین Trimethyl amine [۷۵-۵۰-۳]	۵۹/۱۱	۵ ppm	۱۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛حساسیت چشم و پوست
‡تری متیل بنزن (مخلوط ایزومرها) Trimethyl benzene (mixed Isomers) [۲۵۵۵۱-۱۳-۷]	۱۲۰/۱۹	۲۵ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسم؛ اثرات خونی
تری متیل فسفیت Trimethyl phosphite [۱۲۱-۴۵-۹]	۱۲۴/۰۸	۲ ppm	-	-	تحریک چشم بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲و۴و۶- تری نیترو تولوئن 2،4،6-Trinitro toluene (TNT) [۱۱۸-۹۶-۷]	۲۲۷/۱۳	۰/۱ mg/m^3(IFV)	-	پوست؛ BEI_M	مت همو گلوبینی؛ آسیب کبدی؛ آب مروارید
تری اورتوکرسیل فسفات Triorthocresyl phosphate [۷۸-۳۰-۸]	۳۶۸/۳۷	۰/۰۲ mg/m^3(IFV)	-	پوست؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز، مسمومیت سیستم عصبی
تری فنیل فسفات Triphenyl phosphate [۱۱۵-۸۶-۶]	۳۲۶/۲۸	۳ mg/m^3	–	A۴	بازدارنده آنزیم کولین استراز
تنگستن و ترکیباتش، بدون حضور کبالت Tungsten [۷۴۴۰-۳۳-۷], and compounds, In the absence of Cobalt, as W	۱۸۳/۸۴ متفاوت	۳ mg/m^3(R)	-	-	اختلالات ریوی
ترپنتین و منوترپن های منتخب Turpentine [۸۰۰۶-۶۴-۲] and selected Monoterpenes [۸۰-۵۶-۸]; [۱۲۷-۹۱-۳]; [۱۳۴۶۶-۷۸-۹]	۱۳۶/۰۰ متفاوت	۲۰ ppm	–	DSEN ؛A۴	تحریک ریه
اورانیوم طبیعی ترکیبات محلول و نامحلول آن به‌صورت	۲۳۸/۰۳	۰/۲ mg/m^3	۰/۶ mg/m^3	BEI ؛A۱	آسیب کلیوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Uranium(natural) [۷۴۴۰-۶۱-۱] Soluble and insoluble	متفاوت				
ان- والر آلدئید n-Valer aldehyde [۱۱۰-۶۲-۳]	۸۶/۱۳	۵۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ پوست
پنتوکسید وانادیوم Vanadium pentoxide [۱۳۱۴-۶۲-۱] as V	۱۸۱/۸۸	۰/۰۵ mg/m^3 (I)	–	A۳	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی
میست روغن های نباتی Vagetable oils mist [۶۸۹۵۶-۶۸-۳]	متغیر	۱۰ mg/m^3	–	–	اثرات تنفسی
استات وینیل Vinyl acetate [۱۰۸-۰۵-۴]	۸۶/۰۹	۱۰ ppm	۱۵ ppm	A۳	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بروماید وینیل Vinyl bromide [۵۹۳-۶۰-۲]	۱۰۶/۹۶	۰/۵ ppm	–	A۲	سرطان کبد
کلرید وینیل Vinyl chloride [۷۵-۰۱-۴]	۶۲/۵۰	۱ ppm	–	A۱	سرطان ریه؛ آسیب کبدی
۴- وینیل سیکلوهگزان ۴- Vinyl cyclohexene [۱۰۰-۴۰-۳]	۱۰۸/۱۸	۰/۱ ppm	–	A۳	آسیب‌های تولید مثل در مردان و زنان
وینیل سیکلوهگزان دی اکسید Vinyl cyclohexene dioxide [۱۰۶-۸۷-۶]	۱۴۰/۱۸	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A۳	آسیب‌های سیستم تولید مثل در مردان و زنان
فلورید وینیل Vinyl fluoride [۷۵-۰۲-۵]	۴۶/۰۵	۱ ppm	–	A۲	سرطان کبد و آسیب کبدی
ان- وینیل -۲- پیرولیدون N-Vinyl-۲-pyrrolidone [۸۸-۱۲-۰]	۱۱۱/۱۶	۰/۰۵ ppm	–	A۳	آسیب کبدی
کلرید وینیلیدن	۹۶/۹۵	۵ ppm	–	A۴	آسیب کبدی و کلیوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
Vinylidene chloride [۷۵-۳۵-٤]					
فلوئورید وینیلیدن Vinylidene fluoride [۷۵-۳۸-۷]	۶۴/۰۴	۵۰۰ ppm	–	A٤	آسیب کبدی
وینیل تولوئن Vinyl toluene [۲۵۰۱۳-۱۵-٤]	۱۱۸/۱۸	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	A٤	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
وارفارین Warfarin [۸۱-۸۱-۲]	۳۰۸/۳۲	۰/۰۱ $mg/m^{3(I)}$	–	پوست	خون ریزی، ناقص الخلقه زایی
غبار چوب Wood dust سرو قرمز غربی Western red cedar گونه های دیگر (به غیر از چوب نرم) All other species سرطان زائی carcinogenicity بلوط و راش Oak and beech غان ؛ چوب ماهون؛ درخت ساج ؛ گردو Birch, mahogany, teak, walnut غبار کلیه چوب های دیگر All other wood dusts	نامشخص	۰/۵ $mg/m^{3(I)}$ ۱ $mg/m^{3(I)}$ – – –	– – – – –	A٤؛RSEN؛ DSEN – A۱ A۲ A٤	آسم عملکرد ریوی، تحریک قسمت فوقانی و تحتانی سیستم تنفسی
‡ گزیلن (ایزومرهای ارتو، متا و پارا) Xylene [۱۳۳۰-۲۰-۷] (all isomers) [۹۵-٤۷-٦]; [۱۰۸-۳۸-۳]; [۱۰۶-۴۲-۳]	۱۰۶/۱۶	۱۰۰ ppm	۱۵۰ ppm	A٤؛BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		TWA	STEL/C		
متا گزیلن آلفا و آلفا دی امین m-Xylene α, α-diamine [۱۴۷۷-۵۵-۰]	۱۳۶/۲۰	–	C ۰/۰۱۸ ppm	پوست	تحریک چشم؛ پوست، حساسیت گوارشی
گزیلیدین (مخلوط ایزومرها) Xylidine (mixed isomers) [۱۳۰۰-۷۳-۸]	۱۲۱/۱۷	۰/۵ ppm (IFV)	–	پوست؛ A۳؛ BEI_M	آسیب کبدی؛ مت هموگلوبینی
ایتریوم و ترکیبات آن Yttrium [۷۴۴۰-۶۵-۵] and Compounds, as Y	۸۸/۹۱	۱ mg/m^3	-	-	فیبروز ریه
دمه کلرید روی Zinc chloride fume [۷۶۴۶-۸۵-۷]	۱۳۶/۲۹	۱ mg/m^3	۲ mg/m^3	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی
کرومات روی Zinc chromates [۱۳۵۳۰-۶۵-۹] , as Cr	متفاوت	۰/۰۱ mg/m^3	-	A۱	سرطان بینی
اکسید روی Zinc oxide [۱۳۱۴-۱۳-۲]	۸۱/۳۷	۲ $mg/m^{3(R)}$	۱۰ $mg/m^{3(R)}$	-	تب دمه فلزی
زیرکونیوم و ترکیباتش Zirconium [۷۴۴۰-۶۷-۷] and compounds, as Zr	۹۱/۲۲	۵ mg/m^3	۱۰ mg/m^3	A٤	تحریک تنفسی

یقیناً وجود روش های نمونه برداری توصیه شده برای آلاینده های هوا توسط سازمان های معتبر، دستیابی به روش های آنالیز با حد تشخیص پایین ، دسترسی به مکانیسم های اثر گذاری و محاسبات مربوطه ، استفاده از حدود آستانه مجاز را برای متخصصین و کارشناسان بهداشت حرفه ای و ایمنی کار بطور مطمئن امکان پذیر می سازد. لیکن سرعت پیشرفت تکنولوژی های صنعتی و فزونی مواد شیمیایی معرفی در مقادیر مختلف گاهی از سرعت توسعه و تکمیل روشهای نمونه برداری و آنالیز و شناخت مکانیسم های اثر گذار آنها بر سلامتی پیشی می گیرد . از این رو متخصصین بهداشت و ایمنی کارگاهی علیرغم دسترسی به روش های نمونه برداری و آنالیز استاندارد و گاهی دسترسی محدود از طریق مقالات پژوهشی ، ناچار به قضاوت در خصوص مواجهه کارکنان و یا رتبه بندی ریسک شده و یا لازم می شود حدود عملکردی مورد نیاز برای سیستم های کنترل را تعریف نمایند. از این رو آلاینده هایی که در جدول زیر جای می گیرند ، در این مجموعه در قالب پیوست بصورت توصیه ارائه شده اند، تا هم کمکی باشد برای متخصصین و کارشناسان این رشته و هم در اولویت های پژوهشی بهداشت حرفه ای کشور منظور گردند.

فهرست توصیه شده حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی محیط کار

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
۱	اسفات Acephate [۳۰۵۶۰-۱۹-۱]; [۱۱۵۰۹۶-۱۱-۲]	۱۸۳/۱۶	۰/۳ mg/m³	–	–
۲	پلیمر آکریلیک اسید Acrylic acid polymer	–	۰/۰۵ mg/m³ (R)	mg/m³ (R) ۰/۰۵	A٤
۳	آفلاتوکسین ها Aflatoxines	–	/۰۰۰۰۰۵۱mg/m³ ۰	–	A۱
۴	آلیل آمین Allylamine [۱۰۷-۱۱-۹]	۵۷/۰۹	۲ ppm	۶ ppm	–
۵	فیبرهای سیلیکات آلومینیوم Aluminosilicate fibres [۱۳۱۸-۰۲-۱]	–	۰/۱ f/ml	۰/۸ f/ml	–
۶	۲- آمینو بوتانول ۲-Aminobutanol [۹۶-۲۰-۸]	۸۹/۱۶	۱ ppm	۲ppm	–
۷	۲- آمینو نفتالن- ۱- سولفونیک اسید ۲-Aminonaphthalene-۱-sulfonic acid [۸۱-۱۶-۳]	۲۲۳/۲۵	۶ mg/m³(I)	۲۴ mg/m³(I)	–
۸	آمینوفنازون Aminophenazone [۵۸-۱۵-۱]	۲۳۱/۲۹	۰/۵ mg/m³	–	–
۹	۳- آمینو فنول ۳-Aminophenol [۵۹۱-۲۷-۵]	۱۰۹/۱۳	۱ mg/m³	–	–
۱۰	۴- آمینو فنول ۴-Aminophenol [۱۲۳-۳۰-۸]	۱۰۹/۱۲۵	۱ mg/m³	–	–
۱۱	آمونیوم دی کرمات (به‌عنوان کروم) Ammonium dichromate [۷۷۸۹-۰۹-۵]	۲۵۲/۰۷	۰/۰۵ mg/m³	–	–
۱۲	آمونیوم هگزا فلوئورو سیلیکات Ammonium hexafluorosilicate [۱۶۹۱۹-۱۹-۰]	۱۷۵/۱۵	۰/۲ mg/m³	–	–
۱۳	آمپی سیلین Ampicillin [۶۹-۵۳-٤]	۳۴۹/۴۰	۰/۱ mg/m³	–	A٤
۱۴	آنالگین Analgine [۶۸-۸۹-۳]	۳۵۱/۴	۰/۵ mg/m³	–	–
۱۵	الیاف قابل‌تنفس پارا آرامید p-Aramid respirable fibres [۲۶۱۲۵-۶۱-۱]	–	۰/۵ f/ml	–	–
۱۶	آسپارتیک اسید Aspartic acid [۵۶-۸٤-۸]	۱۳۳/۱۱	۱۰ mg/m³	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
۱۷	اورامین Auramine [۴۹۲-۸۰-۸]	۲۶۷/۳۷	۰/۰۸ mg/m³ (I)	/۳۲mg/m³(I) ۰	A۳
۱۸	غبار بنتونیت Bentonite [۱۳۰۲-۷۸-۹] dust Sodium bentonite [۸۵۰۴۹-۳۰-۵]	۲۸۴/۱۸	۶ mg/m³	–	–
۱۹	بنزالدهید Benzaldehyde [۱۰۰-۵۲-۷]	۱۰۶/۱۲	۵ mg/m³	۲۰mg/m³	–
۲۰	بنزو تیازول Benzothiazole [۹۵-۱۶-۹]	۱۳۵/۱۹	۲۰mg/m³	–	–
۲۱	بنزیل الکل Benzyl alcohol [۱۰۰-۵۱-۶]	۱۰۸/۱۴	۵ mg/m³	–	–
۲۲	بنزیل بوتیل فتالات Benzyl butyl phthalate [۸۵-۶۸-۷]	–	۵ mg/m³	–	–
۲۳	بنزیل پنی سیلین Benzylpenicillin [۶۱-۳۱-۶]	۳۳۴/۴	۰/۱ mg/m³	–	–
۲۴	بیس (۲- اتیل هگزیل) فتالات Bis(۲-ethylhexyl) phthalate	۳۹۰/۵۶	۵ mg/m³	۱۰ mg/m³	–
۲۵	بیس فنول آ Bisphenol A [۸۰-۰۵-۷]	۲۲۸/۲۹	۱۰ mg/m³	–	A٤
۲۶	بوریک اسید Boric acid [۱۰۰۴۳-۳۵-۳]; [۱۱۱۱۳-۵۰-۱]	–	۲ mg/m³	۶ mg/m³	–
۲۷	بوورین Boverin [۶۳۴۲۸-۸۲-۰]	–	۰/۳ mg/m³	–	–
۲۸	۲- بوتانون اگزیم ۲-Butanone oxime [۹۶-۲۹-۷]	۸۷/۱۲	۰/۳ ppm	۲/ ۴ ppm	–
۲۹	۲- بوتنال ۲-Butenal [۴۱۷۰-۳۰-۳]	۷۰/۰۹	۲ ppm	–	–
۳۰	ان- بوتیل مت آکریلات n-Butyl methacrylate [۹۷-۸۸-۱]	۱۴۲/۱۹۶	۱۰ ppm	–	A٤
۳۱	ان- بوتیرو نیتریل n-Butyronitrile [۱۰۹-۴۳-۹]	۶۹/۱	۸ ppm	–	–
۳۲	کافئین Caffeine [۵۸-۰۸-۲]	۱۹۴/۱۹	۰/۵ mg/m³	–	A٤
۳۳	آرسنات کلسیم Calcium arsenate [۷۷۷۸-۴۴-۱]	۳۹۸/۰۷	۰/۱ mg/m³(I)	۰/۴ mg/m³(I)	–
۳۴	کربنات کلسیم Calcium carbonate [۴۷۱-۳۴-۱]	۱۰۰/۰۹	۴ mg/m³(R)	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
۳۵	سیانید کلسیم، به‌صورت سیانید Calcium cyanide [۵۹۲-۰۱-۸], as CN	۹۲/۱۱	–	C ۵ mg/m^3	پوست
۳۶	کاربادوکس Carbadox [۶۸۰۴-۰۷-۵]	۲۶۲/۲۲	۰/۰۰۳ mg/m^3	–	–
۳۷	کاربندازیم Carbendazim [۱۰۶۰۵-۲۱-۷]	۱۹۱/۱۸۷	۱۰ mg/m^3	۴۰ mg/m^3	–
۳۸	کاربو کرومن Carbocromen [۸۰۴-۱۰-۴]	۳۶۱/۴۳	۰/۳ mg/m^3	–	–
۳۹	سفالوسپورین C Cephalosporin C [۶۱-۲۴-۵] سفالوسپورین P Cephalosporin P [۱۳۲۵۸-۷۲-۵]	۴۱۵/۴۲ ۵۷۴/۷۵	۰/۳ mg/m^3	–	–
۴۰	الیاف سرامیک Ceramic fibres	–	۰/۵ f/ml	–	A۳
۴۱	۴- کلرو آنیلین ۴-Chloroaniline [۱۰۶-۴۷-۸]	۱۲۷/۵۷	۰/۰۴ ppm	–	A۳
۴۲	۱- کلرو- ۲و۴- دی نیترو بنزن ۱-Chloro-۲,۴-dinitrobenzene [۹۷-۰۰-۷]	۲۰۲/۵۵	۰/۰۵ mg/m^3	–	
۴۳	۱-کلرو- ۴- نیتروبنزن ۱-Chloro-۴-nitrobenzene [۱۰۰-۰۰-۵]	۱۵۷/۵۵	۱ mg/m^3	۲ mg/m^3	پوست
۴۴	۳- کلروفنول و نمک های آن به‌صورت کلروفنول ۳-Chlorophenol [۱۰۸-۴۳-۰] and salts as chlorophenol	۱۲۸/۵۶	۰/۵ mg/m^3	۱ mg/m^3	A۳
۴۵	کلرو تری فلوئورو متان Chlorotrifluoromethane [۷۵-۷۲-۹]	۱۰۴/۴۶	۱۰۰۰ ppm	۲۰۰۰ ppm	–
۴۶	کلروتترا سایکلین Chlorotetracycline [۵۷-۶۲-۵]	۴۷۸/۸۸	۰/۱ mg/m^3	–	–
۴۷	سیس پلاتین Cisplatin [۱۵۶۶۳-۲۷-۱]	۳۰۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۵ mg/m^3	–	A۲
۴۸	فسفید مس Copper phosphide [۱۲۰۱۹-۵۷-۷]	۲۲۱/۶	۰/۵ mg/m^3	–	–
۴۹	سالیسیلات مس Copper salicylate [۲۰۹۳۶-۳۱-۶]	۳۳۷/۷۷	۰/۱ mg/m^3	–	–
۵۰	کورتیزون Cortisone [۵۳-۰۶-۵]	۳۶۰/۴۴	۱ mg/m^3	–	–
۵۱	کلرید مسی	۹۸/۹۹۹	۰/۵ mg/m^3	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
	Cuprous chloride [۷۷۵۸-۸۹-۶]				
۵۲	سیکلو هگزان اتیول Cyclohexanethiol [۱۵۶۹-۶۹-۳]	۱۱۶/۲۲	۰/۵ ppm	–	–
۵۳	سیکلو پنتانون Cyclopentanone [۱۲۰-۹۲-۳]	۸۴/۱۲	۲۵ ppm	۵۰ ppm	–
۵۴	سیستئین Cysteine [۵۲-۹۰-۴]	۱۲۱/۱۶	۲ mg/m³	–	–
۵۵	داکاربازین Dacarbazine [۴۳۴۲-۰۳-۴]	۱۸۲/۱۸	۰/۰۰۰۹ mg/m³	–	A۳
۵۶	دکان نرمال n-Decane [۱۲۴-۱۸-۵]	۱۴۲/۲۹	۴۵ ppm	۹۰ ppm	–
۵۷	دس فلوران Desflurane [۵۷۰۴۱-۶۷-۵]	۱۶۸/۰۳۸	۱۰ ppm	۲۰ ppm	–
۵۸	دی آلیل فتالات Diallyl phthalate [۱۳۱-۱۷-۹]	۲۴۶/۲۶	۵ mg/m³	–	–
۵۹	۱و۲- دی آمینو سیکلوهگزان ۱،۲-Diaminocyclohexane [۶۹۴-۸۳-۷]	۱۱۴/۱۹	۳ ppm (موقت)	–	–
۶۰	۱و۲- دی برمو-۳- کلرو پروپان ۱،۲-Dibromo-۳-chloropropane [۹۶-۱۲-۸]	۲۳۶/۳۳	۰/۰۰۱ ppm	–	A۳
۶۱	۲و۴- دی کلرو تولوئن ۲،۴-Dichlorotoluene [۹۵-۷۳-۸]	۱۶۱/۰۳	۵ ppm	۲۰ ppm	–
۶۲	دی سیکلو هگزیل فتالات Dicyclohexyl phthalate [۸۴-۶۱-۷]	۳۳۰/۴۲	۵ mg/m³	–	–
۶۳	دی هپتیل فتالات (کلیه ایزومرها) Diheptyl phthalate (all isomers) [۳۶۴۸-۲۱-۳]	۳۶۲/۵۰	۵ mg/m³	–	–
۶۴	دی ایزو بوتیل فتالات Diisobutyl phthalate [۸۴-۶۹-۵]	۲۷۸/۳۵	۵ mg/m³	–	–
۶۵	دی ایزو پروپیل فنیل ایزو سیانات ۲،۶-Diisopropylphenyl Isocyanate [۲۸۱۷۸-۴۲-۹]	۲۰۳/۲۸	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۱ ppm	–
۶۶	دی ایزو دسیل فتالات Diisodecyl phthalate [۲۶۷۶۱-۴۰-۰]	۴۴۶/۶۶	۵ mg/m³	–	–
۶۷	دی ایزو نونیل فتالات Diisononyl phthalate [۲۸۵۵۳-۱۲-۰]	۴۱۸/۶۱	۵ mg/m³	–	–
۶۸	دی متیل اتر Dimethyl ether [۱۱۵-۱۰-۶]	۴۶/۰۷	۴۰۰ppm	۵۰۰ ppm	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
۶۹	پنتا اکسید دی فسفر Diphosphorus pentoxide [۱۳۱٤-٥٦-۳]	۱۴۱/۹۵	۱ mg/m^{۳}	۲ mg/m^{۳}	–
۷۰	۲- اتیل هگزیل کلروفرمات ۲-Ethylhexyl chloroformate [۱۱۰-۸۰-٥]	۱۹۲/۷	۱ ppm	–	–
۷۱	اتیل کلروفرمات Ethyl chloroformate [٥٤۱-٤۱-۳]	۱۰۸/۵۲	۱ ppm	–	–
۷۲	فتالید Fthalide [۲۷۳٥٥-۲۲-۲]	۲۷۱/۹۱	۱۰ mg/m^{۳}	–	–
۷۳	هیستیدین Histidine [۷۱-۰۰-۱]	۱۵۵/۱۵۵	۵ mg/m^{۳}	–	–
۷۴	هیدرازوئیک اسید (به‌صورت بخار) Hydrazoic acid [۷۷۸۲-۷۹-۸] (as vapour)	۴۳/۰۳	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	–
۷۵	هیگرو میسین B Hygromycin B [۳۱۲۸۲-۰٤-۹]	۵۲۷/۵۳	۰/۰۰۱ mg/m^{۳}	–	–
۷۶	ایزو بوتیرو نیتریل Isobutyronitrile [۷۸-۸۲-۰]	۶۹/۱۱	۸ ppm	–	–
۷۷	ایزوفلوران Isoflurane [۲٦٦۷٥-٤٦-۷]	۱۸۴/۵	۵۰ ppm	–	–
۷۸	ایزوپروپیل کلروفرمات Isopropyl chloroformate [۱۰۸-۲۳-٦]	۱۲۲/۵۵	۱ ppm	–	–
۷۹	ایزوپروتیولان Isoprothiolane [٥۰٥۱۲-۳٥-۱]	۲۹۰/۴	۵ mg/m^{۳}	–	–
۸۰	ایزو سربید دی نیترات Isosorbide dinitrate [۸۷-۳۳-۲]	۲۳۶/۱۳۶	۰/۲ mg/m^{۳}	–	–
۸۱	ایزو تری دکان- ۱- ال Isotridecan-۱-ol [۲۷٤٥۸-۹۲-۰]	–	۲۰ ppm	۲۰ ppm	–
۸۲	لوو مایستین(کلر آمفنیکول) Levomycetin [٥٦-۷٥-۷]	۳۲۳/۱۳	۱ mg/m^{۳}	–	A۲
۸۳	سنگ آهک Limestone [٤۷۱-۳٤-۱]	۱۰۰/۰۸۶	۱۰ mg/m^{۳}	–	–
۸۴	D–لیمونن D-Limonene [٥۹۸۹-۲۷-٥]	۱۳۶/۲۴	۵ ppm	۲۰ ppm	A٤
۸۵	لینکو مایسین Lincomycin [۱٥٤-۲۱-۲]	۴۰۶/۵۳۸	۰/۱ mg/m^{۳}	–	–
۸۶	هیدروکسید لیتیم Lithium hydroxide [۱۳۱۰-٦٥-۲]	۲۳/۹۵	–	۱ mg/m^{۳}	–
۸۷	مالونو نیتریل Malononitrile [۱۰۹-۷۷-۳]	۶۶/۰۶	۳ ppm	–	–
۸۸	سنگ مرمر	–	۱۰ mg/m$^{۳(I)}$	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
	Marble [۳۰۸۰۶۸-۲۱-۵]				
۸۹	مپرونیل Mepronil [۵۵۸۱۴-۴۱-۰]	۲۶۹/۳۴	۵ mg/m^3	–	–
۹۰	مت آ کریل آمید Methacrylamide [۷۹-۳۹-۰]	۸۵/۱۰	۱ mg/m^3	–	A۴
۹۱	۲- (۲- متوکسی اتوکسی) اتانول ۲-(۲-Methoxy ethoxy) ethanol [۱۱۱-۷۷-۳]	۱۲۰/۱۵	۱۰ ppm	–	پوست
۹۲	متوکسی فلوران Methoxyfluran [۷۶-۳۸-۰]	۱۶۴/۹۶۶	–	۲ ppm	
۹۳	۲- متوکسی پروپیل استات ۲-Methoxypropyl acetate [۷۰۶۵۷-۷۰-۴]	۱۳۲/۱۶	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	پوست
۹۴	مترو نیدازول Metronidazole [۴۴۳-۴۸-۱]	۱۷۱/۱۵	۰/۰۰۰۱۲ mg/m^3	–	A۳
۹۵	دی ایزو سیانات نفتالن Naphthalene diisocyanate (NDI) [۲۵۵۵۱-۲۸-۴]	–	۰/۰۴ mg/m^3	–	A۴
۹۶	اکسید نیکل Nickel oxide e [۱۰۱۰۲-۴۳-۹], as Ni	۷۴/۶۹	۰/۵ $mg/m^{3(I)}$	۲ $mg/m^{3(I)}$	A۳
۹۷	۱ - [(۵-نیترو فور فوریلیدین) آمینو] هیدانتوئین ۱-[(۵-Nitrofurfurylidene)amino]hydantoin [۶۷-۲۰-۹]	۲۳۸/۱۵۷	۰/۵ mg/m^3	–	
۹۸	۳ - [(۵-نیترو فوریلیدین) آمینو] -۲-اکسازولیدون ۳-[(۵-Nitrofurylidene)amino]-۲-oxazolidone [۶۷-۴۵-۸]	۲۲۵/۱۶	۰/۵ mg/m^3	–	
۹۹	ان- نیتروسو اتیل فنیل آمین N-Nitrosoethylphenylamine [۶۱۲-۶۴-۶]	۱۵۰/۱۸	۰/۰۰۰۲ mg/m^3	–	
۱۰۰	ان نیترو سو متیل اتیل آمین N-Nitrosomethylethylamine [۱۰۵۹۵-۹۵-۶]	۸۸/۱۳	۰/۰۰۲۵ mg/m^3	–	
۱۰۱	۴- نیترو تولوئن ۴-Nitrotoluene [۹۹-۹۹-۰]	۱۳۷/۱۴	۲ ppm	–	A۲
۱۰۲	۱- نونان اتیول ۱-Nonanethiol [۱۴۵۵-۲۱-۶]	۱۶۰/۳۲	–	۰/۵ ppm	
۱۰۳	میست روغن، سیالات فلزکاری Oil mist, metal working fluids	–	۱ mg/m^3	–	–
۱۰۴	اگزاسیلین Oxacillin [۶۶-۷۹-۵]	۴۰۱/۴۳۶	۰/۰۵ mg/m^3	–	–
۱۰۵	پارا استامول Paracetamol [۱۰۳-۹۰-۲]	۱۵۱/۱۷	۱۰ mg/m^3	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
۱۰۶	پاراکوات دی کلرید Paraquat dichloride (ISO) [۱۹۱۰-۴۲-۵]	۲۵۷/۱۶	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	–
۱۰۷	پاراکوات دی متیل سولفات Paraquat dimethylsulfate [۲۰۷۴-۵۰-۲]	۴۰۸/۴۸	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	–
۱۰۸	پنی سیلین Penicillin [۱۴۰۶-۰۵-۹]	۲۴۳/۲۶	۰/۱ mg/m^3	–	–
۱۰۹	ان پنی سیلین Penicillin N [۵۲۵-۹۴-۰]	۳۵۸/۳۹	۰/۳ mg/m^3	–	–
۱۱۰	پنی سیلیوم، غبار قابل استنشاق Penicillium, inhalable dust	–	۰/۱ mg/m^3	–	–
۱۱۱	اسید پرفلورو اوکتانوئیک Perfluorooctanoic acid [۳۳۵-۶۷-۱]	۴۱۴/۰۷	۰/۰۰۵ mg/m^3	–	–
۱۱۲	پرلیت Perlite [۹۳۷۶۳-۷۰-۳]	–	۱۰ mg/m^3	–	–
۱۱۳	کک نفتی Petroleum coke [۶۴۷۴۱-۷۹-۳]	–	۳/۵ mg/m^3	–	–
۱۱۴	فتالات ها Phthalates	–	۳ mg/m^3	۶ mg/m^3	–
۱۱۵	پیپریدین Piperidine [۱۱۰-۸۹-۴]	۸۵/۱۵	۱ ppm	–	پوست
۱۱۶	پلی کلرینیتد بی فنیل ها Polychlorinated biphenyls (PCBs) [۱۳۳۶-۳۶-۳]	۳۷۵/۷	۰/۱ mg/m^3	–	A۱
۱۱۷	پلی تترا فلوئورو اتیلن، محصولات پیرولیز Polytetrafluoroethylene [۹۰۰۲-۸۴-۰], pyrolysis products	–	۱ mg/m^3	–	A۴
۱۱۸	گردوغبار طیور Poultry dust	–	۱۰ mg/m^3	–	–
۱۱۹	۱- پروپان اتیول ۱-Propanethiol [۱۰۷-۰۳-۹]	۷۶/۱۶	–	۰/۳ ppm	–
۱۲۰	پروپیو نیتریل Propionitrile [۱۰۷-۱۲-۰]	۵۵/۰۸	۶ ppm	–	–
۱۲۱	پروپرانولول Propranolol [۵۲۵-۶۶-۶]	۲۵۹/۳۴	۲ mg/m^3	۶ mg/m^3	–
۱۲۲	کینولین Quinoline [۹۱-۲۲-۵]	۱۲۹/۱۶	۰/۱ mg/m^3	–	–
۱۲۳	ریبوفلاوین Riboflavin [۸۳-۸۸-۵]	۳۷۶/۳۶	۱ mg/m^3	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
۱۲۴	سووفلوران Sevoflurane [۱۳۶-۷۸-۷]	۲۰۰/۰۵۵	۱۰ ppm	۲۰ ppm	–
۱۲۵	سیلیس بی شکل Silica amorphous [۱۱۲۹۲۶-۰۰-۸]; [۷۶۳۱-۸۶-۹]	۶۰/۰۹	۲/۴ mg/m^3 (R) ۶ mg/m^3 (I)	-	-
۱۲۶	اسید سیلیسیک Silicic acid [۱۳۴۳-۹۸-۲]	۷۸/۱۰	۰/۳ mg/m^3(R)	–	–
۱۲۷	سنگ صابون Soapstone	۳۷۹/۳	–	۶ mg/m^3(I) ۳ mg/m^3(R)	–
۱۲۸	غبار چوب نرم Softwood dust	–	۵ mg/m^3	–	–
۱۲۹	اسپکتینو مایسین Spectinomycin [۱۶۹۵-۷۷-۸]	۳۳۲/۳۵	۲ mg/m^3	–	–
۱۳۰	استرپتو مایسین Streptomycin [۵۷-۹۲-۱]	۵۸۱/۵۷	۰/۱ mg/m^3	–	–
۱۳۱	سولفاکاربامید Sulfacarbamide [۵۷-۵۰-۱]	۲۱۵/۳۲	۱ mg/m^3	–	–
۱۳۲	سولفاگوانیدین Sulfaguanidine [۵۷-۶۷-۰]	۲۱۴/۲۴	۱ mg/m^3	–	–
۱۳۳	سولفالن Sulfalene [۱۵۲-۴۷-۶]	–	۰/۱ mg/m^3	–	–
۱۳۴	سولفا متوکسی دیازین Sulfamethoxydiazine [۶۵۱-۰۶-۹]	۲۸۰/۳	۵ mg/m^3(I)	–	–
۱۳۵	سولفا متوکسی پیریدازین Sulfamethoxypyridazine [۸۰-۳۵-۳]	۲۸۰/۳	۰/۱ mg/m^3	–	–
۱۳۶	سولفانیل آمید Sulfanilamide [۶۳-۷۴-۱]	۱۷۲/۲	۱ mg/m^3	–	–
۱۳۷	سولفا تیازول Sulfathiazol [۷۲-۱۴-۰]	۲۵۵/۳۲	۰/۵ mg/m^3	–	–
۱۳۸	سولفا متازین Sulphamethazine [۵۷-۶۸-۱]	۲۷۸/۳	۱ mg/m^3	–	A۴
۱۳۹	سولفور Sulphur [۷۷۰۴-۳۴-۹]	۳۲/۰۶۵	۶ mg/m^3	–	–
۱۴۰	ترپن ها Terpenes	–	۲۵ ppm	۵۰ppm	–
۱۴۱	ترا کلرو فنول (کلیه ایزومرها) و نمک های آن Tetrachlorophenol (all isomers) [۲۵۱۶۷-۸۳-۳] and salts	۲۳۱/۸۹	۰/۵ mg/m^3(I)	۱/۵ mg/m^3(I)	A۳
۱۴۲	ترا سیکلین	–	۰/۵ mg/m^3	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			TWA	STEL/C	
	Tetracycline [۶۰-۵۴-۸]				
۱۴۳	۱و۱و۱و۲ – تترا فلورو اتان ۱،۱،۱،۲-tetra fluoroethane [۸۱۱-۹۷-۲]	۱۰۲/۰۳	۱۰۰۰ ppm	–	–
۱۴۴	تئو برمین Theobromine [۸۳-۶۷-۰]	۱۸۰/۱۶	۱ mg/m³	–	A٤
۱۴۵	تئو فیلین Theophylline [۵۸-۵۵-۹]	۱۸۰/۱۶	۰/۵ mg/m³	–	A٤
۱۴۶	تیابندازول Thiabendazole [۱٤۸-۷۹-۸]	۲۰۱/۲۵	۱۰ mg/ m³(I)	–	–
۱۴۷	تیوگلیکولات ها Thioglycolates	۹۲/۱۱	۲ mg/m³	–	–
۱۴۸	پارا تولوئن سولفونیل کلراید p-Toluenesulphonyl chloride [۹۸-۵۹-۹]	۱۹۰/۶۵	–	۵ mg/m³	–
۱۴۹	تری بیوتیل تین بنزوات Tributyltin benzoate [٤۳٤۲-۳٦-۳]	۴۱۱/۱۷	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	–
۱۵۰	تری بیوتیل تین فلورید Tributyltin fluoride [۱۹۸۳-۱۰-٤]	۳۰۹/۰۵	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	–
۱۵۱	تری بیوتیل تین مت آکریلات Tributyltin methacrylate [۲۱۵۵-۷۰-٦]	۳۷۵/۱۷	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	–
۱۵۲	تری سیکل آزول Tricyclazole [٤۱۸۱٤-۷۸-۲]	۱۸۹/۲۴	۳ mg/m³	–	–
۱۵۳	اوره Urea [۵۷-۱۳-٦]	۶۰/۰۶	۵ mg/m³	۱۰ mg/m³	–
۱۵۴	غبار ورمیکولیت Vermiculite dust [۱۳۱۸-۰۰-۹]		۳ mg/m³	–	–
۱۵۵	وارفارین سدیم Warfarin sodium [۱۲۹-۰٦-٦]	۳۰۳/۳	۰/۰۲ mg/m³(I)	–	–
۱۵۶	غبار آرد گندم Wheat flour dust	۴۰۵/۶۱	۳ mg/m³	–	–
۱۵۷	دی استئارات روی یا استئارات روی Zinc stearate [۵۵۷-۰۵-۱]	۶۳۲/۳۵	۱۰ mg/m³ ۴ mg/m³ (R)	۲۰mg/m³	–

ضمایم حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی

ضمیمه الف: سرطان‌زایی

امروزه جامعه به مواد شیمیایی و فرایندهای صنعتی که باعث سرطان یا افزایش ریسک ابتلا به سرطان می‌شوند توجه و حساسیت روزافزونی دارد(روش‌های بسیار پیچیدهٔ ارزیابی بیولوژیکی و استفاده از مدل‌های پیچیدهٔ ریاضی برای تعیین سطح ریسک سرطان‌زایی عوامل مختلف در بین شاغلین، منجر به این شده است که برای انتخاب یک ماده یا فرایند به عنوان سرطان‌زای انسانی و تعیین میزان حداکثر مقدار مجاز مواجهه، تفاسیر متفاوتی ارائه گردد). با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف روشهای طبقه‌بندی، قابلیت سرطان‌زایی عوامل مختلف ارائه‌شده توسط ACGIH در این بخش معرفی می‌گردد. بر اساس این روش عوامل سرطان‌زا به گروه‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

A۱- سرطان‌زای تائید شده انسانی

بر اساس مدارک مستدل از طریق مطالعات اپیدمیولوژیی ماده شیمیایی برای انسان سرطان‌زا است.

A۲- مشکوک به سرطان‌زایی در انسان:

کفایت اطلاعات کیفی مربوط به سرطان‌زایی مادهٔ شیمیایی مورد قبول است ولی در اطلاعات ارائه‌شده کمبودهایی به شرح زیر وجود دارد که باعث تردیدهایی در تأثیر سرطان‌زایی قطعی ماده شیمیایی در انسان می‌گردد:

الف- اطلاعات متناقض

ب- اطلاعات ناقص ازلحاظ کمیت

ج- ماده شیمیایی در مطالعات انجام‌شده بر روی حیوانات آزمایشگاهی سرطان‌زا است و شرایط خاص سم‌شناسی ماده [دوز(ها)، راه(های) تماس، اندام(های) مورد هدف، نوع بافت و سازوکار(های) اثرات وارده] مشابهت لازم با مواجهه‌های شغلی کارگران را دارا است.

به‌طورکلی طبقه‌بندی A۲ در شرایطی به کار می‌رود که شواهد سرطان‌زایی انسانی یک عامل محدود بوده اما شواهد کافی در مورد سرطان‌زایی آن عامل در حیوانات آزمایشگاهی مشابه انسان موجود باشد.

A۳- سرطان‌زای تائید شده برای حیوان با ارتباط ناشناخته بر انسان

عواملی که سرطان‌زایی آن‌ها برای حیوانات آزمایشگاهی در یک دوز نسبتاً زیاد با یک روش(ها)، محل (های) اثر، سوابق و سازوکارهایی که ممکن است چندان مرتبط با مواجهه شاغلین نباشد، به اثبات رسیده است. مطالعه‌های اپیدمیولوژی موجود، افزایش ریسک سرطان‌زایی انسانی این عوامل را تأیید

نمی‌کنند. شواهد موجود، سرطان‌زایی این عوامل را در شرایط معمول مواجهه تأیید نمی‌کنند مگر مواجهه تحت شرایط غیرمعمول، و از راه‌های ورود غیرمحتمل و مقادیر مواجهه غیرمعمول باشد.

A٤- غیرقابل طبقه‌بندی به‌عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی:

عواملی که نگرانی‌هایی را در مورد سرطان‌زایی برای انسان پدید آورده است اما به دلیل کمبود داده‌ها، امکان ارزیابی جامع در مورد آن‌ها وجود ندارد. این مواد به علت فقدان اطلاعات کافی نمی‌توانند به‌طور صحیح مورد ارزیابی قرار گیرد. مطالعه‌های انجام‌شده بر روی بافت زنده و بر روی حیوانات آزمایشگاهی، شواهدی از سرطان‌زایی این مواد را به‌طوری‌که بتوان آن‌ها را در یکی از گروه‌های قبلی طبقه‌بندی نمود، ارائه نمی‌دهد .

A٥- مشکوک نبودن به‌عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی:

عواملی هستند که بر اساس مطالعه‌های جامع و صحیح اپیدمیولوژی، مشکوک به سرطان‌زایی در انسان نیستند. این مطالعه‌های اپیدمیولوژی دارای جامعیت لازم، پیگیری مناسب برنامه پژوهشی و با سوابق مواجهه شغلی قابل‌اطمینان در دوزهای زیاد بوده است. تجزیه وتحلیل آماری اطلاعات به‌دست‌آمده از این پژوهش‌ها نشانگر عدم افزایش ریسک سرطان‌زای انسانی در اثر مواجهه با این عوامل است و یا هیچ اطلاعاتی در مورد سرطان‌زایی آن‌ها بر روی حیوانات آزمایشگاهی موجود نیست. موادی که هیچ‌گونه داده‌ای در مورد سرطان‌زایی انسانی یا حیوانی برای آن‌ها گزارش نشده است لقب بدون سرطان‌زایی را به خود اختصاص داده‌اند.

مواجهه‌های شغلی با عوامل سرطان‌زا باید در حداقل میزان نگه‌داشته شود.کارگرانی که با سرطان-زاهای طبقه A۱ بدون حد مجاز مشخص، مواجهه دارند می‌بایست تا حد ممکن به‌منظور حذف کامل مواجهه با مواد سرطان‌زا تجهیز شوند.

برای سرطان‌زاهای A۱ با حد مجاز (OEL) مشخص و سرطان‌زاهای گروه A۲ و A۳، مواجهه کارگر از کلیه راه‌های ورود می‌بایست به طور دقیق کنترل شود تا درنهایت مواجهه تا حد ممکن کمتر از OEL شود.

ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال‌پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند (PNOS)[۱]

هدف کمیته تدوین حدود مجاز عوامل شیمیایی، تعیین OEL برای کلیه موادی است که شواهدی در مورد اثرات بهداشتی در غلظت‌های هوابرد مشخص در محیط‌های کاری داشته باشند. زمانی که

---

۱ Particulates (insoluble or poorly soluble) Not Otherwise Specified

شواهد کافی در مورد یک ذره وجود داشته باشد، برای آن OEL تعیین می‌شود. چنانچه این شواهد برای ذرات، کم یا ناکافی باشد، در یک گروه خاصی تحت عنوان PNOS قرار می گیرند.

کلیهٔ ذرات این گروه دارای یک حد مجاز یکسان هستند مگر آنکه مطالعه‌ها و پژوهش‌های آتی، اطلاعات کافی جهت تعیین حد مجاز مواجهه مستقل برای یک ذره را ارائه نماید که در این صورت، آن ذره از لیست خارج می‌شود و بر اساس حد مجاز مواجهه خاص خود بررسی می‌شود . حد مجاز مواجهه گروه PNOS برای موارد زیر مورداستفاده قرار می گیرد:

الف- ذره فاقد OEL کاربردی باشد.

ب- ذره باید در آب (ترجیحاً در مایعات موجود در ریه‌ها) نامحلول یا انحلال‌پذیری کمی داشته باشد.

ج- سمیت ذره کم باشد. (سمیت سلولی و ژنتیکی نداشته باشد و به‌عبارت‌دیگر هیچ‌گونه واکنش شیمیایی با بافت ریه نداده، پرتوهای یون‌ساز تابش نکند، باعث حساسیت‌زایی ایمونولوژی نشده یا باعث اثرات سمی به‌جز التهاب یا مکانیسم باقی ماندن اضافه‌بار مواد در ریه نشود).

باور این کمیته بر آن است که ذراتی که ازلحاظ بیولوژیکی خنثی، نامحلول یا دارای انحلال پذیری کم هستند، ممکن است دارای اثرات زیان‌آور باشند و توصیه می‌شود که غلظت ذرات قابل استنشاق[۱] هوابرد آن‌ها در مقادیر کمتر از $۳ mg/m^۳$ و غلظت ذرات قابل‌تنفس[۲] آن‌ها کمتر از $۱۰ mg/m^۳$ حفظ شود تا زمانی که حدود مجاز اختصاصی برای آن‌ها تعیین شود.

ضمیمه ج- معیار نمونه‌برداری مبتنی بر انتخاب سایز ذرات هوابرد

مخاطرات بالقوه مواد شیمیایی که به شکل ذرات جامد یا مایع معلق همراه با هوای تنفسی وارد بدن می‌شوند بنا به دلایل زیر به اندازه ذرات و غلظت جرمی آن‌ها بستگی دارد:

تأثیر اندازه ذرات در تعیین محل ته‌نشینی آن‌ها در دستگاه تنفسی

ارتباط بیماری‌های شغلی با ذراتی که در مناطق معینی از دستگاه تنفسی ته‌نشین می‌شوند

حد مجاز مواجهه ذرات سیلیس آزاد کریستالی در ابعاد و اندازه معینی پیشنهاد گردیده است و از سال‌های قبل مشخص گردیده که ارتباط معنی‌داری بین بیماری سیلیکوزیس و غلظت جرمی ذرات قابل‌تنفس سیلیس آزاد کریستالی وجود دارد. در حال حاضر کمیته فنی با تکیه بر دو اصل ذیل در حال بررسی مجدد سایر مواد شیمیایی است که به‌صورت ذره در محیط کار منتشر می گردند:

---

۱ Respirable

۲ Inhalable

برای هر ماده شیمیایی که بر سلامت انسان مؤثر است اندازه ذرات نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.

غلظت جرمی ذرات در هر سایز در حد مجاز مواجهه مجاز تأثیرگذار است.

حد مجاز مواجهه بر اساس اندازه و ابعاد ذرات به سه شکل بیان می‌شود:

حد مجاز مواجهه ذرات قابل‌تنفس[۱] **(IPM-OEL):**

مربوط به مواد شیمیایی است که در صورت ته‌نشین شدن در هر قسمت از دستگاه تنفسی، مخاطره‌آمیز هستند.

حد مجاز مواجهه ذرات توراسیکی[۲] **(TPM-OEL):**

شامل آن دسته از مواد شیمیایی است که در صورت ته نشین شدن در هر قسمت از راه‌های هوایی ریه و ناحیه تبادل گازی ایجاد مخاطره می‌کنند.

حد مجاز مواجهه ذرات قابل استنشاق[۳] **(RPM-OEL):**

شامل آن دسته از مواد شیمیایی است که در صورت ته نشین شدن در ناحیه تبادل گازی (کیسه‌های هوایی ریه) ایجاد مخاطره می‌کنند.

بیان کمی سه گروه از ذرات پیش گفت بر طبق روابط زیر است:

الف) توده ذرات قابل‌تنفس:

شامل ذراتی می‌شود که بدون در نظر گرفتن موقعیت نمونه‌بردار نسبت به مسیر جریان باد، بر اساس راندمان جمع‌آوری زیر به دام می‌افتند:

$$IPM\ (d_{ae})=۰,۵[۱+\exp(-۰,۰۶d)]$$

برای ذراتی که $۰ < d \leq ۱۰۰\ \mu m$ باشد.

که در رابطه فوق، $IPM\ (d_{ae})$، بازده جمع‌آوری و d_{ae} قطر آئرودینامیکی ذرات برحسب میکرومتر است.

ب) توده ذرات توراسیکی:

متشکل از ذراتی است که مطابق با رابطه بازده جمع‌آوری به دام می‌افتند:

$$TPM\ (d_{ae})=IPM\ (d_{ae})[۱-F(X)]$$

که در آن، $F(X)$ تابع احتمال تجمعی متغیر نرمال استانداردشده X است.

---

۱ Inhalable Particulate Matter
۲ Thoracic Particulate Matter
۳ Respirable Particulate Matter

$$X = \frac{\ln(d_{ae} / \Gamma)}{\ln(\sum)}$$

ln: لگاریتم طبیعی Γ: ۱۱/۶۴ µm Σ = ۱/۵

ج- توده ذرات قابل استنشاق:

متشکل از ذراتی است که مطابق با رابطهٔ بازدهٔ جمع‌آوری به دام می‌افتند:

$$RPM\ (d_{ae}) = IPM\ (d_{ae})[1-F(x)]$$

که F(x) همان مفهوم اشاره شده در بخش قبلی است اما Γ = ۴/۲۵ µm و ∑=۱/۵ است.

مهم‌ترین تغییر اعمال‌شده مربوط به این بخش از ذرات افزایش قطر میانه از ۳/۵ به ۴ میکرومتر است. این مطلب با پروتکل سازمان بین‌المللی استاندارد و کمیته تدوین استانداردهای اروپا (ISO/CEN) تطابق دارد. در حال حاضر هیچ تغییری برای اندازه‌گیری ذرات قابل استنشاق با سیکلون نایلونی ۱۰mm در دبی ۱/۷ L/min توصیه نمی‌شود. دو آنالیز انجام‌شده بر روی داده‌های موجود نشان داده است که دبی ۱/۷ L/min به سیکلون نایلونی ۱۰mm اجازه می‌دهد که تقریب صحیحی از غلظت ذرات قابل استنشاق را به نسبت یک نمونه‌گیر ایده‌آل ذرات قابل استنشاق فراهم نماید. بازده جمع‌آوری سایزهای مختلف ذرات با کسر جرمی هر یک در جداول زیر ارائه‌شده است:

جدول ج -۱: ذرات قابل‌تنفس

قطر آئرودینامیکی ذره (µm)	بازده جمع‌آوری ذرات قابل‌تنفس (٪)
۰	۱۰۰
۱	۹۷
۲	۹۴
۵	۸۷
۱۰	۷۷
۲۰	۶۵
۳۰	۵۸
۴۰	۵۴/۵
۵۰	۵۲/۵
۱۰۰	۵۰

جدول ج – ۲: ذرات توراسیک

قطر آئرودینامیکی ذره (µm)	بازده جمع‌آوری ذرات توراسیک (٪)
۰	۱۰۰
۲	۹۴
۴	۸۹
۶	۸۰/۵
۸	۶۷
۱۰	۵۰
۱۲	۳۵
۱۴	۲۳
۱۶	۱۵
۱۸	۹/۵
۲۰	۶
۲۵	۲

جدول ج – ۳: ذرات قابل استنشاق

قطر آئرودینامیکی ذره (µm)	بازده جمع‌آوری ذرات قابل استنشاق (٪)
۰	۱۰۰
۱	۹۷
۲	۹۱
۳	۷۴
۴	۵۰
۵	۳۰
۶	۱۷
۷	۹
۸	۵
۱۰	۱

ضمیمه د: معیار حد مجاز مواجهه شغلی برای مخلوط‌ها

بیشتر مقادیر OEL برای یک ماده شیمیایی منفرد تعریف شده‌اند ولی در عمل اغلب شاغلین در معرض مواجهه هم‌زمان با چند ماده شیمیایی هستند. در این شرایط مقایسه مقادیر مواجهه با مقادیر OEL باید به شکلی انجام شود که کارگران در معرض مخاطرات شغلی قرار نگیرند.

هنگام مواجهه با مخلوط مواد شیمیایی وضعیت‌های مختلفی ممکن است رخ دهد: اثر افزایشی زمانی ایجاد می‌شود که اثر بیولوژیکی ترکیب مواد برابر مجموع اثر هر یک از مواد شیمیایی به‌تنهایی باشد. اثر سینرژیک هنگامی رخ می‌دهد که اثر ترکیبی حاصل از چند ماده، بزرگ‌تر از مجموع اثر هر یک از مواد به‌تنهایی باشد و اثر آنتاگونیسم در شرایطی است که اثر ترکیبی حاصله، کمتر از مجموع اثر هر یک از مواد باشد.

راهنمای موجود در این ضمیمه برای مواد در فاز مخلوط بکار نمی‌رود.

کاربرد فرمول مخلوط مواد برای حالت اثرات افزایشی

ستون آخر جدول حدود مجاز مواجهه که نشانگر مبنای تعیین حد مجاز مواجهه است می‌تواند به کاربر در خصوص احتمال اثرات افزایشی مخلوطی از مواد، هشدار دهد. مواد با مبنای تعیین OEL مشابه احتمالاً اثرات افزایشی داشته و حد مجاز تک‌تک آن‌ها باید کمتر از مقدار ارائه شده در جدول در نظر گرفته شود.

توجه داشته باشید که این ستون، اثرات زیان‌آور مادهٔ مورد نظر را ذکر نمی‌کند، بلکه فقط اثر(های) نامطلوب که بر اساس آن‌ها حد آستانه تعیین‌شده است را فهرست می‌کند. برای اطلاعات موردنیاز در مورد اثرات سمی موادی، که ممکن است در هنگام ارزیابی مواجهه با مخلوط به کار روند، مستندات فعلی موجود در OELs و BEIs فعلی مورد استناد قرار می‌گیرند.

درصورتی‌که دو یا چند ماده خطرناک با اثرات مشابه سم‌شناسی بر روی سیستم یا ارگان هدف وجود داشته باشند، اثر ترکیبی آن‌ها باید بیشتر از اثر انفرادی آن‌ها موردتوجه قرار گیرد. در صورت عدم وجود اطلاعاتی که نمایانگر تأثیرات متقابل این مواد بر یکدیگر باشد، در مواردی که اثر بهداشتی و سیستم یا ارگان هدف آن‌ها مشابه باشد، اثرات این عوامل را باید به‌صورت افزایشی در نظر گرفت. در این حالت اگر حاصل جمع رابطه زیر از عدد یک بیشتر شود، مواجهه شغلی با مخلوط مواد بیشتر از حد مجاز است:

$$\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}+....\frac{C_n}{T_n}$$

C نمایانگر غلظت ماده موجود در هوای محیط کار وT حد مجاز مواجهه شغلی مربوط به آن ماده شیمیایی است. به مثال ارائه شده در انتهای این بخش مراجعه شود. لازم است که هوای محیط هم به‌صورت کیفی و هم کمی آنالیز شود تا حد مجاز مواجهه مخلوط مواد تعیین شود.

رابطه محاسباتی اثر افزایشی برای مواجهه هم زمان با عوامل زیان‌آور با مقادیر حدود مجاز شغلی TWA، STEL و Ceiling به کار می‌رود. مقادیر به‌کاررفته در فرمول برای مواد مختلف باید تا حد امکان یکسان باشند. بدین معنی که انواع حدود مواجهه شغلی (C, STEL, TWA) با مقادیر مشابه خود بررسی شوند.

چنانچه عواملی با اثرات سم‌شناسی مشابه، OEL یکسان نداشته باشند، استفاده از انواع مقادیر حدود مواجهه شغلی امکان‌پذیر خواهد بود. در جدول زیر انواع حالات ممکن از ترکیب انواع OELS که با فرمول اثر افزایشی قابل‌محاسبه خواهد بود، ارائه‌شده است. وقتی ماده‌ای با یک حد STEL یا C با ماده‌ای با OEL–TWA ولی بدون STEL مخلوط شود، مقایسه حد کوتاه‌مدت با مواجهه‌های بیشینه [مواجهه با مقادیر حداکثری] کاربردی[1] ممکن است مناسب‌تر باشد. مواجهه‌های بیشینه معادل ۵ برابر حد OEL–TWA آن ماده خواهد بود.

جدول د-۱ حالت‌های مختلف ترکیب احتمالی انواع حدود مجاز در فرمول اثر افزایشی مخلوط

تمام نوبت‌کاری یا کوتاه‌مدت	ماده ۱	ماده ۲
تمام نوبت‌کاری	OEL – TWA	OEL – TWA
تمام نوبت‌کاری	OEL – TWA	OEL – C
کوتاه‌مدت	OEL – STEL	OEL – STEL
کوتاه‌مدت	OEL – C	OEL – C
کوتاه‌مدت	اگر STEL وجود ندارد از مواجهه قله‌ای استفاده شود (۵ برابر TWA)	OEL – C یا STEL
کوتاه‌مدت	OEL – STEL	OEL – C

[1] applicable peak exposure

برای این حالت رابطه اصلاح‌شده به شرح زیر خواهد بود:

$$\frac{C_1}{T_{1STEL}} + \frac{C_2}{5T_2} \leq 1$$

T_{1STEL} : $OEL - STEL$

T_2 : $OEL - TWA$ ماده فاقد $STEL$

مدل افزایشی همچنین برای مواجهات متوالی با مواد مختلف که در طول یک نوبت‌کاری رخ می‌دهد نیز به کار می‌رود. برای موادی که دارای $OEL - TWA$ (STEL) یا (حد مواجهه بیشینه) هستند نیز به همین شکل عمل می‌شود.

رابطه فوق برای مواجهه‌های متوالی با موادی که OEL-C دارند، کاربرد ندارد.

محدودیت‌ها و موارد خاص

قانون فوق هنگامی استثناء دارد که بر اساس دلایل موجه، اثرات اصلی مواد زیان‌آور مختلف، به‌صورت افزایشی نباشد و هر یک از مواد مخلوط به‌صورت مستقل بر بدن تأثیرگذارند. این وضعیت زمانی رخ می‌دهد که اثرات سم‌شناسی مواد و ارگان هدف آن‌ها مشابه نباشد. این وضعیت همچنین می‌تواند زمانی حادث شود که برهم‌کنش مخلوط مواد باعث مهار اثر سمی آن‌ها شود. در چنین مواردی زمانی مواجهه بیشتر از حد مجاز تلقی می‌شود که حداقل غلظت یکی از اجزاء بیشتر از حد مجاز خود باشد.

استثناء دیگر هنگامی رخ می‌دهد که گمان می‌رود مخلوط مواد دارای اثر سینرژیک یا تشدیدی هستند. استفاده از رابطه اثر افزایشی ممکن است حفاظت کافی را ایجاد نکند. در حال حاضر چنین مواردی باید به‌صورت جداگانه بررسی و تعیین شوند. هر یک از مواد با اثرات تشدیدی به‌تنهایی الزاماً زیان‌آور نیستند. اثرات تشدیدی ماده شیمیایی می‌تواند از راه‌های استنشاق، مثلاً نوشیدن الکل همزمان با استنشاق مواد خواب‌آور (تری کلرواتیلن) باشد. اثرات تشدیدی مخصوصاً در غلظت‌های خیلی زیاد نمایان می‌شود و احتمال بروز آن در غلظت‌های پایین کمتر است.

رابطه اثرات افزایشی برای مخلوطی از چند عامل به کار می‌رود. این روابط را نباید برای مخلوط‌هایی که اجزاء آن واکنش‌های بسیار متفاوتی دارند به کار برد، مانند اسید سیانیدریک (HCN) و دی اکسید گوگرد (SO_2). در چنین مواردی باید فرمول اثرات مستقل مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این رابطه برای مخلوط‌های پیچیده با اجزاء زیاد (مثل بنزین، خروجی دیزل، محصولات تجزیه حرارتی، خاکستر و ...) نباید مورداستفاده قرار گیرد.

لازم به ذکر است که در مخلوط مواد سرطان‌زا در دسته‌های A۱, A۲ یا A۳ باید دقت نمود. صرف‌نظر از کاربرد فرمول مخلوط، باید از مواجهه با مخلوط مواد سرطان‌زا اجتناب نمود یا تا حد امکان مواجهه پایین نگه‌داشته شود (به ضمیمه الف مراجعه شود).

برای محاسبه مواجهه مخلوط مواد و تعیین اینکه اثرات ترکیبی کدام مواد باید با همدیگر در نظر گرفته شوند و سناریوهای مختلف در نظر گرفتن اثرات ترکیبی چندین ماده شیمیایی موجود در محیط کار، دانشگاه مونترال و IRSST یک ابزار محاسباتی رایانه‌ای معرفی کرده‌اند که در راهنمای تدوین شده توسط مرکز سلامت محیط و کار که از طریق سایت این مرکز قابل دسترسی است، معرفی شده است. رابطه اثر افزایشی برای مخلوط‌هایی با تعداد قابل‌قبول بکار می‌رود. عوامل برای مخلوط‌های پیچیده با بسیاری از اجزای سازنده (به‌عنوان‌مثال، بنزین، اگزوز دیزل، محصولات تجزیه حرارتی و غیره) کاربرد ندارد.

مثال‌های حد مجاز مواجهه شغلی برای مخلوط‌ها

مثال الف- اثراث افزایشی: مواجهه هوابرد کارگری برای یک نوبت‌کاری کامل و مواجهه کوتاه‌مدت آن پایش شده است. نتایج پایش در جدول زیر ارائه‌شده است:

جدول د-۲ نتایج پایش

عامل شیمیایی	نتایج پایش کل نوبت‌کاری (OEL-TWA)	نتایج مواجهه کوتاه‌مدت (OEL-STEL)
استون	۸۰ ppm (۲۵۰ ppm)	۳۲۵ ppm (۵۰۰ ppm)
سیکلوهگزانون	۲ ppm (۲۰ ppm)	۷/۵ ppm (۵۰ ppm)
متیل اتیل کتون	۹۰ ppm (۲۰۰ ppm)	۲۲۰ ppm (۳۰۰ ppm)

هر سه این مواد دارای اثرات تحریکی بر روی سیستم تنفسی بوده و باید اثرات آن‌ها را افزایشی در نظر گرفت. استون و متیل اتیل کتون دارای اثرات روی سیستم اعصاب مرکزی نیز هستند. برای آنالیز وضعیت موجود برای کل نوبت‌کاری به روش زیر محاسبه انجام می‌شود:

$$\frac{C1}{T1}+\frac{C2}{T2}+\frac{C3}{T3}\leq ۱$$

$$\frac{۸۰}{۲۵۰}+\frac{۲}{۲۰}+\frac{۹۰}{۲۰۰}=۰.۳۲+۰.۱۰+۰.۴۵=۰.۸۷$$

میزان مواجهه کل نوبت‌کاری کمتر از حد مجاز است.

آنالیز مواجهه کوتاه‌مدت به روش زیر انجام می‌شود:

$$\frac{C1}{T1_{STEL}} + \frac{C2}{T2_{STEL}} + \frac{C3}{T3_{STEL}} \leq ۱$$

$$\frac{۳۲۵}{۵۰۰} + \frac{۷.۵}{۵۰} + \frac{۲۰۰}{۳۰۰} = ۰.۶۵ + ۰.۱۵ + ۰.۷۳ = ۱.۵۳$$

نتیجه: حد مجاز مواجهه کوتاه‌مدت مخلوط مواد موجود در هوا بیشتر از حد مجاز است.

مثال ب– اثرات مستقل:

هنگامی‌که اثرات اصلی مواد زیان‌آور مختلف، به‌صورت افزایشی نباشد و هر یک از مواد مخلوط به‌صورت مستقل بر بدن تأثیرگذارند، بدین معنی که اثر سم‌شناسی مشابهی نداشته باشند و اندام هدف نیز برای مواد موردنظر یکسان نباشد، در این موارد حد مجاز مواجهه شغلی مخلوط، مطابق با رابطه زیر خواهد بود:

$$\frac{C1}{T1} \leq ۱ \qquad \frac{C2}{T2} \leq ۱ \qquad \frac{C3}{T3} \leq ۱$$

مثال: هوایی حاوی غلظت سرب معادل ۰٫۰۴ mg/m^3 (سرب با OEL =۰/۰۵) و معادل ۰/۱۵ mg/m^3 اسیدسولفوریک (OEL=۰٫۲) است.

$$\frac{۰.۰۴}{۰.۰۵} = ۰.۸$$

$$\frac{۰.۱۵}{۰.۲۰} = ۰.۷۵$$

نتیجه: غلظت مخلوط کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی است.

ضمیمه ه: حداقل محتوای اکسیژن[۱]

تحویل اکسیژن کافی به بافت‌های بدن برای ادامه حیات لازم بوده و به عواملی از جمله: ۱)سطح اکسیژن موجود در هوای دمی ۲) وجود و یا عدم وجود بیماری‌های ریوی ۳) سطح هموگلوبین خون ۴) کینیتیک[۲] اکسیژنی که به هموگلوبین متصل می‌گردد ۵) بازده قلبی و ۶) جریان خون بافتی، بستگی دارد. در این قسمت فقط اثرات کاهش اکسیژن در هوای دمی مورد بحث قرار می‌گیرد.

---

۱ Minimal Oxygen Content

۲ Kinetic

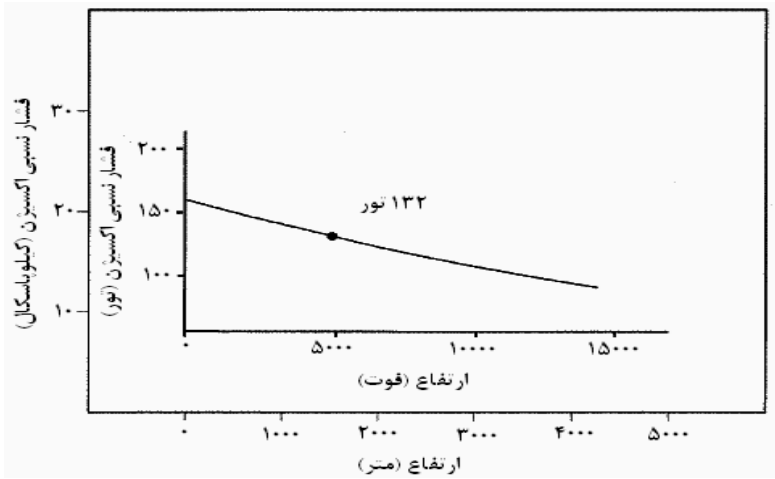
مغز و میوکارد حساس‌ترین بافت‌های بدن نسبت به کاهش اکسیژن هستند. علائم اولیه کمبود اکسیژن عبارت‌اند از: افزایش تهویه، افزایش بازده قلبی و خستگی. علائم دیگر ممکن است شامل سردرد، صدمه به فرایندهای فکری و هوشیاری، کاهش هماهنگی، اختلال دید، تهوع، بیهوشی، صرع و مرگ باشند. به‌هرحال ممکن است قبل از بیهوشی علامت مشخصی وجود نداشته باشد. آغاز و شدت علائم به عوامل متعددی مثل میزان نقصان اکسیژن، مدت‌زمان نقصان اکسیژن، بارکاری، نرخ تنفس، درجه حرارت بدن فرد، وضعیت سلامتی فرد، سن و تطابق ریوی بستگی دارد. علائم اولیه افزایش تنفس و افزایش ضربان قلب وقتی آشکار می‌شود که اشباع اکسیژن هموگلوبین به زیر ۹۰ درصد کاهش یابد. در اشباع اکسیژن هموگلوبین بین ۸۰ تا ۹۰ درصد، تغییرات فیزیولوژیکی در وضعیت سلامت فرد اتفاق می‌افتد تا در برابر کاهش اکسیژن مقاومت کند، ولی در افراد در معرض خطر مثل بیماران مبتلا به آمفیزم، اکسیژن درمانی برای اشباع اکسیژن هموگلوبین زیر ۹۰ درصد، تجویز می‌شود. تا وقتی که فشار جزئی اکسیژن (PO_2) در مویرگ‌های ریوی بالای ۶۰ تور بماند، هموگلوبین بیش از ۹۰ درصد اشباع خواهد شد و سطح نرمال انتقال اکسیژن در افراد بزرگ سال سالم حفظ خواهد شد. به علت فضای مرده آناتومیکی، دی‌اکسید کربن و بخار آب، سطح فشار جزئی اکسیژن آلوئولی ۶۰ تور برابر است با فشار جزئی اکسیژن ۱۲۰ تور در هوای اطراف.

NIOSH فشار نسبی اکسیژن آلوئولی ۶۰ تور را به عنوان حد فیزیولوژیک تعیین کرده و محیطی که فشار جزئی اکسیژن در آن کمتر از ۱۳۲ تور باشد را به عنوان محیطی که کمبود اکسیژن دارد، در نظر گرفته است. وجود حداقل ۱۹٫۵ درصد اکسیژن در سطح دریا (فشار جزئی ۱۴۸ تور، هوای خشک) برای اغلب اعمال کاری، یک حاشیه ایمنی مناسب (مقدار کافی از اکسیژن) را فراهم می‌آورد. به‌هرحال، با افزایش ارتفاع و بخار آب و کم شدن فشار هوا، این حاشیه ایمن به‌طور معناداری کاهش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که در ارتفاع ۵۰۰۰ فوتی، فشار جزئی اکسیژن اتمسفری ممکن است به ۱۲۰ تور برسد و در ارتفاع بیش از ۸۰۰۰ فوتی انتظار می‌رود به کمتر از ۱۲۰ تور برسد. اثرات فیزیولوژیک کمبود اکسیژن و تغییرات فشار جزئی اکسیژن با ارتفاع از سطح دریا برای هوای خشک شامل ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن در جدول ه–۱ نشان داده شده‌است. هیچ‌گونه اثرات فیزیولوژیک به‌واسطه نقصان اکسیژن در افراد بزرگ‌سال و سالم در فشار جزئی اکسیژن بیشتر از ۱۳۲ تور یا در ارتفاع کمتر از ۵۰۰۰ فوت انتظار نمی‌رود.

برخی ضایعات تطابق با تاریکی در ارتفاعات بیش از ۵۰۰۰ فوت گزارش شده است. در فشار جزئی اکسیژن کمتر از ۱۲۰ تور (معادل ارتفاع حدود ۷۰۰۰ فوت یا ۵۰۰۰ فوت که برای بخار آب و عبور وقایع آب و هوایی کم‌فشار در نظر گرفته می‌شود) علائم در کارگران تطابق نیافته شامل افزایش تهویه ریوی و بازده قلبی، عدم هماهنگی و از دست دادن توجه و قدرت تفکر است. این علائم به‌عنوان عوامل ناسازگار با عملکرد ایمن وظایف شناخته می‌شود. بر این اساس، حداقل فشار جزئی اکسیژن محیطی تا ارتفاع ۵۰۰۰ فوت باید حداقل ۱۳۲ تور باشد که بتواند شاغلین را در برابر عوارض کمبود اکسیژن محافظت کند .

شکل ه-۱، نمودار نسبت PO_2 با افزایش ارتفاع است که نشان‌دهنده حداقل مقدار ۱۳۲ تور است. اگر فشار جزئی اکسیژن کمتر از ۱۳۲ تور و یا کمتر از مقدار قابل‌انتظار برای آن ارتفاع باشد، مطابق جدول ه-۱، اقدامات بیشتر کاری همچون ارزیابی کامل محیط‌های محصور برای شناسایی علت غلظت پایین اکسیژن، استفاده از پایش‌های مداوم جامع با وسایل هشداردهنده، تطابق کارگران با ارتفاع کار چون تطابق با ارتفاع می‌تواند ظرفیت کاری افراد را تا ۷۰ درصد افزایش دهد، استفاده از چرخه‌های کار و استراحت با کاهش بارکاری و افزایش دوره‌های استراحت، آموزش، بازرسی و پایش کارگران و دسترسی سریع و راحت به تجهیزات حفاظت تنفسی تأمین‌کننده اکسیژن که به‌طور مناسب نگهداری شده‌اند، توصیه می‌شود.

گازهای جایگزین اکسیژن ممکن است خاصیت قابلیت اشتعال داشته یا دارای اثرات فیزیولوژیک باشند، در این صورت بایستی در مورد شناسایی آن‌ها و منبعشان بررسی‌های لازم به‌طور کامل انجام شود. بعضی از گازها و بخارات وقتی در غلظت‌های بالا در هوا حضور می‌یابند در مرحله نخست به‌عنوان خفه‌کننده ساده بدون اثرات عمده فیزیولوژیک عمل می‌کنند. ممکن است برای هر خفه‌کننده ساده یک OEL پیشنهاد نشده باشد زیرا فاکتور محدودکننده، اکسیژن موجود است.کمبود اکسیژن اتمسفری هشدارهای کافی را فراهم نمی‌نماید و بیشتر خفه‌کننده‌های ساده نیز بی‌بو هستند. این فاکتور بایستی در محدود کردن غلظت خفه‌کننده به‌ویژه در ارتفاعات بیشتر از ۵۰۰۰ فوت جایی‌که PO_2 اتمسفر ممکن است کمتر از ۱۲۰ تور باشد، در نظر گرفته شود.



شکل ه-۱ نمودار فشار نسبی اکسیژن (PO_2) (برحسب تور و کیلو پاسکال) با افزایش ارتفاع (برحسب فوت و متر)، که فشار جزئی اکسیژن پیشنهادی ۱۳۲ تور را نشان می‌دهد.

جدول ه-۱ فشار بارومتریک، فشار نسبی اکسیژن و درصد تغییرات غلظت اکسیژن با ارتفاع و اثر فیزیولوژیک

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک[1] (کیلو پاسکال)	pO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن[2] (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا[3] (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر pO_2[4]
۰ (۰)	۷۶۰ (۱۰۱)	۱۵۹ (۲۱/۲)	۲۰/۹	–
(۳۰۵) ۱۰۰۰	۷۳۱ (۹۷/۴)	۱۵۳ (۲۰/۴)	۲۰/۱	–
(۶۱۰) ۲۰۰۰	۷۰۴ (۹۳/۸)	۱۴۷ (۱۹/۶)	۱۹/۳	–
(۹۱۴) ۳۰۰۰	۶۷۷ (۹۰/۳)	۱۴۲ (۱۸/۹)	۱۸/۷	–
(۱۲۱۹) ۴۰۰۰	۶۵۲ (۸۶/۹)	۱۳۷ (۱۸/۳)	۱۸	–
(۱۵۲۴) ۵۰۰۰	۶۲۷ (۸۳/۶)	۱۳۱ (۱۷/۵)	۱۷/۲	هیچ اثری در بزرگ‌سالان سالم ندارد.

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک[1] (کیلو پاسکال)	pO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن[2] (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا[3] (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر pO_2[4]
(۱۸۲۹) ۶۰۰۰	۶۰۳ (۸۰/۴)	۱۲۶ (۱۶/۸)	۱۶/۶	از دست دادن سازگاری با تاریکی می‌تواند در ارتفاعات بالای ۵۰۰۰ فوت اتفاق افتد.
(۲۱۳۴) ۷۰۰۰	۵۸۰ (۷۷/۳)	۱۲۱ (۱۶/۱)	۱۶	افزایش تهویه ریوی و برون ده قلبی، عدم تعادل، افت دقت و قدرت تفکر
(۲۴۳۸) ۸۰۰۰	۵۵۹ (۷۴/۵)	۱۱۷ (۱۵/۶)	۱۵/۴	قرار گرفتن سریع در ارتفاع بالاتر از ۸۰۰۰ فوت ممکن است باعث بیماری ارتفاع بالا(آلکالوز تنفسی، سردرد، تهوع و استفراغ) در افراد تطابق نیافته شود. صعود سریع ریسک ادم ریوی و مغزی در ارتفاع بالا را افزایش می-دهد.
(۲۷۴۳) ۹۰۰۰	۵۳۷ (۷۱/۶)	۱۱۲ (۱۴/۹)	۱۴/۷	–
(۳۰۴۸) ۱۰۰۰۰	۵۱۷ (۶۸/۹)	۱۰۸ (۱۴/۴)	۱۴/۲	–
(۳۳۵۳) ۱۱۰۰۰	۴۹۸ (۶۶/۴)	۱۰۴ (۱۳/۹)	۱۳/۷	خستگی غیرنرمال در اعمال نیرو، عدم تعادل، قضاوت ضعیف، آشفتگی عصبی
(۳۶۵۸) ۱۲۰۰۰	۴۷۹ (۶۳/۸)	۱۰۰ (۱۳/۳)	۱۳/۲	–

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک[1] (کیلو پاسکال)	pO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن[2] (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا[3] (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر pO_2[4]
(۳۹۶۲) ۱۳۰۰۰	۴۶۱ (۶۱/۵)	۹۸ (۱۲/۹)	۱۲/۸	–
(۴۲۶۷) ۱۴۰۰۰	۴۴۳ (۵۹/۱)	۹۳ (۱۲/۴)	۱۲/۲	نارسایی در تنفس، قضاوت و هماهنگی خیلی ضعیف، بینایی ضعیف

۱ - از این رابطه محاسبه می‌گردد: $P_{re:Sealevel} = 760 \times e^{-(altitude in\ ft/25970)}$

۲ - از این رابطه محاسبه می‌گردد: $PO_2 = 0.20948 \times 760 \times e^{-(altitude\ in\ ft/25970)}$

۳ - از این رابطه محاسبه می‌گردد: $P_{\%O_2} = 20.948 \times 760 \times e^{-(altitude in\ ft/25970)}$

۴- اثرات فیزیولوژیک تقریبی در سلامت بزرگ سالان تحت تأثیر مدت کمبود اکسیژن، میزان کار، میزان تنفس، دما، وضعیت سلامت، سن و تطابق ریوی است.

ضمیمه و: روش محاسبه دوطرفه برای مخلوط‌های بخار حلال هیدروکربنی تصفیه شده معین[1]

فرایند محاسبه دو طرفه (RCP) روشی برای استخراج حدود مواجهه شغلی برای حلال‌های هیدروکربنی با توجه به نسبت مواد موجود در نمونه مایع آن (و نه نمونه‌های هوا) است. حلال‌های هیدروکربنی تصفیه شده با روش تقطیر نفت خام با توجه به نقطه‌جوش ویژه‌شان تولید می‌شوند. این مخلوط می‌تواند شامل ۲۰۰ ترکیب بوده و دربردارنده هیدروکربن‌های آلیفاتیک (آلکانها)، سیکلو آلیفاتیک(سیکلو آلکانها) و آروماتیک ۵ تا ۱۵ کربنه باشد.

هدف کمیته تدوین حدود مجاز عوامل شیمیایی، ارائه OEL برای کلیه مواد و مخلوط‌هایی است که شواهدی از اثرات بهداشتی آن‌ها در غلظت‌های معمول محیط کار وجود دارد. زمانی که شواهد زیادی در مورد آن‌ها وجود داشته باشد، OEL تعیین می‌شود. با این وجود حلال‌های هیدروکربنی اغلب ترکیب پیچیده و متغیر دارند. در چنین مواردی استفاده از رابطه محاسباتی ارائه شده برای مخلوط مواد (ضمیمه د) مشکل است، چون این مخلوط‌های نفتی دارای تعداد زیادی از ترکیباتی هستند که بسیاری از آن‌ها فاقد OEL است.

۱ Reciprocal Calculation Method for Certain Refined Hydrocarbon Solvent Vapors Mixtures(RCP)

RCP جایگزین OEL نمی‌شود بلکه یک OEL راهنما به‌عنوان‌مثال،(GGVmixture) بر اساس ترکیب یک مخلوط پیچیده خاص محاسبه می کند.

دو جنبه RCP عبارت‌اند از: متدولوژی و مقادیر راهنمای گروهی[۱] (GGVs). فرمول RCP یک OEL مشخص را بر اساس نسبت جرم مخلوط، GGVs و در جایی که کاربرد داشته باشد OEL ماده خالص، محاسبه می کند.

دو نمونه از GGVs منتشرشده در جدول (و–۱) نشان داده شده است به نحوی که، GGVs از ستون B یا C و OEL از ستون D به دست می آید.

جدول و–۱ مقادیر راهنمای گروهی

A گروه هیدروکربن	B McKee et al. (mg/m^3)	C Uk-HSE ۴۰/۲۰۰۰(mg/m^3)	D ACGIH Unique TLVs
آلکان های C_5 تا C_6	۱۵۰۰	۱۸۰۰	پنتان، همه ایزومرها (۱۷۷۰) ایزومرهای هگزان (۱۷۶۰)
آلکان های C_7 تا C_8	۱۵۰۰	۱۲۰۰	هپتان، همه ایزومرها(۱۶۴۰) اکتان، همه ایزومرها(۱۴۰۱)
سیکلوآلکان های C_5 تا C_6	۱۵۰۰	۱۸۰۰	سیکلوپنتان (۱۷۲۰) سیکلوهگزان (۳۵۰)
سیکلو آلکان های C_8 تا C_7	۱۵۰۰	۸۰۰	متیل سیکوهگزان (۱۶۱۰)
آروماتیکهای C_8 تا C_7	۲۰۰	۵۰۰	تولوئن (۷۵) زایلن، همه ایزومرها (۴۳۴) اتیل بنزن (۴۳۴)
آلکان های C_{10} تا C_9	۱۲۰۰	۱۲۰۰	نونان، همه ایزومرها (۱۰۵۰)
سیکلوآلکان های C_{10} تا C_9	۱۲۰۰	۸۰۰	
آروماتیکهای C_{10} تا C_9	۱۰۰	۵۰۰	تری متیل بنزن، ایزومرها (۱۲۳)

ACGIH این روش را برای مخلوط‌هایی که اثرات سمی افزایشی دارند (اثر سم‌شناسی مشابه بر روی همان ارگان یا سیستم هدف)، به کار می‌برد. اثرات سم‌شناسی اصلی حلال‌های هیدروکربنی شامل

[۱] Group Guidance Values

انحطاط حاد سیستم اعصاب مرکزی (شامل اثرات سرگیجه و خواب‌آلودگی تا بیهوشی) و تحریک چشم و دستگاه تنفسی است.

اگر در مخلوط، هگزان نرمال (OEL-۱۷۶ mg/m³) و متیل نفتالین‌ها(OEL-۳ mg/m³) وجود داشته باشد، که حدود آن‌ها کمتر از GGV است، این اجزاء باید جداگانه اندازه‌گیری و بر اساس روش ضمیمه د ارزیابی شوند.

کاربرد:

RCP فقط برای حلال‌های هیدروکربنی که شامل آلفاتیک های اشباع‌شده (نرمال، ایزو آلکان‌ها و سیکلو آلکان‌ها) و آروماتیک‌ها با تعداد کربن $C_5 - C_{15}$ که از مواد نفتی به دست می‌آیند و دارای نقطه‌جوش ۳۵°c-۳۲۹ است به کار می‌رود و برای مواد نفتی مشتق از سوخت‌ها، روغن‌های روان‌کننده یا مخلوط حلال‌ها به کار نمی‌رود. همچنین برای هیدروکربن‌هایی که سمیت آن‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر از مخلوط است (مثل بنزن) نیز به کار نمی‌رود.

اگر تمام اجزاء مخلوط شامل موادی با OEL مشخص باشد، باید مطابق ضمیمه عمل نمود. هنگامی که مخلوط شامل مقدار مشخصی از یک ماده است که یک OEL دارد. (در مواردی که استفاده از OEL باعث کمتر شدن GGV-TWA$_{mixture}$ شود)، همان مقادیر مشخص OEL باید در RCP وارد شود (ستون D جدول و-۱). هنگامی که مخلوط به‌تنهایی یک OEL مشخص دارد، برای آن مقدار از روش‌های این ضمیمه استفاده نمی‌شود. رابطه محاسبه دوطرفه مخلوط عبارت است از:

$$GGV_{mixture} = \frac{۱}{\frac{\text{Fa}}{\text{GGV}_a} + ... + \frac{Fn}{GGV_n}}$$

GGV$_{mixture}$: OEL-TWA محاسبه‌شده برای مخلوط

GGV$_a$: مقدار راهنما (یا OEL) برای گروه (یا ماده)

Fa : کسر جرم مایع گروه (یا ماده) در مخلوط هیدروکربنی (بین ۱-۰)، درصد وزنی

در محاسبه باید مشخص شود که از کدام قسمت جدول (ستونB یا C) استفاده می‌شود. مقدار محاسبه‌شده باید به نزدیک‌ترین عدد گرد شود.برای گزارش مقادیر محاسبه‌شده زیر ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب ،مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند . برای گزارش مقادیر محاسبه‌شده بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب ،مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۵۰ میلی‌گرم بر

مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه‌شده بیش از ۶۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند.

محدودیت‌ها

برای محاسبه فرمول، باید در ترکیب مخلوط، جزئیات درصد جرم گروه‌های جدول و-۱ مشخص باشد. این فرمول برای حلال‌هایی که شامل بنزن یا ان- هگزان یا متیل نفتالین که OEL آن‌ها کمتر از GGV است و خواص سم‌شناسی مشخصی دارند، به کار نمی‌رود. در صورت وجود در مخلوط، این مواد باید به‌تنهایی با استفاده از روش ضمیمه اندازه‌گیری و ارزیابی شوند.

این روش نباید برای موقعیت‌هایی که ترکیب مایع از ترکیب بخار متفاوت است، به کار رود. در غیر این صورت در این فرمول Fn می‌تواند با کسر جرم بخار (درصد وزنی بخار) برای هر گروه در مخلوط هیدروکربنی بر اساس غلظت‌های خاص هوابردهای اندازه‌گیری شده، جایگزین شود.

GGV_s فقط برای بخارات به کار می‌رود و برای میست‌ها یا آئروسل‌ها به کار نمی‌رود. این روش برای مخلوط اولفین‌ها یا دیگر ترکیبات غیراشباع یا هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک به کار نمی‌رود.

مثال: مشخصات یک حلال شامل ترکیب وزنی و مقادیر راهنمای گروهی به قرار زیر است. GGV آن را محاسبه نمایید:

ترکیبات	درصد وزنی	مقدار راهنمای گروهی (mg/m۳)
آلکانهای C۸ – C۷، سیکلوآلکانها	٪۴۵	۱۵۰۰
آلکانهای C۱۰ – C۹، سیکلوآلکانها	٪۴۰	۱۲۰۰
آروماتیک‌های C۸ – C۷	٪۹	۲۰۰
تولوئن	٪۶	۷۵
بنزن	<٪۱	NA

مطابق ستون B از جدول (و-۱)، $GGV_{mixture}$ به طریق زیر به دست می‌آید:

$$GGV_{mixture} = \frac{۱}{\frac{۰/۴۵}{۱۵۰۰} + \frac{۰/۴}{۱۲۰۰} + \frac{۰/۰۹}{۲۰۰} + \frac{۰/۰۶}{۷۵}} = ۵۳۱ \cong ۵۵۰ \ \ mg/m^۳$$

بنزن، به‌طور جداگانه بر اساس OEL خودش ارزیابی می‌شود.

منابع:

American Conference of Governmental Industrial Hyginists (ACGIH). Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH® Signature Publication, Cincinnati, Ohio. ۲۰۲۰.

American Conference of Governmental Industrial Hyginists (ACGIH). Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH® Signature Publication, Cincinnati, Ohio. ۲۰۱۹

Daniel Drolet. Guide for the adjustment of permissible exposure values (PEVs) for unusual work schedules, ۳□□ □□□□□□□ □□□□□□□ □□□ □□□□□□□, Institut de recherche

Health and Safety Executive (HSE). EH٤٠/٢٠٠٥ Workplace exposure limits. ۲th ed, Crown copyright, London, UK. ۲۰۱۱.

Mixie: Mixtures of substances in the workplace: computer-based tool for evaluating the chemical risk (Calculation of the Rm), Institut de recherché Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

Occupation Safety and Health Administration (OSHA). Occupational safety and health standards: Toxic and hazardous substances, Limit for air contaminants. ۲۹ CFR ۱۹۱۰, subpart Z, Last adopted: Washington DC, USA. ۲۰۰٦.

Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), ۲۰۰۸.

Shuker L, James K, Massey J, Levy L. Institute of Environment and Health (IEH). The Setting and Use of Occupational Exposure Limits. ICCM, London, UK. ۲۰۰۷.

Tan K T, Lee H S, David K. The development and regulation of occupational exposure limits in Singapore. Regulatory Toxicology and Pharmacology, ٤٦: ١٣٦–١٤١. ٢٠٠٦.

The Japan Society for Occupational Health. Recommendation of Occupational Exposure Limits. J OCC Health, ٥٢: ٣٠٨-٣٢٤. ٢٠١٠.

Walters D, Grodzki K, Walters S. The role of occupational exposure limits in the health and safety systems of EU Member States. ۱st ed., Centre for Industrial and Environmental Safety and Health, South Bank University, CROWN copyright, London. UK. ۲۰۰۳.

بخش دوم: حدود مجاز شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی[۱]

پایش بیولوژیکی(زیستی)[۲]

پایش بیولوژیکی وسیله مهمی برای ارزیابی مواجهه و ریسک سلامت برای کارگران فراهم می کند. پایش بیولوژیکی عبارت از سنجش غلظت یک ماده شیمیائی یا متابولیت‌های آن در ماتریکس‌های بیولوژیک بوده و امکان ارزیابی مواجهه کارگران با مواد شیمیایی موجود در محیط کار را در زمان‌های مشخص، از طریق اندازه‌گیری نشانگرهای مناسب در نمونه‌های زیستی (شامل ادرار، خون و هوای بازدم) فراهم می‌نماید. پایش زیستی مکملی جهت ارزیابی مواجهه از طریق نمونه‌برداری هوا بوده و با شناخت به موقع اثرات برگشت‌پذیر، نقش مهمی در کاهش ریسک‌های مؤثر بر سلامت کارگران دارد. انجام برنامه‌های مراقبت بهداشتی کارگران در قالب پایش زیستی، مستلزم به‌کارگیری یک سازوکار اصولی و منظم مبتنی بر مقررات، طی یک دوره زمانی طولانی بوده و متخصصین بهداشت حرفه‌ای را در انجام امور زیر یاری می کند:

۱. شناسایی و تعیین مقدار ماده شیمیائی که علاوه بر استنشاق از طریق پوست و خوراکی جذب‌شده
۲. اطلاع از مواجهات انجام‌شده در گذشته و ارزیابی میزان سربار بدن
۳. شناسایی مواجهات غیر شغلی کارگران
۴. بررسی میزان اثربخشی وسایل حفاظت فردی و کنترل‌های مهندسی
۵. نظارت بر شیوه انجام کار

معمولاً جهت طراحی، انجام و تفسیر پایش زیستی در مواجهات شغلی از شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs) استفاده می گردد، که کاربرد این شاخص بستگی به میزان تجربه در زمینه بهداشت حرفه‌ای و مستندات موجود در خصوص OEL دارد.

شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی

شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی، مقادیر راهنما جهت ارزیابی نتایج پایش بیولوژیک بوده و از نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از کارگران سالمی که از راه استنشاق در مواجهه با مقادیر در محدوده OEL هستند، به دست می‌آید. در این بین، موادی که OEL آن‌ها بر مبنای محافظت در مقابل آثار غیر سیستمیک (مانند

---

۱ Biological Exposure Indices
۲ Biological Monitoring

تحریک یا اختلالات تنفسی) ارائه شده، به علت جذب قابل‌ملاحظه این مواد از سایر راه‌ها (اغلب پوست) استثناء می‌باشند.

شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی به‌طورکلی معرف مقادیری است که در پائین تر از آن مقادیر، اثرات زیان‌آوری بر سلامتی کارگران وجود نداشته باشد. هرچند BEI جهت سنجش اثرات زیان‌آور یا تشخیص بیماری‌ها توصیه نشده، اما متخصصین بهداشت حرفه‌ای را جهت شناسایی و تعیین مقدار مواد شیمیائی که علاوه بر استنشاق، از طریق پوست یا گوارش جذب شده‌اند، یاری می کند.

عوامل بیولوژیکی شامل باکتری ها، قارچ ها، ویروس ها، آراکنیدها (عنکبوتیان)، جلبک‌ها و انگل‌ها می باشند. اصطلاح «عامل بیولوژیکی» به ماده‌ای با منشأ بیولوژیک اطلاق می‌شود که قادر به ایجاد اثرات سوء بر سلامتی است (به عنوان مثال، عفونت یا حساسیت بیش از حد، ایجاد تحریک، التهاب یا سایر واکنش های نامطلوب).

بیوآئروسل ها، آئروسول‌هایی هستند که از موجودات زنده تشکیل شده و یا از آنها مشتق شده‌اند و می‌توانند شامل ارگانیسم‌های زنده و غیرزنده، ویروس‌ها، بخش‌های بدن آنها، سموم و ذرات زنده و غیر زنده و پسماندهای ذره‌ای باشند. عوامل بیولوژیکی ماهیتی فراگیر دارند اما ممکن است در محیط‌ها و مواد انسان ساز تقویت یا تشدید شوند. بسیاری از این عوامل بیولوژیکی شامل یا ناشی از: فعالیت‌های متابولیکی یا تجزیه مواد مغذی و بسترهای زیستی (سابسترهها)، اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها، آلرژن‌ها و یا ترکیبات آلی فرار می‌باشند. انسان‌ها هر روزه به طور مداوم در معرض طیف وسیعی از این آلاینده ها در غلظت‌های مختلف قرار می گیرند (معمولاً سطح بسیار کمی که منجر به ایجاد پاسخی نمی شوند یا خطری برای سلامتی ندارند) لزوماً مضر نیستند.

برای برخی از مواد با منشأ بیولوژیکی، مثل سلولز، حد آستانه مجاز وجود دارد. این مواد شامل مواردی نظیر: برخی از انواع چوب، آرد، پنبه و غبار دانه ها، نیکوتین، پیرتروم، نشاسته، سابتیلیسین‌ها (آنزیم های پروتئولیتیک یا هضم کننده پروتئین)، ساکاروز و ترکیبات فرار تولید شده توسط موجودات زنده که معمولاً با منابع شغلی صنعتی و دیگر منابع مرتبط هستند (به عنوان مثال، آمونیاک، دی اکسید کربن، اتانول و سولفید هیدروژن). با این حال، اکثریت باقیمانده عوامل بیولوژیکی نگران‌کننده در طبیعت به

صورت میکروبی موجود می باشند. به دلایلی که در ادامه بحث مشخص شده است، هیچ حد مجازی وجود ندارد که بتواند غلظت هوای محیطی عوامل میکروبی را با هم مقایسه کند.

آلودگی بیولوژیکی محیط داخلی را می‌توان به این صورت تعریف کرد: الف) بیوآئروسل‌هایی که احتمالاً اثرات سوء بر سلامت انسان دارند یا وی را مستعد می‌سازند ب) غلظت‌های نامناسب هوابرد بیوآئروسل‌ها در محیط داخلی، که با لحاظ نوع فضا یا اهداف سکونتی تعیین می شوند. ج) رشد میکروبی در محیط‌های سرپوشیده، تقویت یا ابقای رشد بیولوژیکی، منابع عوامل عفونی یا بیماری زا، یا ته نشین شده، انباشته یا تقویت شده، که ممکن است به صورت ذرات معلق در هوا درآیند و انسان در مواجهه با آنها قرار گیرد.

کمیته ACGIH® در مورد بیوآئروسل‌ها بر این نظر است که، در حال حاضر، اندازه گیری و تجزیه و تحلیل غلظت موجود بیوآئروسلها در هوا را نمی‌توان فقط با تکیه بر شرایط و مواجهه خطرات نامطلوب سلامتی تعیین کرد.

رویکرد پیشنهادی ACGIH® برای ارزیابی مواجهه با بیوآئروسل‌ها به بازرسی بصری ساختمان، ارزیابی علائم سوء بهداشتی سکنه، ارزیابی عملکرد ساختمان، شامل: تهویه، شناسایی منابع بالقوه زیست محیطی، تقویت یا تجمیع، انتشار و اعمال قضاوت حرفه‌ای در مورد اطلاعات برای ایجاد یک نظر آگاهانه در مورد احتمال مواجهه بیوآئروسل‌ها متکی است. راهنمای منتشر شده اطلاعات اساسی در مورد گروه‌های عمده بیوآئروسل‌ها، از جمله منابع و اثرات بهداشتی آنها را فراهم می‌کند و روش‌های جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر نمونه‌های بیوآئروسل از منابع بالقوه محیطی را شرح می‌دهد. گاهی اوقات، نظارت بر محیط (به عنوان مثال، نمونه گیری هوای میکروبی) یک آلودگی بیولوژیکی منفرد یا غالب را مشخص می‌سازد. به طور معمول، نمونه‌گیری از میکروب‌های هوا، مخلوطی از بسیاری از مواد مشتق شده از نظر زیست شناختی را نشان می‌دهد.

با توجه به طبیعت متنوع و تعاملی محیط‌های داخلی (سرپوشیده)، نمونه‌برداری محیطی برای بیوآئروسل-ها باید فقط با پیروی از قواعد فرضیات دقیق قابل آزمایش در مورد منابع بالقوه بیوآئروسل و همچنین

سازوکارهایی باشد که به موجب آن، ساکنین ممکن است از این منابع در معرض بیوآئروسل قرار بگیرند. حتی وقتی محققان از فرضیه‌های قابل آزمایش و برنامه‌های نمونه‌گیری به خوبی فرموله شده استفاده می‌کنند، نتایج حاصل از بررسی بیوآئروسول‌های محیطی می‌تواند غیرقطعی و گمراه کننده باشد. تفسیر نتایج نمونه‌برداری بسیار ذهنی است و اغلب مبتنی بر اطلاعات علمی یا مبتنی بر شواهد نیست. با توجه به چالش‌های مربوط به اندازه‌گیری مجدد آلودگی هوا و روش های تحلیلی، روابط دوز-پاسخ نامشخص، حساسیت فردی و تنوع ذاتی در غلظت پس زمینه، هیچ حد آستانه مجازی برای غلظت های موجود در هوا وجود ندارد: به عنوان مثال، الف) کل باکتری‌ها، قارچ‌ها یا ویروس‌ها؛ ب) بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش خاص (مانند،آسپرژیلوس فومیگاتوس[۱] ؛ ج) عوامل عفونی (مانند لژیونلا پنوموفیلا[۲]، سارس-کووید-۲[۳]، یا مایکوباکتریوم توبرکلوزیس[۴] د) آلاینده‌های بیولوژیکی قابل سنجش (به عنوان مثال، اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها یا ترکیبات آلی فرار میکروبی[۵]).

الف - کل بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش. بیوآئروسل‌های قابل کشت آن دسته از باکتری-ها، ویروس‌ها و قارچ‌هایی هستند که می‌توان با روش‌های شناخته شده و پذیرفته شده آنها را نمونه-برداری کرد و سپس در محیط کشت در آزمایشگاه رشد داد. چنین نتایجی به عنوان تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFU[۶]) در هر حجم نمونه گزارش می شود (به عنوان مثال، متر مکعب هوا). بیوآئروسل های قابل شمارش نیز اسپورهای قارچی، سلول‌های باکتریایی و سایر موادی هستند که می-توانند توسط میکروسکوپ شناسایی و شمارش شوند.

---

[۱] Aspergillus fumigatus

[۲] Legionella pneumophila

[۳] SARS-COV-۲

[۴] Mycobacterium tuberculosis

[۵] MVOCs

[۶] Colony-Forming Unit

به دلایل زیر از نظر علمی یک حد مجاز عمومی برای غلظت های بیوائروسل قابل کشت یا قابل شمارش وجود ندارد:

۱- میکروارگانیسم های قابل کشت و ذرات بیولوژیکی قابل شمارش یک موجودیت واحد را تشکیل نمی‌دهند (به عنوان مثال، بیوآئروسل ها در بخشهای محیطی و غیرکشاورزی به طور کلی مخلوط پیچیده ای از ذرات مختلف میکروبی، حیوانی و گیاهی هستند).

۲- واکنش‌های انسان به بیوآئروسل‌ها از تأثیرات بی‌ضرر تا بیماریهای جدی و حتی کشنده به عامل خاص درگیر و حساسیت فرد به آن بستگی دارد. بنابراین، حد مناسب مواجهه با یک بیوآئروسل ممکن است برای دیگری کاملاً نامناسب باشد و هیچ یک از آنها برای جمعیت وسیعی قابل تعمیم نباشد.

۳- اگرچه روش‌های قابل اعتماد متعددی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل مواد بیوآئروسل در دسترس است، با این حال، روش‌های مختلف جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل نمونه ممکن است منجر به برآوردهای مختلف غلظت بیوآئروسل قابل کشت و قابل شمارش شود، حتی در صورت استفاده از همان روش‌های اولیه نمونه گیری.

۴- تنوع زمانی و مکانی ذاتی اسپورهای قارچ، باکتری ها و سایر غلظت های بیوآئروسل معلق در محیط های بیرونی و داخلی، انجام تعداد کم نمونه جمع آوری شده یا چندین «نمونه برداری آنی، برآورد میزان مواجهه میانگین وزنی (TWA) را به یک رویکرد غیرقابل اطمینان بدل می کند.

تعداد نمونه های مورد نیاز برای غلبه بر این محدودیت اغلب برای امور خارج از حوزه تحقیقات به صرفه نیست.

۵- در حال حاضر، اطلاعات مربوط به غلظت های بیوآئروسل قابل کشت یا قابل شمارش و ایجاد اثرات سلامتی به طور کلی برای توصیف روابط مواجهه – پاسخ کافی نیست.

ب) بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش خاص به غیر از عوامل عفونی. OELs اختصاصی برای بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش برای جلوگیری از حساسیت بیش از حد، مواد محرک، عفونی، سمی یا سایر واکنشهای سوء بهداشتی تعیین نشده است. در حال حاضر، اطلاعات مربوط به غلظت‌های بیوآئروسل قابل کشت یا قابل شمارش با اثرات سوء سلامتی تا حد زیادی از گزارشات موردی و ارزیابی های مواجهه کیفی تشکیل شده است.

داده های موجود برای توصیف روابط مواجهه – پاسخ کافی نیستند. دلایل عدم وجود داده های اپیدمیولوژیک مناسب در مورد چنین روابطی شامل موارد زیر است:

۱- بیشتر داده‌ها در مورد غلظت‌های بیوآئروسل‌های خاص به جای اندازه‌گیری عوامل موثر واقعی از اندازه‌گیری‌های شاخص مربوطه بدست می‌آیند. به عنوان مثال، برخی از محققان از غلظت‌های موجود در هوا از قارچ های قابل کشت برای نشان دادن مواجهه آنتی ژن‌های قارچی موجود در هوا استفاده می‌کنند. علاوه بر این، بیشتر اندازه گیری‌ها یا از نمونه‌های ناحیه و یا از نمونه‌های منبع انجام می‌شود. این رویکردهای نظارتی، در بهترین حالت، برآوردی خام از مواجهه با انسان است. برای ایجاد داده‌های لازم برای استخراج OEL، نمونه‌برداری فردی از عوامل موثر ضروری است.

۲- اجزای سازنده و غلظت بیوآئروسل در محیط‌های مختلف شغلی، غیر شغلی و زیست محیطی بسیار متفاوت است. متأسفانه، نمونه‌برداری تکرارشونده در ارزیابی های بیوآئروسل چندان معمول نمی‌باشد. بعلاوه، معمولاً دستگاه‌های نمونه‌گیری هوا برای نظارت بر فضای داخلی برای جمع آوری نمونه‌های «آنی» در فواصل زمانی نسبتاً کوتاه طراحی شده اند. اندازه‌گیری نمونه‌های آنی کوتاه منفرد و کوتاه مدت ممکن است یک یا چند مرتبه از غلظت‌های متوسط دراز مدت، بالاتر (یا پایین تر) باشد و بعید به نظر می رسد مواجهه ساکنین را به طور دقیق نشان دهد. برخی از ارگانیسم‌ها و منابع به عنوان « غلظت انفجار»، غلظتی از آئروسل را آزاد می کنند، که فقط به ندرت با نمونه گیری محدود می توان آن را تشخیص داد. با این وجود،

چنین انتشارهای اپیزودیک(منطقع) و گذرای بیوآئروسل ممکن است اثرات قابل توجهی در سلامتی ایجاد کند.

۳- در مطالعات (به عنوان مثال، محل‌های کار یا خانه‌های منفرد)، در صورت محلی سازی آلودگی، ممکن است تعداد افرادی که تحت تأثیر عوامل بیولوژیکی قرار دارند، کم باشد و در نتیجه فقط بخشی از ساکنان ساختمان را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال، به ندرت می‌توان داده های مطالعات مختلف را برای دستیابی به تعداد قابل توجهی از افراد مورد آزمایش ترکیب کرد؛ زیرا انواع خاصی از عوامل بیولوژیکی مسئول بیماری‌های مرتبط با بیوآئروسل متنوع هستند و اغلب از مطالعه‌ای به مطالعه دیگر متفاوت است. این عوامل منجر به قدرت آماری کم رایج در ارزیابی روابط علت و معلولی بین مواجهه با عوامل خاص بیولوژیکی و شکایات بهداشتی مرتبط با ساختمان می‌شود.

ج- عوامل عفونی: روابط مناسب مواجهه و پاسخ انسان برای بیوآئروسل‌های عفونی برای اکثر میکروارگانیسم‌ها و ویروس‌ها مشخص نشده است. در حال حاضر، پروتکل‌های نمونه‌برداری هوا برای عوامل عفونی بسیار محدود است. نمونه برداری هوا برای تعیین TWA یا مواجهه گذرا در اکثر محیط ها عملی نیست. این موارد می‌توانند برای امور تحقیقاتی دانشگاهی یا به عنوان بخشی از ارزیابی کلی جهت آگاهی از مواجهه بالقوه بیوآئروسل‌های عفونی مفید باشند. در بیشتر موارد مواجهه معمول، اقدامات بهداشت عمومی، مانند ایمن‌سازی، یافتن موارد فعال، کنترل منبع و درمان‌های پزشکی، همچنان دفاع اصلی در برابر بیوآئروسل‌های عفونی است. کارگاه‌ها و محل‌های با افزایش خطر انتقال بیماری‌های عفونی منتقله از هوا (به عنوان مثال، آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی، مراکز نگهداری حیوانات و مراقبت-های بهداشتی) باید از کنترل‌های مهندسی (مانند تهویه و فیلتراسیون) استفاده کنند تا غلظت عوامل عفونی و مواجهات متعاقب را در هوا به حداقل برسانند. بعلاوه، چنین محل‌هایی باید کنترل‌های مدیریتی و تجهیزات حفاظت فردی(PPE)، مانند رسپیراتورهای تنفسی مناسب را نیز برای کاهش مواجهه کارگران با بیوآئروسل های عفونی به کار بگیرند.

د – سایر آلاینده های ناشی از عوامل بیولوژیک: اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها، آلرژن‌ها و VOCها با استفاده از آزمایش‌های شیمیایی، ایمنی شناختی یا بیولوژیکی شناسایی می‌شوند. شواهد موجود هنوز نمی‌توانند موید OELs یا BEIs هیچ یک از این مواد باشند. با این حال، روش‌های سنجش برای برخی آنتی ژن‌های متداول موجود در هوا و اندوتوکسین‌ها به طور پیوسته در حال بهبود هستند و اعتبار این سنجش‌ها در عرصه نیز در حال پیشرفت است. روابط دوز و پاسخ برای برخی از آلاینده های قابل ارزیابی از نظر بیولوژیکی در مطالعات تجربی و گهگاه بررسی‌های اپیدمیولوژیک مشاهده شده است.

بنابراین، ممکن است در آینده حدود مواجهه آلاینده‌های معلق در هوا، قابل آزمایش و از طریق بیولوژیک حاصل شود. علاوه بر این، تکنیک‌های نوآورانه مولکولی به طور فزاینده‌ای برای بیوآئروسل‌های خاص یا آلاینده‌های زیست شناختی، در دسترس قرار گرفته است که قبلاً فقط با محیط کشت یا از طریق شمارش قابل تشخیص بودند.

ارتباط BEI با OEL

پایش هوا به‌منظور تعیین OEL، نشان‌دهنده مواجهه استنشاقی بالقوه فردی یا گروهی بوده، درحالی‌که BEI ، شاخص جذب ماده شیمیایی توسط فرد است. به دلایل مختلف، میزان جذب افراد یک گروه از شاغلین با یکدیگر متفاوت است. از این رو ممکن است بین اطلاعات به‌دست‌آمده از نتایج نمونه‌برداری هوا و پایش بیولوژیک تناقضات زیر مشاهده گردد. لذا قبل از طراحی و تفسیر برنامه پایش بیولوژیک، مراجعه به مستندات اختصاصی BEIs ضروری است:

- احتمال وجود مواجهه از مسیرهای دیگر علاوه بر استنشاق (معمولاً پوست)، اغلب باعث عدم هماهنگی بین نمونه‌برداری هوا و پایش زیستی می‌گردد، این موضوع خود مبین ضرورت انجام پایش زیستی است.
- تفاوت فیزیولوژیک و سطح سلامتی کارگران ازجمله: ساختار بدنی، رژیم غذایی (آب و مصرف چربی)، فعالیت آنزیمی و متابولیکی، ترکیب مایعات بدن، سن، جنس، بارداری، مصرف دارو و بیماری.
- فاکتورهای مواجهه شغلی مانند: سرعت، شدت و مدت‌زمان انجام کار، مواجهه پوستی، دما و رطوبت، مواجهه هم‌زمان با انواع مواد شیمیایی و سایر عادات شغلی.
- برنامه زمانی نمونه‌برداری[۱]: رعایت دقیق برنامه زمانی به علت متفاوت بودن فرایندهای توزیع، دفع و تغییرات بیوشیمیایی حاصل از مواجهه با مواد شیمیایی و توصیه جهت استفاده از شاخص‌های بیولوژیک مواجهه تنها در صورت رعایت برنامه زمانی توصیه‌شده است.
- فاکتورهای روش کار شامل: آلودگی ثانویه نمونه، تخریب نمونه هنگام جمع‌آوری، نگهداری و تجزیه، و خطا و اشتباه در انتخاب روش تجزیه.
- موقعیت قرارگیری وسیله پایش هوا نسبت به منطقه تنفسی کارگر.
- توزیع اندازه ذرات و فراهم زیستی[۲].
- میزان اثربخشی وسایل حفاظت فردی.
- فاکتورهای مواجهه غیر شغلی مانند: آلاینده‌های خانگی[۳] و محیطی، آلودگی آب و غذا، بهداشت فردی، استعمال دخانیات، دارو و الکل، مواجهه با بعضی مواد شیمیایی که

---

۱ Schedule Sampling
۲ Bioavailability
۳ Household

مصرف خانگی دارند، مواجهه با مواد شیمیایی مربوط به تفریح و سرگرمی یا موجود در سایر محیط‌های کاری.

اساس پیشنهاد هر BEI در مستندات موجود ارائه گردیده است و اغلب BEIs با OEL ارتباط مستقیم داشته و لذا هنگامی‌که غلظت مواد شیمیائی هوابرد در محدوده OEL باشد، غلظت شاخص‌ها قابل پیش‌بینی خواهد بود. درحالی‌که مقادیر برخی از شاخص‌ها مانند سرب از OEL به دست نیامده و با میزان پیشرفت اثرات بهداشتی نامطلوب ارتباط دارد.

جمع‌آوری نمونه

از آنجائی که غلظت برخی از نشانگرها ممکن است سریعاً تغییر کند، لذا زمان جمع‌آوری نمونه بسیار حائز اهمیت بوده و بایستی با دقت کنترل و ثبت گردد. زمان نمونه‌برداری با توجه به زمان ماندگاری نشانگر تعیین می‌گردد. مواد شیمیائی که در بدن تجمع می‌یابند، به زمان نمونه‌برداری خاصی نیاز ندارند. زمان‌های جمع‌آوری نمونه توصیه‌شده به شرح زیر می‌باشند:

- ابتدای نوبت‌کاری[۱]: ۱۶ ساعت بعد از خاتمه مواجهه.
- قبل از آخرین نوبت‌کاری[۲]: قبل از آخرین نوبت‌کاری یک هفته کاری
- افزایش طول نوبت‌کاری: [۳]نیاز به جمع‌آوری نمونه قبل و بعد از نوبت‌کاری
- در طی نوبت‌کاری[۴]: در هر زمان پس از ۲ ساعت مواجهه
- انتهای نوبت‌کاری[۵]:در اولین فرصت پس از خاتمه مواجهه
- انتهای هفته کاری[۶]: بعد از ۴ یا ۵ روز مواجهه مداوم
- اختیاری / غیر بحرانی[۷]: در هر زمان دلخواه

مقایسه مقادیر یک نشانگر با BEI مستلزم رسیدن به شرایط پایدار است. از طرفی، رسیدن به این وضعیت جهت ترکیباتی که نیمه‌عمر طولانی دارند ممکن است هفته‌ها، ماه‌ها یا حتی سال‌ها پس از شروع به کار کارگر به طول بیانجامد. بنابراین متخصصین بهداشت حرفه‌ای بایستی افزایش مقادیر نشانگر ناشی از

۱ Prior to Shift
۲ Prior to last shift
۳ Increase during shift
٤ During Shift
٥ End of Shift
٦ End of the Workweek
۷ Discretionary/Not Critical

افزایش مواجهه در نمونه‌های متوالی از ابتدای شروع مواجهه کارگر را موردتوجه قرار دهند. هرچند این مقادیر از حدود توصیه‌شده BEI کمتر باشد.

مقبولیت[۱] نمونه ادرار

نمونه‌های ادرار خیلی رقیق یا خیلی غلیظ معمولاً جهت پایش مناسب نیستند. سازمان بهداشت جهانی در خصوص حدود قابل نمونه ادرار دستورالعمل زیر را ارائه نموده است:

غلظت کراتینین بین ۳ gr/L – ۰/۳ یا وزن مخصوص بین ۱/۰۳۰ – ۱/۰۱۰

نمونه‌های خارج از مقادیر فوق بایستی دور ریخته شده و نمونه‌های دیگری جمع‌آوری گردد. از کارگرانی که به‌طور متوالی نمونه ادرار غیرقابل‌قبول داشته باشند، بایستی معاینات پزشکی به عمل آید. غلظت آن دسته از BEIs که وابسته به میزان ادرار باشد، نسبت به کراتینین بیان می‌گردد. درحالی‌که مواد شیمیائی دفع شده از راه انتشار، لزومی به اصلاح برون ده ادرار ندارند. زمانی که داده‌های میدانی اندازه‌گیری کراتینین در دسترس باشد، BEI را بایستی نسبت به کراتینین بیان نمود. در سایر موارد که اصلاح توصیه نشده باشد، BEI به‌صورت غلظت در ادرار گزارش می‌گردد.

ضمانت کیفی[۲]

پایش زیستی از تمامی جوانب بایستی مطابق با یک برنامه تضمین کیفیت انجام گیرد. نمونه‌ها بایستی فاقد آلودگی ثانویه بوده، هنگام جمع‌آوری تخریب نشده و با استفاده از ظروف مناسب و ثبت دقیق مشخصات فرد نمونه دهنده، زمان نمونه‌گیری و شرایط زمانی- مکانی مواجهه، جمع‌آوری گردد. روش تجزیه آزمایشگاهی باید از صحت، دقت و حساسیت مناسب جهت اندازه‌گیری BEI برخوردار بوده و تجزیه نمونه‌ها مطابق با ضوابط کنترل کیفیت معمول آزمایشگاهی انجام گیرد.

متخصصین بهداشت حرفه‌ای جهت ارزیابی صحت و درستی نتایج، بایستی همراه با نمونه کارگر، یک سری نمونه کور شامل انواع نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی استاندارد افزوده تهیه و به آزمایشگاه ارسال نمایند، تا بدین‌وسیله از توانائی آزمایشگاه در اندازه‌گیری دقیق BEI، اطمینان حاصل کنند.

نمادهای ملاحظات

---

۱ Acceptability

۲ Quality Assurance

"B" (زمینه): نشانگر موردنظر ممکن است به میزان قابل‌ملاحظه‌ای در نمونه‌های زیستی اخذشده از افرادی که مواجهه شغلی ندارند نیز یافت شود، این مقادیر زمینه‌ای در تعیین BEI لحاظ شده است.

"Nq" (غیر کمی): بر مبنای مطالعه متون علمی موجود، لازم است برای این ترکیب نیز پایش زیستی منظور شود اما در حال حاضر اطلاعات کافی جهت تعیین BEI اختصاصی موجود نیست.

"NS" (غیراختصاصی): نشانگر غیراختصاصی بوده و ممکن است در اثر مواجهه با سایر مواد شیمیایی نیز در نمونه زیستی یافت گردد.

"Sq" (نیمه کمی): هرچند این نشانگر به‌عنوان شاخص زیستی مواجهه با مواد شیمیایی کاربرد دارد، اما اندازه‌گیری آن از نظر کمی به‌دقت، قابل تفسیر نیست. لذا در مواقعی که انجام آزمایش کمی مقدور نباشد و یا آزمایش کمی اختصاصی نبوده و اصل نشانگر مورد سؤال باشد، جهت آزمایش غربال‌گری و اثبات تشخیص، می‌توان از این نشانگر استفاده نمود.

"Pop" (مبتنی بر جمعیت): این شاخص اختصاص به مواقعی دارد که داده‌های کافی برای بیان مقادیر عددی BEI وجود نداشته، ولی داده‌های کافی در خصوص سطوح زمینه در جمعیت‌های عمومی در دسترس باشد. مقادیر "Pop"را می‌توان بر اساس صدک ۹۵ از مطالعات گسترده انجام‌شده NHANES توسط CDC بر روی جمعیت عمومی و یا از طریق بررسی متون علمی مربوط به جمعیت، از مواجهات غیر شغلی برآورد نمود. مقادیر "Pop" سلامت‌محور نبوده و هدف از آن ارائه یک راهنمای حرفه‌ای در مواجهات شغلی است که در محیط‌های عمومی کاربردی ندارد.مقادیر اندازه‌گیری شده در سطوح بالاتر از "Pop" گویای احتمال زیاد مواجهه شغلی است.

کاربرد BEIs

شاخص‌های زیستی مواجهه که به‌عنوان راهنمایی جهت ارزیابی خطرات بهداشتی بالقوه در بهداشت حرفه‌ای کاربرد دارد، نشان‌دهنده تمایز مشخص بین مرز مواجهات خطرناک و بی‌خطر نیست. به‌طور مثال در مواردی ممکن است بالا بودن غلظت نشانگر خاصی از BEI، منجر به افزایش ریسک سلامت نگردد. چنانچه نتایج اندازه‌گیری نمونه‌های مختلف اخذ شده از یک کارگر از BEI بیش‌تر باشد، بایستی علت موضوع بررسی و اقداماتی در راستای کاهش مواجهه انجام گردد. همچنین اگر نتایج اندازه‌گیری به‌دست‌آمده از گروهی از کارگران شاغل در یک محیط کاری واحد، از مقادیر BEI تجاوز کند، ثبت اطلاعات مربوط به عملیات کاری و انجام تحقیقات ضرورت می‌یابد.

با توجه به تغییرات طبیعی غلظت BEI در نمونه‌های بیولوژیک، نتایج به‌دست‌آمده از یک نمونه واحد نبایستی ملاک عمل قرارگرفته و جز در مواقع نمونه‌برداری مکرر و یا تجزیه تکراری یک نمونه، عملیات اجرائی را نبایستی به یک نمونه واحد محدود نمود. با این‌وجود، در برخی مواقع اگر دلیل قانع‌کننده‌ای وجود داشته باشد که ممکن است مواجهه قابل‌توجهی رخ داده باشد، ممکن است تنها با آنالیز یک نمونه دارای غلظت بالای آلاینده، از ادامه مواجهه کارگر جلوگیری به عمل آید. در مقابل، مشاهدات زیر مقادیر BEI نیز، لزوماً گویای عدم وجود ریسک مؤثر بر سلامتی نیست.

شاخص‌های زیستی مواجهه، صرفاً جهت کنترل خطرات بهداشتی بالقوه در کارگر توصیه شده و جهت استفاده در جمعیت‌های عمومی و مواجهات غیر شغلی مناسب نیست. شاخص‌های زیستی مواجهه برای ۸ ساعت مواجهه روزانه در ۵ روز هفته کاربرد دارد، هرچند ممکن است در برخی مشاغل، از تغییر برنامه زمان کاری استفاده شود. اما کمیته BEI هیچ‌گونه تغییر یا فاکتور اصلاحی را در BEIs توصیه نمی‌کند. مقادیر BEI نه خط مرزی بین سلامت و غلظت‌های خطرناک بوده و نه شاخص سمیت محسوب گردیده و بایستی توسط مطلعین بهداشت حرفه‌ای استفاده گردد. از آنجائی که دانش متابولیسم، توزیع، تجمع، دفع و اثرات مواد شیمیائی به‌طور مؤثر در استفاده از BEIs مفید است، لذا هنگام تصویب BEIs از اطلاعات توکسیکوکینتیک[۱] و توکسیکودینامیک[۲] نیز بهره گرفته شده است.

---

۱ Toxicokinetic
۲ Toxicodynamic

تذکر: بایستی به این موضوع توجه نمود که قبل از طراحی پروتکل‌های پایش زیستی و تفسیر BEI، مراجعه به مستندات BEI امری ضروری است. علاوه بر این، در هر یک از این مستندات، مسیری که جهت تدوین BEI برای کلیه ترکیبات شیمیایی انجام‌گرفته ارائه‌شده است.

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱	استن ACETONE [۶۷-۶۴-۱] (۲۰۱۴)	استن در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲۵ mg/L	غیراختصاصی
۲	‡ آنیلین ANILINE [۶۲-۵۳-۳] (۲۰۰۳)	*آنیلین در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	--	غیر کمی
		آنیلین آزادشده از هموگلوبین در خون	انتهای نوبت‌کاری	--	غیر کمی
		*پارا آمینو فنل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۵۰ mg/L	زمینه، نیمه کمی و غیراختصاصی
۳	آرسنیک فلزی و ترکیبات غیر آلی محلول (شامل ارسنید گالیم و آرسین) ARSENIC, ELEMENTAL [۷۴۴۰-۳۸-۲] AND SOLUBLE INORGANIC COMPOUNDS (excludes gallium arsenide and arsine) (۱۹۹۸)	ارسنیک غیر آلی به‌علاوه متابولیت های متیله در ادرار	انتهای هفته کاری	۳۵ µg As/L	زمینه
۴	بنزن BENZENE [۷۱-۴۳-۲] (۱۹۹۹)	اس- فنیل مرکاپتوریک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۲۵ µg/g	زمینه
		ترانس- ترانس موکونیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۵۰۰ µg/g	زمینه
۵	۱و۳ بوتادی ان ۱،۳-BUTADIENE [۱۰۶-۹۹-۰] (۲۰۰۵)	۱و۲ دی هیدروکسی-۴-(ان- استیل سیستئینیل) - بوتان در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲/۵ mg/L	زمینه و نیمه کمی
		مخلوط ان-۱ و ان۲-(هیدروکسی بوتینیل) والین متصل شده به هموگلوبین (Hb) در خون	اختیاری	۲/۵ pmol/g هموگلوبین	نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۶	۲- بوتوکسی اتانول ۲-BUTOXYETHANOL [۱۱۱-۷۶-۲] (۲۰۰۶)	*بوتوکسی استیک اسید (BAA) در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۲۰۰ mg/g	---
۷	کادمیوم و ترکیبات غیر آلی آن CADMIUM [۷۴۴۰-۴۳-۹] AND INORGANIC COMPOUNDS (۲۰۱۵)	کادمیوم در ادرار	اختیاری	کراتینین ۵ µg/g	زمینه
		کادمیوم در خون	اختیاری	۵ µg/L	زمینه
۸	دی سولفید کربن CARBON DISULFIDE [۷۵-۱۵-۰] (۲۰۰۸)	۲-تیواکسوتیازولیدین-۴-کربوکسیلیک اسید (TTCA) در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۰/۵ mg/g	زمینه و غیراختصاصی
۹	مونوکسید کربن CARBON MONOXIDE [۶۳۰-۰۸-۰] (۲۰۱۵)	کربوکسی هموگلوبین در خون	انتهای نوبت‌کاری	هموگلوبین ٪۳/۵	زمینه و غیراختصاصی
		مونوکسید کربن در هوای بازدم	انتهای نوبت‌کاری	۲۰ ppm	زمینه و غیراختصاصی
۱۰	کلروبنزن CHLOROBENZENE [۱۰۸-۹۰-۷] (۲۰۰۶)	*۴-کلروکاتکول در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	کراتینین ۱۰۰ mg/g	غیراختصاصی
		*پاراکلروفنل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	کراتینین ۲۰ mg/g	غیراختصاصی
۱۱	آفت‌کش‌های مهار کننده استیل کولین استراز CHOLINESTERASE INHIBITING PESTICIDES (۲۰۱۷)	فعالیت کولین استرازی در گلبول های قرمز	انتهای نوبت‌کاری	** ٪۷۰ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
		فعالیت بوتیریل کولین استراز در سرم یا پلاسما	انتهای نوبت‌کاری	** ٪۶۰ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
** با توجه به وجود اختلافات قابل‌ملاحظه در مقادیر فعالیت کولین استرازی پایه گزارش شده در افراد مختلف، توصیه می‌شود که قبل از مواجهه هر کارگر با آفت کش‌های مهار کننده کولین استراز، حداقل یک‌بار در سال نسبت به اندازه‌گیری میانگین دو فعالیت کولین استراز پایه مربوطه در کارگرانی که حداقل به مدت ۳۰ روز با آفت‌کش‌های مهارکننده این آنزیم مواجهه نداشته باشند در ۳ روز به‌صورت جداگانه اقدام گردد. همچنین توصیه می‌شود تا مادامی که فعالیت کولین استراز به ۲۰٪ پایه کاهش نیافته، از مواجهه کارگر با آفت کش ها در محیط کار ممانعت گردد.					
۱۲	‡ کروم(VI) و فیوم های محلول در آب (CHROMIUM(VI), Water-soluble fume (۲۰۰۳))	کروم کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۲۵ µg/L	---
			افزایش یافته در طول نوبت‌کاری	۱۰ µg/L	---
۱۳	کبالت و ترکیبات غیر آلی شامل(اکسید کبالت ترکیب نشده با کاربید تنگستن) COBALT [۷۴۴۰-۴۸-۴] AND INORGANIC COMPOUNDS, including Cobalt oxides but not combined with Tungsten carbide (۲۰۱۴)	کبالت در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۱۵ µg/L	غیراختصاصی
		کبالت با کاربید تنگستن در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	–	غیراختصاصی، غیر کمی
۱۴	سیکلوهگزانول CYCLOHEXANOL [۱۰۸-۹۳-۰] (۲۰۰۳)	*۱و۲–سیکلوهگزان دی ال در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	--	غیر کمی و غیراختصاصی
		*سیکلوهگزانول در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	--	غیر کمی و غیراختصاصی
۱۵	سیکلوهگزانون CYCLOHEXANONE [۱۰۸-۹۴-۱] (۲۰۰۳)	*۱و۲–سیکلوهگزان دی ال در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۸۰ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
		*سیکلوهگزانول در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۸ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
۱۶	دی کلرومتان	دی کلرومتان در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۰/۳ mg/L	نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
	DICHLOROMETHANE [۷۵-۰۹-۲] (۲۰۰٤)				
۱۷	ان و ان دی متیل استامید N,N-DIMETHYLACETAMIDE [۱۲۷-۱۹-٥] (۱۹۹۳)	ان– متیل استامید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	کراتینین ۳۰ mg/g	---
۱۸	ان و ان دی متیل فورمامید N,N-DIMETHYLFORMAMIDE [٦٨-١٢-٢] (٢٠١٦)	ان– متیل فورمامید کل در ادرار**	انتهای نوبت‌کاری	۳۰ mg/L	---
		ان– استیل– اس–(ان– متیل کاربامویل) سیستئین در ادرار	ابتدای آخرین نوبت‌کاری هفته	۳۰ mg/L	---
**ان متیل فورمامید کل به‌عنوان نماینده ای از مجموع ان متیل فورمامید و ان(هیدروکسی متیل)– ان متیل فورمامید					
۱۹	۲– اتوکسی اتانول و ۲–اتوکسی اتیل استات ۲-ETHOXYETHANOL (EGEE) [۱۱۰-۸۰-٥] AND ۲-ETHOXYETHYL ACETATE (EGEEA) [۱۱۱-۱٥-۹] (۱۹۹۲)	۲– اتوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	کراتینین ۱۰۰ mg/g	---
۲۰	اتیل بنزن ETHYLBENZENE [۱۰۰-٤۱-٤] (۲۰۱۳)	مجموع ماندلیک اسید و فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	کراتینین ۰/۱۵ g/g	غیراختصاصی
۲۱	اکسید اتیلن ETHYLENE OXIDE [۷٥-۲۱-۸] (۲۰۱۸)	ان–(۲–هیدروکسی اتیل) والین (HEV) متصل شده به گلبول های قرمز	اختیاری	۵۰۰۰pmol HEV/g گلوبین**	غیراختصاصی
		اس–(۲–هیدروکسی اتیل) مرکاپتوریک اسید (HEMA) در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۵ µg HEMA /g کراتینین	غیراختصاصی و مبتنی بر جمعیت
** برای کارگرانی اعمال می‌شود که در طی ۱۲۰ روز گذشته با اکسید اتیلن مواجهه داشته باشند.					

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۲۲	ان-اتیل-۲-پیرولیدین N-ETHYL-۲-PYRROLIDONE [۲۶۸۷-۹۱-٤] (۲۰۱۸)	۵-هیدروکسی-ان-اتیل-۲-پیرولیدون در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	--	غیر کمی
۲۳	فلورایدها FLUORIDES (۲۰۱۱)	فلوراید در ادرار	ابتدای نوبت‌کاری	۲ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
			انتهای نوبت‌کاری	۳ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۲۴	فورفورال FURFURAL [۹۸-۰۱-۱] (۲۰۰٦)	*فوروئیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲۰۰ mg/L	غیراختصاصی
۲۵	۱،۶ –هگزا متیلین دی ایزو سیانات ۱،۶-HEXAMETHYLENE DIISOCYANATE [۸۲۲-۰۶-۰] (۲۰۱۴)	*۱و۶ هگزا متیلن دی آمین در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	غیراختصاصی
۲۶	ان- هگزان n-HEXANE [۱۱۰-٥٤-۳] (۲۰۱۸)	**۲و۵- هگزان دی ان در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۰/۵ mg/L	---
۲۷	سرب و ترکیبات غیر آلی LEAD AND INORGANIC COMPOUNDS [۷۴۳۹-۹۲-۱] (۲۰۱۶)	سرب در خون	اختیاری	۲۰۰µg/L	---
تذکر: افرادی که از این BEI استفاده می کنند، توصیه می‌شود به کارگران خانمی که در سن فرزند آوری هستند درخصوص ریسک به دنیا آوردن کودکان با سرب بیش از مقدار رفرنس ارائه‌شده توسط CDC مشاوره های لازم را ارائه دهند (CDC: دستورالعمل شناسایی و مدیریت مواجهه با سرب در زنان باردار و شیرده، ۲۰۱۰).					
۲۸	جیوه عنصری MERCURY, ELEMENTAL [۷٤۳۹-۹۷-٦] (۲۰۱۲)	جیوه در ادرار	ابتدای نوبت‌کاری	کراتینین ۲۰ µg/g	---
۲۹	متانول METHANOL [٦۷-٥٦-۱] (۲۰۰٤)	متانول در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۱۵ mg/L	زمینه و غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۰	‡ القاء کننده های متهموگلوبینی METHEMOGLOBIN INDUCERS (۲۰۰۵)	مت هموگلوبین در خون	در طول یا انتهای نوبت‌کاری	۱/۵٪ هموگلوبین	زمینه، غیراختصاصی، نیمه کمی
۳۱	۲- متوکسی اتانول و ۲-متوکسی اتیل استات 2-METHOXYETHANOL [۱۰۹-۸۶-۴] AND 2-METHOXYETHYL ACETATE [۱۱۰-۴۹-۶] (۲۰۰۹)	۲- متوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	کراتینین ۱ mg/g	---
۳۲	‡ متیل ان- بوتیل کتون (METHYL n-BUTYL KETONE [۵۹۱-۷۸-۶] (۲۰۰۲))	**۲و۵ – هگزان دی ان در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۰/۴ mg/L	---
۳۳	‡ متیل کلروفرم METHYL CHLOROFORM [۷۱-۵۵-۶] (۱۹۸۷)	متیل کلروفرم در پایان هوای بازدم	ابتدای آخرین نوبت‌کاری هفته	۴۰ ppm	---
		تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای هفته کاری	۱۰ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
		تری کلرواتانول کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۳۰ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
		تری کلرواتانول کل در خون	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۱ mg/L	غیراختصاصی
۳۴	۴و۴- متیلن بیس (۲-کلروآنیلین) 4,4'-METHYLENE BIS (2-CHLOROANILINE) (MBOCA) [۱۰۱-۱۴-۴] (۲۰۱۲)	*MBOCA کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	--	نیمه کمی
۳۵	متیل اتیل کتون (MEK) METHYL ETHYL KETONE [۷۸-۹۳-۳] (۲۰۱۲)	MEK در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲ mg/L	غیراختصاصی
۳۶	متیل ایزوبوتیل کتون (MIBK) METHYL ISOBUTYL KETONE [۱۰۸-۱۰-۱] (۲۰۰۹)	MIBK در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۱ mg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۷	ان-متیل-۲-پیرولیدین N-METHYL-۲-PYRROLIDONE [۸۷۲-۵۰-٤] (۲۰۰٦)	۵- هیدروکسی- ان- متیل-۲-پیرولیدون در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۱۰۰ mg/L	---
۳۸	نفتالین NAPHTHALENE [۹۱-۲۰-۳] (۲۰۱۲)	*۱ نفتول +* ۲ نفتول	انتهای نوبت‌کاری	–	غیراختصاصی نیمه کمی
۳۹	نیتروبنزن NITROBENZENE [۹۸-۹۵-۳] (۲۰۱۳)	متهموگلوبین در خون	مشاهده BEI القا کننده مت هموگلوبینی	کراتینین ۵ mg/g	-
۴۰	پاراتیون PARATHION [۵٦-۳۸-۲] (۲۰۱۹)	پارانیتروفنل کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۰/۵ mg/g	غیراختصاصی
		فعالیت کولین استراز در گلبول های قرمز	اختیاری	۷۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
** به دلیل تفاوت‌های زیاد بین فردی در مقادیر پایه منتشرشده برای فعالیت پایه استیل کولین استراز، میانگین دو فعالیت مجزای پایه استیل کولین استراز در سه روز متفاوت، در شرایطی که کارگر حداقل برای مدت ۳۰ روز مواجهه با آفت‌کش‌های مهارکننده آنزیم مواجهه نداشته باشد، برای هر کارگر پیش از مواجهه با پاراتیون توصیه می‌شود. این مقدار حداقل یک‌بار در سال تعیین شود. دوری از محیط کار تا زمانی که فعالیت کولین استراز به ۲۰٪ پایه برسد، توصیه می‌شود.					
۴۱	پنتاکلروفنل (PCP) PENTACHLOROPHENOL [۸۷-۸٦-۵] (۲۰۱۳)	*پنتاکلروفنل در ادرار	قبل از آخرین نوبت‌کاری یک هفته کاری	–	غیرکمی
۴۲	فنل PHENOL [۱۰۸-۹۵-۲] (۲۰۰۵)	*فنل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۲۵۰ mg/g	زمینه و غیراختصاصی
۴۳	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای(PAHs) POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) (۲۰۱۶)	* ۱- هیدروکسی پیرین (۱-HP) در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۲/۵ µg/L**	زمینه
		*۳- هیدروکسی بنزو(a) پیرین در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	–	غیر کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
** تنظیم‌شده با در نظر گرفتن نسبت پیرین به بنزو (a) پیرین برای کارگرانی که در مواجهه با مخلوط PAH می‌باشند.					
۴۴	۲–پروپانول ۲-PROPANOL [۶۷-۶۳-۰] (۲۰۰۵)	استون در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۴۰ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۴۵	استیرن STYRENE [۱۰۰-۴۲-۵] (۲۰۱۴)	ماندلیک اسید به‌علاوه فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۴۰۰ mg/g	غیراختصاصی
		استیرن در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۴۰ µg/L	نیمه کمی
۴۶	تتراکلرواتیلن TETRACHLOROETHYLENE [۱۲۷-۱۸-۴] (۲۰۰۸)	تتراکلرواتیلن در هوای بازدم	ابتدای نوبت‌کاری	۳ ppm	---
		تتراکلرواتیلن در خون	ابتدای نوبت‌کاری	۰/۵ mg/L	---
۴۷	تتراهیدروفوران TETRAHYDROFURAN [۱۰۹-۹۹-۹] (۲۰۰۶)	تتراهیدروفوران در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲ mg/L	---
۴۸	تولوئن TOLUENE [۱۰۸-۸۸-۳] (۲۰۰۹)	تولوئن در خون	ابتدای آخرین نوبت‌کاری هفته	۰/۰۲ mg/L	---
		تولوئن در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۰/۰۳ mg/L	---
		*اتوکروزول در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۰/۳ mg/g	زمینه
۴۹	۲ و۴ یا ۲و۶– تولوئن دی‌ایزوسیانات یا به‌عنوان مخلوط ایزومرها TOLUENE DIISOCYANATE-۲,۴- [۵۸۴-۸۴-۹] or ۲,۶- [۹۱-۰۸-۷] or as a mixture of isomers (۲۰۱۵)	*تولوئن دی آمین در ادرار (مجموع ایزومرهای ۲،۴– و ۲،۶–تولوئن دی ایزوسیانات)	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۵ µg/g	غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵۰	تری کلرواتیلن TRICHLOROETHYLENE [۷۹-۰۱-۶] (۲۰۰۷)	تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۱۵ mg/L	غیراختصاصی
		**تری کلرواتانول در خون	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۰/۵ mg/L	غیراختصاصی
		تری کلرواتیلن در خون	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
		تری کلرواتیلن در هوای بازدم	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
۵۱	اورانیوم URANIUM [۷۴۴۰-۶۱-۱] (۲۰۰۹)	اورانیوم در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲۰۰ µg/L	---
۵۲	زایلن ها (با گرید آزمایشگاهی یا تجارتی) XYLENES [۱۳۳۰-۲۰-۷]; [۱۰۸-۳۸-۳]; [۱۰۶-۴۲-۳]; [۹۵-۴۷-۶] (technical or commercial grade) (۲۰۱۱)	متیل هیپوریک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	کراتینین ۱/۵ g/g	---

منابع:

ACGIH®: Bioaerosols: Assessment and Control. JM Macher, Ed; HM Ammann, HA Burge, DK Milton, and PR Morey, Asst. Eds. ACGIH®, Cincinnati, OH (۱۹۹۹).

ACGIH, Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinati, Ohaio, ۲۰۱۹.

European Agency for Safety and Health at Work, Exploratory Survey of OELs for Carcinogens, Mutagens and Reprotoxic Substances at EU Member States Level. ۲۰۰۷.

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (۲۰۱۰-۲۰۱۱), *J Occup Health*. ٤۹(٤): pp ۳۰۸-۲٤ (۲۰۱۰).

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (۲۰۰۸-۲۰۰۹) ,٥۰(٤):pp ٤۲٦-٤۳ (۲۰۰۸).

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (۲۰۰٦-۲۰۰۷). *J Occup Health*, ٤٦(٤): pp ۲۹۰-۳۰٦(۲۰۰٦).

The National Institute for Occupational Safety and Health , Manual of Analytical Methods, NIOSH, USA (۲۰۱۱), available in:
www.cdc.gov/niosh/docs/۲۰۰۳-۱٥٤/method-i.html

Occupational Safety and Health Administration, Index of Sampling & Analytical Methods, OSHA, USA (۲۰۱۱), available in:
www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc.html

بخش سوم:حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) با عوامل فیزیکی محیط کار

مقدمه

در این بخش مقادیر حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) شاغلین با عوامل فیزیکی شامل صدا، ارتعاش، پرتوهای یون ساز، پرتو های فرا بنفش و فرو سرخ، لیزر و شرایط جوی (شامل گرما و سرما) ارائه می گردد. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با عوامل فیزیکی نیز همانند سایر حدود تعیین شده در این کتابچه به شرایطی اشاره دارد که اگر تقریباً کلیه شاغلین سالم روزانه و به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند آثار نامطلوب قابل توجهی بر سلامت آنان ظاهر نگردد. طبعاً این مقادیر بیان کننده مرز قطعی سلامت و خطر نمی‌باشد. اعداد ذکر شده در این کتابچه تعیین کننده حد مجاز مواجهه شغلی با یک عامل فیزیکی به تنهایی است و در صورتی که فرد به طور همزمان با سایر عوامل فیزیکی یا حتی شیمیایی تشدیدکننده اثرات این عوامل مواجهه داشته باشد، حد مجاز به حد مراقبت (اقدام) کاهش پیدا می‌کند و مسئولین ذیربط باید بررسی‌های متناسبی برای پیشگیری از اثرات توأم، تا اطمینان از حفظ سلامت شاغلین به عمل آورند.

به واسطه تنوع عوامل فیزیکی و گستره وسیع طول موج آنها، در اندازه‌گیری و ارزشیابی این عوامل از روش‌های علمی، فنون و وسایل اندازه‌گیری گوناگونی استفاده می‌شود. به همین دلیل کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی توسط افرادی که در زمینه روش‌های اندازه‌گیری و ارزشیابی آن آموزش و تجربه کافی کسب نموده باشند بسیار حائز اهمیت است، بدیهی است به دلیل پیچیدگی موضوع هنگام کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی بایستی رایج ترین مستندات علمی مورد مطالعه و دقت قرار گیرد.

به‌دلیل وجود تفاوت در حساسیت افراد، مواجهه فرد با مقادیری در حد مجاز مواجهه شغلی یا حتی کمتر از آن، می تواند در افراد حساس سبب آزار، بدتر شدن شرایط موجود، یا گاه موجب اختلال یا صدمه فیزیولوژیک در آنها گردد. همچنین برخی افراد در مواجهه همزمان با تعدادی از عوامل فیزیکی در محیط کار حساسیت بیش از حدی از خود نشان می‌دهند که این امر ناشی از عوامل متعددی از جمله زمینه ژنتیک فرد، سن، عادات فردی (مثلاً استعمال دخانیات، الکل یا سایر مواد مخدر) تحت درمان با دارو یا مواجهه های قبلی یا همزمان می باشد. در مواجهه با برخی عوامل فیزیکی این گروه از کارگران را نمی‌توان از اثرات نامطلوب ناشی از مواجهه در حد مجاز مواجهه شغلی یا حتی کمتر از آن محافظت

نمود. باید این گروه کارگران با استفاده از انجام معاینات دوره‌ای برای اعمال محافظت بیشتر مشخص گردند.

حد مجاز مواجهه شغلی حاضر در زمینه عوامل فیزیکی حاصل جمع بندی ترکیبی از اقتباس [۱] از نهادهای علمی و تخصصی بین المللی، اطلاعات حاصل از تجارب صنعتی، مطالعات پژوهشی [۲] و تجربی داخل و خارج از کشور، اجماع [۳] متخصصین و صاحب نظران و در برخی موارد ترکیبی از هر سه نوع می‌باشد. حد مجاز مواجهه شغلی با عوامل فیزیکی برای عملیات بهداشت حرفه‌ای در نظر گرفته شده است و باید فقط توسط مهندسین بهداشت حرفه‌ای تفسیر و به‌کار گرفته شود. حدود تعیین شده نباید در موارد زیر به‌کار رود:

۱) ارزشیابی یا کنترل کیفیت عوامل فیزیکی در خارج از محیط کار

۲) به عنوان تنها برهان جهت قبول یا رد صدمات یا ناتوانی جسمی افراد

تعاریف

در این بخش مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی تحت عناوین زیر بیان گردیده است:

الف : مقدار حد مجاز مواجهه شغلی - میانگین وزنی زمانی (OEL-TWA) [۴]

منظور حد مجاز عامل مورد نظر در مواجهه ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار هفتگی می‌باشد.

ب : مقدار حد مجاز مواجهه شغلی - حد سقفی (OEL-Ceiling)

منظور مقادیری است که شاغلین نباید حتی برای مدتی کوتاه در مواجهه با مقادیری بیش از حد مذکور قرار گیرند.

ج- حد مراقبت (اقدام) (Action Limit)

منظور مقادیری است که مراقبت‌های پیشگیرانه و احتیاطی در مواجهه با عامل زیان آور شروع گردد. این مراقبت‌ها شامل تدابیر مدیریتی، پزشکی، فنی و حفاظت فردی می‌باشد تا از صدمات ناشی از مواجهه افراد حساس و مواجهه‌های توأم با عوامل تشدید کننده جلوگیری شود.

---

۱ Derivation
۲ Researches
۳ Consensus
۴ Time Weighted Average

آکوستیک

مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین

حد مجاز مواجهه شغلی فرو صوت و صوت‌های با بسامد پایین (فرکانس ۱–۱۰۰ Hz) به مقادیری اشاره دارد که چنانچه شاغلین به‌طور مکرر در مواجهه با آن‌ها قرار گیرند اثر سوء مشهودی، منهای اثر بر شنوایی انسان، بر آنان عارض نگردد.

حدود مجاز مذکور در این قسمت اصوات ضربه‌ای با زمان تکرار کمتر از ۲ ثانیه را شامل نمی‌شود. در فرکانس‌های یک‌سوم اکتاوباند از ۱ تا ۱۰۰ هرتز، نباید مقدار تراز فشار صوت در هیچ فرکانسی از ۱۴۵ dB فراتر رود. علاوه بر آن، تراز کلی فشار صوتی وزن نیافته نباید از مقدار ۱۵۰ dB افزون گردد. معیارها نیز باید با استاندارد ANSI - S۱,۱۱-۱۹۸٦(R۱۹۹۸) مطابقت نماید.

برای این نوع مواجهه‌ها، در مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی بیان‌شده برای فراصوت و صدا (NOISE)، جهت پیشگیری از افت شنوایی ناشی از آن محدودیت زمانی تعیین‌شده است. در اینجا کاهشی در مقادیر حدود مواجهه شغلی مزبور، متناسب با زمان مواجهه نیز پیش‌بینی شده است که میزان این کاهش بستگی به میزان افزایش تراز صوت داشته و به‌منظور حفاظت از شنوایی افراد است.

معیار جایگزین و نسبتاً محدودتر دیگر که برای صداهای پر نوسان یا ضربه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد، تراز فشار صوت قله (SPL-Peak)است که بیان‌کننده تراز ضربه‌ای یا کوبه‌ای صوت بوده و مقدار آن نباید از[۱] (L)dB ۱۴۵ فراتر رود. در هنگام کاربرد این معیار، وسایل سنجش باید مطابق با استانداردهای: ۱۹۹۰-۸۰٤-IEC, ANSI-S۱,۲۵-۱۹۹۱(R۲۰۰۷), ANSI-S۱,٤-۱۹۸۳(R۲۰۰٦)باشند.

نکته: اصوات با دامنه فرکانس پایین در ناحیه قفسه سینه می‌تواند باعث ایجاد رزونانس (تشدید) شده که در حدود ۶۰–۵۰ هرتز ارتعاش کل بدن را به دنبال دارد. این حالت موجب آزار و ناراحتی افراد می‌گردد. در چنین مواردی تراز فشار صوت باید تا حدی که مشکل ایجادشده برطرف شده و کارگر هیچ‌گونه شکایتی نداشته باشد، کاهش داده شود.

---

۱ تراز صدای اندازه‌گیری شده در شبکه خطی

فراصوت

حدود مجاز مواجهه شغلی ارائه‌شده در این بخش مندرج در جدول۱ به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به‌طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب مشهودی در توانایی شنیداری و درک محاوره طبیعی آنان ایجاد نگردد.حدود مجاز مواجهه شغلی تعیین‌شده در این مبحث، برای فرکانس‌های فراصوت۱۰ تا۲۰ کیلوهرتز است که به‌منظور پیشگیری از عوارض ذهنی (Subjective) به‌کاررفته و در جدول شماره۱ نشان داده‌شده است. مقادیر کلی تراز مواجهه وزنی زمانی (TWA) برای ۸ ساعت مواجهه مانند حدود مجاز مواجهه شغلی صدا و برابر ۸۵ دسی‌بل تعیین گردیده است. مقادیر سقف را می‌توان با استفاده از یک دستگاه سنجش تراز صوت (صداسنج)، که در حالت اندازه‌گیری "slow" و باند اندازه‌گیری یک‌سوم اکتاو تنظیم‌شده است، موردسنجش قرار داد. مقادیر TWA را نیز می‌توان با یک دستگاه ترازسنج صوت از نوع یکپارچه (Integrating) و در تجزیه یک‌سوم اکتاوباند اندازه‌گیری نمود.کلیه دستگاه‌ها باید از حساسیت فرکانسی مناسب برخوردار بوده و با ویژگی‌های مندرج در (R۲۰۰٦)۱۹۸۳-S۱,٤ ANSI ,۸۰٤ IEC مطابقت نمایند.

جدول۱- حدود مجاز مواجهه شغلی برای فرا صوت

فرکانس مرکزی یک‌سوم اکتاوباند (کیلوهرتز)	تراز فشارصوت در یک سوم اکتاو باند		
	اندازه‌گیری شده در هوا dBبرحسب (سر فرد درون هوا) (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)		اندازه‌گیری شده در آب dBبرحسب (سر فرد درون آب) (فشار مبنا ۱ میکرو پاسکال)
	مقادیر سقف	هشت ساعتهTWA	مقادیر سقف
۱۰	۱۰۵*	۸۸*	۱۶۷
۱۲/۵	۱۰۵*	۸۹*	۱۶۷
۱۶	۱۰۵*	۹۲*	۱۶۷
۲۰	۱۰۵*	۹۴*	۱۶۷
۲۵	۱۱۰+	–	۱۷۲
۳۱/۵	۱۱۵+	–	۱۷۷
۴۰	۱۱۵+	–	۱۷۷
۵۰	۱۱۵+	–	۱۷۷
۶۳	۱۱۵+	–	۱۷۷
۸۰	۱۱۵+	–	۱۷۷
۱۰۰	۱۱۵+	–	۱۷۷

** امکان بروز ناراحتی و عدم آسایش ذهنی در برخی افراد در ترازهای ۷۵ تا ۱۰۵ دسی‌بل و در فرکانس‌های ۱۰تا۲۰ کیلوهرتز وجود دارد، خصوصاً اگر اصوات ماهیتاً از نوع تونال باشند. ممکن است برای جلوگیری از عوارض ذهنی نیاز به اقدامات حفاظتی و کنترل‌های مهندسی باشد. برخی مواقع ضرورتاً می‌بایست تراز اصوات تونال را در فرکانس‌های کمتر از ۱۰ KHz به پایین‌تر از ۸۰ دسی‌بل کاهش داد.*

+در این مقادیر فرض بر آن است که انسان در آب یا محیط واسط دیگری قرارگرفته است. درصورتی‌که بین بدن و آب یا سایر محیط‌های واسط مواجهه برقرار نباشد این احتمال وجود دارد که حدود آستانه تا ۳۰ دسی‌بل نیز افزایش یابد. [زمانی که منبع فراصوت مستقیماً با بدن در مواجهه قرار گیرد، مقادیر مندرج در جدول کاربردی نخواهند داشت. در این موارد باید از تراز ارتعاشی استخوان ماستوئید استفاده نمود] . در مواردی که تراز شتاب ارتعاش بیش از ۱۵ dB و بیش از مرجع 1g/rms است، باید مواجهه کاهش یابد یا مواجهه مستقیم بدن با اتصالات محافظت شود(g: شتاب ثقل برابر ۹/۸۰۶۶۵ متر بر مجذور ثانیه به‌صورت مؤثر (rms)است)

حد مجاز مواجهه شغلی با صدا

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با صدا و مدت مواجهه با آن (طبق جدول شماره ۲) به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به‌طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب در توانایی شنیداری و درک محاوره‌ی طبیعی آنان ظاهر نشود. در گذشته اختلال شنوایی در درک مکالمات به حدی اطلاق می‌شد که متوسط حد آستانه شنوایی از dB ۲۵ در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز تجاوز نماید (ANSI S۳،٦-۱۹۸۹). مقادیر ارائه‌شده در این کتابچه برای پیشگیری از افت شنوایی به محدودهٔ فرکانس‌های بالاتر مانند ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز نیز گسترش یافته است. لذا مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی می‌بایست میانه (Median) جامعه شاغلین را در مقابل افت شنوایی ناشی از صدا (NIHL)[۱] در حد ۲ دسی‌بل در فرکانس‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز پس از ۴۰ سال مواجهه شغلی با صدا محافظت نماید. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به‌عنوان راهنما برای کنترل مواجهه با صدا مورداستفاده قرار می‌گیرد و با توجه به حساسیت متفاوت افراد نباید به‌عنوان مرز حقیقی بین حد ایمنی و خطر تلقی گردد. باید تأکید نمود که مقادیر حد مواجهه شغلی، همه شاغلین را در برابر اثرات نامطلوب مواجهه با صدا محافظت نمی‌نماید و برای افرادی که مواجهه بیش از حدود تعین شده در این کتابچه دارند می بایست مراقبت‌های پزشکی انجام گردد و برای کلیه شاغلینی که مواجهه آن‌ها بیش‌ازحد مراقبت (اقدام) است سایر اقدامات پیشگیرانه حفاظت شنوایی نیز باید انجام گردد.

بر اساس جدول شماره ۱ حد مجاز مواجهه شغلی با صدا، بر مبنای تراز معادل فشار صوت برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با dB(A) ۸۵ است. درصورتی‌که کارگر طی نوبت‌کاری ۸ ساعته در مواجهه با صدای بیش از حد توصیه شده قرار گیرد می‌بایست اقدامات کنترلی مدیریتی و فنی جهت کاهش مواجهه با صدا در محیط کار اجرا گردد. علاوه بر این حد مراقبت (اقدام)[۲] صدا برای شروع برنامه حفاظت شنوایی HCP[۳] برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با dBA ۸۲ تعیین‌شده است.

اجرای برنامه حفاظت شنوایی با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر شامل اندازه‌گیری و ارزیابی مدوام مواجهه کارگر، استفاده از وسایل حفاظت شنوایی، آموزش و نظارت کافی بر کارگران و آزمایش شنوایی‌سنجی در مواقعی که شاغلین در مواجهه با صدای بیش‌ازحد مراقبت dB(A) ۸۲ قرار دارند، ضروری است. طبق این حد مجاز، قاعده ۳ دسی‌بل نیز تعیین‌شده است و این بدان معنا است که به ازای

---

۱ Noise Induced Hearing Loss
۲ Action Level
۳ Hearing Conservation Program

افزایش ۳ دسی‌بل تراز فشار صوت، زمان مجاز مواجهه نصف خواهد شد. به همین منظور برای مواجهه با تراز ۸۸dB(A) مدت‌زمان مجاز ۴ ساعت تعیین‌شده است و این معیار برای ترازهای بالاتر به همین صورت ادامه می‌یابد.

برای شاغلینی که در محیط‌های صنعتی یا مشاغل دیگر دارای فعالیت فکری می‌باشند، همانند اپراتورهای اتاق کنترل یا متصدیان امور بانکی و سایر مشاغل دفتری[۱]، هرچند حدود مجاز در این مبحث برای پیشگیری از عوارض شنوایی برای آن‌ها به تمامی مرجعیت دارد و رعایت آن اجباری است، لیکن با توجه به فعالیت فکری آنان برای تأمین آسایش صوتی و حفظ عملکرد ذهنی آنان، حد آسایش صوتی برای مواجهه ۸ ساعته ۷۵ dB(A) در حین انجام فعالیت شغلی تعیین گردید.

جدول ۱- حدود مجاز مواجهه شغلی برای اصوات قابل شنوایی

مدت مواجهه در روز	حد مجاز تراز معادل فشار صوت SPL-TWA dB(A)** به (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار صوت SPL-TWA dB(A)** به (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)
۲۴ ساعت	۸۰	۷۷
۱۶ ساعت	۸۲	۷۹
۸ ساعت	۸۵	۸۲
۴ ساعت	۸۸	۸۵
۲ ساعت	۹۱	۸۸
۱ ساعت	۹۴	۹۱
۳۰ دقیقه	۹۷	۹۴
۱۵ دقیقه	۱۰۰	۹۷
۷/۵$^{\Delta}$ دقیقه	۱۰۳	۱۰۰
۳/۷۵$^{\Delta}$ دقیقه	۱۰۶	۱۰۳
۱/۸۸$^{\Delta}$ دقیقه	۱۰۹	۱۰۶
۰/۹۴$^{\Delta}$ دقیقه	۱۱۲	۱۰۹
۲۸/۱۲$^{\Delta}$ ثانیه	۱۱۵	۱۱۲
۱۴/۰۶$^{\Delta}$ ثانیه	۱۱۸	۱۱۵

[۱] Office Workers

مدت مواجهه در روز	حد مجاز تراز معادل فشار صوت به SPL-TWA dB(A)** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار صوت به SPL-TWA dB(A)** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)
۷/۰۳[۵] ثانیه	۱۲۱	۱۱۸
۳/۵۲[۵] ثانیه	۱۲۴	۱۲۱
۱/۷۶[۵] ثانیه	۱۲۷	۱۲۴
۰/۸۸[۵] ثانیه	۱۳۰	۱۲۷
۰/۴۴[۵] ثانیه	۱۳۳	۱۳۰
۰/۲۲[۵] ثانیه	۱۳۶	۱۳۳
۰/۱۱[۵] ثانیه	۱۳۹	۱۳۶
۰/۰۸[۵] ثانیه	۱۴۰	۱۳۷

** مواجهه با صداهای پیوسته، متناوب کوبه‌ای با تراز فشار صوت ماکزیمم در شبکه وزن یافته C بیش از ۱۴۰ دسی‌بل مجاز نیست.*

*** تراز فشار صوت برحسب دسی‌بل با دستگاه صداسنج اندازه‌گیری می‌شود و دستگاه مذکور باید مطابق با ویژگی‌های مندرج در استاندارد ANSI کد S1.4.1983(R2006) و گروه ترازسنج صوت Type-S2A باشد و اندازه‌گیری در شبکه وزنی A و در وضعیت سرعت پاسخ slow انجام پذیرد. این وسایل باید به‌طور صحیح و با دستگاه استاندارد کالیبره شوند.*

[۵] در این مقادیر صدای منبع باید به روشی غیر از روش‌های کنترل مدیریتی کاهش یابد و حفاظت فردی به‌تنهایی نمی‌تواند روش کنترل تلقی گردد. همچنین توصیه می‌شود برای صداهای بیش از ۱۲۰ دسی‌بل از دوزیمتر یا صداسنج‌های پیشرفته موسوم به (Integrated) استفاده گردد. در مقادیری که حد مجاز آن به ثانیه اعلام شده است معمولاً مصداق آن مواجهه با صدای کوبه‌ای و ضربه‌ای است. مدت‌زمان مجاز مواجهه صدا T_a برحسب ساعت بر مبنای حد مجاز مواجهه شغلی dB(A) ۸۵ و قاعده ۳dB بر اساس رابطه زیر قابل‌محاسبه است.

$$T_a(hr) = \frac{8}{2^{\left(\frac{SPL_{TWA}-85}{3}\right)}}$$

صدای منقطع[۱]

تراز فشار صوت باید توسط صداسنج Type S۲A یا دوزیمتری تعیین گردد که حداقل با ویژگی های استاندارد ANSI- S۱،٤-۱۹۸۳(R۲۰۰٦) یا ANSI-S۱،۲۵-۱۹۹۱(R۲۰۰۷) برای دوزیمترهای فردی صدا مطابقت داشته باشد. وسایل اندازه‌گیری باید در شبکه وزن یافته A در وضعیت

۱ Intermittent Noise

آهسته (SLOW) تنظیم شوند. مدت مواجهه شاغلین نباید از مقادیر مندرج در جدول ۲ تجاوز نماید. این مقادیر بدون توجه به اینکه مواجهه به‌صورت مداوم یا به‌صورت مواجهه‌های کوتاه‌مدت است، برای کل مدت مواجهه کار روزانه به کار می‌رود. وقتی مواجهه روزانه با صدا از دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت تشکیل شده باشد اثر ترکیبی آن‌ها باید بیشتر از اثر جداگانه هر یک از مواجهه‌ها موردنظر قرار گیرد در چنین مواردی برای ارزیابی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}....\frac{C_n}{T_n}$$

در رابطه فوق C_n بیانگر مدت مواجهه با تراز فشار صوت معین و T_n بیانگر مدت مجاز مواجهه با همان تراز فشار صوتی معین است. درصورتی‌که حاصل جمع رابطه فوق از عدد یک تجاوز کند میزان مواجهه از مقدار حد مجاز شغلی فراتر رفته است. تمام مواجهه‌های شغلی با تراز فشار صوتی ۸۰ دسی‌بل A و بیشتر به طریق فوق محاسبه می‌شود.

در صورت استفاده از صداسنج معمولی این رابطه زمانی قابل‌استفاده است که صدا با تراز یکنواخت حداقل به مدت ۳ ثانیه ادامه داشته باشد. در غیر این صورت باید از دوزیمتر و یا صداسنج از نوع یکپارچه (integrated) استفاده شود که توانایی انجام محاسبات مربوط به تراز معادل فشار صوت (L_{eq})[۱] را در دوره زمانی اندازه‌گیری داشته باشد. لذا در دستگاه دوزیمتری که مطابق با اصل قاعده ۳ دسی‌بل نسبت به زمان و تراز صدای ۸۵ دسی‌بل A برای ۸ ساعت مواجهه تنظیم‌شده است، چنانچه دوزیمتر، دوز صدا را بیش از ۱۰۰ درصد نشان دهد، مواجهه با صدا بیش‌ازحد مجاز است. لذا دوز بیش از ۱۰۰ در صد دلیل بر مواجهه بیش از ۸۵ دسی‌بل A به ازای ۸ ساعت کار است. به‌طور مثال دوز ۳۰۰ درصد به این معنا است که فرد مذکور سه برابر بیش از مدت زمان مجاز خود با صدا مواجهه داشته است. به همین صورت تعیین مواجهه بیش‌ازحد مجاز مواجهه شغلی بر اساس نتایج اندازه‌گیری با دستگاه صداسنج از نوع یکپارچه هنگامی معتبر است که تراز معادل صدا (L_{eq}) از مقادیر مندرج در جدول ۲ تجاوز نماید.

وقتی مواجهه روزانه با صدا شامل دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت باشد، راه دیگر برای برآورد اثر ترکیبی آن‌ها، تبدیل مقادیر به تراز معادل فشار صوت (L_{eq}) است که همان معدل زمانی ترازها (SPL- TWA) است. برای این کار می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$L_{eq}(dB)=10\log\left[\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} t_i 10^{LP_i/10}\right]$$

[۱] Equivalent Sound Pressure Level

در رابطه فوق، L_{eq} تراز معادل مواجهه با صدا، t_i طول زمان هر مواجهه به ساعت، T زمان مرجع (معمولاً ۸ ساعت) و LP_i تراز فشار صوت در هر مواجهه به dB(A) است. پس از محاسبه تراز فوق، می‌توان آن را با توجه به زمان مرجع با جدول شماره ۲ مقایسه و در مورد مجاز یا غیرمجاز بودن مواجهه اظهارنظر نمود.

الگوی مکمل جهت ارزیابی مواجهه با صدا

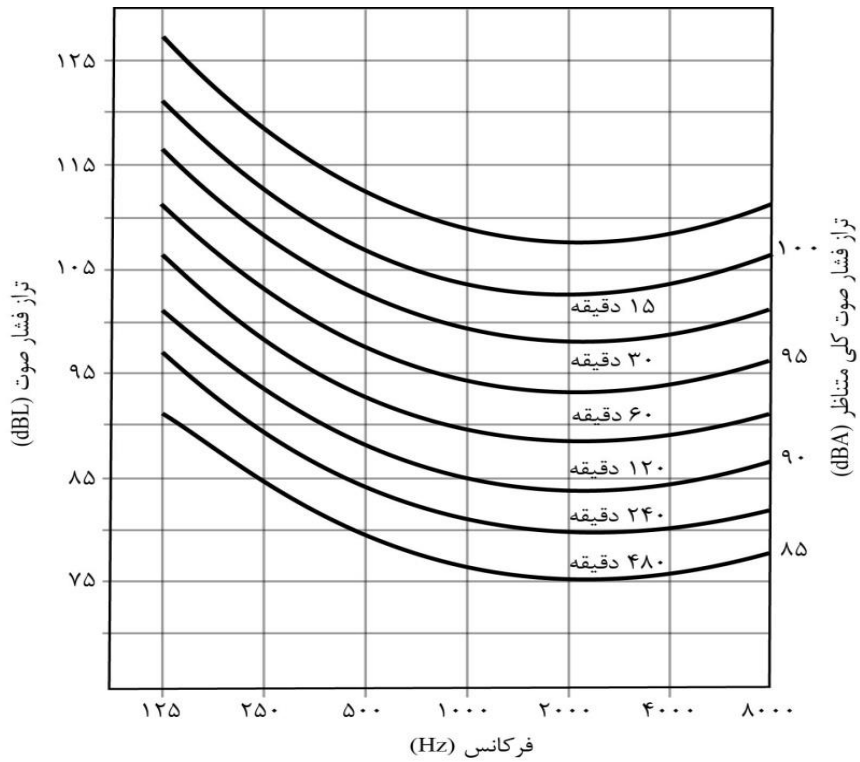
معمولاً برای ارزیابی تراز صدا در محیط کار در مقایسه با حدود مجاز شغلی، تراز کلی فشار صوت در شبکه وزنی A اندازه‌گیری می‌شود. در مواقعی که امکان اندازه‌گیری مستقیم تراز فشار صوت در شبکه A مقدور نباشد، می‌توان برای برآورد تراز فشار صوت کلی در شبکه A از یک روش تخمینی ساده بر اساس منحنی‌های هم بلندی اقتباس‌شده از اداره ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا OSHA استفاده نمود. در این روش در صورت وجود مقادیر تجزیه فرکانسی صدا در یک اکتاوباند و در شبکه خطی می‌توان تراز کلی معادل فشار صوت در شبکه A را از طریق نموداری تحت عنوان کنتورهای تراز کلی فشار صوت در شبکه A مطابق با شکل ۱ برآورد نمود.

در این روش ترازهای فشار صوت در یک اکتاوباند در شبکه خطی را می‌توان از طریق ترسیم آن بر روی این نمودار به یک تراز معادل صدا در شبکه A تبدیل نمود. بدین منظور تراز کلی صدا در شبکه A متناسب با بالاترین نقطه یا مکان روی خطوط هم بلندی تعیین می‌گردد. منحنی‌های شکل ۱ متناسب با منحنی خطوط هم بلندی صوت در محاسبات شبکه A و رعایت حد مجاز OEL و قاعده نصف شدن مدت مجاز مواجهه به ازای افزایش ۳ دسی‌بل تدوین‌شده است. برای استفاده از این نمودار نتایج تجزیه فرکانس یک اکتاوباند تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده در شبکه خطی بر روی آن (با توجه به مقادیر سمت چپ نمودار) ثبت می‌گردد. تلاقی بالاترین عدد ثبت‌شده(فرکانس غالب[۱]) با هریک از خطوط منحنی‌ها و ادامه آن در سمت راست نمودار تراز فشار صوت کلی را در شبکه وزنی A را برآورد می‌کند. درصورتی‌که در یک اندازه‌گیری دو فرکانس غالب موجود باشد، عددی که با منحنی بالاتر تلاقی داشته باشد ملاک خواهد بود. با استفاده از این الگو به‌طور متناظر و هم‌زمان می‌توان حدود مدت‌زمان مجاز مواجهه شغلی را نیز بر روی خطوط منحنی‌ها تعیین نمود.

لازم به ذکر است در این شکل خط هم‌تراز با تراز معادل فشار صوت ۸۵ دسی‌بل در شبکه وزنی A درواقع حد آستانه مجاز مواجهه شغلی را در تجزیه فرکانسی یک اکتاوباند (dBL) نشان می‌دهد. در

[۱] Dominant frequency

تعیین محدوده مدت‌زمان مجاز مواجهه در این منحنی‌ها در راستای اهداف برنامه حفاظت شنوایی، قاعده نصف شدن زمان مجاز مواجهه به ازای افزایش ۳ دسی‌بل تراز فشار صوت در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۱- منحنی‌های هم بلندی برآورد تراز معادل صوت در شبکه A متناظر با تجزیه فرکانسی در شبکه خطی

مثال: در اندازه‌گیری مواجهه یک کارگر صنعت فولاد با صدا، مقادیر تراز فشار صوت در شبکه خطی در تجزیه یک اکتاوباند [SPL-dB(L)] در جدول زیر درج شده است. تراز مجموع (کلی) برای این مواجهه dB(L) ۹۵/۳۳ ثبت‌شده است. تراز متناظر فشار صوت [SPL-dB(A)] و مدت‌زمان مجاز مواجهه را برآورد نمایید:

Total SPL		۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
۹۵/۳۳	(dBL)	۷۷	۸۰	۸۳	۹۴	۸۵	۸۳	۷۵
۹۵/۲۱	(dBA)	۶۰/۹	۷۱/۴	۷۹/۸	۹۴	۸۶/۲	۸۴	۷۳/۹

ملاحظه می گردد که فرکانس غالب ۱۰۰۰ هرتز و تراز فشار صوت در آن فرکانس برابر ۹۴ دسی‌بل بوده که با منحنی مربوط به خط هم‌تراز ۹۵ دسی‌بل برخورد کرده است. این بدان معنا است که برآورد تراز فشار صوت متناظر مواجهه در شبکه وزنی A حدود ۹۵ دسی‌بل است، لذا مدت‌زمان مجاز مواجهه روزانه این کارگر با این صدا در بین محدوده ۳۰ و ۶۰ دقیقه است. محاسبه دقیق برای این نتایج، مدت مجاز مواجهه روزانه را ۴۵ دقیقه بیان می‌نماید.

صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای[۱]

در صورت استفاده از وسایل اندازه‌گیری توصیه‌شده توسط ANSI-S۱,٤-۱۹۸۳(R۲۰۰٦) ، IEC-۸۰٤-۱۹۹۰ و ANSI-S۱,۲۵-۱۹۹۱(R۲۰۰۷) صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای در هنگام سنجش صدا به‌طور خودکار اندازه‌گیری می‌شود. تنها ضابطه آن است که دامنه اندازه‌گیری موردنیاز باید بین ۱۴۰–۸۰ دسی‌بل A و دامنه ضربه باید حداقل از ۶۳ دسی‌بل بیشتر باشد و پاسخ زمانی دستگاه صداسنج نیز در حالت Impulse قرار گیرد. مواجهه بدون حفاظ گوش، با تراز فشار صوت بیش از ۱۴۰ دسی‌بل در شبکه وزن یافته C مجاز نیست. اگر وسیله اندازه‌گیری قادر به اندازه‌گیری تراز قله در شبکه وزن یافته C نباشد آنگاه باید اندازه‌گیری تراز قله (SPL- Peak) با میزان کمتر از ۱۴۰ دسی‌بل ملاک اندازه‌گیری قرار گیرد. اندازه‌گیری و اظهارنظر در مورد صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای همپوشان همانند صداهای پیوسته است. در خصوص صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای در صدای زمینه پیوسته که شامل این بند نمی‌شود، باید از قواعد صداهای نوبتی که در مبحث قبلی تشریح گردید استفاده شود.

تذکر: برای صداهای ضربه‌ای بالاتر از ۱۴۰ دسی‌بل C درهرحال باید از وسیله حفاظت از شنوایی استفاده شود و برای چنین شرایطی از محافظ شنوایی (روگوشی[۲] یا توگوشی[۳]) با ویژگی‌های MIL-STD-۱٤۷٤ C(۲۰۱۵) به‌تنهایی یا توأم استفاده شود.

---

۱ Impulsive or Impact Noise
۲ Ear Muffs
۳ Ear Plug

ممکن است مواجهه با برخی از مواد شیمیایی منجر به افت شنوایی گردد. لذا انجام شنوایی‌سنجی دوره‌ای شاغلین در محیط‌هایی که علاوه بر مواجهه با صدا، امکان مواجهه با برخی مواد شیمیایی نظیر تولوئن، سیانید هیدروژن، مونوکسید کربن، استیرن، گزیلن سرب، منگنز، ان‌بوتیل الکل وجود دارد،(EU OSHA ۲۰۰۹) توصیه می گردد.

پیشنهاد می گردد که بانوان باردار (بعد از ۶ ماهگی) با مقادیر صدای وزن یافته SPL-TWA بیش از dB(C) ۱۱۵ مواجهه نداشته باشند، زیرا این مواجهه می تواند باعث افت شنوایی در جنین گردد.

وسایل حفاظت از شنوایی شخصی بوده و درهرحال باید در نظافت و بهداشت آن‌ها دقت و توجه لازم معمول گردد. تناسب و کفایت فنی این حفاظ‌ها باید طبق اصول محاسبات علمی یا از طریق آزمایش مورد تأیید قرارگرفته باشد.

در موارد استثنایی، حاصل جمع نسبت زمان مواجهه با تراز صوتی مشخص به زمان مجاز $\left[\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}....\frac{C_n}{T_n}\right]$ در هر روز می‌تواند از یک تجاوز نماید مشروط بر اینکه حاصل جمع ۷ روزه نسبت پیش گفت از ۵ بیشتر نشود و این نسبت در هر روز از ۳ بالاتر نباشد.

جدول ۲ مدت زمانی را برای باز توانی شنوایی در نظر گرفته است که جمع مدت استراحت و مدت مواجهه مجاز با صدای ۲۴ ساعت می گردد، لذا فرد در خارج از این مدت مجاز مواجهه باید در استراحت صوتی باشد. حد تعیین‌شده برای شرایط استراحت صوتی dB(A) ۷۰ تعیین‌شده است. بنابراین نباید این افراد در مواجهه با منابع صوتی قرار گیرند که مخل استراحت شنوایی آنان تلقی می‌شود.

زمانی که کارگران برای دوره‌های زمانی فراتر از ۲۴ ساعت در معرض صدا هستند یا در محیط زندگی و شغلی خود با مواجهه بیشتر از ۲۴ ساعته با صدا دارند متوسط صدا نباید از ۸۰ دسی‌بل فراتر رود.

شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه مواجهه با صدای بیشتر از ۸۵ دسی‌بل ممکن است با افزایش ریسک آسیب‌های شغلی از طریق حواس‌پرتی، استرس، خستگی، کاهش عملکرد، یا سایر سازوکارها در بین کارگران بخش صنعت و خدمات گردد.

منابع:

American National Standards Institute: Specification for Octave-Band and Fractional- Band Analog and Digital Filters S۱,۱۱-۱۹۸٦ (R۱۹۹۸). ANSI, New York (۱۹۹۸).

American National Standards Institute (ANSI): Specification for Personal Noise Dosimeters.ANSI S۱,۲٥-۱۹۹۱ (R۲۰۰۷). ANSI, New York (۲۰۰۷).

American National Standards Institute (ANSI): Sound Level Meters – Part ۱: Specifications.ANSI S۱,٤-۱ (۲۰۱٤). ANSI, New York (۲۰۱٤).

American National Standards Institute (ANSI): Measurement of Occupational Noise
Exposure. ANSI/ASA S۱۲,۱۹-۱۹۹٦ (R۲۰۱٦). ANSI, New York (۲۰۱٦a).

American National Standards Institute (ANSI): Estimation of Noise-Induced Hearing Loss –Part ۱: Method for Calculating Expected Noise-Induced Permanent Threshold Shift. ANSI S۳,٤٤-۱-۲۰۱٦. ANSI, New York (۲۰۱٦b).

Choi YH; Kim K: Noise-induced hearing loss in Korean workers: co-exposure to organic solvents and heavy metals in nationwide industries. PLos One ۹(٥):□۹۷٥۳۸ (۲۰۱٤).

European Agency for Safety and Health at Work (EU OSHA): Combined Exposures to
Noise and Ototoxic Substances. EU OSHA, Luxembourg (۲۰۰۹). Online at:
https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/literature _reviews /combined exposure to-noise-and-ototoxic-substances. Accessed: ۱۱/۱/۲۰۱٦.

European Committee for Standardization (CEN): Hearing Protectors
Recommendations for Selection, Use, Care and Maintenance Guidance Document. EN ٤٥۸:۲۰۰٤. CEN, Brussels, Belgium (۲۰۰٤).

International Electrotechnical Commission (IEC): Electroacoustics: Sound Level Meters –Part ۱: Specifications. IEC ٦۱٦۷۲:۱-۲۰۱۳. IEC, Geneva, Switzerland (۲۰۱۳).

Johnson AC; Morata TC: ۱٤۲. Occupational Exposure to Chemicals and Hearing Impairment. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. Nordic Expert Group, Gothenburg. In: Arbete och Halsa ۴۴(۴):۱۷۷ (۲۰۱۰). □□□□□□ □□: □□□□□://□□□□□.□□.□□.□□/□□□□□□/۲۰۷۷/۲۳۲۴۰. Accessed: ۱۱/۱/۲۰۱٦.

Nies E: Ototoxic substances at the workplace: a brief update. Arh Hig Rada Toksikol ۶۳(۲):۱۴۷–۱۵۲ (۲۰۱۲).

US Department of Defense (US DOD): Design Criteria Standard: Noise Limits (Metric). MILSTD-
۱۴۷۴□. □□ □□□, □□□□□□□□□□, □□ (۲۰۱٥).

American National Standards Institute: Specification for Sound Level Meters. ANSI S۱,٤-۱۹۸۳ (R۱۹۹۷). ANSI, New York (۱۹۹۷).

International Electrotechnical Commission: Integrating-Averaging Sound Level Meters. IEC ۸۰٤. IEC, New York (۱۹۸٥).

American National Standards Institute: Specification for Octave-Band and Fractional-

Octave-Band Analog and Digital Filters S۱,۱۱-۱۹۸٦ (R۱۹۹۸). ANSI, New York (۱۹۹۸).

ارتعاش

ارتعاش انسانی

ارتعاش یک نوع حرکتی مکانیکی است که در خلال یک دوره زمانی تکرار می‌شود. مواجهه انسان با این نوع از انرژی مکانیکی همراه با عوارض و اختلالاتی در بدن است که طرح‌ریزی پیشگیری و کنترل این نوع تماس را بسیار حائز اهمیت می‌نماید. بررسی و مطالعه نحوه ورود و تأثیر ارتعاشات مکانیکی بر بدن انسان ارتعاش انسانی نامیده می‌شود که به‌طورکلی شامل ارتعاش منتقل از دست و بازو و ارتعاش تمام بدن است.

ارتعاش دست – بازو

ملاحظات اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست - بازو[۱] (HAV)

به‌طور خلاصه مراحل انجام پایش مواجهه با ارتعاش دست – بازو در شکل زیر خلاصه شده است. روش انجام هر یک از مراحل نیز در ادامه به‌اختصار ارائه گردیده است.

شکل ۱ – نموگرام اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست بازو

---

۱ Hand Arm Vibration (HAV)

اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش دست - بازو

ملاحظات کلی

در تعیین اثرات مواجهه انسان با ارتعاش منتقل از دست‌ها در شرایط واقعی کاری فاکتورهای ذیل به‌عنوان مهم‌ترین فاکتورها تعیین‌شده‌اند (ISO۵۳٤۹) :

طیف فرکانسی ارتعاش

بزرگی ارتعاش

مدت‌زمان مواجهه در طول روز کاری

مواجهه تجمعی در طول سالیان تماس

تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش دست - بازو

اندازه‌گیری ارتعاش منتقل از دست بایستی مطابق با تجهیزات موردنیاز و مشخص‌شده بر اساس ISO۸۰٤۱ انجام گیرد. برای اطمینان از صحت عملکرد این تجهیزات بایستی قبل و بعد از استفاده آن‌ها را بررسی نمود. کالیبراسیون بایستی قابل‌ردیابی با یک استاندارد شناخته‌شده مشخص باشد و در یک آزمایشگاه معتبر انجام گردد.

مبدل‌های ارتعاشی[۱]

مبدل‌های ارتعاشی که معمولاً یک شتاب سنج می‌باشند، بایستی قادر به تحمل محدوده‌ی خاصی از بزرگی ارتعاش بوده و همچنین بایستی دارای مشخصات ثابتی باشند. ابعاد مبدل‌ها بایستی به شکلی باشد که اختلالی در فرایند ماشین ایجاد نکند و محل نقطه‌ی اندازه‌گیری را بتوان با استفاده از آن مشخص نمود.

نصب و اتصال شتاب‌سنج‌ها بر روی سطوح مرتعش بر شیوه ارتعاش سطوح اثرگذار خواهد بود. بزرگ‌تر بودن جرم متصل به سطح مرتعش، اثر بیشتری را در پی خواهد داشت. اگر جرم کل شتاب‌سنج یا شتاب-سنج‌ها و دیگر متعلقات سیستم نصب در مقایسه با جرم ابزار قدرت کوچک باشد، (کمتر از ۵٪ جرم ابزار باشد) آنگاه می‌توان از اثر اعمالی بر سطح مرتعش چشم‌پوشی نمود. ANSI توصیه نموده که وزن شتاب سنج همراه با آداپتور اندازه‌گیری ارتعاش برای اتصال به منبع ارتعاشی باید کمتر از ۱۵ گرم و حساسیت بین محوری آن کمتر از ۱۰٪ باشد. (تیلور و پلمیر، ۱۹۷۵؛ وسترمن و تیلور، ۱۹۷۷، Brammer، ۱۹۸۲؛ Wasserman et al.، ۱۹۸۲a؛ US NIOSH، ۱۹۸۳، ۱۹۸۹).

محل نصب و جهت‌دهی مبدل‌ها

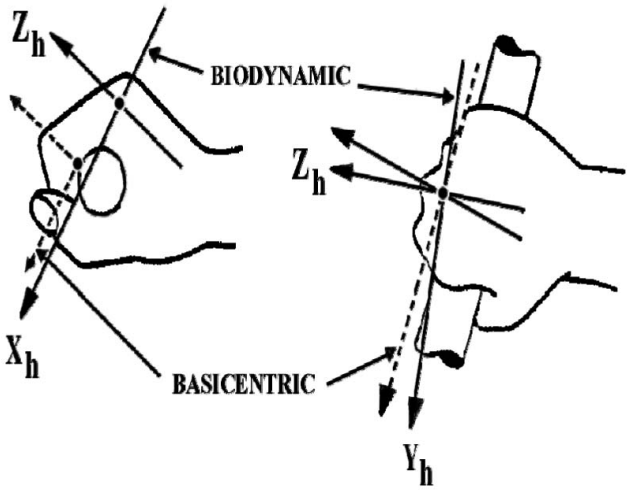
برای اندازه‌گیری عملی ارتعاش، جهت‌دهی سیستم محورهای مختصاتی را می‌توان با توجه به سیستم مختصاتی اصلی (شکل ۲) تعریف نمود. محورهای مزبور باید ترجیحاً منطبق بر محورهای سیستم

---

۱ vibration transducers

بیودینامیک باشند اما از طرفی ممکن است در نزدیکی سیستم Basicentric هم قرار گیرند که مبدأ مختصات سیستم مزبور متناسب با شکل قطعه و دسته ابزار در محل مواجهه دست و سطح مرتعش قرار می‌گیرد.

برای اندازه‌گیری باید یک شتاب سنج کوچک و سبک برای ذخیره محتوای فرکانسی یک یا چند محور متعامد منبع ارتعاشی در محدوده فرکانسی ۵ تا ۱۵۰۰ هرتز (۶/۳ تا ۱۲۵۰ در باندهای فرکانسی یک-سوم اکتاو) نصب گردد. شتاب سنج تا حد امکان باید نزدیک به محل ورود ارتعاش به دست باشد اما باید توجه شود که مداخله جدی نیز در فرایند کاری چه از نظر ایمنی و چه از نظر عملیاتی ایجاد ننماید. اندازه‌گیری ارتعاش بایستی ترجیحاً در سه جهت به‌صورت هم‌زمان انجام گیرد. انجام اندازه‌گیری متوالی در هر یک از سه محور به‌صورت جداگانه نیز اگر شرایط عملیاتی مشابهی برای اندازه‌گیری سه محور ایجاد شود، قابل‌پذیرش است. برای اطلاعات بیشتر نکته ۲ ضمیمه الف را ببینید.



شکل ۲. سیستم بیودینامیک دست، نمایش محورهای مؤلفه‌های شتاب مطابق با ISO ۵۳۴۹-۲۰۰۱ و (R۱۹۹۷)۱۹۸۶- (ANSI S۳,۳٤

کمیت تعیین بزرگی و شبکه توزین فرکانسی

کمیت مورداستفاده جهت توصیف بزرگی ارتعاش انسانی ریشه مجموع مربعات (rms) شتاب وزن یافته ی فرکانسی است که با واحد متر بر مجذور ثانیه $\frac{m}{s^2}$ بیان می‌شود.

اندازه‌گیری شتاب وزن یافته فرکانسی، نیاز به استفاده از پالایه‌های توزین فرکانس و محدودکننده‌های باندهای فرکانسی دارد. پالایه توزین فرکانس W_h اهمیت موردنظر فرکانس‌های متفاوت را در آسیب‌رسانی به بدن انسان به‌خوبی تعیین و ارائه می‌کنند.

تعیین مدت‌زمان اندازه‌گیری

مدت‌زمان قابل‌قبول اندازه‌گیری برای هر وظیفه شغلی وابسته به ماهیت آن وظیفه است حداقل مدت‌زمان قابل‌قبول اندازه‌گیری به سیگنال دریافتی، تجهیزات که برای سنجش به کار می‌روند و خصوصیات فرایند بستگی دارد. کل زمان اندازه‌گیری (یعنی تعداد نمونه‌ها × مدت‌زمان اندازه‌گیری) بایستی حداقل ۱ دقیقه باشد. تعداد نمونه‌های با مدت‌زمان کوتاه، نسبت به یک اندازه‌گیری طولانی‌مدت ارجحیت دارد. و معمولاً برای هر فرایند توصیه می‌شود حداقل ۳ نمونه گرفته شود. اندازه‌گیری‌هایی که در مدت‌زمان‌های خیلی کوتاه انجام می‌گیرد (مثلاً کمتر از ۸ ثانیه)، به‌ویژه هنگامی‌که ارزیابی مؤلفه‌هایی با فرکانس پائین موردنظر است، احتمالاً قابل‌اطمینان و معتبر نیستند.

ارتعاش چند محوره[۱]

در اکثر ابزارها ارتعاش ورودی به دست‌ها حاصل ترکیبی از سه محور اندازه‌گیری است. فرض بر این است که صدمه زایی ارتعاش ابزارهای قدرت در هر سه محور یکسان است. بنابراین اندازه‌گیری بایستی برای هر سه محور انجام گیرد. مقادیر شتاب r.m.s وزن یافته فرکانسی برای محورهای x، y و z به ترتیب به‌صورت $a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz}$ گزارش می‌شوند.

در این وضعیت ارزیابی مواجهه بر اساس برآیند سه محور حاصل می‌شود. این مقدار ارتعاش کلی[۲]، a_{hv} نامیده می‌شود و به‌صورت ریشه‌ی مجموع مربعات مقادیر اندازه‌گیری شده محورهای سه‌گانه تعریف می‌شود:

$$a_{hv} = \sqrt{a^2{}_{hwx} + a^2{}_{hwy} + a^2{}_{hwz}} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

در ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه با ارتعاش دست – بازو ضرایب محورها به‌صورت واحد است و مقادیر شتاب rms وزن یافته فرکانسی در هر محور بدون اعمال ضرایب اضافی بکار گرفته می‌شوند.

تعیین شتاب معادل در مدت‌زمان مواجهه

به‌منظور تعیین میزان مواجهه معادل کل در زمان‌های مواجهه مختلف و با مقدار بزرگی ارتعاش متفاوت در یک نوبت‌کاری می‌توان از رابطه ۲ استفاده نمود:

$$a_{hv} = \sqrt{\frac{۱}{T}((a_{hw\,۱}{}^۲ \times t_۱) + (a_{hw\,۲}{}^۲ \times t_۲) + \cdots + (a_{hw\,n}{}^۲ \times t_n))} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

---

۱ multi - axis vibration

۲ Vibration Total Value

a_{hw} : شتاب rms وزن یافته فرکانسی مربوط به هر یک از بازه‌های زمانی t برای مواجهه روزانه کارگر برحسب m/s^2

T و t به ترتیب کل زمان مواجهه و طول زمان مواجهه در انجام هر زیر وظیفه شغلی برحسب ثانیه، دقیقه یا ساعت

معمولاً ارزیابی مواجهه با ارتعاش بر مبنای تعیین مقدار کل انرژی معادل ارتعاش ۸ ساعته شتاب rms وزن یافته فرکانسی انجام می‌گیرد. مقدار کل انرژی معادل ارتعاش ۸ ساعته، A(۸) نامیده می‌شود. این محاسبات گاهی توسط تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش انسانی در دسترس تجاری نیز قابل انجام است.

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T_v}{T_0}} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که T_v کل مدت‌زمان روزانه‌ی مواجهه با ارتعاش a_{hv} و T_0 دوره زمانی مرجع که معمولاً برای زمان مواجهه برابر با ۸ ساعت (۲۸۸۰۰ ثانیه) در نظر گرفته می‌شود. برای مشاهده نمونه‌های مربوط به تعیین مواجهه در شرایط مختلف نمونه‌هایی انتهایی در ضمیمه الف را ببینید.

حدود مجاز مواجهه با ارتعاش دست - بازو

سندرم ارتعاش دست و بازو (HAVS) مجموعه‌ای از اختلالات اندام فوقانی شامل علائم و نشانه‌های عروقی، حسی و اسکلتی – عضلانی است که در اثر مواجهه با ارتعاش در این ناحیه از بدن ممکن است اتفاق بیافتد.

حد مواجهه شغلی(OEL) با ارتعاش دست- بازو برای مدت‌زمان‌های کاری مختلف روزانه در جدول ۱ ارائه شده است. بر این مبنا مقدار حد مجاز مواجهه روزانه (۸ ساعته) برابر با ۵ m/s^2 است[مقدار کل انرژی معادل ۸ ساعته A(۸)] .

سطح اقدام (AL) برای مدت‌زمان‌های کاری مختلف روزانه در جدول ۱ ارائه‌شده است، سطح اقدام مواجهه روزانه (۸ ساعته) برابر با ۲/۵ m/s^2 است[مقدار کل انرژی معادل ۸ ساعته A(۸)] . این سطح نشان‌دهنده شرایطی است که در آن ریسک ایجاد علائم برای بخش اعظمی از کارگران پائین است. محدوده بین AL و OEL ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی[۱] (HGCZ) نامیده می‌شود که در آن محدوده نیاز به اقدام برای کاهش مواجهه وجود دارد. با توجه به اختلاف حساسیت‌های بین افراد، این مقادیر نباید به‌عنوان مرز قطعی مواجهه ایمن و ناایمن شناخته شوند.

---

۱ Health Guidance Caution Zone

مقادیر ارائه‌شده در جدول ۱ با مقادیر حدود مواجهه روزانه[۱] (DELVs) استاندارد European Union Directive ۲۰۰۲/۴۴/EC منطبق است. همچنین منحنی AL نیز با مقادیر سطح اقدام مواجهه روزانه (DEAVs) استاندارد (۲۰۰۶) ANSI S۲،۷۰ و European Union Directive ۲۰۰۲/۴۴/EC منطبق است.

جدول ۱. حدود مواجهه شغلی (OEL) و سطوح اقدام (AL) مواجهه برای شتاب وزن یافته دست–بازو مطابق با ANSI ۲،۷۰ و European Union Directive ۲۰۰۲/۴۴/EC

مدت‌زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)	شتاب وزن یافته فرکانسی ($a_{hv\,(rms)}$) (m/s^2)	
	حد اقدام (AL)	حد مواجهه شغلی (OEL)
۰/۲۵ (۱۵ دقیقه)	۱۴/۱۴	۲۸/۲۸
۰/۵ (۳۰ دقیقه)	۱۰	۲۰
۱	۷/۰۷	۱۴/۱۴
۲	۵	۱۰
۴	۳/۵۴	۷/۰۷
۶	۲/۸۹	۵/۷۷
۸	۲/۵	۵
رابطه تعیین مقدار OEL در زمان موردنظر T_v (ساعت)		$a_{hv\,(OEL)} = ۵\,(\frac{۸}{T_v})^{\frac{۱}{۲}}$
رابطه تعیین مقدار AL در زمان موردنظر T_v (ساعت)		$a_{hv\,(AL)} = ۲.۵\,(\frac{۸}{T_v})^{\frac{۱}{۲}}$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T_v (ساعت) مطابق با OEL		$T_v = \frac{۲۰۰}{a^{۲}_{hv\,(OEL)}}$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T_v (ساعت) مطابق با AL		$T_v = \frac{۵۰}{a^{۲}_{hv\,(AL)}}$

۱ Daily Exposure Limit Values

ضمیمه الف

الف -۱ - نکات تکمیلی

در این بخش برای توصیف مواجهه با ارتعاش دست – بازو از فاکتورهایی از قبیل بزرگی ارتعاش، محتوای فرکانسی، مدت‌زمان مواجهه در یک روز کاری و مواجهه تجمعی فرد در طول سالیان متوالی کاری وی، برای ارزیابی مواجهه استفاده شده است. اثرات مواجهه انسان با ارتعاشات منتقل به دست‌ها تحت شرایط کاری ممکن است در اثر عوامل زیر تحت تأثیر قرار بگیرد.

جهت ورود ارتعاش منتقل به دست

روش‌های انجام کار و مهارت‌های عملیاتی

سن فرد یا هر عامل زمینه‌ساز در سرشت یا سلامت وی

الگوی مواجهه زمانی و روش انجام کار یعنی طول و فرکانس انجام کار و وقفه‌های استراحتی، آیا ابزار در وقفه‌های بین کار در کنار دست اپراتور قرار می‌گیرد یا بی‌مورد در حین فرایند آماده‌سازی همیشه در دست نگه‌داشته می‌شود و غیره

نیروهای جفت شدن، مانند نیروی چنگش یا تغذیه بکار رفته توسط اپراتور با استفاده از دست‌ها برای ابزار یا قطعه کاری و فشار اعمالی بر روی پوست

وضعیت دست و بازو و وضعیت بدن در طول مواجهه (زاویه مچ، آرنج و مفاصل شانه)

نوع و وضعیت ارتعاش ماشین، ابزار دستی و متعلقات نصب شده یا قطعات کاری.

ناحیه یا محلی از دست که در معرض ارتعاش قرار دارد.

فاکتورهای زیر ممکن است سبب تغییر در سیستم گردش خونی این ناحیه در اثر مواجهه با ارتعاش منتقل به دست شوند:

- شرایط آب و هوایی و دیگر فاکتورهای مؤثر بر دمای دست یا بدن
- بیماری‌هایی که بر سیستم گردش خون مؤثر هستند.
- عوامل مؤثر بر گردش خون محیطی، از قبیل نیکوتین، مواد شیمیایی یا بیولوژیکی مشخص در محیط‌های کاری
- صدا

اگرچه اهمیت همه فاکتورهای ذکرشده برای اختلالات ناشی از ارتعاشات هنوز با جزئیات کافی شناخته نشده است، و روش استانداردی برای گزارش برخی از فاکتورها در این بخش ارائه نشده است. گزارش تمامی فاکتورها برای اینکه مجموعه‌ای مهم از تاریخچه مواجهه را فراهم سازد ضروری است.

برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش، محل شتاب سنج بایستی درجایی باشد که دست‌ها ابزار را نگه می‌دارند، و با تغییر نوع ابزار و روش کاری اپراتورهای مختلف متغیر است. از الزامات اصلی استانداردهای آزمون ارتعاش این است که اندازه‌گیری‌ها در ناحیه چنگش اصلی که اپراتور به طول معمول آن را در دست می‌گیرد و نیروی تغذیه‌ای را اعمال می‌کند، انجام شود. اندازه‌گیری مستقیم زیر دست معمولاً فقط در آداپتورهای قابل‌نصب ویژه‌ای مقدور است. برخی از آداپتورها بایستی زیر دست پایین انگشتان قرار داده شوند. در اکثر اندازه‌گیری‌های واقعی، شتاب‌سنج‌ها در پهلو یا بر روی دسته‌ی ابزار زیر دسته، نزدیک به مرکز دسته قرار می‌گیرند. در آداپتورهایی که بین انگشتان قرار می‌گیرند، مبدل‌ها بایستی برای به حداقل رساندن تقویت مؤلفه‌های ارتعاش دورانی، تا جایی که ممکن است روی سطح دسته ابزار قرار بگیرند. برای بسیاری از ابزارهای قدرت دستی، محل و محورهای معینی جهت اندازه‌گیری ارتعاش توسط ISO ۸۶۶۲ و دیگر استانداردهای بین‌المللی منتشرشده است.

برای در نظر گرفتن ریسک تغییرات محتوای فرکانسی سیگنال ارتعاشی ورودی، مقادیر هر محور باید با استفاده از یک شبکه پالایه‌ای با مشخصات تعیین‌شده در تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش بر مبنای پاسخ–انسان توزین فرکانسی شوند. ثبت تمامی تغییرات فرکانسی متناسب با وزن داده‌شده در پالایه توزین (که این وزن در حقیقت اهمیت همان فرکانس و به عبارتی مقدار ریسک نسبی آسیب انسانی است که آن فرکانس یا محدوده فرکانسی می‌تواند وارد نماید) در تجهیزات اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد. امروزه در تمامی دستگاه‌های سنجش ارتعاش انسانی این شبکه‌های توزین جهت پردازش سیگنال ورودی در هر محور به‌صورت جداگانه وجود دارد. شبکه توزین تعریف‌شده در استاندارد ISO ۵۳۴۹ برای ارزیابی ارتعاش دست–بازو W_h نام دارد که قبل از شروع اندازه‌گیری باید برای هر سه محور ارتعاشی بر روی دستگاه سنجش تنظیم شود. شتاب وزن یافته را می‌توان در دامنه فرکانسی یک–سوم اکتاو با استفاده از رابطه الف–۱ محاسبه نمود:

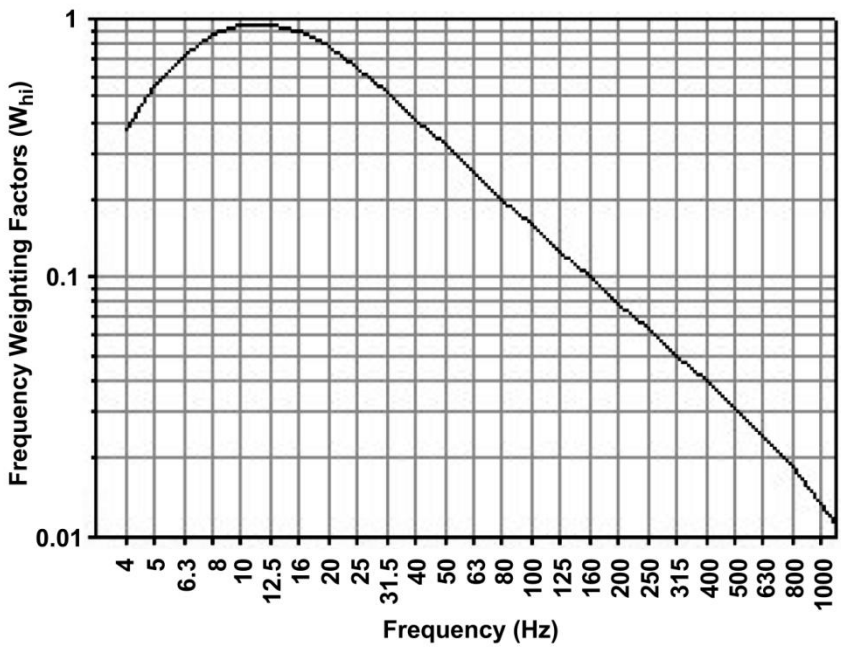
$$a_{hw} = [\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2]^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(رابطه الف–۱)}$$

که:

ahw شتاب rms وزن یافته فرکانسی مربوط به زمان مواجهه در هر محور موردنظر برحسب m/s^2

W_{hi} فاکتور توزین فرکانسی ISO/ANSI مربوط به فرکانس i ام در باند ۱/۳ اکتاو (شکل ۳ را ببینید)، a hi شتاب rms در فرکانس i ام در باند ۱/۳ اکتاو مربوط به زمان مواجهه در هر محور موردنظر برحسب m/s^2

ضرایب توزین فرکانس ISO ۵۳۴۹ (۲۰۰۱a, b) و ANSI S۲،۷۰ (۲۰۰۶) به‌عنوان بهترین فاکتورهای توزین فرکانسی در دسترس برای مؤلفه‌های شتاب در ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست-بازو می‌باشند. بااین‌حال برخی مطالعات پیشنهاد می‌کنند که توزین فرکانسی در فرکانس‌های بالاتر از ۱۶ Hz ممکن است ایمنی کافی را به‌طور کامل مهیا نسازد؛ لذا هنگام استفاده از ابزارهایی که دارای محتوای فرکانسی بالا هستند، باید جانب احتیاط را رعایت نمود.



شکل۳- منحنی ضرایب توزین فرکانسی ISO (۲۰۰۱a ,۱-۵۳۴۹ ISO و ۲۰۰۶ ,S۲،۷۰ ANSI)

در برخی شرایط ممکن است که اندازه‌گیری هر سه محور ممکن نباشد. اگر اندازه‌گیری فقط در یک یا دو محور انجام گرفت، محور بزرگ‌تر ارتعاش بایستی در نظر گرفته شود (زمانی که محور بزرگ‌تری را بتوان مشخص نمود) مقدار ارتعاش کلی بایستی با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده موجود برآورد شود و ضرایب اضافی موردنظر بایست با دقت استفاده شوند. بزرگی ارتعاش در محور با بیشترین مقدار ارتعاش نیاز به یک ضریب در محدوده ۱ تا ۱/۷ برای دستیابی به مقدار کلی ارتعاش

دارد. (برای اطلاعات بیشتر به ISO۵۳۴۹-۲ مراجعه کنید) جایی که ضریبی برای پیش‌بینی مقدار کلی ارتعاش بکار می‌رود فاکتور ضرب شونده[۱] و دلیل انتخاب مقدار بزرگ‌تر ، بایستی همراه با مقادیر اندازه‌گیری شده دیگر محورها گزارش شود.

اعتقاد بر آن است اکثر کارگران در حفظ سطح مواجهه پایین‌تر از حد مواجهه شغلی، بدون آنکه علائم مواجهه آن‌ها از مرحله یک طبقه‌بندی استکهلم (جدول ۲) برای ایجاد سفید انگشتی ناشی از ارتعاش (VWF) [۲]-که به نام پدیده رینود[۳] با منشأ شغلی هم شناخته می‌شود- فراتر رود، می‌توانند به‌صورت مکرر در معرض مواجهه با ارتعاش قرار گیرند.

ازجمله مهم‌ترین اقدامات کنترلی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

استفاده از دستکش‌ها یا وسایل ضد ارتعاش؛

آموزش کارگران و سرپرستان در ارتباط با علائم اولیه HAVS و اهمیت گرم نگه‌داشتن بدن و دست و همچنین طریقه صحیح نگه‌داشتن ابزار برای به حداقل رساندن مواجهه و اجرای منطقی و مسئولانه برنامه مراقبت پزشکی باشد.

این توصیه‌ها به‌طور عمده از داده‌های اپیدمیولوژی مشاغل جنگلداری، استخراج معادن، عملیات فلزکاری و کاربر روی سنگ استخراج شده است و باید به‌عنوان راهنما در کنترل ارتعاش دستی- بازو مورداستفاده قرار گیرد.

---

۱ multiplying factor

۲ Vibration-Induced White Finger

۳ Raynaud's Phenomenon

جدول ۲- سیستم طبقه‌بندی (HAVS) استکهلم برای علائم عصبی- حسی و عروق محیطی ناشی از سرما

ارزیابی عروقی		
مرحله عارضه	**درجه عارضه**	**شرح علائم بالینی**
صفر	-	حملاتی ندارد
یک	خفیف	حملات سفید شدن پوست انگشت فقط در نوک یک انگشت یا بیشتر عارض می‌شود.
دو	متوسط	حملات سفید شدن گاه‌به‌گاه پوست انگشت دربندهای ناخن دار و بندهای میانی و به‌ندرت در بند پروگسیمال یک یا چند انگشت ظاهر می‌شود.
سه	شدید	حملات سفید شدن پوست انگشت مکرراً در همه بندها و اغلب انگشتان ظاهر می‌شود
چهار	خیلی شدید	تمام علائم مرحله سه به‌اضافه اختلال تغذیه درست در نوک انگشتان

ارزیابی اعصاب حسی	
مرحله	**علائم بالینی**
صفر(اعصاب حسی)	با ارتعاش مواجهه دارد ولی علامت بالینی ندارد
یک(اعصاب حسی)	حالت کرختی متناوب، تنها و یا همراه با حس سوزن سوزن شدن در انگشتان
دو(اعصاب حسی)	کرختی متناوب و یا مداوم ، کاهش ادراک حسی
سه(اعصاب حسی)	کرختی متناوب و یا مداوم ، کاهش تشخیص دقت و یا تقلیل مهارت انجام کارهای یدی و یا هر دو

مراحل مختلف برای هر دست به‌صورت جداگانه آزمایش می‌شود. (به‌عنوان‌مثال- مرحله ۲ در دست چپ در دو انگشت و مرحله ۱ در دست راست در یک انگشت:

(۲□(۲)/۱□(۱))

الف -۲ - سایر ملاحظات

توصیه می‌شود که روش پردازش سیگنال به‌منظور تولید محتوای طیفی در هر محور برای شناسایی فرکانس‌های مربوط به پیک‌های اصلی شتاب به کار رود. این طیف را می‌توان به‌صورت باندهای باریک فرکانسی با پهنای باند ثابت و یا باندهای تناسبی اما نه بزرگ‌تر از یک-سوم اکتاو ایجاد نمود.

مواجهه‌های حاد با شتاب مؤثر (RMS) وزن یافته منطبق با حد مجاز مواجهه شغلی یا فراتر از آن، که به‌صورت گهگاه و یا غیر مکرر اتفاق می‌افتد (مثلاً ۱ روز در هفته و یا چند روز در طی دو هفته) احتمالاً نسبت به‌مواجهه پیوسته صدمه و آسیب کمتری ایجاد می‌نمایند و الزاماً زیان بالاتری ندارند. (تیلور و پلمیر،۱۹۷۵ ؛ واسرمن و تیلور، ۱۹۷۷؛ برامر، ۱۹۸۲؛ مایا، ۱۹۶۷).

شیوه‌های درست انجام کار مانند آموزش کارکنان برای به‌کارگیری حداقل نیروی چنگش متناسب با عملیات ایمن ابزار برقی یا فرآیند ، خشک و گرم نگه‌داشتن بدن و دست‌ها، اجتناب از سیگار کشیدن و استفاده از ابزار ضد ارتعاشی بایستی به کار گرفته شوند. به‌عنوان یک قاعده کلی، دستکش‌های کاهنده ارتعاش عموماً ارتعاش را در فرکانس‌های بالا کاهش می‌دهند. (تیلور و پلمیر، ۱۹۷۵؛ وسترمن و تیلور، ۱۹۷۷؛ برامر، ۱۹۸۲).

اندازه‌گیری ارتعاشات ضربه‌ای با جابجایی‌های زیاد و مکرر مانند آن‌هایی که توسط ابزارهای تصادمی پنوماتیکی تولید می‌شود، توسط بسیاری از شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک (تحت‌فشار به‌صورت مکانیکی) همراه با خطا است. با قرار دادن یک پالایه مکانیکی مناسب پائین گذر بین شتاب سنج و منبع ارتعاش با فرکانس قطع ۱۵۰۰ هرتز یا بیشتر (و حساسیت بین محوری کمتر از ۱۰ درصد) می‌توان از قرائت مقدار نادرست توسط دستگاه ممانعت نمود. همچنین برای شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک[۱]، فرکانس تشدید اصلی آن برای به حداقل رساندن احتمال نوسان D.C ، بایستی حداقل ۵ برابر از فرکانس طبیعی ابزار بالاتر و به‌طور ایده ال بزرگ‌تر از ۳۰kHz باشد.

در گزارش ارزیابی ارتعاش انسانی علاوه بر مقدار (۸) A ، نام سازنده و مشخصات تمام وسایلی که برای اندازه‌گیری ارتعاش و کالیبراسیون به کار می‌روند، اطلاعات زیر نیز بایستی گزارش شوند:

دلیل انجام ارزیابی مواجهه

فرایندهایی که سبب مواجهه با ارتعاش می‌شوند

ابزارهای قدرت، ابزارهای الحاق شده و یا قطعات کاری درگیر در انجام فعالیت‌های شغلی

---

۱ Piezoelectric accelerometer

محل و جهت مبدل‌ها

r.m.s هر مواجهه، شتاب وزن یافته‌ی فرکانس تک‌محوری اندازه‌گیری شده

مقدار کل ارتعاش برای هر عملیات یا فرایند شغلی

دوره زمانی روزانه کل برای هر عملیات یا فرایند شغلی و مواجهه روزانه‌ی ارتعاشی

الف -۳ - مثال‌های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه

مثال۱: اگر مقدار کل ارتعاش برای زمان‌های مواجهه‌ی ۱ ساعت، ۳ ساعت و۰,۵ ساعت (برای یک روز کاری) به ترتیب برابر با ۲/۵ ، ۳/۵ و ۱۰ متر بر مجذور ثانیه باشد آنگاه:

$$\mathbf{A(8)}=\sqrt{\frac{1}{8h}\left[(2.5\square/s^{2})^{2}*1\square+(3.5\square/s^{2})^{2}*3\square+(10\square/s^{2})^{2}*0.5\square\right]}=3.4\square/s^{2}$$

مثال۲: درصورتی‌که اپراتور یک رننده نجاری روزانه به مدت ۳ ساعت با بزرگی‌های ارتعاشی در محورهای مختلف به شرح ذیل باشد مقدار شتاب **r.m.s** معادل مواجهه روزانه وی را محاسبه نمایید.

شتاب r.m.s در محور x برابر با ۱۰/۲ متر بر مجذور ثانیه

شتاب r.m.s در محور Y برابر با ۴/۱ متر بر مجذور ثانیه

شتاب r.m.s در محور Z برابر با ۶/۵ متر بر مجذور ثانیه

پاسخ:

بزرگی شتاب در سه محور را در مدت‌زمان مواجهه ۸ ساعته با استفاده از روش مجموع محورها می‌توان محاسبه کرد:

$$a_{hv}=\sqrt{a^{2}{}_{hwx}+a^{2}{}_{hwy}+a^{2}{}_{hwz}}=\sqrt{10.2^{2}+4.1^{2}+6.5^{2}}=12.77m/s^{2}$$

و شتاب معادل ۸ ساعته را حال می‌توان با استفاده از رابطه ذیل به دست آورد:

$$\mathrm{A}_{(8)}=a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_{0}}}=12.77\sqrt{\frac{3}{8}}=7.82m/s^{2}$$

مثال۳: کارگری در یک کارخانه تولید صفحات چوبی یک اره‌برقی را روزانه به مدت ۴/۵ ساعت استفاده می‌نماید. ارتعاش اره حین انجام کار برابر با $4\,m/s^{2}$ است مواجهه روزانه A(۸) ، وی چقدراست:

$$A_{(8)}=4\sqrt{\frac{4.5}{8}}=3m/s^{2}$$

مواجهه روزانه برابر با m/s^2 ۳ بالاتر از سطح اقدام مواجهه و پایین‌تر از حد مجاز مواجهه قرار دارد .

مثال ۴- یک آچار برقی برای بستن پیچ چرخ‌ها در یک تعمیرگاه مکانیکی بکار می‌رود. هر وسیله نقلیه به ۲۰ پیچ چرخ نیاز دارد. اپراتور ابزار به‌طورمعمول یک آچار بادی را برای هر ۵ پیچ چرخ بکار می‌برد، سپس آن را بر روی زمین قرار داده و به محل چرخ بعدی می‌رود. گزارش‌ها کاری ثبت‌شده نشان می‌دهد که به‌طور متوسط در هر روز کار ۵۰ وسیله نقلیه به‌طور کامل انجام می گیرد، یعنی ۱۰۰۰ پیچ چرخ در روز.

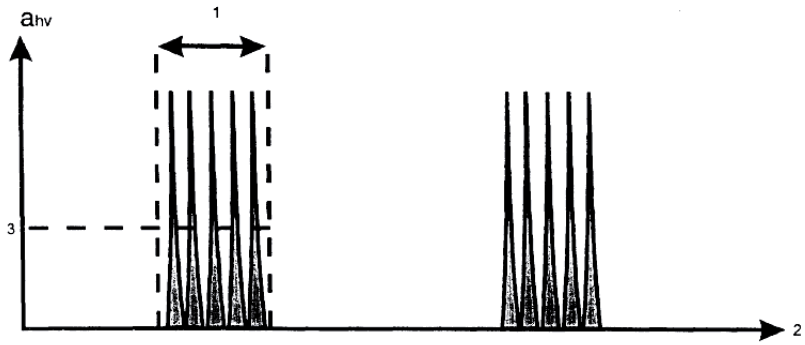
اندازه‌گیری بزرگی ارتعاش فقط در طول زمان انجام ۵ پیچ یک چرخ می‌تواند انجام بگیرد. در این شرایط ضربه‌ی آچار برای مدت حداقل ۲۰ ثانیه توسط اپراتور نگه‌داشته می‌شود، بنابراین همان‌طور که در شکل۴ نشان داده شده است، یک مدت‌زمان ثابت ۲۰ ثانیه‌ای برای بستن ۵ پیچ چرخ بکار می‌رود. میانگین بزرگی ارتعاش برای دوره ۲۰ ثانیه برابر با $\frac{m}{s^2}$ ۱۴/۶ بود. حداقل ۴ اندازه‌گیری برای اطمینان از یک میانگین زمانی کل بزرگ‌تر از ۶۰ ثانیه‌ای ضروری است. مدت‌زمان کل مواجهه روزانه برابر است با:

$$T = \frac{\text{تعداد پیچ‌ها در روز}}{\text{تعداد پیچ‌ها در دوره اندازه گیری}} \times \text{دوره اندازه گیری}$$

$$T = \frac{\text{تعداد پیچ‌ها در روز}}{\text{تعداد پیچ‌ها در دوره اندازه گیری}} \times \text{دوره اندازه گیری}$$

بنابراین زمان مواجهه‌ی روزانه ۴۰۰۰ ثانیه است یعنی ۱ ساعت و ۷ دقیقه (1/1h) و بزرگی ارتعاش، a_{hv} ۱۴/۶ است، بنابراین مواجهه ارتعاشی روزانه $A(۸)$ برابر است با:

$$A_{(8)} = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} = 14.6\sqrt{\frac{1.1}{8}} = 5.4 m/s^2$$



شکل ۴- اندازه‌گیری دوره- ثابت تک ضربه یا تک انفجارهای عملیاتی ابزار

راهنما

مدت‌زمان مواجهه = (دوره اندازه‌گیری × تعداد ضربه‌ها در روز) تقسیم بر تعداد ضربه‌ها در دوره‌ی اندازه‌گیری

۱ دوره اندازه‌گیری

۲ زمان

۳ a_{hv} اندازه‌گیری شده

مثال ۵- در این مثال، مواجهه روزانه‌ی ارتعاشی ناشی از سه وظیفه جداگانه است. در محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش هر سه وظیفه به‌صورت جداگانه برای محاسبه مواجهه ارتعاشی وظیفه شغلی موردبررسی قرار می‌گیرد. در این شرایط مناسب است که از روش‌های متفاوت ارزیابی برای هر وظیفه استفاده کنیم.

کارگران جنگل بانی بخش اول فعالیتشان را در روز کاری با استفاده از اره‌های برسی انجام می‌دهند، این فعالیت به‌طور میانگین ۲ ساعت طول می‌کشد، قسمت دوم وظیفه آن‌ها توسط یک اره زنجیری برای قطع درختان انجام می‌شود، و سپس شاخه‌های روی کنده درختان برداشته می‌شوند. روزانه ۳۰ درخت قطع و شاخه‌های آن‌ها برداشته می‌شود. الگوی مواجهه ارتعاشی مشابه با شکل ۵ است. ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش را می‌توان با تقسیم نمودن روز کاری به سه وظیفه انجام داد:

عملیات برش برسی[۱]، قطع کردن[۲] و شاخه زدایی[۳]

برای عملیات اول کار به‌طور پیوسته ۲ ساعت طول می کشد. بزرگی ارتعاش اندازه‌گیری شده در چندین دوره نمونه‌گیری در حین کار، برابر با ۴/۶ $\frac{m}{s^2}$ بوده است. مواجهه ارتعاش جزئی، $A_{brash-saw}(8)$ به‌صورت ذیل به دست می‌آید:

$$A_{brushsaw}(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} = 4.6\sqrt{\tfrac{2}{8}} = 2.3m/s^2$$

استفاده از اره زنجیری برای قطع کردن هر درخت به‌طور متوسط ۲ دقیقه طول می کشد یعنی جمعاً یک ساعت برای ۳۰ درخت، میانگین بزرگی ارتعاش اندازه‌گیری شده در طول این دوره نیز ۶ $\frac{m}{s^2}$ است بنابراین برای اره زنجیری نیز مواجهه ارتعاشی جزئی برابر است با:

$$A_{felling}(8) = 6.0\sqrt{\tfrac{1}{8}} = 2.1m/s^2$$

و شاخه زدایی هر درخت قطع‌شده به‌طور متوسط ۴ دقیقه به طول می‌انجامد. یعنی ۲ ساعت برای ۳۰ درخت. بزرگی ارتعاش ناشی از این وظیفه نیز برابر با ۳/۶ $\frac{m}{s^2}$ بود. بنابراین مواجهه ارتعاشی جزئی برای شاخه‌زدایی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$A_{stripping}(8) = 3.6\sqrt{\tfrac{2}{8}} = 1.8m/s^2$$

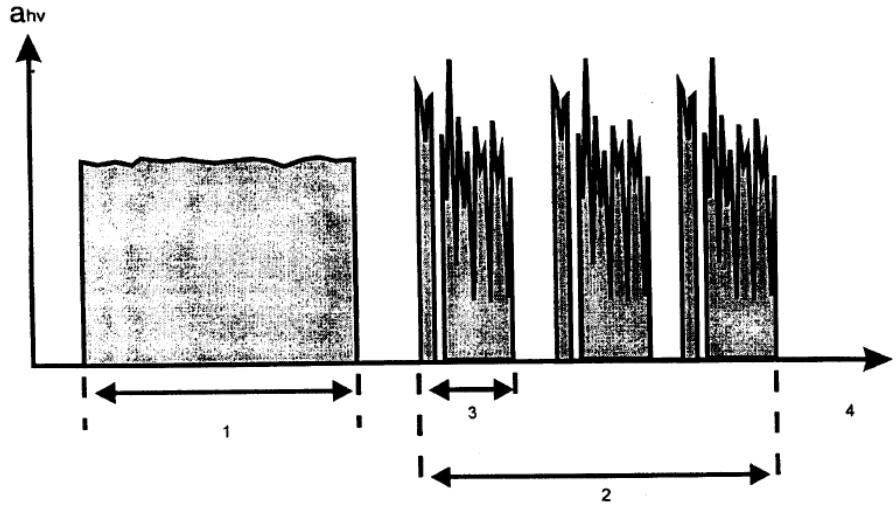
مواجهه‌های ارتعاشی جزئی از هر سه وظیفه شغلی که در مواجهه روزانه با ارتعاش نقش داشته‌اند، را می‌توان با استفاده از رابطه زیر برای محاسبه $A(۸)$ کل مواجهه روزانه، ترکیب نمود.

$$A(8) = \sqrt{A_{brushsaw}(8)^2 + A_{felling}(8)^2 + A_{stripping}(8)^2}$$

$$= \sqrt{(2.3)^2 + (2.1)^2 + (1.8)^2} = 3.6m/s^2$$

---

۱ brush saw
۲ felling
۳ stripping



Key

1 Tool 1
2 Tool 2
3 Work cycle
4 Time

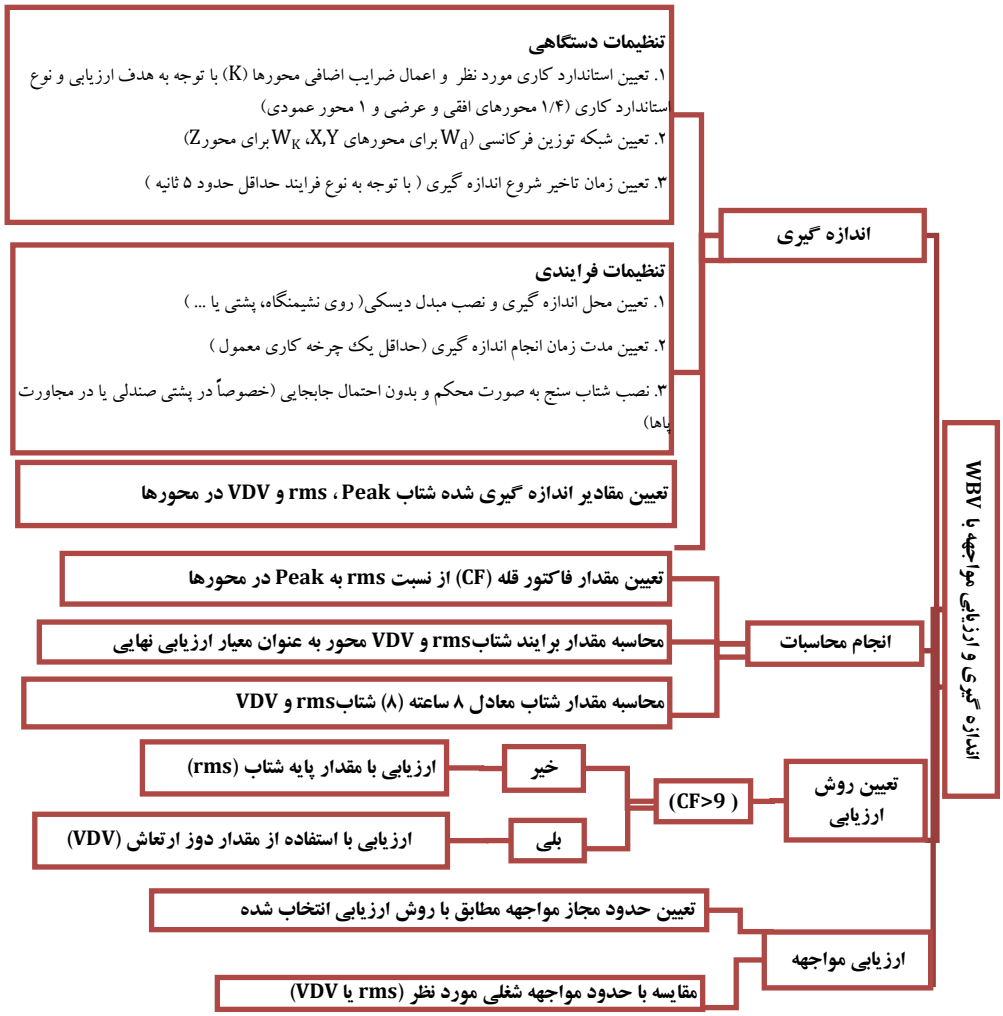
شکل ۵- ارزیابی مواجهه در شرایطی که بیشتر از یک ابزار وجود داشته باشد.

ارتعاش تمام بدن

ملاحظات اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن [۱] (WBV)

به‌طور خلاصه مراحل انجام پایش مواجهه با ارتعاش تمام بدن در شکل زیر ارائه‌شده است روش انجام هر یک از مراحل در ادامه این بخش ارائه شده است.

[۱] Whole Body Vibration (WBV)



شکل ۱ – نموگرام اندازه‌گیری و ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه با ارتعاش تمام بدن

اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش تمام بدن

کلیات

این بخش مطابق با استاندارد ISO ۲۶۳۱ روش‌های اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن ناشی از ارتعاشات دوره‌ای[۱]، جاری[۲] و تصادفی[۳] را تعریف و فاکتورهای اصلی برای تعیین سطح مواجهه قابل‌قبول را بیان می‌کند. محدوده فرکانسی موردنظر از ۰/۵ تا ۸۰ هرتز در ارزیابی اثرات بهداشتی، آسایش و احساس است. لازم به ذکر است روش کار ارائه‌شده در این بخش را نبایستی برای ارزیابی تک شوک‌های با دامنه بی‌نهایت مانند آنچه در تصادفات رانندگی رخ می‌دهند بکار برد.

این بخش برای ارتعاشاتی که از طریق یک سطح حمایت‌کننده به بدن انسان منتقل می‌شود قابل‌اجراست. که معمولاً در وسایل نقلیه، در ماشین‌آلات، در ساختمان‌ها و در مجاورت دستگاه‌های صنعتی دیده شده است.

همان‌طور که در موضوع ارتعاش دست – بازو اشاره شد کمیت مورداستفاده جهت توصیف بزرگی ارتعاش انسانی ریشه میانگین مربعات (rms) شتاب وزن یافته‌ی فرکانسی است که با واحد متر بر مجذور ثانیه $\frac{m}{s^2}$ بیان می‌شود. اما در ارتباط با ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن کمیت دیگری تحت عنوان مقدار دوز ارتعاش[۴] (VDV) نیز مورداستفاده می‌گیرد که تنها کمیت تجمعی است که صرفاً در بحث ارتعاش انسانی به کار می‌رود و با واحد متر بر مجذور ثانیه $\frac{m}{s^{1.75}}$ بیان می‌شود. سایر کمیت‌های مورداستفاده در این زمینه مانند شتاب پیک نیز ازآنجاکه ماهیت شتاب دارند لذا برحسب $\frac{m}{s^2}$ بیان می‌شوند.

محور اندازه‌گیری

شتاب ارتعاش کمیتی جهت‌دار با بزرگی متغیر است که برحسب m/s^2 بیان می‌شود. ارتعاش بایستی بر اساس سیستم مختصات اصلی و در نقطه‌ای که ارتعاش قابل‌توجهی به بدن وارد می‌شود اندازه‌گیری شود. شتاب سنجی در محورهای مختصاتی اصلی تا جایی که امکان‌پذیر است بایستی باهم به‌صورت هم‌زمان انجام شود. سیستم مختصات بیودینامیکی مورد استفاده برای اندازه‌گیری شتاب در شکل ۲ نشان داده‌شده است. روش کار توصیف‌شده در این کتاب جهت ارزیابی شتاب‌های منتقل‌شده به اپراتور

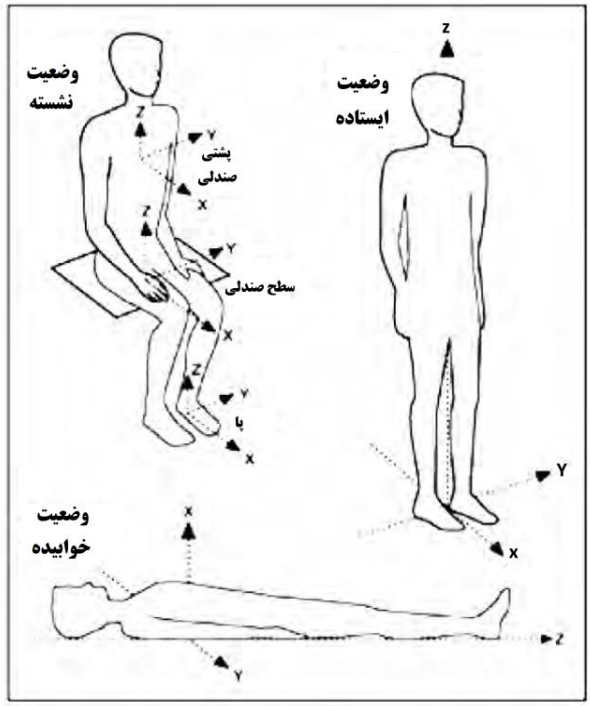
---

۱ periodic
۲ transient
۳ Random
۴ Vibration Dose Value

یا شاغلینی است که بر روی صندلی به‌صورت عمودی نشسته باشند. دیگر وضعیت و محورهای تعریف‌شده در شرایط مختلف در (ISO 2631-1, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳) اشاره‌شده است.

شبکه‌های توزین فرکانسی

در ارتعاش تمام بدن محدوده فرکانسی حائز اهمیت از ۰/۵ تا ۸۰ هرتز است اما چون‌که ریسک صدمات در همه فرکانس‌ها برابر نیستند، یک باند توزین فرکانسی[۱] جهت بیان احتمال صدمات در فرکانس‌های مختلف ارائه‌شده است. اندازه‌گیری شتاب وزن یافته فرکانسی، نیاز به استفاده از پالایه‌های توزین فرکانس و محدودکننده‌های باندهای فرکانسی دارد. دو شبکه وزن دهی فرکانسی، w_k برای ارتعاش عمودی(z) و w_d برای ارتعاشات افقی و عرضی(x,y)، به‌منظور پیش‌بینی اهمیت فرکانس‌های ۰/۵ تا ۸۰ هرتز در برآورد اثرات بهداشتی در انسان مورداستفاده هستند. اطلاعات تکمیلی در این زمینه را در ضمیمه ب ببینید.



شکل ۲. سیستم محورهای بیودینامیک برای حالت خوابیده، نشسته و ایستاده (ISO, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰)

۱ frequency weighting

ملاحظات تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش

برای سنجش مواجهه انسانی باید سه شتاب سنج مستقل سبک (یا یک شتاب سنج سه محوره) که حساسیت بین محوری آن‌ها کمتر از ۱۰٪ باشد، در داخل مرکز یک دیسک لاستیکی سخت مطابق با ISO ۱-۱۰۳۲۶ قرار گیرد. کل وزن این دیسک لاستیکی، شتاب‌سنج‌ها و کابل‌ها و اتصالات مرتبط آن نباید از ۴۰۰ گرم تجاوز نماید.

به‌منظور ارزیابی خطرات ارتعاش، باید حداقل یک شتاب سنج تمام بدن تعبیه‌شده درون دیسک لاستیکی بر روی کفی صندلی و نشیمنگاه راننده قرار بگیرد. شتاب سنج تعبیه‌شده در صفحه لاستیکی دیگر را می‌توان بین کمر و پشتی صندلی قرار داد. صفحه لاستیکی دوم به‌ویژه برای ارزیابی آسایش موردتوجه است (ISO ۲۰۰۳ ۱-۲۶۳۱).

محل اندازه‌گیری و نصب شتاب سنج

مبدل ارتعاشی باید به‌طور مناسب بین بدن انسان و منبع ارتعاشی قرار گیرد. ارتعاشی که به بدن منتقل می‌شود باید بر روی سطحی، بین بدن و سطح مرتعش اندازه‌گیری شود. ناحیه اصلی تماس بین بدن و سطح مرتعش ممکن است همیشه واضح و آشکار نباشد. ISO 2631 برای افراد نشسته سه ناحیه اصلی شامل سطح حمایت‌کننده نشیمنگاه یا صندلی، پشتی صندلی و پاها را به کار می‌برد. اندازه‌گیری بر روی سطح حمایت‌کننده صندلی بایستی در محل برآمدگی ورکی[۱] (بین ران و نشیمنگاه) باشد. اندازه‌گیری پشتی صندلی بایستی در محدوده اصلی حمایت‌کننده بدن انجام گیرد. اندازه‌گیری در پاها نیز بایستی در محلی که پاها اکثراً در آن محدوده قرار دارند انجام گیرد. روش معمول نصب شتاب‌سنج‌ها در اندازه‌گیری ارتعاش صندلی در ISO ۱۰۳۲٦-۱ ارائه‌شده است.

مدت‌زمان اندازه‌گیری[۲]

مدت‌زمان اندازه‌گیری باید به‌اندازه‌ای باشد که از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شود و درواقع ارتعاش اندازه‌گیری شده باید منعکس‌کننده مواجهه معمول اپراتور باشد. مدت‌زمان اندازه‌گیری بایستی حتماً گزارش گردد. درجایی که کل مواجهه شامل دوره‌های متفاوت با مشخصات ارتعاشی مختلفی است تجزیه‌وتحلیل جداگانه هریک از دوره‌های مختلف موردنیاز است. برای سیگنال‌های تصادفی ثابت، صحت اندازه‌گیری به پهنای باند پالایه و مدت‌زمان اندازه‌گیری‌ها بستگی دارد به‌عنوان‌مثال برای تعیین

---

۱ Ischia tuberosities

۲ duration of measurement

خطای اندازه‌گیری کمتر از ۳ دسی‌بل با سطح اطمینان ٪۹۰ زمانی که تجزیه‌وتحلیل در ⅓ اکتاو باند انجام شود نیاز به حداقل زمان اندازه‌گیری ۱۰۸ ثانیه برای یک فرکانس حد پایین LLF[۱]، ۱ هرتزی و۲۲۷ ثانیه برای یک LLF، ۰/۵ هرتزی است. به‌عنوان یک قاعده سرانگشتی باید زمان اندازه‌گیری حداقل یک دوره کامل چرخه شغلی یا مسیر راهبری را پوشش دهد.

معیار تعیین روش ارزیابی (فاکتور قله)

مقادیر حدود مجاز و عمل توصیه‌شده مطابق با شتاب rms برای فاکتورهای قله ۹ یا کمتر معتبر هستند (ISO ۲۶۳۱:۱۹۹۷, ۲۰۰۳). فاکتور قله به‌عنوان قدر مطلق نسبت حداکثر مقدار آنی پیک [۲] سیگنال شتاب وزنی فرکانسی به مقدار rms تعریف شده است. درصورتی‌که فاکتور قله از ۹ تجاوز نماید، ممکن است مقادیر تعریف‌شده برای حدود مجاز یا اقدام مواجهه اثرات ارتعاش را کمتر از مقدار واقعی پیش‌بینی نمایند و به همین دلیل باید جانب احتیاط در این شرایط رعایت گردد. بدین‌جهت به هنگام مواجهه با ارتعاش تمام بدن باید فاکتور قله محاسبه گردد تا در صورت لزوم علاوه بر مقدار شتاب مؤثر، از روش مقدار دوز ارتعاش (VDV[۳]) جهت ارزیابی ثانویه و تکمیلی استفاده شود.

روش‌های ارزیابی مواجهه

الف– روش ارزیابی پایه[٤] با استفاده از ریشه میانگین مربعات شتاب وزن یافته

ارزیابی ارتعاش مطابق با توصیه ISO ۲۶۳۱ همیشه بایستی بر اساس شتاب (r.m.s) وزن یافته انجام گیرد. شتاب rms (ریشه میانگین مربعات) برحسب m/s^2 برای ارتعاش خطی و راد بر مجذور ثانیه برای ارتعاشات دورانی است شتاب rms وزن یافته بایستی طبق معادله زیر یا معادل با آن در دامنه فرکانسی مربوط محاسبه شود.

(رابطه ۱)

$$a_w = \sqrt{\frac{۱}{T}((a_{w\,۱}{}^۲ \times t_۱) + (a_{w\,۲}{}^۲ \times t_۲) + \cdots + (a_{w\,n}{}^۲ \times t_n))}$$

$a_{w\,1,2,\ldots n}$: شتاب rms وزن یافته فرکانسی مربوط به هر یک از بازه‌های زمانی t برای مواجهه روزانه برحسب $\frac{m}{s^۲}$

---

۱ lower limiting frequency
۲ Maximum Instantaneous Peak Value
۳ Vibration Dose Value
٤ Basic Evaluation Method

T و t به ترتیب کل زمان مواجهه و طول زمان مواجهه در انجام هر زیر وظیفه شغلی برحسب ثانیه، دقیقه یا ساعت

ب- روش استفاده از مقدار دوز ارتعاش[۱](VDV)

با استناد به بخش(۶,۳ ,۱-۲۶۳۱ ISO, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳) روش شتاب مؤثر وزن یافته که در بالا توضیح داده شد، ممکن است اثرات شتاب‌های ارتعاش با فاکتور قله بالاتر از ۹ را کمتر از مقدار واقعی تخمین بزند. ارتعاشات گذرا[۲] و ارتعاشاتی که همراه با شوک‌های ناگهانی متعدد هستند نمونه‌هایی از این ارتعاشات هستند. در این شرایط روش ارزیابی ثانویه‌ای توسط ISO علاوه بر روش شتاب rms، تحت عنوان مقدار توان چهارم دوز ارتعاش (VDV) ارائه شده است. مقدار دوز ارتعاش برای هر محور را می‌توان از طریق رابطه ۲ محاسبه نمود:

$$VDV = k_l((a_{w\,1}(t_1)^4 + (a_{w\,2}(t_2)^4 + \cdots + (a_{w\,n}(t_n)^4)^{\frac{1}{4}} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که a_w مقدار شتاب rms وزن یافته در بازه‌های زمانی t مختلف و k_l ضریب اضافی آن محور با توجه به هدف ارزیابی است. قابل‌ذکر است که برخلاف شتاب وزن یافته کل که توسط رابطه ۱ محاسبه می‌گردد، VDV به مدت‌زمان اندازه‌گیری بستگی دارد.

روش VDV را نباید به‌منظور ارزیابی مواجهه با زمان‌های بیش از ۸ ساعت به کار گرفت. اطلاعات بیشتر در ارتباط با VDV را در ضمیمه ب ببینید.

ترکیب محورها

مشابه با آنچه در مورد ارتعاش دست بازو اشاره شد در اینجا نیز سیگنال ورودی جهت‌دار بوده و در هر سه جهت مختصاتی یا بیودینامیکی منتشر می‌شود. مقادیر شتاب rms وزن یافته فرکانسی برای محورهای x، y و z به ترتیب به‌صورت a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} گزارش می‌شوند.

در ارتعاش تمام بدن ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه بر اساس برآیند سه محور انجام می‌شود. مقدار ارتعاش کلی[۳] a_v ، که در اینجا به‌اختصار a_v نامیده می‌شود، به‌صورت ریشه‌ی مجموع مربعات مقادیر اندازه‌گیری شده محورهای سه‌گانه با اعمال ضرایب اضافی مربوط به هر محور تعریف می‌شود:

---

۱ Vibration Dose Value
۲ Transient
۳ Vibration Total Value

$$a_v = a_v = \left((k_x a_{wx})^2 + (k_x a_{wy})^2 + (k_z a_{wz})^2\right)^{\frac{1}{2}}$$ (رابطه ۳)

نکته: در شرایطی که روش ارزیابی VDV بکار می‌رود رابطه فوق به‌صورت زیر بکار خواهد رفت:

$$a_v = \left((k_x VDV_{wx})^4 + (k_x VDV_{wy})^4 + (k_z VDV_{wz})^4\right)^{\frac{1}{4}}$$ (رابطه ۴)

که $VDV_{w\,x,y,z}$، $a_{w\,x,y,z}$ به ترتیب شتاب rms یا VDV وزن یافته در محورهای x، y و z هستند. k_x ، k_y و k_zضرایب مربوطه در هر یک از محورهای مختصاتی می‌باشند. در ارزیابی اثرات بهداشتی ضرایب اعمالی K ، برای محورهای X,Y برابر با ۱/۴ و برای محور Z برابر با ۱ است. مقدار برآیند یا جمع برداری ارتعاش معمولاً در بیشتر شرایط به‌عنوان معیار نهایی ارزیابی بکار می‌رود.

دقت شود که ضرایب اضافی صرفاً یک مرحله اعمال گردند و موضوع دیگر این است که خود ضرایب نیز در محاسبات باید به توان ۲ برسند. در بسیاری از تجهیزات اندازه‌گیری امروزه پس از تعیین استاندارد کاری این ضرایب اضافی به‌صورت خودکار در نتایج خروجی اعمال می‌شوند و نباید مجدداً اعمال گردند .

تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه

درصورتی‌که مواجهه با ارتعاش شامل مواجهه با مقادیر بزرگی متفاوت ارتعاش در دوره‌های زمانی مختلف و در یک محدوده زمانی ۲۴ ساعته باشد، مقدار انرژی معادل شتاب وزن یافته برای هر محور را می‌توان مطابق با (۱۹۹۷،۲۰۰۳،۲۰۱۰) ISO 2631-1 به‌صورت زیر محاسبه نمود:

$$a_{wl} = \frac{(a_{wl\,1}^2 . t_1) + (a_{wl\,2}^2 . t_2) + \cdots + (a_{wl\,n}^2 . t_n)}{(t_1 + t_2 + \cdots + t_n)}$$ (رابطه ۵)

$a_{wl\ 1,2,\ldots,n}$= مقدار معادل شتاب وزن یافته کل در محور موردنظر (ms^{-2} rms)

a_{wl}= مقدار کل شتاب وزن یافته در هر محور موردنظر در آن بازه زمانی (ms^{-2} rms)

t= مدت‌زمان مواجهه برای هر دوره (s)

در صورت نیاز به محاسبه مواجهه روزانه (در طول یک دوره ۲۴ ساعته) می‌توان از طریق رابطه ۶ ، مقدار آن را برای زمان مرجع ۸ ساعت استانداردشده محاسبه نمود:

(رابطه ٦)

$$\frac{m}{s^2}A(8) = \sqrt{\frac{(a_{w1}^2.t_1)+(a_{w2}^2.t_2)+\cdots+(a_{wn}^2.t_n)}{8}}$$

(۸) a_w = مواجهه روزانه (۸ ساعته) با ارتعاش برای هر جهت

a_{wlj}= مقدار کل شتاب مؤثر وزن یافته برای جهت موردنظر در دوره زمانی Tj

T_0= مدت‌زمان رفرنس (۸ ساعت یا ۲۸۸۰۰ ثانیه)

مقدار شتاب اندازه‌گیری شده در بازه زمانی مختلف را می‌توان با استفاده از رابطه ۷ به شتاب معادل ۸ ساعته تبدیل نمود.

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T_v}{T_0}} \qquad \text{(رابطه ۷)}$$

که T_v کل مدت‌زمان روزانه‌ی مواجهه با ارتعاش a_{hv} و T_0 دوره زمانی مرجع که معمولاً برای زمان مواجهه برابر با ۸ ساعت (۲۸۸۰۰ ثانیه) در نظر گرفته می‌شود. برای مشاهده نمونه‌های مربوط به تعیین مواجهه در شرایط مختلف نمونه‌های انتهایی در ضمیمه الف را ببینید.

زمانی که مواجهه ارتعاشی شامل دو یا چند دوره زمانی، i، با بزرگی‌های متفاوت باشد مقدار دوز ارتعاشی برای کل مواجهه بایستی از ریشه چهارم تک‌تک مقادیر دوز ارتعاش محاسبه شود :

$$VDV_{total} = (VDV_1^4 + VDV_2^4 + \cdots + VDV_n^4)^{\frac{1}{4}} \qquad \text{(رابطه ۸)}$$

دقت شود که در این شرایط با توجه به ماهیت تجمعی VDV ، مدت زمان در رابطه وجودندارد و در درون هر یک از VDV ها نهفته است.

حدود مجاز مواجهه با ارتعاش تمام بدن

همان‌طور که گفته شد ارزیابی نهایی مواجهه باید یا بر اساس مقادیر rms و یا VDV صورت پذیرد. حدود مواجهه شغلی (OEL) برای فرکانس‌های مرکزی یک‌سوم اکتاو باند در محدوده فرکانسی رزونانس بدن انسان برای مدت‌زمان‌های کاری مختلف روزانه با توجه به بزرگی شتاب rms وزن یافته و زمان مواجهه با ارتعاش تمام بدن (WBV) در جدول ۱ ارائه شده است. حدود اقدام (AL) مواجهه شغلی در فرکانس‌های مرکزی یک‌سوم اکتاو باند در جدول ۱ با توجه به بزرگی شتاب rms وزن یافته و زمان مواجهه با ارتعاش مکانیکی تمام بدن (WBV) منتقل به بدن ارائه شده است.

جدول ۱- حدود مواجهه شغلی (OEL) و سطوح اقدام (AL) بر اساس روش ارزیابی پایه (شتاب rms وزن یافته فرکانسی) مطابق با ISO 2631-1

مدت‌زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)	شتاب وزن یافته فرکانسی ($a_{w\,(rms)}$) (m/s^2)	
	حد اقدام (AL)	حد مواجهه شغلی (OEL)
۰/۱۶۶۷ (۱۰ دقیقه)	۳	۶
۰/۵ (۳۰ دقیقه)	۱/۷۳	۳/۴۶
۱	۱/۲۳	۲/۴۵
۲	۰/۸۷	۱/۷۳
۴	۰/۶۱	۱/۲۳
۸	۰/۴۳	۰/۸۷
۲۴	۰/۲۵	۰/۵
رابطه تعیین مقدار OEL در زمان موردنظر T (ساعت)		$a_{w\,(OEL)} = \frac{۲.۴۵}{\sqrt{T}} \quad (m/s^۲\ rms)$
رابطه تعیین مقدار AL در زمان موردنظر T (ساعت)		$a_{w\,(AL)} = \frac{۱.۲۳}{\sqrt{T}} \quad (m/s^۲\ rms)$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL		$T = \frac{۶}{a^۲_{w\,(OEL)}}$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL		$T_v = \frac{۱.۵}{a^۲_{w\,(AL)}}$

حدود مواجهه شغلی (OEL) و حدود اقدام (AL) در زمان‌های مختلف کاری روزانه بر اساس روش ارزیابی VDV نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

به‌طورجدی توصیه می‌گردد که جهت کاهش مواجهه اپراتورها و شاغلین با ارتعاش در یک دوره ۲۴ ساعته اقداماتی انجام گردد تا مقدار مواجهه در محدوده مجاز و در ناحیه راهنمای احتیاطی توصیه‌شده توسط ISO , ANSI قرار گیرد. این محدوده در استاندارد ISO 2631 ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی (HGCZ[۱]) نامیده می‌شود و حدفاصل AL و OEL است. قابل‌ذکر است که اثرات ناشناخته روان‌شناختی و فیزیولوژیک مربوط به ریسک بهداشتی ناشی از ارتعاش ممکن است وابسته به حساسیت

[۱] Health Guidance Caution Zone

افراد متفاوت باشد. بنابراین مادامی‌که از این حدود استفاده می‌شود، نباید آن‌ها را به‌عنوان مرز قطعی بین ایمنی و خطر تلقی نمود. اطلاعات بیشتر در ارتباط با حدود مواجهه را در ضمیمه ب ببینید.

جدول ۲- حدود مواجهه شغلی (OEL) و سطوح اقدام (AL) بر اساس روش ارزیابی بر اساس مقدار دوز ارتعاش (VDV) مطابق با ISO 2631-1

مدت‌زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)	VDV وزن یافته فرکانسی (VDV_w) $(m/s^{1.75})$	
	حد اقدام (AL)	حد مواجهه شغلی (OEL)
۰/۱۶۶۷ (۱۰ دقیقه)	۲۲/۳۸	۴۴/۷۶
۰/۵ (۳۰ دقیقه)	۱۷	۳۴
۱	۱۴/۳	۲۸/۶
۲	۱۲	۲۴
۴	۱۰/۱	۲۰/۲۲
۸	۸/۵	۱۷
رابطه تعیین مقدار OEL در زمان موردنظر T (ساعت) رابطه تعیین مقدار AL در زمان موردنظر T (ساعت) رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL برای VDV اندازه‌گیری شده رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL برای VDV اندازه‌گیری شده		$VDV_{(OEL)} = \frac{۲۸.۶}{\sqrt[۴]{T}} \quad (m/s^{۱.۷۵}\ rms)$ $VDV_{(AL)} = \frac{۱۴.۳}{\sqrt[۴]{T}} \quad (m/s^{۱.۷۵}\ rms)$ $T_{OEL} = ۸(\frac{۱۷}{VDV_{mesu}})^{۴} \quad (hrs)$ $T_{OEL} = ۸(\frac{۸.۵}{VDV_{mesu}})^{۴} \quad (hrs)$
*روش VDV را نباید به‌منظور ارزیابی مواجهه با زمان‌های بیش از ۸ ساعت به کار گرفت.		

ضمیمه ب

ب -۱ - نکات تکمیلی

خلاصه‌ای از روش کار پردازش داده‌ها شامل محاسبه شتاب rms توزین شده در هر جهت (x, y, z) به‌منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مطابق با (ISO ۲۶۳۱, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰) به شرح ذیل است:

الف) توصیه می‌شود که به‌منظور شناسایی فرکانس‌هایی که حداکثر مقادیر شتاب در آن‌ها اتفاق می‌افتد، از فنون پردازش سیگنال برای ایجاد محتوای طیفی استفاده شود. این طیف را می‌توان به‌صورت باند فرکانسی باریک با پهنای ثابت یا باندهای نسبی ایجاد کرد اما نباید پهنای باند بزرگ‌تر از یک‌سوم اکتاو باند باشد.

ب) برای ارزیابی اثرات بهداشتی اپراتورها یا شاغلین مواجه با ارتعاش تمام بدن در وضعیت نشسته، اندازه‌گیری‌های شتاب ارتعاش باید حداقل برای هر جهت در سطح نشیمنگاه و با استفاده از روش ارزیابی پایه (شتاب rms) و با اعمال فاکتورهای توزین فرکانسی و ضرایب اضافی محوری مطابق با ISO ۱-۲۶۳۱ (۱۹۹۷،۲۰۰۳،۲۰۱۰) انجام گیرد. این امر همان‌طور که ذکر شد با استفاده از باندهای باریک فرکانسی یا یک‌سوم اکتاو باند به‌صورت تغییرات مقادیر بزرگی در دامنه زمانی یا دامنه فرکانسی سیگنال قابل انجام است. منحنی‌های توزین فرکانس برای تعیین ریسک بهداشتی انسانی در شکل ۳ نمایش داده‌شده است. ضرایب اضافی (k_l) برای برآورد ریسک بهداشتی برای هر محور در استاندارد ISO ۲۶۳۱ تعیین‌شده است که ذیلاً اشاره می‌گردد. گستره فرکانسی موردنظر در برآورد ریسک بهداشتی WBV Hz ۸۰- ۰/۵ در هر محور است. از رابطه ب-۱ جهت محاسبه مقدار کل شتاب rms وزن یافته در دامنه زمانی برای هر جهت استفاده می‌شود:

$$a_{wl} = k_l \left[\frac{1}{T} \int_o^T a_{wl}^2(t)dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

(رابطه ب – ۱)

محاسبات در دامنه فرکانسی به‌صورت ذیل است:

$$a_{wl} = k_l (\sum [W_{li} a_{li}]^۲)^{\frac{۱}{۲}}$$

(رابطه ب – ۲)

a_{wl}= مقدار کل شتاب rms وزن یافته در هر محور (x, y, z) برحسب متر بر مجذور ثانیه

k_l= ضرایب اعمالی برای هر محور (k=۱ for z،k=۱،٤ for x and y)

$a_{wl}(t)$ = شتاب وزن یافته به‌عنوان تابعی از زمان بین ۰/۵ –۸۰ Hz برحسب m/s^2

T = دوره اندازه‌گیری (ثانیه)

W_{li}= وزن دهی فرکانسی برای محور l در باند فرکانسی باریک یا فرکانس مرکزی یک‌سوم اکتاو باند،i، از ۰/۵ –۸۰ Hz

a_{li}= مقدار شتاب rms برای محور l در باند فرکانسی باریک یا فرکانس مرکزی یک‌سوم اکتاو باند،i، از ۰/۵ –۸۰ Hz

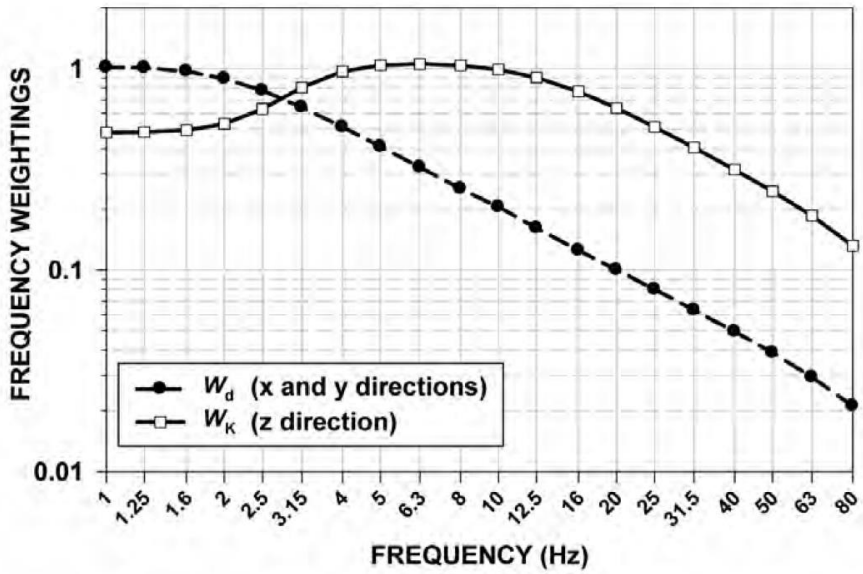
درصورتی‌که مواجهه با ارتعاش شامل مواجهه با مقادیر بزرگ متفاوت ارتعاش در دوره‌های زمانی مختلف و در یک محدوده زمانی ۲۴ ساعته باشد، مقدار انرژی معادل شتاب وزن یافته برای هر محور را می‌توان مطابق با ISO ۱-۲۶۳۱ (۱۹۹۷،۲۰۰۳،۲۰۱۰) به‌صورت زیر محاسبه نمود:

$$a_{wl,e} = \left[\frac{\Sigma(a_{wlj}^{2}.T_j)}{\Sigma T_j}\right]^{\frac{1}{2}}$$ (رابطه ب– ۳)

$a_{wl,e}$= مقدار معادل شتاب وزن یافته کل در محور موردنظر l $(ms^{-2}\ rms)$

a_{wlj}= مقدار کل شتاب وزن یافته در هر محور موردنظر برای دوره زمانی **j** $(ms^{-2}\ rms)$ (از رابطه ۱ یا ۲)

T_j= مدت‌زمان مواجهه برای هر دوره j (s)



شکل ۳. شبکه توزین فرکانسی W_d (برای محورهای x و y) و W_k (برای محور z, ۱۹۹۷ iso)

دوز ارتعاش مقداری است که تنها برای اندازه‌گیری‌های ارتعاش انسانی به کار می‌رود. این کمیت در نتیجه تحقیقات تجربی به‌دست‌آمده است. این تحقیقات نشان داده که بین بزرگی ارتعاش و حالت عدم آسایش و اثرات بهداشتی رابطه توان چهارم وجود دارد. بنابراین، این کمیت بیشتر از شتاب مؤثر، بر شوک‌ها تأکید و توجه دارد. تفاوت دیگر بین شتاب مؤثر و دوز ارتعاش این است که دوز ارتعاش اغلب خاصیت تجمعی داشته و در طول مدت‌زمانی که بزرگی ارتعاش کم می‌شود و یا به صفر می‌رسد، کاهش نمی‌یابد. بعلاوه مواجهه با ارتعاش دائمی باعث می‌شود که دوز ارتعاش به‌طور پیوسته افزایش یابد درحالی‌که شتاب مؤثر ثابت می‌ماند. هنگام استفاده از این روش، به‌منظور حفاظت افراد از اثرات ارتعاش، مقدار مواجهه در هیچ‌یک از محورها نباید از $17\ ms^{-1.75}$ فراتر رود. به‌طور اکید توصیه می‌شود که اقداماتی به‌منظور کاهش سطح ارتعاش بر اساس VDV در رساندن میزان مواجهه به مرز احتیاطی $8/5\ ms^{-1.75}$ تا ۱۷ (HGCZ) اجرا گردد.

اعداد ارائه‌شده OEL در جداول ۱ و ۲ مطابق با مرز بالایی ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی تعریف‌شده توسط ISO ۲۶۳۱-۱, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰ است. همان‌طور که ذکر شد OEL به حداکثر شتاب وزن یافته برای یک دوره زمانی خاص اشاره دارد که چنانچه اپراتورها و راکبین وسایل نقلیه زمینی، هوایی و دریایی به‌طور مکرر در طول یک دوره ۲۴ ساعته مواجهه در مواجهه با آن قرار گیرند، احتمال

بروز اثرات بهداشتی در اکثر ایشان اندک است. مقادیر AL منطبق بر مرز پایینی ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی تعریف‌شده توسط ISO 2631-1, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰ است. با توجه به ضمیمه ISO B ۱-۲۶۳۱, ۱۹۹۷،۲۰۰۳ درصورتی‌که مقدار مواجهه اپراتورها و شاغلین در طول یک دوره ۲۴ ساعته بین دو مرز پایین (OEL) و بالای (AL) در جدول ۱ قرار بگیرد، پتانسیل بروز اثرات بهداشتی وجود دارد و این محدوده در حقیقت همان ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی یا HGCZ تعریف‌شده ISO است. حدود مجاز و اقدام شغلی مذکور نباید در سازه‌های دریایی، کشتی‌های بزرگ یا ساختمان‌های ثابت به کار گرفته شود. خلاصه‌ای از روند تحلیل داده‌ها در این شرایط به شرح ذیل است:

اگر شتاب rms وزن یافته کل (a_{wl} یا $a_{wl,e}$) در هر محور یا مقدار کل ارتعاش (a_v) از مقادیر ارائه‌شده در جدول ۱ یا ۲ (OEL) فراتر رود یا با آن برابر باشد، آنگاه مواجهه فرد برای آن مدت‌زمان معین بیش‌ازحد مجاز تفسیر می‌گردد.

اگر شتاب rms وزن یافته کل در یک محور با کمترین زمان مواجهه از حدود تعریف‌شده در جدول ۱ عبور نماید، این مدت‌زمان به‌عنوان مدت‌زمان مجاز مواجهه تعیین می‌گردد، مگر اینکه مقدار ارتعاش کل استفاده شود، که در این صورت قطعاً زمان محاسبه‌شده مجاز بر اساس مقدار برآیند محورها کوتاه‌تر خواهد بود. توصیه می‌شود که علاوه بر مقدار شتاب کل، شتاب‌های وزن یافته هر محور نیز به‌صورت مجزا گزارش گردد.

گزارش وضعیت ارتعاش

این بخش طبق توصیه ISO ۲۶۳۱ به‌منظور ساده‌سازی و استاندارد کردن گزارش دهی، مقایسه و ارزیابی وضعیت ارتعاش طراحی شده است.

توصیه می‌شود دامنه و زمان همه مواجهات ارتعاشی ارزیابی‌شده گزارش شوند. اگر روش ارزیابی ثانویه به کار می‌رود (مثل هنگامی‌که فاکتور قله بزرگ‌تر از ۹ باشد) هر دو مقادیر پایه و ثانویه بایستی گزارش گردند. اگر فاکتور قله تعیین‌شده است بایستی زمان اندازه‌گیری نیز حتماً گزارش شود. بهتر است که اطلاعات جزئی بیشتری راجع به شرایط مواجهه ارتعاشی گزارش شود. گزارش‌ها بایستی شامل اطلاعاتی درباره محتوای فرکانس (مثل طیف ارتعاش)، محورهای ارتعاشی، چگونگی تغییرات ارتعاش در طول دوره و هر فاکتور احتمالی دیگر مؤثر بر اثرات ناشی از ارتعاش باشد.

نکته : فاکتورهای دیگری نیز ممکن است بر روی پاسخ انسان به ارتعاش مؤثر باشند: نوع جمعیت (سن، جنس، سایز ، تناسب‌اندام و...)تجربه ، توقعات و انگیزه فردی، تحریک (مثلاً سختی وظیفه محوله)، وضعیت بدن، نوع فعالیت (مثلاً راننده یا مسافر)، گرفتاری‌های مالی .

ب -۲ - مثال‌های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه

مثال۱: یک راننده هر روز یک ساعت با یک لیفتراک کوچک بارگیری کامیون را انجام می‌دهد و ۶ ساعت در حال رانندگی یک کامیون به شرح ذیل است:

مرحله ۱: مقادیر ارتعاش روی صندلی برحسب m/s^2 برابر است با :

محورهای اندازه‌گیری شده	لیفتراک	کامیون
محور x	۰/۵	۰/۲
محور Y	۰/۳	۰/۳
محور Z	۰/۹	۰/۳

مرحله ۲: بنابراین مواجهه روزانه محورهای x،y و z برای کامیون به شرح ذیل است:

$$A_x(8) = 1.4 \times 0.2\sqrt{\frac{6}{8}} = 0.24\frac{m}{s^2}$$

$$A_y\ (8) = 1.4 \times 0.3\sqrt{\frac{6}{8}} = 0.36\frac{m}{s^2}$$

$$A_z(8) = 0.3\sqrt{\frac{6}{8}} = 0.26\frac{m}{s^2}$$

و برای لیفتراک:

$$A_x(8) = 1.4 \times 0.5\sqrt{\frac{1}{8}} = 0.25\frac{m}{s^2}$$

$$A_y(8) = 1.4 \times 0.3\sqrt{\frac{1}{8}} = 0.15\frac{m}{s^2}$$

$$A_z(8) = 0.9\sqrt{\frac{1}{8}} = 0.32\frac{m}{s^2}$$

مرحله ۳: مقدار بزرگی مواجهه در هر محور؛

$$A_x(8) = \sqrt{0.25^2 + 0.24^2} = 0.35 \frac{m}{s^2}$$

$$A_y(8) = \sqrt{0.15^2 + 0.36^2} = 0.39 \frac{m}{s^2}$$

$$A_z(8) = \sqrt{0.32^2 + 0.26^2} = 0.41 \frac{m}{s^2}$$

مرحله ۴: مقدار برآیند محورها برای مواجهه کلی این راننده برابر خواهد بود با :

$$a_w = \sqrt{۰.۳۵ + ۰.۳۹ + ۰.۴۱} = ۰.۶۷ \, m/s^۲$$

لذا مواجهه ۸ ساعته مجموع راننده در محدوده ناحیه HGCZ قرار دارد .

مثال۲: برای راننده مثال قبل با همان شرایط، مقادیر اندازه‌گیری شده VDV به شرح ذیل است، ارزیابی سطح مواجهه را در این وضعیت انجام دهید.

مرحله۱ : مقادیر ارتعاش اندازه‌گیری شده بر روی صندلی در مدت‌زمان ۲ ساعت برای لیفتراک و ۶ ساعت برای کامیون، برحسب $m/s^{1.75}$ به شرح ذیل است :

محورهای اندازه‌گیری شده	لیفتراک	کامیون تحویل
xمحور	۶	۴
Yمحور	۶/۸	۵
Zمحور	۱۲	۸/۹

مرحله ۲: بنابراین مقادیر جزئی VDV در محورهای x،y و z برابر است با :

کامیون	لیفتراک
$VDV_{epx,x,lorry} = 1.4 \times 4 \times (\frac{6}{8})^{\frac{1}{4}} = 5.2\, m/s^{1.75}$	$VDV_{epx,x,lif} = 1.4 \times 6 \times (\frac{2}{8})^{\frac{1}{4}} = 5.9\, m/s^{1.75}$
$VDV_{epx,y,lorry} = 1.4 \times 5 \times (\frac{6}{8})^{\frac{1}{4}} = 6.5\, m/s^{1.75}$	$VDV_{epx,y,lif} = 1.4 \times 6.8 \times (\frac{2}{8})^{\frac{1}{4}} = 6.7\, m/s^{1.75}$
$VDV_{epx,z,lorry} = 8.9 \times (\frac{6}{8})^{\frac{1}{4}} = 8.3\, m/s^{1.75}$	$VDV_{epx,z,lif} = 12 \times (\frac{2}{8})^{\frac{1}{4}} = 8.5\, m/s^{1.75}$

مرحله ۳: مواجهه با ارتعاش روزانه ۸ ساعته برای هر محور برابر است با :

$$VDV_x = (5.9^4 + 5.2^4)^{\frac{1}{4}} = 6.7\, m/s^{1.75}$$

$$VDV_y = (6.7^4 + 6.5^4)^{\frac{1}{4}} = 7.9\, m/s^{1.75}$$

$$VDV_z = (8.5^4 + 8.3^4)^{\frac{1}{4}} = 10\, m/s^{1.75}$$

مرحله ۴: مقدار مجموع محورها برای مواجهه کلی برای مقدار دوز ارتعاش (VDV) در این راننده لذا برابر خواهد بود با :

$$VDV_{total} = [(۶.۷)^۴ + (۷.۹)^۴ + (۱۰^۴)]^{\frac{۱}{۴}} = ۱۱.۲ \qquad m/s^{۱.۷۵}$$

لذا مواجهه ۸ ساعته مجموع راننده مطابق با روش ارزیابی VDV بر اساس ویژگی‌های سیگنال ارتعاشی ورودی در محورهای سه‌گانه در کمتر از حد مجاز و در محدوده ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی، HGCZ قرار دارد لذا توصیه می‌گردد جهت کاهش عوارض، افزایش بهره‌وری و غیره اقدامات پیشگیرانه لازم طرح‌ریزی و اجرا گردد.

منابع :

American National Standards Institute (ANSI): ANSI S۲,۷۰-۲۰۰٦ American National Standard Guide for the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand. ANSI, New York, New York (۲۰۰٦).

Bovenzi M; Pinto I; Picciolo F; et al.: Frequency weightings of hand-transmitted vibration for predicting vibration-induced white finger. Scand J Work Environ Health ۳۷:۲٤٤-۲٥۲ (۲۰۱۱).

Brammer AJ: Chain Saw Vibration: Its Measurement, Hazard and Control. National Research Council Pub No APS-٥۹۹. Ottowa, Canada (۱۹۷۸) Brammer AJ: Threshold Limit for Hand-Arm Vibration Exposure throughout the Workday.Vibration Effects on the Hand and Arm in Industry, pp ۲۹۱-۳۰۱. AJ Brammer, W Taylor (Eds).John Wiley & Sons, New York, New York (۱۹۸۲)

Dong RG: Welcome DE; McDowell TW; et al.: A proposed theory on biodynamic frequency weighting for hand-transmitted vibration exposure. Ind Health ٥۰:٤۱۲-٤۲٤ (۲۰۱۲).

International Standards Organization (ISO): ISO ٥۳٤۹-۱ Mechanical vibration – Measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration - Part ۱: General guidelines. ISO, Geneva, Switzerland (۲۰۰۱a).

Interational Standards Organization (ISO): ISO ٥۳٤۹-۲ Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part ۲ Practical guidance for measurement at the workplace. ISO, Geneva, Switzerland (۲۰۰۱b).

Miwa T. Evaluation methods for vibration effect. ۱. Measurements of threshold and equal sensation contours on the hand for vertical and horizontal sinusoidal vibration. Ind Health (Japan)٥:۲۱۳-۲۲۰ (۱۹٦۷)

Pelmear PL: Leong DTaylor W; et al: Measurement of vibration of hand-held tools: weighted or unweighted? J Occup Med ۳۱(۱۱):۹۰۳-۹۰۸ (۱۹۸۹) Taylor WPelmear PL (Eds): Vibration White Finger in Industry. Academic Press, London,England (۱۹۷٥)

US National instituie for Occupational Saleiy and Health (US NIOSH). Vibration Syndrome Current Intelligence Bulletin No ۳۸. DHHS (NIOSH) Pub ۸۳-۱۱۰, NTIS Pub No PB-۸۳-۲۳۸٤۹۳, also Videotape No ۱۷۷. NIOSH, Cincinnati, OH (۱۹۸۳).

Wasserman DE, Taylor W (Eds): Proceedings of the International Occupational Hand-ArmVibration Conference, DHEW (NIOSH) Pub No ۷۷-۱۷۰; NTIS Pub

No PB-۲۷٤-۲٤٦. National Technical Information Service, Springfield, VA (۱۹۷۷)

Wasseman DE: Taylor W Behrens V, et al.: Vibration White Finger Disease in US Workers Using Pneumatic Chipping and Grinding Hand Tools, Voli Epidemiological. DHHS (NIOSH) Pub No ۸۲-۱۱۸, NTIS Pub No PB-۸۳-۱۹۲-۸۴۹. □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□,□□□□□□□□□□□□, □□ (۱۹۸۲□).

Wasserman DE; Reynolds D; Behrens V. et al.: Vibration White Finger Disease in US Workers Using Pneumatic Chipping and Grinding Hand Tools, Vol I. Engineering. DHHS (NIOSH) Pub No ۸۲-۱۰۱, NTIS Pub No PB-۸۳-۱۱۳-٤۱٥. National Technical Information Service,Springfield, VA (۱۹۸۲b).
Wasserman DE: Human Aspects of Occupational Vibration Elsevier Publishers, Amsterdam,Netherlands (۱۹۸۷)

Wasserman DE: The control aspects of occupational hand-arm vibration. Appl Ind Hyg٤۱۸):F۲۲-F۲٦ (۱۹۸۹a).

Wasserman DE: To weight or not to weight..that is the question. J Occup Med ۳۱(۱۱):۹۰۹(۱۹۸۹۶)

International Standards Organization (ISO): ISO ۱۰۳۲٦-۱:۱۹۹۲: Mechanical Method for Evaluating Vehicle Seat Vibration-Part ۱: Vibration-Laboratory Basic Requirements. Switzerland,Geneva (۱۹۹۲)
international Standards Organization (ISO); ISO ۲٦۳۱-۱:۱۹۹۷: Mechanical Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration- Vibration and Shock Part ۱: General Requirements.Geneva, Switzerland (۱۹۹۷). Intemational Standards Organization (ISO): ISO ۲٦۳۱-۲:۲۰۰۳: Mechanical Vibration and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part ۲: Shock to ۸۰ Hz). Geneva, Switzerland (۲۰۰۳). Vibration in Buildings (۱ Hz International Standards Organization (ISO): ISO ۲٦۳۱-۱:۱۹۹۷/Amd. ۱:۲۰۱۰: and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole- Mechanical Vibration Body Vibration-Part ۱: General Requirements, Amendment ۱. ISO, Geneva, Switzerland (۲۰۱۰).

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 کتاب حد مجاز مواجهه شغلی، با لحاظ اینکه تأمین روشنایی کافی و مطلوب حائز اهمیت بوده و می‌تواند با کارایی ذهنی و اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط باشد، به‌جای جداول قبلی از جداول فشرده جدید با تدوین و ارائه حدود الزامی و هم ارزش با OEL در جدول ۱ ارقامی برای تعیین میانگین شدت روشنایی عمومی داخلی اماکن مختلف بر مبنای خصوصیات مکان و دقت موردنیاز برای رؤیت واضح اشیاء و تصاویر به همراه شاخص یکدستی روشنایی آورده شده است. این مقادیر متوسط شدت روشنایی را در موارد ذکرشده تعیین نموده است. همچنین با توجه به نیاز برخی از مشاغل به تأمین روشنایی موضعی، حدود الزامی شدت روشنایی موضعی موردنیاز برای مشاغل مختلف در جدول ۲ آورده شده است. مقادیر تعیین‌شده در جداول ۱ و ۲ شرایط کمی روشنایی برای کار در شب و ساعات ابتدا و پایانی روز را تضمین می‌نماید و استفاده از روشنایی طبیعی به‌تنهایی یا تلفیق با روشنایی مصنوعی حتی در نوبت‌کاری ثابت روز (اماکن تک نوبت‌کاری) نمی‌تواند دلیلی برای تخفیف در مقادیر الزامی این مبحث گردد.

جدول ۳ مقادیر الزامی متوسط شدت روشنایی برای محوطه‌ها و معابر در محدوده‌های شغلی را تعیین نموده است. شدت روشنایی موردنیاز در جداول پیش گفت برحسب لوکس (لومن بر مترمربع) تعیین‌شده است.

اندازه‌گیری مقادیر شدت روشنایی باید توسط دستگاه سنجش روشنایی دیجیتال با دقت ۰/۱ لوکس و به‌صورت کالیبره شده در ارتفاع سطح کار انجام شود. زمان اندازه‌گیری باید در شرایط روشنایی مصنوعی باشد. لذا باید زمان اندازه‌گیری شب، ساعات اولیه یا پایانی روز باشد تا اثر روشنایی طبیعی در اندازه‌گیری‌ها ایجاد مداخله ننماید. معیار تعیین ایستگاه‌های اندازه‌گیری روشنایی عمومی استفاده از روش الگویی موردقبول انجمن مهندسین روشنایی[۱](IES) در ارتفاع عمومی سطح کار و محاسبات مربوط به آن است. درصورتی‌که امکان تطبیق چیدمان چراغ‌ها بر یکی از الگوهای مذکور امکان‌پذیر نباشد، استفاده از روش شبکه‌ای با حداقل ۳۰ و حداکثر ۶۰ ایستگاه در هر محدوده سنجش مجاز است. در این روش محاسبات متوسط‌گیری باید به‌گونه‌ای باشد که نتایج سنجش روشنایی در ایستگاه‌هایی

۱ Illumination Engineering Society

که محل استقرار کارگران است دو برابر سایر ایستگاه‌ها لحاظ گردد. در اندازه‌گیری روشنایی موضعی نیز باید حداقل سه ایستگاه در سطح کار (که یکی از آن‌ها محدوده بیشترین زمان رؤیت باشد) موردسنجش قرار گیرد و ارقام هیچ‌یک از آن‌ها از حدود الزامی جدول ۲ نباید کمتر باشد.

در جدول شماره ۳ حدود توصیه‌شده میانگین شدت روشنایی موردنیاز برای معابر و محوطه‌های باز مختلف آورده شده است. معیار تعیین ایستگاه‌های اندازه‌گیری روشنایی عمومی در محوطه‌ها بر اساس معیار شبکه‌ای موردقبول انجمن مهندسین روشنایی در سطح معابر و محوطه‌ها با رعایت شاخص یکدستی توزیع روشنایی است. علاوه بر معیارهای ذکرشده سایر الزامات زیر نیز برای تأمین کیفیت روشنایی و سلامت شاغلین باید رعایت گردد:

برای اماکن با ارتفاع کمتر از ۴ متر استفاده از منابع الکتریکی نقطه‌ای (متال‌هالید، LED نقطه‌ای و فلورسنت فشرده کلافی) مجاز نیست و توصیه می‌شود منابع روشنایی به‌صورت خطی یا سطحی با نور مات شده[۱] باشد.

برای تأمین روشنایی داخلی اماکن شغلی استفاده از منابع بخار سدیم به دلیل پایین بودن شاخص تجلی رنگ مجاز نیست. برای اماکنی که در آن‌ها فعالیت ذهنی یا هوشیاری بالا لازم است برای تأمین نیاز به طیف نور آبی باید دمای رنگ (همبسته)[۲] منابع از ۴۰۰۰ درجه کلوین بالاتر باشد.

شاخص تجلی رنگ[۳] منابع الکتریکی برای فعالیت‌های اداری و مشاغلی که به دید کامل رنگ نیاز دارند نباید کمتر از ۸۰ باشد، همچنین برای مشاغل تولیدی شاخص تجلی رنگ منابع نباید کمتر از ۵۰ باشد.

درخشندگی منابع الکتریکی و سایر سطوح در محدوده دید شاغلین نباید از ۱۰۰۰ کاندلا بر مترمربع بیشتر باشد.

روشنایی اضطراری که مربوط به زمان‌های خاص نظیر قطع جریان برق اصلی، تعمیرات سامانه اصلی تأمین روشنایی و هنگام حوادث است باید به‌طور مجزا به‌گونه‌ای تأمین شده باشد که متوسط شدت روشنایی برای محیط‌های با خطر پایین ۱۰ لوکس و خطر بالا از ۲۰ لوکس برای فعالیت موقت کمتر نباشد در مسیرهای خروج اضطراری افراد، شدت روشنایی در کف مکان موردنظر نبایستی از ۵۰ لوکس کمتر باشد.

---

۱ Diffuse
۲ Correlated Color Temperature
۳ Color Rendering Index

جدول ۱- حدود الزامی میانگین شدت روشنایی عمومی داخلی* موردنیاز برای اماکن و دقت کار (Lx)

گروه مکان	خصوصیات مکان	اندازه اشیاء و تصاویر	مثال	میانگین شدت روشنایی عمومی موردنیاز Lx	شاخص یکدستی $Emin/Eav_g$
الف	مکان‌هایی با تردد محدود افراد	۱۰ سانتی‌متر	زیرزمین‌ها، راهروها، تونل‌های عبور پیاده و زیرگذرهای پیاده‌رو	۱۰۰	۰/۶
ب	مکان‌هایی با توقف محدود افراد	۱۰ سانتی‌متر	انبارها و راه‌های خروج	۱۵۰	۰/۶
ج	کارهای غیردقیق	۱۰ سانتی‌متر	بارگیری و تخلیه یا آماده‌سازی مواد اولیه تولید، کارهای عمومی ساختمان	۲۰۰	۰/۶
د	کارهای با دقت متوسط	۵ سانتی‌متر	کارهای خدماتی و تولیدی صنعتی، سالن‌های ورزشی عمومی، اماکن	۲۵۰	۰/۶
ه	کارهای دقیق	۵ میلی‌متر	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 بر اساس الگوهای شش‌گانه IES است.

جدول ۲- حدود الزامی شدت روشنایی موضعی موردنیاز برای مشاغل مختلف (Lx)

گروه شغل	خصوصیات شغل	اندازه اشیاء و تصاویر	مثال	شدت روشنایی موضعی موردنیاز Lx
الف	کارهای معمول غیردقیق	۵ سانتی‌متر	مشاغل تولیدی و تعمیرات عادی	۲۵۰
ب	کارهای نسبتاً دقیق	یک سانتی‌متر	مونتاژ قطعات مکانیکی، تعمیر تجهیزات مکانیکی	۲۷۰
ج	کارهای دقیق	۵ میلی‌متر	مشاغل اداری، تحریری یا تایپی، تعمیرات و مونتاژ تجهیزات الکتریکی	۳۰۰
د	کارهای خیلی دقیق	یک میلی‌متر	نقشه‌کشی، طراحی دقیق، مونتاژ یا تعمیر قطعات ریز، قالی‌بافی	۵۰۰
ه	کارهای فوق‌العاده دقیق	کمتر از یک میلی‌متر	طراحی فرش، مینیاتور تعمیرات یا مونتاژ دقیق، کنترل کیفیت	۱۰۰۰۰-۵۰۰
و	کارهای فوق‌العاده دقیق	کمتر از یک میلی‌متر	جراحی	۲۴۰۰۰

جدول ۳- حدود الزامی میانگین شدت روشنایی موردنیاز برای معابر و محوطه‌های باز مختلف (Lx)

خصوصیات مکان	ملاحظات	مبنای سنجش	میانگین شدت روشنایی عمومی	شاخص یکدستی E_{min}/E_{av_g}
محوطه عمومی کارگاه‌های تولیدی و ساختمانی، توقفگاه-ها، باراندازها	شامل تردد افراد	کف زمین	۵۰	۰/۳۳
	بدون تردد افراد	کف زمین	۱۵	۰/۱۷
راه‌های اصلی و شریانی	–	کف زمین	۲۰	۰/۳۳
راه‌های فرعی	–	کف زمین	۱۵	۰/۳۳
پیاده‌روها	–	کف زمین	۲۰	۰/۳۳
تونل‌های عبور سواره	–	کف زمین	۵۰	۰/۳۳

تنش‌های حرارتی

الف – تنش گرمایی

کلیات

استرس یا تنش گرمایی[۱] به شرایطی اطلاق می‌گردد که بار گرمایی وارد شده به فرد ناشی از عوامل محیطی (دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا) و عوامل فردی (متابولیسم و مقاومت لباس) از حد تحمل فیزیولوژیک فرد بالاتر باشد و باعث بروز پاسخ‌های فیزیولوژیک (افزایش ضربان قلب، تعداد تنفس، فشارخون، دمای عمقی و سطحی بدن و تعریق) و ذهنی (احساس ناراحتی حرارتی، عدم تمرکز، خستگی فکری و غیره) گردد.

فشار گرمایی[۲] به‌طورکلی عبارت است از پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن انسان در برابر استرس گرمایی به‌منظور از دست دادن بار گرمایی اضافی وارد بر بدن و حفظ دمای عمقی بدن در گستره نرمال (۰/۵±۳۷). در این راستا، سازش یا تطابق با گرما، یک مکانیسم کنترلی بدن برای مقابله با استرس گرمایی تحمیل شده است.

تطابق با گرما، یک فرایند سازگاری فیزیولوژیک تدریجی است که توانایی فرد را برای تحمل استرس گرمایی بهبود می‌دهد. تطابق نیازمند انجام کار جسمانی تحت شرایط گرمایی مشابه با شرایط کار واقعی مورد انتظار است. تطابق با گرما معمولاً به زمانی بین ۷ تا ۱۴ روز نیازمند است، اما ۷۵٪ تطابق در ۵ روز اول مواجهه با گرما اتفاق می‌افتد. کارگران جدید الاستخدام، نیاز به مدت بیشتری نسبت به کارگران باسابقه بیشتر در مواجهه با گرما دارند.

بنابراین، برنامه ایجاد تطابق به دو صورت قابل‌اجرا خواهد بود:

الف- برای کارگران جدید: فرد در روز اول کاری می بایست حداکثر تا ۲۰٪ از کل نوبت‌کاری با گرما مواجهه یابد و در روزهای بعد نیز در هر روز حداکثر میزان مواجهه افزوده‌شده نباید بیشتر از ۲۰٪ کل زمان نوبت‌کار فرد باشد.

ب- برای کارگرانی که سابقه مواجهه با گرما را داشته‌اند: میزان مواجهه با گرما در روز اول نباید بیش از ۵۰٪، در روز دوم بیش از ۶۰٪، در روز سوم ۸۰٪ و نهایتاً در روز چهارم ۱۰۰٪ از کل زمان نوبت‌کار فرد باشد.

---

۱ Heat stress
۲ Heat strain

چنانچه مواجهه با گرما قطع گردد سازگاری با گرما به طور قابل‌توجهی بعد از ۴ روز کاهش می‌یابد و به طور کامل بعد از ۳ تا ۴ هفته از بین می‌رود. لازم به یادآوری است که سازگاری با گرما برای همان شرایط گرمایی موجود اتفاق می‌افتد و اگر شرایط گرمایی تغییر کرد فرد با آن شرایط جدید سازگاری ندارد.

منظور از حدود مجاز استرس گرمایی، حدودی است که تحت آن شرایط، شاغلین بتوانند به طور مکرر با شرایط گرمایی مواجهه داشته باشند بدون آنکه اثرات سوء مشهودی در سلامت آنان ایجاد شود. این حدود که بر مبنای شاخص دمای ترگویسان (WBGT[۱]) تعریف شده‌اند برای افراد سازش یافته و سازش نیافته متفاوت بوده و بسته به نوع لباس، میزان متابولیسم و نوع وسایل حفاظتی مورداستفاده، اصلاحاتی در آن مورد نیاز است.

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با شاخص دمای ترگوی‌سان(WBGT) بر مبنای این فرض تعیین‌شده‌اند، 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 ^{o}C (۱۰۰/۴ ^{o}F) بتوانند کارایی مؤثری داشته باشند.

منظور از حد اقدام یا مراقبت (AL[۲]) نیز حدی است که بیانگر آغاز یکسری اقدامات پیشگیرانه است و برای افراد غیر سازش یافته جهت حفظ سلامتی در برنامه مدیریت استرس گرمایی استفاده می‌شود.

هدف از این حدود مجاز شغلی، حفظ و تثبیت دمای عمقی بدن در گستره نرمال (۰/۵ ±۳۷ درجه سانتی‌گراد) است.

فرایند ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی

ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی در قالب یک فرایند در شکل ۱ ارائه شده است. راهنمایی‌های ارائه‌شده در شکل ۱ شرایطی را بیان می‌کند که تحت آن شرایط، اعتقاد بر این است که تقریباً همه افراد دارای سازگاری با گرما، با مصرف آب کافی و فاقد بیماری، بدون بروز اثرات بر سلامتی ، به‌طور مکرر در معرض گرما قرار بگیرند.

---

۱ Wet Bulb Globe Temperature

۲ Action limit

فرایند ارزیابی به صورت مراحل زیر قابل‌اجرا است:

۱-تشخیص ضرورت انجام فرایند ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی

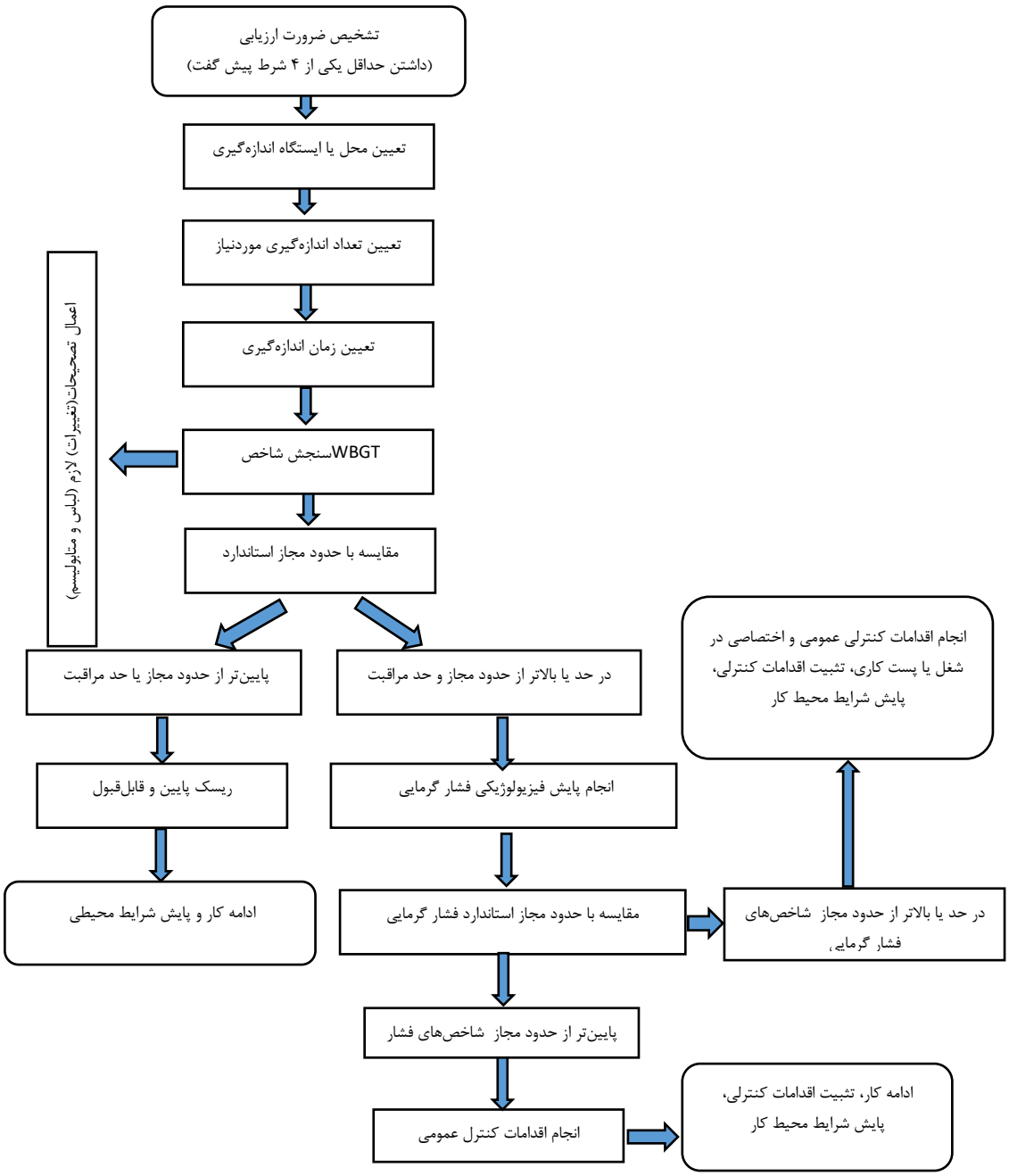
انجام فرایند ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی (شکل ۱) در شرایط زیر ضروری است که توسط کارشناس و یا متخصص بهداشت حرفه‌ای تشخیص داده می‌شود:

احتمال وجود استرس گرمایی براساس ارزیابی کیفی توسط کارشناسان بهداشت حرفه‌ای

انجام فعالیت در محیط‌های روباز

انجام فعالیت در محیط‌های سرپوشیده که دارای منابع گرمازای قابل‌توجه هستند

وجودگزارش‌هایی در خصوص اعلام ناراحتی‌ها و عوارض و بیماری‌های ناشی از استرس گرمایی



شکل ۱: فرایند ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی در محیط کار

۱-تشخیص ضروریات

۲- تعیین محل یا ایستگاه اندازه‌گیری

در تعیین محل یا ایستگاه اندازه‌گیری، تأکید بر مواجهه با گرما در محل‌هایی است که تعداد زیادی از افراد در آن محل کار می‌کنند. همچنین، ایستگاه‌های انتخابی باید نماینده مواجهه با گرمای تجربه‌شده توسط شاغلین در شرایط محیط داخلی (سرپوشیده) و یا محیط روباز باشد.

۳- تعیین تعداد اندازه‌گیری موردنیاز

تعداد اندازه‌گیری موردنیاز بسته به هدف و دقت اندازه‌گیری موردنظر، وسعت ناحیه مواجهه، نوسانات شرایط دمایی محیط و نحوه مواجهه افراد با آن شرایط گرمایی متفاوت بوده و با استفاده از آنالیز وظیفه به صورت مشخص نمودن محل‌های حضور فرد، مشخص نمودن فعالیت‌هایی که در شرایط یکسان دمایی (هموژن) انجام می‌شود و زمان اختصاص‌یافته برای هر محل یا هر شرایط دمایی انجام می‌شود.

در تعیین تعداد اندازه‌گیری موردنیاز برای سنجش WBGT، اصول کلی زیر پیشنهاد می‌گردد:

-در شرایطی که بر اساس آنالیز وظیفه، در طول نوبت‌کار نوسانات دمایی تغییرات چندانی نداشته باشد (اغلب در محیط‌های سرپوشیده که سیستم‌های خنک‌کننده هم موجود باشد)، و مواجهه فرد/ افراد را در شرایط کار و استراحت بتوان تقریباً مشابه فرض نمود، تعداد یک یا دو نمونه کافی است. مدت زمان لازم برای سنجش شاخص WBGT بستگی به پاسخ حس‌گرهای وسیله سنجش دارد و حداقل ۲۰ دقیقه برای هر نمونه باید در نظر گرفته شود.

- در شرایطی که بر اساس آنالیز وظیفه، در طول نوبت‌کار تغییرات دمایی محسوس باشد و یا محل فعالیت فرد تغییر یابد، به دو صورت زیر می‌توان شرایط گرمایی را ارزیابی نمود:

الف- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به‌صورت مستمر (چند ساعت تا یک نوبت‌کاری کامل) باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به‌صورت یک‌ساعته (One- Hour-TWA/hr) محاسبه و تفسیر شود. به‌عبارت‌دیگر کل مدت‌زمان نمونه‌برداری، در مخرج کسر رابطه محاسبه TWA عدد ۶۰ دقیقه خواهد بود (دقیقه ۶۰ = tn+... +t۲+ t۱).

ب- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به‌صورت متناوب باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به‌صورت دوساعته (Two- Hours-TWA/hr) محاسبه و تفسیر شود. به‌عبارت‌دیگر کل مدت‌زمان نمونه‌برداری در مخرج کسر رابطه محاسبه TWA عدد ۱۲۰ دقیقه خواهد بود (دقیقه ۱۲۰= tn+... +t۲+ t۱).

لازم به ذکر است تعداد نمونه موردنیاز در محاسبه WBGT یک‌ساعته یا دوساعته نیز بستگی به آنالیز وظیفه دارد.

٤- تعیین زمان اندازه‌گیری

به‌طورکلی مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری در ساعات متفاوت و ایستگاه‌های مختلف کاری در هر نوبت‌کاری است.

مناسب‌ترین زمان برای سنجش استرس‌های گرمایی در دو حالت محیط‌های روباز و سرپوشیده به‌صورت زیر است:

الف- محیط‌های روباز: در فصل تابستان به‌ویژه ماه‌های تیر و مرداد- بدیهی است با توجه به نوسانات شدید دمایی در طول نوبت‌کار در چنین محیط‌هایی، محاسبه میانگین وزنی زمانی WBGT یک‌ساعته (مواجهه پیوسته با گرما)یا دوساعته (مواجهه متناوب با گرما) در محدوده زمانی ساعت ۱۰ الی ۱۶ انجام شود و تفسیر نتایج نیز برای همان زمان قابل اعتبار است.

نکته ۱: در مشاغلی که درعین‌حال که در محیط‌های روباز فعالیت انجام می‌شود، منابع حرارتی مصنوعی نیز علاوه بر منبع طبیعی (خورشید) وجود دارد (مانند آسفالت‌کاری)، سنجش استرس‌های گرمایی در ماه‌های دیگر نیز بنا به تشخیص کارشناس بهداشت حرفه‌ای ممکن است نیاز باشد.

نکته ۲: در هیچ شرایطی، در محیط‌های روباز سنجش استرس‌های گرمایی در آب‌وهوای بارانی، ابری و باد و طوفان و شب صحیح نیست.

نکته۳: اندازه‌گیری انجام شده در هر زمانی صرفاً برای همان زمان قابل تفسیر و معتبر بوده و برای سایر زمان‌ها یا ماه‌های سال قابل‌تعمیم نیست و در صورت تشخیص کارشناس بهداشت حرفه‌ای ، در هر زمانی که استرس‌های گرمایی پیش‌بینی شود، ارزیابی و کنترل در آن زمان نیز ضروری خواهد بود.

ب- محیط‌های سرپوشیده: در مشاغل سرپوشیده که منابع گرمایی قابل‌ملاحظه‌ای دارند و گرمای فرایندی فراتر از گرمای اقلیمی برآورد می‌شود (مانند فرایندهای ذوب و ریخته‌گری و شیشه‌سازی و ...)، سنجش استرس‌های گرمایی علاوه بر فصول گرم سال در ماه‌های دیگر نیز بنا به تشخیص کارشناس بهداشت حرفه‌ای ممکن است نیاز باشد.

۵- سنجش شاخص WBGT

شاخص WBGT یک ابزار اولیه مفیدی برای ارزیابی شرایط محیطی مرتبط با استرس گرمایی است. که متأثر از دمای هوا، دمای تابشی ، جریان هوا و میزان رطوبت است. در حال حاضر شاخص WBGT

ساده‌ترین و مناسب‌ترین معیار برای تعیین استرس گرمایی است که بر اساس معادلات زیر محاسبه می‌گردد:

الف- در فضای باز غیر مسقف $WBGT = ۰,۷\ tnw + ۰,۲\ tg + ۰,۱\ ta$

ب- در فضای سرپوشیده یا فضای باز (سایه یا ابری) $WBGT = ۰,۷\ tnw + ۰,۳\ tg$

که در روابط فوق WBGT شاخص تر گوی‌سان با واحد درجه سانتی‌گراد، tnw دمای تر طبیعی، tg دمای گوی‌سان و ta دمای خشک هوای محل کار است. برای تعیین مقدار WBGT لازم است که از دماسنج گوی‌سان، دماسنج تر طبیعی (یا چرخان) و دماسنج خشک استفاده شود. اندازه‌گیری دمای تر طبیعی و خشک باید در سایه انجام شود. به‌منظور تثبیت دمایی حس‌گر وسیله اندازه‌گیری، صرف مدت‌زمان حداقل ۲۰ دقیقه موردنیاز است.

همچنین می‌توان این شاخص را توسط وسیله سنجش WBGT (WBGT meter)کالیبره شده به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری نمود.

بهترین روش کالیبراسیون مورد تائید برای این منظور کالیبراسیون وسیله با وسایل استاندارد اولیه و در شرایط کنترل‌شده دمایی است.

نکات مهم و کلیدی در اندازه‌گیری و ارزیابی استرس گرمایی

اندازه‌گیری عوامل محیطی

دستگاه‌های موردنیاز عبارت‌اند از: دماسنج خشک، دماسنج تر طبیعی(یا چرخان)، دماسنج گوی-سان و پایه مناسب برای نصب آن‌ها. درصورتی‌که از دماسنج‌های مایعی یا دیجیتال استفاده شود همگی می‌توانند بر روی یک پایه در ارتفاع مناسب نصب شده باشند. دماسنج‌های مورداستفاده باید قبلاً از نظر دقت و صحت مورد تأیید قرارگرفته 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 $\pm ۰/۵^{o}C$ 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 دماسنج تر طبیعی باید حداقل به مدت نیم ساعت قبل از قرائت به‌وسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب شود. فتیله باید کاملاً روی مخزن دماسنج را پوشانده یا به‌اندازه 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 پر کردن مخزن از آب مقطر استفاده شود.

ب- دماسنج گوی‌سان 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 $\pm$۰/۵C^{o} 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 به‌منظور آویزان کردن سه دماسنج پیش گفت به کار می‌رود. پایه باید به‌گونه‌ای قرار داده شود که جریان هوا در اطراف سه دستگاه مذکور به‌طور 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 است.

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

و- اندازه‌گیری دماهای موردنظر جهت محاسبه WBGTباید در ارتفاعی متناظر با ارتفاع شکم یا تنه کارگر صورت گیرد. برای حالت نشسته در ارتفاع حدود ۰/۶ متر و برای حالت ایستاده در ارتفاع حدود ۱/۱ متر توصیه‌شده است.

درصورتی‌که محیط نامتجانس یا ناهمگون باشد (محیطی که اختلاف پارامترهای اندازه‌گیری شده آن بیش از ۵٪ باشد)، می‌بایست اندازه‌گیری‌ها در سه ارتفاع مقابل سر، شکم و قوزک پای کارگر صورت گیرد که برای افراد نشسته به ترتیب برابر ۱/۱ ، ۰/۶ و ۰/۱متر و برای افراد ایستاده به ترتیب برابر ۱/۷، ۱/۱و ۰/۱ است.

معیار محاسبه شاخص WBGT میانگین حسابی مقادیر در ارتفاع ذکرشده است که در آن شاخص ارتفاع تنه در ۲ ضرب می‌گردد. پس از تعیین میزان WBGT در هر ارتفاع، مقدار میانگین آن برای هر ایستگاه کاری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$WBGT = \frac{WBGT_{head} + [2 \times WBGT_{abdomen}] + WBGT_{foot}}{4}$$

با توجه به اینکه یکی از محدودیت‌های شاخص WBGT، دقت پایین آن در شرایط محیطی با رطوبت‌های بالا و سرعت جریان‌های کم هوا (نامحسوس) است، لذا توصیه می‌شود برای درک بهتر از شرایط محیطی مورد ارزیابی، رطوبت نسبی هوا و سرعت جریان هوا نیز اندازه‌گیری و گزارش شود.

مقادیر ذکرشده در جدول ۵ بر اساس این فرض استوار است که درجه حرارت محیط کار و محل استراحت (بر مبنای WBGT) مشابه و به هم نزدیک است. درصورتی‌که شرایط جوی این دو محیط متفاوت است، متوسط وزنی زمانی (TWA) می‌بایست محاسبه و به‌کار برده شود.

مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) برای مواجهه مستمر با گرما(چند ساعت یا یک نوبت‌کاری کامل) به‌صورت یک‌ساعته (TWA/hr) محاسبه شود و برای مواجهه با گرما به‌صورت متناوب ، میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT دوساعته محاسبه شود .

تفسیر شاخص WBGT-TWA و پیشنهاد برنامه کار – استراحت بر مبنای مواجهه یک یا دو ساعت داده شود.

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

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

در رابطه فوق $WBGT_n$, ... , $WBGT_۲$, $WBGT_۱$ مقادیر اندازه‌گیری شده WBGT در محیط‌های کاری و استراحت مختلف در طی دوره یک‌ساعته (برای مواجهه با گرما به‌طور پیوسته) و یا دوره دوساعته (برای مواجهه با گرما به‌طور متناوب)کار روزانه است و t_n , ... ,$t_۲$,$t_۱$ مدت‌زمان گذرانده شده در هر محیط برحسب دقیقه است که توسط زمان‌سنجی تعیین می‌گردد.

٦- اعمال اصلاحات لازم (اثر لباس و متابولیسم)

ازآنجاکه در شاخص WBGT محاسبه شده و یا اندازه‌گیری شده، علاوه بر پارامترهای محیطی، پارامترهای فردی شامل مقاومت حرارتی لباس، نفوذپذیری لباس نسبت به بخار آب و میزان متابولیسم یا سطح فعالیت فرد نیز تأثیرگذار است، ضروری است که اثر هر یک از موارد مذکور نیز در مقدار نهایی شاخص لحاظ گردد.

الف- تصحیح لباس

شاخص WBGT پایه بر اساس لباس کار معمولی (بلوز و شلوار معمولی و یک لایه لباس‌زیر) ارائه‌شده است . درصورتی‌که شرایط شغلی ایجاب نماید که یکی از لباس‌ها یا پوشش‌های جدول ۱ مورد استفاده فرد قرار گیرد، لازم است با یافتن میزان ضریب اصلاحی آن لباس از جدول ۱ و افزودن آن به مقدار WBGT پایه (محاسبه‌شده یا اندازه‌گیری شده)، مقدار WBGT مؤثر (Effective WBGT: WBGTeff) محاسبه گردد.

جدول ۱- مقدار اصلاح‌کننده WBGT (بر مبنای درجه سانتی‌گراد) برحسب نوع لباس کار*

نوع لباس	مقداری که باید به شاخص WBGT اندازه‌گیری شده اضافه شود
لباس کار معمولی(پیراهن آستین‌بلند و شلوار)	صفر
لباس کار یکسره و نفوذپذیر	۰/۵
لباس کار سنگین (دولایه بافته‌شده)	۳
لباس یکسره پلی‌پروپیلنی (تنفس پذیر)	۰/۵
لباس کار یکسره پلی اولفینی (تنفس پذیری پایین)	۱
لباس کار یکسره ضد گاز و بخار (نفوذناپذیر)	۱۱

این مقادیر اصلاحی نباید برای لباس‌های کاملاً ایزوله و لباس‌های چندلایه مورداستفاده قرار گیرد در حالت ایده آل ، حرکت هوای خنک و خشک از روی سطح پوست ، موجب حداکثر دفع گرما از طریق تبخیر عرق و جابجایی می‌شود. در شرایطی که دمای محیط از دمای پوست (۳۵درجه سانتی‌گراد) بالاتر باشد مکانیسم غالب برای دفع گرمای بدن ، تبخیر عرق از سطح پوست است. لباس‌های ضد آب، لباس‌های نفوذناپذیر در برابر هوا و عایق گرما مانند لباس‌های کاملاً ایزوله حفاظتی در برابر سموم ، گازها و بخارات سمی، بیوآئروسل‌ها (ویروس‌ها، باکتری‌ها ، قارچ‌ها)، لباس آتش‌نشانان، نسوزها و غیره، دفع گرما از بدن را شدیداً محدود می‌کنند. به‌طوری‌که حتی در شرایط محیطی خنک، در صورت وجود گرمای متابولیکی قابل‌توجه، احتمال وجود فشار گرمایی وجود دارد.

ب- برآورد متابولیسم و طبقه‌بندی بارکاری

مجموع گرمای ایجادشده به‌وسیله بدن و گرمای محیط "کل بار گرمایی"[۱] را تعیین می‌کند. لذا اگر کار باید در محیط گرم انجام شود برای محافظت کارگردر برابر مواجهه با گرمای بیشتر از مقادیر مجاز باید "طبقه‌بندی بارکاری " برای هر یک از مشاغل تعیین و "حد مجاز گرمایی" متناسب با "بارکاری" شغل موردنظر به شرح جدول ۲ تعیین گردد.

جدول ۲- مقادیر میزان متابولیسم در طبقه‌های کاری مختلف و نمونه‌هایی از مشاغل در هر طبقه کاری

متابولیسم پایه : معادل ۷۰ وات (۴۰ وات بر مترمربع) برای یک مرد استاندارد است.
متابولیسم استراحت: معادل ۱۱۵ وات (۶۵ وات بر مترمربع) برای یک مرد استاندارد است.
کار سبک: شامل متابولیسم حداکثر ۱۸۰ وات (۱۰۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب کمتر از ۹۰ ضربه در دقیقه شامل مشاغل دستی و بازویی سبک در هنگام کار با ماشین های کنترلی در حالت‌های نشسته و یا ایستاده است.
کار متوسط: شامل متابولیسم ۲۹۵ وات (۱۶۵ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۹۰ تا ۱۱۰ ضربه در دقیقه مانند راه رفتن ضمن بلند کردن و هل دادن بار متوسط است.
کار سنگین: شامل متابولیسم حداکثر ۴۱۵ وات (۲۳۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ ضربه در دقیقه مانند کلنگ زدن و بیل زدن است.
کار خیلی سنگین: شامل متابولیسم حداکثر ۵۲۰ وات (۲۹۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۱۳۰ تا ۱۵۰ ضربه در دقیقه مانند کار در معدن است.

توجه به این نکته ضروری است که در انتخاب مقادیر متابولیسم، توجه به واحد ارائه‌شده برحسب وات یا وات بر مترمربع ضروری است.

سطح بدن یک مرد استاندارد (قد= ۱۷۰ سانتی‌متر ، وزن = ۷۰ کیلوگرم) ۱/۸ مترمربع است و مقادیر ارائه شده در جدول فوق برحسب وات بر این مبنا ارائه شده است. برای افرادی با قد و وزن متفاوت با مقادیر استاندارد، می‌توان مساحت سطح بدن را از طریق رابطه زیر (فرمول Du Bois) به دست آورد و مقادیر به دست‌آمده را در میزان متابولیسم وی برحسب وات بر مترمربع ضرب نمود. در این صورت طبقه‌بندی متابولیسم با توجه به جدول فوق و برحسب وات تعیین خواهد شد.

---

۱ Total Heat Load

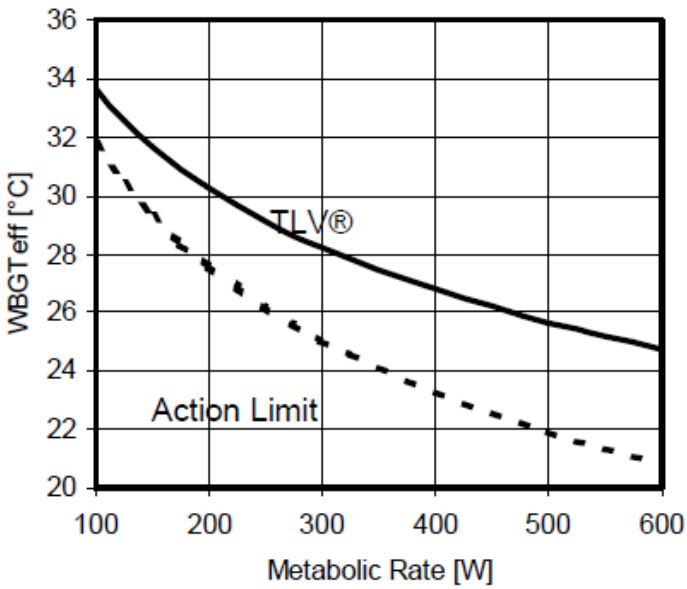
$$BSA=۰,۰۰۷۱۸٤\times W^{۰,٤۲٥}\times H^{۰,۷۲٥}$$

BSA: Body Surface Area برحسب مترمربع

W: وزن بدن برحسب کیلوگرم

H: قد فرد برحسب سانتی‌متر

وقتی درجه بارکاری برای هر شغل تعیین شد میزان حد مجاز شغلی با استرس گرمایی در شغل مورد نظر از طریق محاسبه با استفاده از جدول ۵ به دست می‌آید. بارکاری یا از راه اندازه‌گیری متابولیسم کارگر حین کار موردبحث و یا از طریق تخمین میزان متابولیسم کارگر با استفاده از جداول ۳ و ۴ تعیین می‌گردد و سپس با مراجعه به شکل ۲ و یا جدول شماره ۵ حد مجاز مواجهه شغلی برای استرس گرمایی مشخص می‌شود.



شکل ۲- حد مجاز(خط ممتد) و حد مراقبت (نقطه‌چین) برای استرس گرمایی در متابولیسم‌های مختلف (شاخص WBGT مؤثر با اضافه کردن فاکتور اصلاحی لباس به شاخص WBGT اندازه‌گیری شده به دست می‌آید).

چنانچه سطح فعالیت فرد در زمان‌های مختلف از نوبت‌کار متفاوت باشد و یا به عبارتی فرد در شغل خود وظایف متفاوت با سطح متابولیسم مختلف داشته باشد، برای تعیین میزان متابولیسم فرد باید میانگین

وزنی زمانی متابولیسم تعیین گردد و مقدار محاسبه‌شده مبنای تعیین حدود مجاز WBGT بر اساس مقادیر استاندارد باشد.

میزان میانگین وزنی زمانی (TWA) برای متابولیسم از معادله زیر محاسبه می گردد:

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

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 تعیین‌شده است.

جدول ۳- ارزیابی بارکاری

الف- وضع بدن و حرکت			وات W
حالت نشسته			۲۱
حالت ایستاده			۴۲
در حالت راه رفتن			۱۴۰-۲۱۰
حرکت در سر بالایی			به مقدار تعین شده در حالت راه رفتن به ازاء هر متر ارتفاع ۵۵ وات اضافه شود
ب- نوع کار		میانگین W	گستره تغییرات W
کار دستی	سبک	۲۸	۱۴-۸۴
	سنگین	۶۳	
کار با یک بازو	سبک	۷۰	۵۰-۱۷۵
	سنگین	۱۱۹	
کار با هر دو بازو	سبک	۱۰۵	۷۰-۲۴۵
	سنگین	۱۷۵	
کار با تمام بدن	سبک	۲۴۴	۱۷۵-۱۰۴۶
	متوسط	۳۴۸	
	سنگین	۴۸۸	
	فوق سنگین	۶۲۸	

جدول ۴- مثال‌هایی از درجه بارکاری با توجه به نوع کار

نوع کار	درجه بارکاری
نوشتن- بافندگی تایپ کردن چکش‌کاری روی میخ (کفاشی و مبل‌سازی) سوهان‌کاری فلزات، رنده‌کاری چوب و کارهای باغبانی (با شن کش) تمیز کردن سطح زمین، تکان دادن فرش ریل‌گذاری، چاه‌کنی، پوست‌کنی تنه درختان	کار سبک دستی کار سنگین دستی کار سنگین با یک بازو کار سنگین با دو بازو کار متوسط با همه بدن کار سنگین با همه بدن
مثال برای محاسبه بارکاری: مونتاژکاری با استفاده از ابزار سنگین	
راه رفتن در امتداد خط تولید	۱۴۰W
متابولیسم بین کار سنگین با هر دو بازو و کار سبک با همه بدن	۲۱۰W
جمع	۳۵۰W
متابولیسم پایه نیز اضافه می‌شود	۷۰W

۷- مقایسه با حدود مجاز استاندارد

حدود استاندارد ارائه‌شده بر مبنای شاخص دمای تر گوی‌سان (WBGT) است. پس از محاسبه WBGT و یا TWA-WBGT (در صورت نیاز) و اعمال اصلاحات مورد نیاز در مورد نوع لباس و متابولیسم، مقایسه با مقادیر استاندارد امکان‌پذیر خواهد بود. مقادیر استاندارد مواجهه بر مبنای شاخص WBGT و در شکل شماره ۲ و جدول شماره ۵ ارائه‌شده است.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده‌شده است، مقادیر استاندارد در هر سطح متابولیسم دارای دو حد مجاز و حد مراقبت است. حد مراقبت همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شده برابر حدی است که بیانگر آغاز یکسری اقدامات پیشگیرانه است و برای افراد غیر سازش یافته جهت حفظ سلامتی در برنامه مدیریت استرس گرمایی استفاده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت حد مراقبت حد مواجهه با گرما برای افراد سازش نیافته و حد مجاز، حد مواجهه با گرما برای افراد سازش یافته است.همچنین در جدول ۵، مقادیر ارائه‌شده برای الگوهای کار و استراحت مختلف، متفاوت است. الگوهای کار و استراحت نشان داده شده برحسب

درصد کار در یک ساعت ارائه شده است. بنابراین آنالیز وظیفه انجام‌شده در شغل مورد ارزیابی، در اینجا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌عبارت‌دیگر، به منظور تعیین مقدار مجاز مواجهه با استرس گرمایی، علاوه بر توجه به متابولیسم و نوع لباس فرد، توجه به الگوی برنامه کار و استراحت وی در یک ساعت نیز اهمیت داشته و ضروری است. مواجهه با گرما در محیطی گرم‌تر از مقدار ذکرشده (به‌صورت کوتاه‌مدت) در جدول ۵ وقتی مجاز است که شاخص‌های فشار گرمایی کمتر از حد مجاز باشد و هم‌چنین این افراد تحت مراقبت‌های مرتب پزشکی قرار داشته و اثبات شود که قابلیت تحمل حرارت محیطی بیشتری نسبت به افراد عادی دارند.

تذکر مهم: مقادیر ذکرشده برای کار مداوم وقتی قابل‌اجرا 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 بعدازظهر و یک توقف طولانی‌تر حدود نیم ساعت برای نماز و ناهار همراه باشد. مواجهه با مقادیر بیش‌ازحد مجاز شغلی عنوان‌شده 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 توصیه‌شده توسط مدیریت یا توقف‌های فنی را می‌توان به‌حساب زمان استراحت حین کار منظور نمود.

جدول ۵– حد مجاز و حد مراقبت (عمل) مواجهه شغلی برای مواجهه با استرس گرمایی با شاخص دمای ترگوی‌سان (WBGT) مؤثر

چرخه کار– استراحت	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
کار ٪۷۵ الی ٪۱۰۰	۲۸	۳۱	۲۵	۲۸	–	–	–	–
کار ٪۵۰ الی ٪۷۵	۲۸/۵	۳۱	۲۶	۲۹	۲٤	۲۷/۵	–	–
کار ٪۲۵ الی ٪۵۰	۲۹/۵	۳۲	۲۷	۳۰	۲۵/۵	۲۹	۲٤/۵	۲۸
کار صفر الی ٪۲۵	۳۰	۳۲/۵	۲۹	۳۱/۵	۲۸/۰	۳۰/۵	۲۷	۳۰

نکات جدول ۵:

حد مراقبت (اقدام) درواقع مشابه شرایط افراد سازش نیافته است و شرایطی را توصیف می‌کند که در حدود توصیه شده برنامه‌های پیشگیرانه کنترل مدیریتی و پایش فردی در استرس حرارتی به کار گرفته شود.

برای تعیین درجه بارکاری به جدول شماره ۲ ، ۳ و ۴ مراجعه شود.

مقادیر WBGT برحسب درجه سانتی‌گراد است و به نزدیک‌ترین رقم نسبت مؤثر به نیم درجه گرد شده است.

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

درصورتی‌که لباس کار سبک و تابستانی نباشد، مقدار شاخص WBGT مؤثر (اصلاح اثر کلوی[۱] لباس و نفوذپذیری لباس) می‌بایست در جدول، با حد مجاز مقایسه گردد.

در جدول ۵ برای مدت ۱۰۰٪ کار، دو نوبت استراحت کوتاه ۱۵ دقیقه‌ای و یک نوبت استراحت ۳۰ دقیقه‌ای در طول نوبت‌کاری در نظر گرفته‌شده است. تناوب کار– استراحت در حالت‌های بعدی باید به صورت متناوب باشد و کار یکسره در این حد مجاز ممنوع است. نوبت‌های استراحت صرف غذا، نماز، نوشیدن آب و مایعات حاوی نمک و شستشوی بدن می‌گردد.

هر چه میزان متابولیسم به دلیل نیاز شغلی افزایش پیدا کند مقادیر جدول ۵ کاهش می‌یابد برای اینکه دمای عمقی بیشتر افراد از مقدار ۳۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر نرود. کاهش بارکاری جسمانی به اندازه پارامترهای محیطی اهمیت دارد.

با اندازه‌گیری شاخص WBGT ، محاسبه شاخص WBGT مؤثر و تعیین میزان بارکاری جسمانی و مراجعه به جدول ۵ ،چنانچه مقدار شاخص WBGT مؤثر با در نظر گرفتن بارکاری جسمانی کمتر از مقدار حد مراقبت بود همان‌طور که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است، در این حالت ریسک مواجهه با استرس گرمایی پایین است. اگر مقدار شاخص WBGT مؤثر بین حد مراقبت و حد مجاز قرار گرفت

---

۱ Clo Value

اقدامات کنترلی عمومی (جدول ۵) انجام گیرد و چنانچه مقدار شاخص WBGT مؤثر، بیشتر از حد مجاز بود برای تحلیل بیشتر همان‌طور که در شکل ۱ نیز بیان شده است، انجام پایش‌های فیزیولوژیک توصیه می‌شود.

۸- انجام پایش فیزیولوژیک فشار گرمایی

ریسک و شدت فشار گرمایی در شرایط گرمایی مشابه، در بین افراد از تنوع گسترده‌ای برخوردار است.پاسخ‌های فیزیولوژیک به استرس گرمایی، فرصتی را برای پایش فشار گرمایی در میان کارگران فراهم کرده است و با استفاده از این اطلاعات، سطح فشار گرمایی افراد در محیط کار تعیین می‌شوند و انجام اقدامات کنترلی و تعیین اثربخشی آن‌ها ارزیابی می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شد، زمانی که ارزیابی استرس‌های گرمایی بر اساس شاخص WBGT بیانگر مواجهه فراتر از حد مجاز باشد، در این صورت به‌منظور تحلیل بهتر وضعیت گرمایی موجود و مواجهه افراد، پایش و ارزیابی فیزیولوژیک توصیه می‌شود.

پایش و تعیین مقدار پاسخ‌های فیزیولوژیک بر اساس استاندارد ISO-۹۸۸٦, ۲۰۰٤ انجام خواهد شد. پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن در برابر گرما عبارت‌اند از دمای عمقی رکتال و پرده صماخ یا مجرای گوش، دمای زیرزبانی و زیر بغل، دمای سطحی پوست، فشارخون، ضربان قلب، میزان تعریق و غیره از بین پاسخ‌های فیزیولوژیک ارائه‌شده، دمای عمقی رکتال و میزان تعریق یا آب ازدست‌رفته از بدن از صحت و اعتبار بالاتری برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر سایر شرایط و مداخله‌گرها قرار می‌گیرد.

با توجه به عدم امکان سنجش دمای رکتال در محیط‌های کار واقعی، در بسیاری از مطالعات دمای پرده صماخ (دمای تیمپانیک) به‌عنوان جایگزین توصیه شده‌اند.

همین‌طور دمای دهانی نیز به‌عنوان یکی دیگر از جایگزین‌های مناسب برای دمای عمقی بدن موردتوجه است. در سنجش این پارامتر باید دقت شود که دهان فرد کاملاً بسته نگاه داشته شود و حس‌گر دماسنج در زیر زبان فرد به مدت ۳ تا ۵ دقیقه قرار گیرد. همچنین فرد ۱۵ دقیقه قبل از اندازه‌گیری نباید مایعات و یا غذای سرد و یا گرم مصرف نموده باشد.

دماسنج مورداستفاده برای این کار، دماسنج‌های زیرزبانی پزشکی است و برای هر فرد باید از دماسنج شخصی استفاده نمود. مقدار حد مجاز این دما، ۰/۵ درجه کمتر از دمای رکتال در نظر گرفته می‌شود.

برای سنجش میزان تعریق نیز باید وزن اولیه و ثانویه فرد در یک مدت‌زمان مشخص با ترازویی دقیق سنجش شود و تفاضل بین این دو مقدار تقسیم بر زمان، نشان‌دهنده میزان تعریق فرد خواهد بود. توجه به محاسبه میزان آب مصرفی و خروجی از فرد نیز در این مدت ضروری است.

سایر پارامترهای فیزیولوژیک نیز چنانچه بر اساس استاندارد ISO-۹۸۸٦, ۲۰۰٤ انجام و تأثیر مداخله‌گرها در آن به‌خوبی رعایت شده باشد، قابل استناد خواهد بود.

جدول ۶ راهنماهایی را برای محدودیت‌های قابل‌پذیرش فشار گرمایی ارائه نموده است.

جدول ۶ – راهنماهایی برای محدودیت فشار گرمایی

پایش فشار گرمایی و علائم و نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما، یک وظیفه مهم در بهداشت‌کار است، به‌ویژه زمانی که لباس کار مورداستفاده، دفع گرما را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد. بنابراین باهدف مراقبت از افراد، وجود هر کدام از موارد زیر، نشانگر نیاز به انجام اقدامات کنترلی است و در سطح فردی باید مواجهه با گرما قطع شود و اجازه بهبود در شاخص‌های فشار گرمایی به فرد داده شود:		
۱	پایداری ضربان قلب(چند دقیقه) به میزان ۱۸۰ منهای سن افراد (سن- ۱۸۰) ضربه در دقیقه	
۲	دمای مرکزی بدن بیشتر از ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد برای تطابق یافته‌ها با گرما و بیشتر از ۳۸ درجه برای غیر تطابق یافته‌ها با گرما	
۳	در زمان انجام کار، ضربان قلب بعد از ۱ دقیقه استراحت، بیشتر از ۱۲۰ ضربه در دقیقه باشد	
۴	وجود علائم ناگهانی خستگی شدید و سردرد و تهوع و استفراغ	
۵	در این شرایط ریسک اختلالات مرتبط با گرما بیشتر است:	تعریق مستمر و فراوان در بیشتر از یک ساعت
		از دست دادن وزن به مقدار ۱/۵ درصد وزن بدن در پایان نوبت‌کاری
		دفع ادراری سدیم ۲۴ ساعته کمتر از ۵۰ میلی مول

اخطار: هرگز شخصی را با علائم و نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما نادیده نگیرید.

بر اساس مقادیر ارائه‌شده در سازمان‌های NIOSH و ACGIH، حد تحمل گرمایی برای یک فرد (Heat tolerant level) بر مبنای دمای رکتال، برابر مقدار ۰/۳± ۳۸ درجه سانتی‌گراد، بر مبنای ضربان قلب ۱۵± ۱۲۰ ضربه در دقیقه و بر اساس میزان تعریق برابر ۱۶۰±۷۸۰ گرم بر ساعت است. زمانی که دمای رکتال به بالاتر از ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد برسد و یا ضربان قلب از حد ۱۴۵ ضربه در دقیقه بیشتر شود، از حد تحمل فرد بالاتر رفته و آسیب‌رسان خواهد بود.

چنانچه سطوح فشار گرمایی اشاره‌شده در جدول ۶ در محدوده قابل‌قبول بود، بر اساس فرایند ارائه‌شده در شکل ۱، انجام کنترل‌های عمومی، و سپس ادامه کار، تثبیت اقدامات کنترلی، پایش شرایط محیط کار ضروری است.

درصورتی‌که سطوح فشارهای گرمایی بیشتر از محدوده قابل‌قبول بود، مواجهه با گرما باید قطع گردد و اقدامات کنترلی اختصاصی آن شغل یا پست کاری می‌بایست انجام گیرد و بعد از انجام اقدامات کنترلی متناسب، اثربخشی آن‌ها موردبررسی قرار گیرد.

۹- کنترل و مدیریت استرس گرمایی

از بین عوامل فیزیکی محیط کار، مخاطرات ناشی از کار در محیط‌های گرم ، قویاً به عوامل فیزیولوژیک فرد بستگی دارد که آن نیز وابسته به سطح سازگاری افراد است. بنابراین ، قضاوت تخصصی در ارزیابی سطح استرس گرمایی و فشار گرمایی برای ارائه راهکارهای کنترلی در جهت حفاظت از همه کارگران سالم با در نظر گرفتن فاکتورهای فردی، عوامل بومی و نوع کار دارای اهمیت ویژه‌ای است.

برنامه مدیریت استرس گرمایی شامل انجام اقدامات کنترلی مهندسی، مدیریتی و فردی ، ایجاد تطابق کارگران با گرما ، تشخیص زودرس علائم بیماری‌های مرتبط با گرما ، انجام کمک‌های اولیه متناسب و شناسایی ریسک فاکتورهای فردی است.

ریسک فاکتورهای فردی مرتبط با استرس گرمایی شامل سابقه گرما زدگی، ضعف‌های گرمایی مکرر، بیماری‌های قلبی و کلیوی ، حاملگی ، اضافه‌وزن و چاقی، کهولت سن و ... است. توصیه می‌شود که کارگران دارای ریسک فاکتور های فوق، قبل از کار در محیط‌های گرم، با کارشناسان بهداشت حرفه‌ای مشورت کنند.

هدف اصلی از مدیریت و کنترل استرس گرمایی پیشگیری از بروز اختلالات شدید مرتبط با گرما (مانند گرمازدگی) است . لازم به یادآوری است احتمال بروز حوادث و آسیب‌ها با افزایش سطح استرس گرمایی ، افزایش می‌یابد.

اجزا برنامه مدیریت استرس گرمایی شامل اقدامات عمومی و اختصاصی (جدول ۷)است که بر اساس تحلیل شرایط موجود توسط کارشناس بهداشت حرفه‌ای توصیه می‌شود. در شرایطی که شاخص WBGT مؤثر از حد مراقبت بیشتر و از حد مجاز کمتر باشد و یا لباس مورداستفاده، دفع گرما را محدود نماید ضروری است که اقدامات کنترلی عمومی انجام گیرد و در شرایطی که شاخص WBGT

مؤثر از حد مجاز بالاتر باشد ضروری است علاوه بر انجام اقدامات کنترلی عمومی، اقدامات اختصاصی برای آن شغل یا پست کاری انجام شود.

جدول ۷- اقدامات کنترلی عمومی و اختصاصی در استقرار برنامه مدیریت استرس گرمایی

پایش استرس گرمایی (بر اساس شاخص WBGT در جدول ۵) و فشار گرمایی (بر اساس محدودیت‌های فیزیولوژیک جدول ۶) برای ضرورت انجام اقدامات کنترلی کفایت می کند.	
اقدامات کنترلی عمومی	تهیه دستورالعمل‌های مکتوب، اجرای برنامه آموزشی درباره استرس گرمایی و فشار گرمایی
	تشویق به نوشیدن آب خنک در مقادیر کم (به‌طور تقریبی ۱ فنجان) هر ۲۰ دقیقه
	تشویق به خود مراقبتی در مواجهه با گرما در مواقعی که سرپرستی حضور ندارد
	تشویق کارگران برای گزارش دادن علائم و نشانه‌های اختلالات ناشی از گرما در خود و همکاران به سرپرست مربوطه
	تحت نظارت قرار دادن افرادی که مشکلات قلبی عروقی، فشارخون بالا، اختلال در غدد تعریق یا مشکلات کلیوی دارند یا استعمال الکل می کنند.
	تشویق به سبک زندگی سالم، استراحت کافی ، نگهداشت وزن مناسب بدن و تأمین آب و الکترولیت‌های بدن
	نظارت بر وضعیت تطابق با گرما در کارگران با و بدون مواجهه با گرما
	انجام غربالگری پزشکی برای شناسایی افراد مستعد به آسیب‌های ناشی از گرما
	پایش شرایط محیطی و شاخص‌های فیزیولوژیک فشار گرمایی و گزارش اختلالات مرتبط با گرما
اقدامات کنترلی اختصاصی	انجام کنترل‌های مهندسی که منجر به کاهش سوخت‌وساز متابولیکی بدن، کاهش دمای هوا، اصلاح جریان عمومی یا موضعی هوا، کاهش دمای فرایندهای گرمازا، عایق کاری حرارتی منابع گرمایی، کاهش بخار آب ، استقرار سپرهای حفاظتی در برابر تابش‌های گرمایی و اصلاح لباس کار
	انجام کنترل‌های مدیریتی که زمان مواجهه قابل‌قبول با گرما (تنظیم برنامه کار- استراحت)، ریکاوری کافی برای شاخص‌های فشارگرمایی و محدود کردن فشارهای فیزیولوژیک را امکان‌پذیر سازد.
	استفاده از وسایل حفاظت فردی (لباس‌های بازتاب‌دهنده ، لباس‌های خنک‌کننده) در شرایطی که به هر دلیلی انجام روش‌های عمومی و اختصاصی کنترل استرس گرمایی ، کفایت لازم را برای کاهش سطح فشار گرمایی نتوانسته است تأمین نماید .

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:

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 با دمای ۱۰ درجه تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بنوشند.

به کارگران آموزش داده شود که احساس تشنگی ، نشانگر خوبی برای نیاز بدن به آب نیست و آشامیدن آب در محیط‌های گرم به یک عادت تبدیل گردد.

آب خنک و بهداشتی باید نزدیک محل کار قرار داده شود تا نیازی به ترک محل کار نباشد.

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

برای کارگرانی که با گرمای محیط تطابق نیافته‌اند آب حاوی نمک در غلظت یک‌دهم 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 اضافه‌شده 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 به همراه آب فراوان استفاده نمود.

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 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 است و درنتیجه ظرفیت تحمل گرمایی کارگر تقلیل می‌یابد و مقادیر مندرج در جدول ۵ دیگر کاربرد ندارد، در چنین مواردی وقتی برای انجام کاری لباس کار مخصوص موردنیاز است، جهت راهنمایی در جدول ۱ برای انواع لباس کار مقدار تصحیح WBGT ذکرشده 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، درنتیجه توازن عوامل متعدد روانی و فیزیولوژیک، تطابق با گرما[۱] در فرد به وجود می‌آید. مقادیر توصیه‌شده 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 ازجمله عوارض جدی و نامطلوب مواجهه با درجه حرارت‌های بالا است و ممکن است زندگی را تهدید کند و یا ضایعات غیرقابل‌برگشت به‌جا بگذارد. بی‌حالی و خستگی مفرط ناشی از گرمازدگی ممکن است موجب عارضه Heat Prostration[۲] (مجموع علائم سرگیجه و تهوع و حالت Collapase) گردد، که در برخی موارد غیرقابل‌برگشت است. انقباض دردناک عضلات[۳]، اگرچه ناتوان‌کننده است ولی قابل برگشت است بخصوص اگر سریع و به‌موقع درمان شود. از دیگر عوارض ناشی از مواجهه با گرمای زیاد، اختلال شدید الکترولیت، کم‌آبی بدن، سرخی پوست و ادم گرمایی و کم شدن ظرفیت‌های کار فکری و جسمی است.

بر طبق نتایج سازمان OSHA، دمای محیطی ۴۰ تا ۵۴ درجه سانتی‌گراد می‌تواند باعث Heat exhaust و بالاتر از ۵۴ درجه سانتی‌گراد اغلب باعث گرمازدگی که یک وضعیت اورژانسی است می‌شود.

ه- 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 ناقص‌الخلقه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر دمای عمقی بیشتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد(۱۰۰/۴°F) به‌طور موقتی موجب ناباروری در مرد و یا زن می‌شود.

---

۱ Acclimatization
۲ Heat Exhaustion
۳ Heat Cramps

منابع:

International Organization for Standardization (ISO ۷۹۳۳): Ergonomics of the thermal
environment−Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. ISO, Geneva (۲۰۰٤).
Malchaire JB; Piette A; Kampmann B; et al.: Development and validation of the predicted
heat strain model. Ann Occup Hyg. ٤٥(۲):۱۲۳–۳٥ (۲۰۰۱).

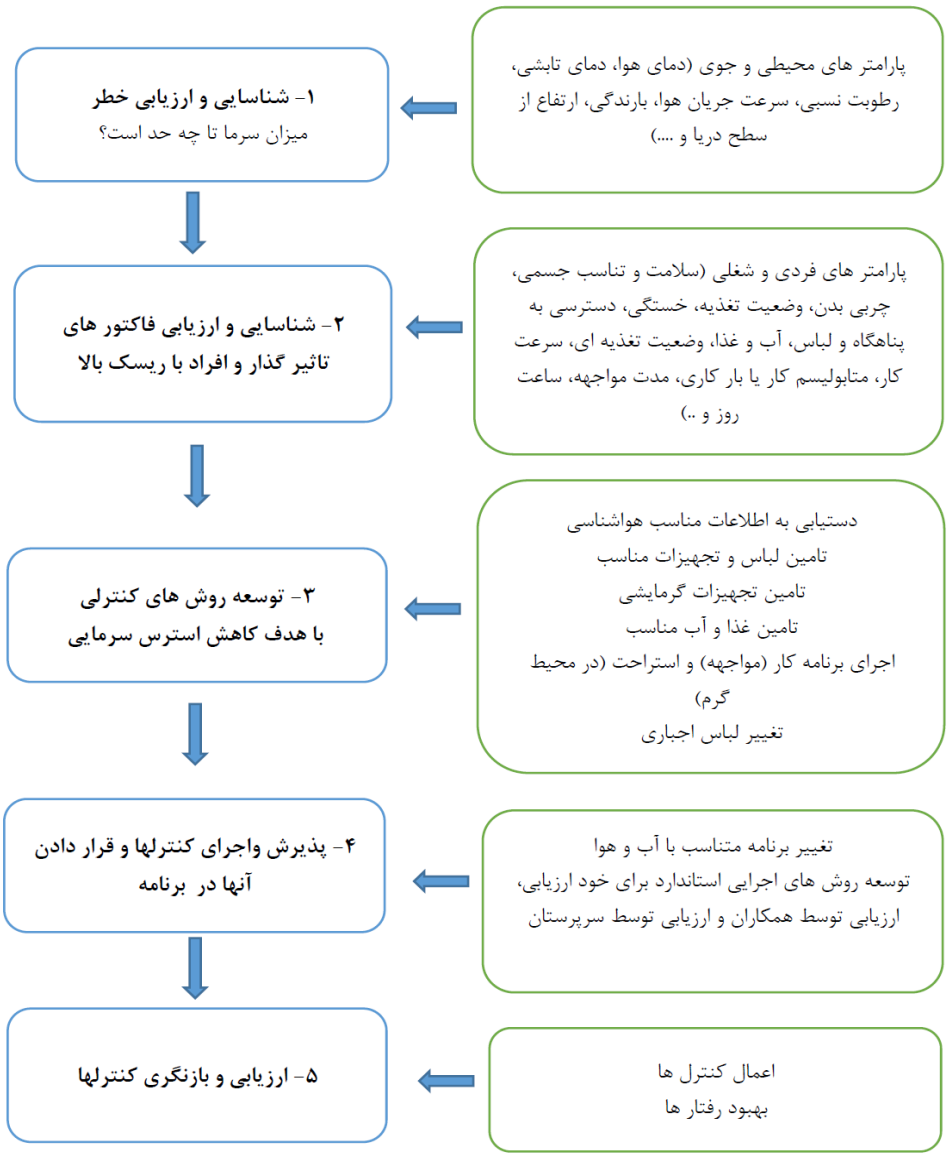
ب ـ تنش سرمایی [۱]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به‌منظور حفظ شاغلین در برابر اثرات شدید سرما (سرمازدگی و یخ زدگی) و ضایعات ناشی از آن تدوین‌شده است و بیانگر حالتی از مواجهه شغلی با سرما است که تحت آن شرایط تقریبا همه 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 ^{o}F) جلوگیری و از ایجاد یخ زدگی انتهای اندام‌ها، پیشگیری می‌کند. (حرارت عمقی بدن، همان حرارت مرکزی بدن است که از طریق اندازه‌گیری درجه حرارت مقعد تعیین می‌شود.) مواجهه مرگبار با سرما نتیجه عدم توفیق در فرار از محیط سرد و یا به دلیل فرو رفتن در آب سرد است. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی، کل بدن به‌ویژه دست‌ها، پاها و سر را در برابر ضایعات سرمازدگی حفاظت می‌نماید. استفاده از لباس مناسب و خشک (محافظ سر، صورت و چشم‌ها، 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 است. درصورتی‌که فرد استعمال دخانیات، مصرف مشروبات الکلی یا مواجهه همزمان با ارتعاش نیز داشته باشد، این حدود تعریف‌شده نمی‌تواند سلامت فرد را در مقابل سرما تأمین نماید. همچنین مرطوب یا خیس بودن لباس به دلیل تسریع ۲۰ برابری در انتقال حرارت نیز اجرای این حدود مجاز را نقض می‌کند، لذا لباس فرد همواره باید خشک و غیرقابل نفوذ به بدن باشد.

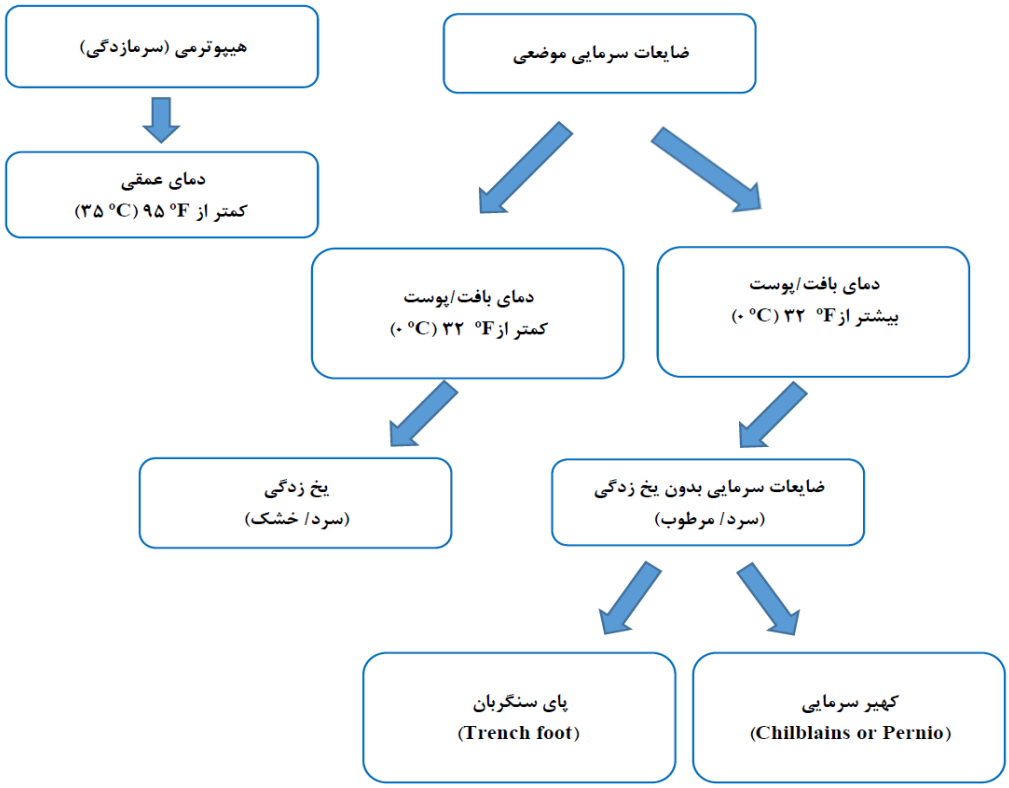
پیشگیری از صدمات ناشی از سرما بهترین اقدام است که از طریق یک استراتژی مدیریت ریسک انجام شده و در آن خطرات سرما را ارزیابی و سپس کنترل می کنند تا اثرات سرما کاهش یابد. شکل ۱ فرایند مدیریت ریسک برای استفاده در محیط های سرد را نشان می دهد. شکل ۲ انواع آسیب های ناشی از سرما را نشان می دهد.

---

۱ Cold Stress



شکل ۱. فرایند مدیریت ریسک برای ارزیابی استرس و فشار سرمایی



شکل ۲. انواع ضایعات ناشی از سرما

پیشگیری از هیپوترمی یا سرمازدگی [۱]

هیپوترمی به عنوان درجه حرارت عمقی بدن زیر ۹۵ درجه فارنهایت (۳۵ درجه سانتیگراد) تعریف می شود. تغییرات فیزیولوژیکی که هنگام پایین آمدن دما به زیر این حد توسط بدن بروز می کند در جدول ۱ ارائه شده است. شاغلین باید همواره از مواجهه با سرما محافظت شوند. به‌طوری‌که درجه حرارت عمقی مرکزی بدن به کمتر از ۳۶ 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. هیپوترمی یک شرایط تهدید کننده زندگی است که باید به سرعت به آن پرداخته شود.

---

۱ Hypothermia

در یک نوبت مواجهه اتفاقی با محیط سرد، کاهش درجه حرارت مرکزی بدن به پائین تر از ۳۵ درجه سانتی گراد (۹۵ ^{o}F) مجاز نمی باشد. هنگامی که دمای عمقی بدن به زیر۹۱/۴درجه فارنهایت (۳۳ درجه سانتیگراد) برسد، کارگران به شدت ناتوان می شوند.

علائم اولیه هیپوترمی شامل احساس سرما، لرز، بی علاقگی و کناره گیری اجتماعی است. ناظران و کارگران باید از این علائم اولیه آگاهی داشته باشند تا اقدامات پیشگیرانه مناسب را در این زمان انجام دهند. در شدت های بالاتر هیپوترمی علائمی همچون گیجی یا خواب آلودگی ، اختلال در گفتار و تغییر در رفتار یا شکل ظاهری مشاهده می شود. در هر صورت مواجهه با سرما برای هر فردی که دچار لرز شدید شد فوراً باید قطع گردد. 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 می گردد. به هنگام بروز لرز شدید فعالیت و کار مفید جسمی و فکری دچار محدودیت خواهد شد. ازآنجاکه مواجهه طولانی با هوای سرد یا فرو رفتن در آب سرد و در دمای بالای انجماد می تواند موجب کاهش دما در حد خطرناک شود، لذا باید تمام بدن را با اقدامات زیر در مقابل سرما محافظت نمود:

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

هرچه سرعت باد بیشتر و دمای محیط کار کمتر باشد باید میزان عایق بودن لباس موردنیاز افزایش یابد. در این شرایط، استفاده از امکاناتی نظیر پاراوان محافظ باد، چادر یا کانکس‌های محدودکننده جریان هوا در محل کار به‌طور مؤکد توصیه می گردد.

از آنجا که مواجهه طولانی مدت با هوای بسیار سرد ، شرایط سرد و مرطوب ، و غوطه وری در آب سرد می تواند منجر به هیپوترمی شود ، محافظت از کل بدن باید مورد توجه قرار گیرد. هوای سرد ، رطوبت و وزش باد بیشترین خطر را در ایجاد هیپوترمی دارا می باشند. شکل ۳ عایق لباس مورد نیاز به عنوان تابعی از دمای هوا و میزان کار ارائه می کند. همانطور که مشاهده می شود ، میزان عایق بندی با کاهش دما و مقدار کار افزایش می یابد. در هوای مرطوب ، ضروری است که لایه بیرونی لباس ضد آب باشد.

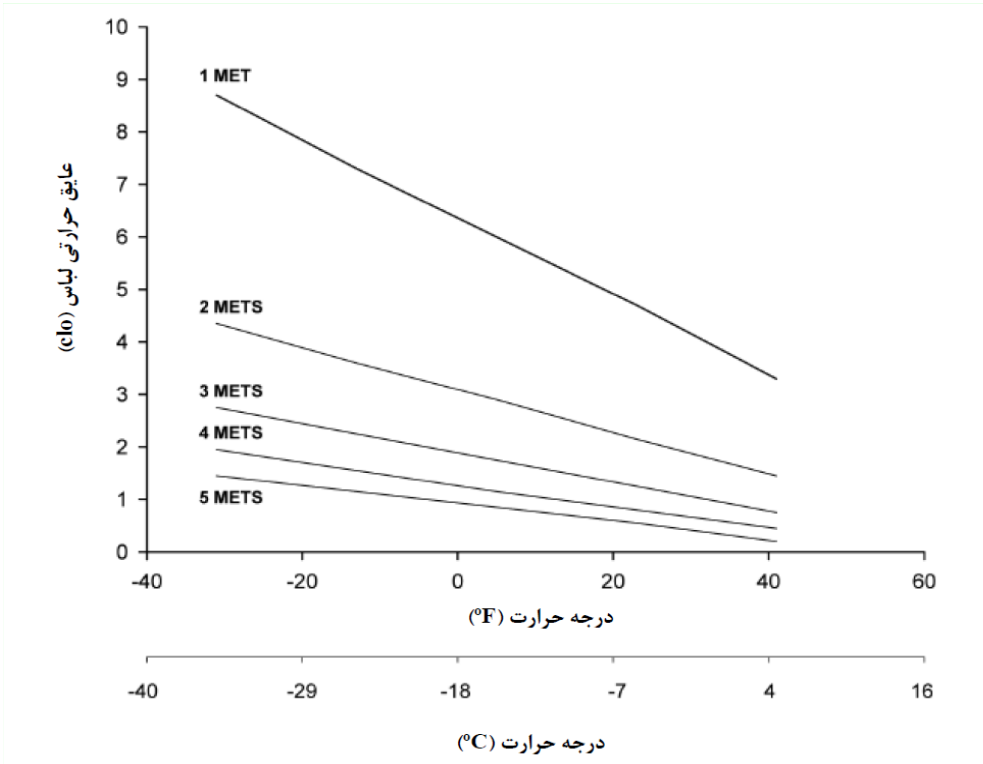
در شرایط هوای بادی، یک لایه خارجی ضد باد مورد نیاز است. جدول ۲ فعالیتهای مختلف و میزان کار مربوطه را بر حسب واحد معادل متابولیک (MET[۱]) نشان می دهد. این جدول را می توان همراه با شکل ۳ برای تعیین تقریبی عایق مورد نیاز لباس در دماهای مختلف استفاده کرد. اگر حفاظت مناسبی وجود

---

۱ Metabolic Equivalents

نداشته باشد، غوطه وری در آب سرد می تواند در مواردی، در مدت کوتاهی باعث هیپوترمی شدید و نهایتا مرگ گردد. جدول ۳ مقدار زمانی را نشان می دهدکه یک فرد متوسط می تواند بر اساس دما و عمق آب در آب غوطه ور بماند. این راهنما براساس استفاده از وسایل حفاظتی معمولی است که ضد آب نیست. همچنین لازم به ذکر است نوع دیگری از آسیب سرما (بدون یخ زدگی) زمانی رخ می دهد که پوست بدن در مدت طولانی در آب سرد غوطه ور بماند یا با سرمای مرطوب بین ۶۰- ۳۲ درجه فارنهایت (۰-۱۵ درجه سانتیگراد) مواجهه یابد. ریسک فاکتورهای سرمازدگی شامل عدم تحرک، کاهش انرژی، اختلالات غدد درون ریز، سن (پیری یا جوانی)، اختلالات پوستی، سوختگی، ضربه، نوروپاتی و استفاده از دارو یا الکل می باشد.

در شرایط معمول به‌جز دست‌ها، پاها و سر معمولاً ضایعات سرمازدگی در سایر اندام‌ها همراه با افت دمای عمقی بدن است. 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 ازجمله تدابیر احتیاطی است که باید مدنظر باشد. تدابیر احتیاطی اتخاذشده تابع وضع جسمی شاغلین است و باید با مشورت و راهنمایی یک پزشک مطلع به مسائل استرس سرما و وضعیت درمانی فرد اتخاذ گردد. وجود پناهگاه مطمئن و گرم برای استراحت در وقفه‌های کاری، لباس یدکی خشک برای تعویض به‌موقع هنگام خیس شدن لباس شاغلین و همچنین امکانات تغذیه گرم، وسایل کمک‌های اولیه و مخابراتی برای مواقع خطر ضرورت دارد. بیماران همچنین می توانند برای افزایش تولید گرما فعالیت بدنی خود را افزایش دهند (ورزش کنند). سایر روشها، در کنار گرم نمودن بدن، باید توسط پرسنل پزشکی آموزش دیده آغاز گردد.



شکل ۳- مقدار تقریبی عایق لباس مورد نیاز در دماهای هوا و سطح فعالیت بدنی مختلف

سرعت باد کمتر از ۵ مایل در ساعت (۲/۲ متر بر ثانیه) فرض می شود. یک مت (MET) به مصرف انرژی در حالت استراحت (۵۸/۲ وات بر مترمربع) اشاره دارد. یک کلو (clo) عایق لباس ضروری است برای اینکه یک فرد در حال استراحت وقتی دمای هوا ۲۱ درجه سانتیگراد (۷۰ درجه فارنهایت) است احساس راحتی نماید.

جدول ۱- دمای عمقی و تغییرات فیزیولوژیکی وابسته به آن که با کاهش دما رخ می دهد. پاسخ افراد در هر سطح از درجه حرارت عمقی متفاوت می باشد.

مرحله	درجه حرارت		تغییرات فیزیولوژیکی
	°F	℃	
درجه حرارت طبیعی بدن (Normothermia)	۹۸/۶	۳۷/۰	
کاهش دمای اندک (Mild Hypothermia)	۹۵/۰	۳۵/۰	حداکثر لرز، افزایش فشار خون
	۹۳/۲	۳۴/۰	فراموشی، اختلال در تکلم، درک ضعیف، اختلال رفتار
	۹۱/۴	۳۳/۰	عدم تعادل، بی حسی، بی علاقگی
کاهش دمای متوسط (Moderate Hypothermia)	۸۹/۶	۳۲/۰	لجبازی
	۸۷/۸	۳۱/۰	توقف لرز، گشاد شدن مردمک ها
	۸۶/۰	۳۰/۰	آریتمی قلبی، کاهش برون ده قلبی
	۸۴/۲	۲۹/۰	عدم هوشیاری
کاهش دمای شدید (Severe Hypothermia)	۸۲/۴	۲۸/۰	احتمال فیبریلاسیون بطنی، کاهش تنفس
	۸۰/۶	۲۷/۰	از دست دادن رفلکس ها و حرکات ارادی
	۷۸/۸	۲۶/۰	بر هم خوردگی تعادل اسید- باز، عدم پاسخ به درد
	۷۷/۰	۲۵/۰	کاهش جریان خون به مغز
	۷۵/۲	۲۴/۰	افت فشار خون، کندی ضربان قلب
	۷۳/۴	۲۳/۰	عدم رفلکس قرنیه، عدم رفلکس
	۶۶/۲	۱۹/۰	عدم رسم موج در الکتروانسفالوگرافی[۱]
	۶۴/۴	۱۸/۰	فقدان فعالیت الکتریکی قلب[۲]
	۵۹/۲	۱۵/۲	پایین ترین حد اتفاقی کاهش دما که نوزاد امکان بهبودی دارد.
	۵۶/۷	۱۳/۷	پایین ترین حد اتفاقی کاهش دما که فرد بالغ امکان بهبودی دارد.

۱ Electroensephalographic silence

۲ Asystole

جدول ۲- شدت فعالیت برای فعالیتهای انتخاب شده در فضای باز اقتباسی از ACGIH۲۰۲۰

کار نشسته ۱۰۰ وات (۱ مت)	کار سبک ۲۵۰ وات (۳-۲ مت)	کار متوسط ۴۵۰ وات (۵-۴ مت)	کار سنگین ۶۰۰ وات (۶ مت)
خواب، نشستن در حالت آرام	قدم زدن در سطح صاف با سرعت ۳ تا ۴ کیلومتر در ساعت، برف روبی	قدم زدن در برف یا شن نرم با سرعت ۴ کیلومتر در ساعت بدون حمل بار، راه رفتن روی سطح سخت با سرعت تقریبی ۵/۵ کیلومتر در ساعت و حمل بار کمتر از ۴۰ پوند (تقریبا ۱۸ کیلوگرم)، جابجایی کیسه های ۵۰ کیلوگرمی؛ بیل زدن	راه رفتن روی سطح سخت با سرعت تقریبی ۵/۵ کیلومتر در ساعت و حمل بار ۴۰ پوند (تقریبا ۱۸ کیلوگرم)، راه رفتن روی شن نرم با سرعت ۴ کیلومتر در ساعت همراه با حمل بار، کار کردن در حالی که کفش مخصوص برف[1] استفاده می شود.

جدول ۳- محدودیت های زمانی غوطه وری در آب سرد (بر حسب ساعت) برای رسیدن به دمای عمقی ۳۵/۵ درجه سانتیگراد در دما ها و عمق های غوطه وری مختلف در آب. برای زمان غوطه وری بیش از ۶ ساعت، خطر آسیب ها و ضایعات سرمایی بدون یخ زدگی به طور قابل توجهی افزایش می یابد.(ACGIH۲۰۲۰)

دمای آب (°C)	دمای آب (°F)	تا عمق زانو	تا عمق گودی کمر	تا عمق قفسه سینه
۱۰-۱۲	۵۰-۵۴	۱۲/۸	۱/۹	۱/۳
۱۳-۱۵	۵۵-۵۹	۱۵/۶	۷/۵	۲/۲
۱۶-۱۸	۶۰-۶۴	۲۲/۲	۱۰/۲	۷/۹
۱۸-۲۱	۶۵-۶۹	۳۳	۱۳/۸	۱۰/۵

پیشگیری از یخ زدگی[2]

یخ زدگی زمانی رخ می دهد که دمای بافت به زیر ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتی گراد) کاهش یابد. یخ زدگی اغلب در مواجهه پوست (بینی، گوش ها، گونه ها، مچ دست ها) رخ می دهد. انجماد آنی می تواند وقتی که پوست در تماس با مایعات فوق سرد مثل محصولات پتروشیمی، روغن، سوخت های مایع، ضدیخ، الکل که همه در دمای ۴۰- درجه سانتی گراد به شکل مایع باقی می مانند رخ دهد. همچنین تماس

۱ Snowshoeing
۲ Frostbite

پوست برهنه با اشیاء سرد بویژه فلز رسانا یا سنگ می تواند یخ زدگی بافت رخ دهد. برای جلوگیری از این حالت،کارگران باید از دستکش های ضد تماس استفاده نمایند.

معمولاً اولین نشانه یخ زدگی بی حسی است. در واقع، احساس اولیه سرمایی در دمای پوست ۸۲ درجه فارنهایت (۲۸ درجه سانتیگراد) و احساس درد در دمای ۶۸ درجه فارنهایت (۲۰ درجه سانتیگراد) شروع می شود، اما هنگامی که دمای پوست به ۵۰- درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتیگراد) می رسد، این احساسات با بی حسی جایگزین می شوند. افراد اغلب احساس چوبی شدن[۱] را در نواحی آسیب دیده گزارش می کنند. پس از گرم کردن مجدد احساس درد قابل ملاحظه ای دیده می شود. احساسات اولیه یک احساس ناخوشایند از سرما است که ممکن است شامل سوزن سوزن شدن ، سوزش، درد شدید و کاهش احساس باشد. رنگ پوست ممکن است در ابتدا قرمز به نظر برسد اما سپس به رنگ سفید و مومی شکل می شود.

ریسک فاکتورهای یخ زدگی شامل دما، نمناکی، خنک کنندگی باد، لباس چسبان، نژاد، جنس، هیپوکسی، سندرم رینود و داروهای عروقی می باشد.

دمای خنک کنندگی باد(TWC[۲]) یا شاخص سرمای هوا (WCI) (جدول ۴) با ادغام سرعت باد و دمای هوا، امکان برآورد قدرت خنک کنندگی باد را فراهم می کند. این شاخص برای استاندارد نمودن قدرت خنک کنندگی محیط به دمای هوای معادل آن در شرایط هوای ساکن بکار می رود و از رابطه زیر بدست می آید:

وقتی دما بر حسب درجه فارنهایت (°F) و سرعت باد بر حسب مایل بر ساعت (mph) باشد:

$$\text{Wind Chill Index (°F)} = ۳۵,۷۴ + ۰,۶۲۱۵ - ۳۵,۷۵(V^{۰.۱۶}) + ۰,۴۲۷۵\ T\ (V^{۰.۱۶})$$

وقتی دما بر حسب درجه سانتیگراد (°C) و سرعت باد بر حسب کیلومتر بر ساعت (km/h) باشد:

$$\text{Wind Chill Index (°C)} = ۱۳,۱۲ + ۰,۶۲۱۵T - ۱۱,۳۷(V^{۰.۱۶}) + ۰,۳۹۶۵\ T\ (V^{۰.۱۶})$$

T = Air Temperature
V = Wind Speed

---

۱ Wooden
۲ Wind Chill Temperature (TWC) Index

جدول ۴- شاخص دمای خنک کنندگی باد

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

نکته: مدت زمانهای ایجاد یخ زدگی، مربوط به مواجهه پوست صورت می باشند.

رنگ سفید: ریسک یخ زدگی برای اغلب مردم کم است.

رنگ طوسی کم رنگ: افزایش خطر یخ زدگی برای اغلب مردم در ۱۰ تا ۳۰ دقیقه مواجهه رخ می دهد.

رنگ طوسی پررنگ: خطر یخ زدگی برای اغلب مردم در ۵ تا ۱۰ دقیقه مواجهه رخ می دهد.

رنگ تیره کم رنگ: خطر یخ زدگی برای اغلب مردم در ۲ تا ۵ دقیقه مواجهه رخ می دهد.

رنگ تیره پررنگ: خطر انجماد برای اغلب افراد در مواجهه ۲ دقیقه یا کمتر رخ می دهد

جدول۵-زمان بر حسب دقیقه تا بروز یخ زدگی گونه در ۵٪ مستعدترین پرسنل نظامی ارتش آمریکا اقتباس از: ACGIH۲۰۲۱

سرعت باد		دمای هوا												
m/s	mph*	(°C)	-۱۲	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۴	-۳۷	-۴۰	-۴۳
		(°F)	۱۰	۵	۰	-۵	-۱۰	-۱۵	-۲۰	-۲۵	-۳۰	-۳۵	-۴۰	-۴۵
۲	۵	>۱۲۰		>۱۲۰	>۱۲۰	>۱۲۰	۳۱	۲۲	۱۷	۱۴	۱۲	۱۱	۹	۸
۴	۱۰	>۱۲۰		>۱۲۰	>۱۲۰	۲۸	۱۹	۱۵	۱۲	۱۰	۹	۷	۷	۶
۷	۱۵	>۱۲۰		>۱۲۰	۳۳	۲۰	۱۵	۱۲	۹	۸	۷	۶	۵	۴
۹	۲۰	>۱۲۰		>۱۲۰	۲۳	۱۶	۱۲	۹	۸	۸	۶	۵	۴	۴
۱۱	۲۵	>۱۲۰		۴۲	۱۹	۱۳	۱۰	۸	۷	۶	۵	۴	۴	۳
۱۳	۳۰	>۱۲۰		۲۸	۱۶	۱۲	۹	۷	۶	۵	۴	۴	۳	۳
۱۶	۳۵	>۱۲۰		۲۳	۱۴	۱۰	۸	۶	۵	۴	۴	۳	۳	۳
۱۸	۴۰	>۱۲۰		۲۰	۱۳	۹	۷	۶	۵	۴	۳	۳	۲	۲
۲۰	۴۵	>۱۲۰		۱۸	۱۲	۸	۷	۵	۴	۴	۳	۳	۲	۲
۲۲	۵۰	>۱۲۰		۱۶	۱۱	۸	۶	۵	۴	۳	۳	۲	۲	۲

خطر یخ زدگی

کم: احتمال یخ زدگی وجود دارد اما زمان نامشخص است(رنگ سفید)

بالا: یخ زدگی در ۱۰-۳۰ دقیقه رخ دهد (رنگ طوسی کم رنگ)

شدید:یخ زدگی در ۵-۱۰ دقیقه می تواند رخ دهد(رنگ طوسی پررنگ)

بسیار شدید: یخ زدگی می تواند در کمتر از ۵ دقیقه رخ دهد(رنگ تیره)

نکته: پوست مرطوب می تواند رخداد یخ زدگی را تسریع نماید

*مایل بر ساعت (mph)

ویژگی شاخص خنک کنندگی باد در کاربرد صحیح آن است و تنها خطر خنک شدن پوست در معرض افرادی که با سرعت ۳ مایل در ساعت (تقریبا ۴/۸ کیلومتر در ساعت) راه می روند را برآورد می کند. باد باعث نمی شود دمای بدن یک فرد در معرض سرما، از دمای محیطی خنک تر شود، بلکه باعث می شود فرد در معرض دمای محیطی مشخص، بیشتر از زمانی که باد وجود ندارد، احساس سرما کند. سرعت باد به دست آمده از گزارش های هواشناسی، جریان های باد ایجاد شده از طریق مصنوعی و بوسیله فعالیت های شغلی انسان را مورد توجه قرار نمی دهد.

WCT خطر نسبی یخ زدگی و زمان پیش بینی شده برای یخ زدن پوست صورت افراد درمعرض سرما را نشان می دهد (جداول ۴ و ۵). پوست صورت از این جهت انتخاب شده است که معمولا این ناحیه از بدن

دارای هیچگونه حفاظتی نمی باشد. اگر دمای هوا بالاتر از ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتیگراد) باشد، یخ زدگی رخ نمی دهد.

پوست مرطوبی که با باد مواجهه می یابد سریعتر خنک می شود و اگر پوست مرطوب باشد و با باد هم مواجهه یابد، دمای محیطی که برای جدول WCT استفاده می شود باید ۱۰ درجه سانتیگراد کمتر از دمای واقعی محیط باشد.

هنگامی که سطوح سرد دارای دمای کمتر از ۷- درجه سانتیگراد (۱۹/۴درجه فارنهایت) در محیط کار افراد وجود دارد باید توسط سرپرستان هشدار های لازم به کارگران برای جلوگیری از تماس اتفاقی با پوست برهنه داده شود.

اگر دمای هوا ۱۷/۵- درجه سانتیگراد (۰/۵ درجه فارنهایت) یا کمتر است، دست ها باید توسط دستکش ها محافظت شوند. همچنین کنترل ماشین آلات و ابزار برای استفاده در شرایط سرد باید به گونه ای طراحی شوندکه بدون برداشتن دستکشها بتوان آنها را اداره کرد.

مهارت دستی ویژگی مهمی در محیط های شغلی است. منظور از مهارت دستی ایجاد حرکات هماهنگ دست و انگشتان برای انجام کاری دقیق بر روی اجسام یا اشیاء است.

مهارت دستی شامل عملکرد عضلات ، سیستم اسکلتی و عصبی برای تولید حرکات دقیق و کوچک می شود . در هوای سرد ، مهارت دستی می تواند بسته به شرایط محیط، ۶۰-۸۰ درصد در کارگران دستکشدار نسبت به کارگران بدون دستکش کاهش یابد. هنگامی که دمای دست کاهش می یابد ، عملکرد دستی با اختلال مواجه خواهد شد. چنانچه دمای پوست انگشت از ۳۳ درجه سانتیگراد (۹۱ درجه فارنهایت) به ۱۰ درجه سانتیگراد (۵۰ درجه فارنهایت) کاهش یابد، این عملکرد تا ۳۰ ٪ کاهش می یابد.

به‌منظور حفظ تداوم فعالیت‌های دستی دقیق و پیشگیری از حوادث، لازم است دست‌ها به‌طور ویژه‌ای به شرح زیر حفاظت شوند:

الف- اگر کارهای ظریف دستی با دست‌های بدون دستکش برای مدت بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در محیطی زیر ۱۶ درجه سانتی‌گراد (۶۰/۸ ^{o}F) انجام می‌شود، برای گرم نگه‌داشتن دست‌ها باید پیش‌بینی‌های ویژه انجام گیرد، بدین منظور جریان هوای گرم و بخاری‌های تابشی یا صفحات تماسی گرم کننده ممکن است به کار رود. در دمای کمتر از ۱- درجه سانتی‌گراد (۳۰/۲ ^{o}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 ^{o}C (۶۰/۸ ^{o}F) ، در کارهای سبک به ۴ ^{o}C (۳۹/۲ ^{o}F) و برای کار متوسط ۷- درجه سانتیگراد (۱۹/۴ درجه فارنهایت) کاهش باید و کارهای دستی ظریف دقیق و ماهرانه موردنیاز نباشد، آنگاه شاغلین باید از دستکش استفاده نمایند. مهارت در درجه اول تحت

تأثیر درجه حرارت محیطی پوست و عضله قرار می گیرد و کمتر تحت تاثیر دمای عمقی بدن قرار می گیرد.

مواجهه حاد با آب سرد

غوطه وری ناگهانی با آب سرد موجب واکنش شوک سرمایی می شود. واکنش های فیزیولوژیکی به غوطه وری ناگهانی شامل نفس نفس زدن، افزایش تنفس، افزایش ضربان قلب، فشار خون و مشکلات قلب عروقی می شود.

پس از کاهش پاسخهای اولیه، با گذشت زمان دمای عمقی و دمای عضله کاهش می یابد. بعد از مواجهه ۱۰ دقیقه ای با آب و غوطه وری در آب کمتر از ۱۰ درجه، دمای ماهیچه کاهش می یابد و منجر به کاهش در عملکرد ماهیچه اسکلتی شده که افراد دیگر قادر به شنا کردن و نجات جان خود نیستند و غرق شدن رخ می دهد. چنانچه این وضعیت ادامه یابد ادامه سقوط دما رخ می دهد. عموما دمای عمقی بدن در آب ۵ درجه در ۱ ساعت مواجهه ، در آب ۱۰ درجه در زمان ۲ ساعت مواجه، و در آب ۱۵ درجه در زمان ۳-۶ ساعت مواجهه به زیر ۳۵ درجه سانتیگراد کاهش می یابد.

پیشرفت از شوک سرمایی به سرمازدگی به شکل قانون (۱-۱۰-۱) اشاره می شود. این قانون بیان می کند که در دقیقه اول، واکنش به شوک سرما با افزایش تنفس در آب خود را نشان می دهد. در ۱۰ دقیقه مواجهه، دمای ماهیچه اسکلتی کاهش یافته و به نقطه ای که عملکرد آن مختل می شود، می رسد و در ۱ ساعت دمای عمقی به سطح خطرناکی سقوط می کند.

لباس هوای سرد

لباس های هوای سرد از طریق کاهش اتلاف گرما از طریق عایق حرارتی لباس و هوای محبوس شده درون و بین لایه های لباس، بدن را از هیپوترمی و صدمات سرمای محیطی محافظت می کنند. لباس های هوای سرد معمولی از چند لایه تشکیل شده است:

- یک لایه داخلی (پلی استر سبک یا پلی پروپیلن) که در تماس مستقیم با پوست است و به راحتی رطوبت را جذب نمی کند ، اما رطوبت را به لایه های خارجی که می تواند تبخیر شود ، انتقال می دهد.
- لایه های میانی (پلی استر یا پشم) که عایق اصلی را ایجاد می کنند.
- یک لایه خارجی که برای انتقال رطوبت به هوا طراحی شده، در حالی که باد و باران را دفع می کند. تعریق می تواند به راحتی از نرخ تبخیر لایه پوسته خارجی لباس فراتر رود، که در این حالت باعث جمع شدن رطوبت در داخل لباس می شود، حتی اگر لایه خارجی دارای تهویه قابل توجهی باشد (به عنوان مثال زیپ در زیر بغل) که اجازه دهد تا رطوبت خارج شود. لایه بیرونی معمولاً نباید در طول انجام کار متوسط یا سنگین پوشیده شود (مگر اینکه بارانی یا خیلی باد باشد)، اما باید در زمانهای بعدی استراحت مورد استفاده

قرار گیرد. تحمیل یک مجموعه لباس استاندارد برای کل کارگران یک صنعت می تواند در بعضی از افراد باعث گرم شدن بیش از حد و تعریق در حین کار شود، در حالی که ممکن است برخی از کارگران نیاز به گرم شدن تا آن حد نداشته باشند. بنابراین ، افراد باید میزان پوشش (لباس) را با توجه به نیازمندی های خود و محیط حرارتی خود استفاده نمایند. یکی از مشکلات عمده در مورد لباس این است که افراد در حالیکه لباس هایی که مناسب شرایط استراحت است را به تن دارند، شروع به کار می نمایند و بنابراین بعد از اینکه کار شروع می شود، دارای لباس بیش از حد[1] می شوند. همه کارگران لازم است که آگاه شوند که اگر هوا مرطوب باشد و لباس هوای مرطوب فراهم نباشد و شدت کار نیز سبک باشد خطر سرمازدگی افزایش می یابد. خشک بودن لباس مخصوصاً برای افرادی که در مناطق دور افتاده کار می کنند بسیار مهم و حیاتی است و بنابراین حمل پوشاک اضافی (لباس ضد آب و خشک) برای تغییر لباس در هنگام نیاز برای این افراد بسیار حیاتی و الزامی است. اگر کار در دماهای نرمال یا در یک محیط گرم انجام شده باشد، قبل از اینکه فرد وارد محیط سرد شود بایداطمینان حاصل نماید که لباس در اثر تعریق خیس نشده باشد. اگر لباس خیس است، افراد باید آن را با لباس خشک تعویض نمایند قبل از آنکه وارد محیط سرد شوند. کارگران باید جورابها و هرنوع کفی نمدی قابل تعویض را بطور منظم در فواصل مختلف روز تعویض نمایند و یا از چکمه های ضد عرق استفاده نمایند. فرکانس بهینه تعویض با توجه به نوع کفش پوشیده شده و مقدار عرقی که پای هر فرد ممکن است ترشح نماید، باید بصورت تجربی تعیین شود. اگر نواحی در معرض تماس بدن نمی تواند بطور کافی برای پیشگیری از احساس سرمازدگی و یا یخ زدگی حفظ شود، سایر موارد حفاظتی کمکی برای گرم کردن آن نواحی باید فراهم گردد.

اگر لباس موجود محافظت کافی را برای جلوگیری از سرمازدگی یا یخ زدگی ایجاد نمی کند، اصلاح کار باید انجام گیرد و یا تا فراهم شدن لباس کار مناسب برای سرما و یا بهبود شرایط جوی به تعلیق در آید. پا ها اندامهایی هستند که بسیار مستعد آسیب های ناشی از سرمازدگی محیطی می باشند. بنابراین می بایست برای کلیه کارگران کفش مناسب برای شرایط سرمایی که در آن کار می کنند، فراهم گردد. مثلا اگر محیط مرطوب است ، کفش باید در برابر نفوذ آب محافظت کافی را تامین کند. به همین ترتیب، اگر دمای هوا این پتانسیل را دارد که تا حد زیادی کاهش یابد (کمتر از صفر درجه فارنهایت (۱۸- درجه سانتیگراد)، چکمه های مخصوص این محیط باید فراهم شود.

افرادی که در دمای کمتر از ۴ ^{o}C (۳۹/۲ ^{o}F) مایعات قابل تبخیر (بنزین، الکل و یا مواد پاک کننده و غیره) را جابجا می کنند، به جهت افزایش خطر بروز ضایعات ناشی از سرما که درنتیجه خاصیت خنک کنندگی مواد تبخیر شونده حاصل می‌شود. باید احتیاطات لازم برای پرهیز از خیس شدن لباس یا دستکش با مایعات

---

[1] Overdressed

مذکور را به‌عمل آورند. به‌خصوص به اثرات حاد پاشیدن مایعات سرمازا[1] یا مایعاتی که نقطه‌جوش آن‌ها مختصری بالاتر از درجه حرارت متعارف است باید توجه کافی بشود.

برنامه کار- استراحت توأم با گرم شدن بدن

جدول ۶ تعیین‌کننده مدت هر بار مواجهه در دوره کاری ۴ ساعته است و در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه است. اگر کار در سرمای کمتر از $-۷^{o}C$ ($۱۹/۴^{o}F$) و یا درجه حرارت معادل سرماباد آن به‌طور 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. در صورت بروز علائمی از قبیل لرز شدید، احساس سرما، خستگی مفرط، خواب‌آلودگی، تحریک‌پذیری و گیجی مراجعت فوری به پناهگاه ضروری است. پس از ورود به پناهگاه باید لباس را 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 به کار کارگران با لباس مرطوب، ضروری است، چند دست لباس خشک به تعداد کافی در محل مزبور وجود داشته باشد. در محیط سرد کاهش آب یا مایعات بدن بندرت رخ می‌دهد، اما ممکن است استعداد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما به جهت تغییرات قابل‌ملاحظه 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 $-۱۲^{o}C$ ($۱۰/۴^{o}F$) و یا کمتر از آن رعایت نکات زیر ضروری است:

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 به‌طور تمام‌وقت استفاده کرد.

۴- باید حتی‌المقدور از لباس‌های سبک، کم‌حجم و مناسب استفاده گردد تا مانع کار راحت نشود.

۵- برنامه کار باید به‌گونه‌ای 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 به‌طور مناسب حفاظت شود.

---

[1] Cryogenic Fluids

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 قریب‌الوقوع

د ـ شناسایی نشانه‌ها و علائم بالینی کاهش دمای قریب‌الوقوع یا سرد شدن فزاینده بدن حتی وقتی‌که لرز ظاهر نشود.

ه ـ انجام کار بدون مخاطره

و- کمک‌های اولیه ضروری و درخواست امداد

کار در دمای بین ۱+ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد باید حداکثر در دوره‌های 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 تدوین‌شده 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. به‌طور مثال درصورتی‌که 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. درصورتی‌که همین کارگر در دمای مذکور و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه مشغول به کار 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 است. اگر اطلاعات صحیحی برای تخمین یا اندازه‌گیری سرعت باد موجود نیست، پیشنهادهای زیر به‌صورت راهنما به کار می‌رود:

- سرعت باد ۵ مایل در ساعت (۵ mph[۱]) معادل حرکت آرام پرچم
- سرعت باد ۱۰ مایل در ساعت (۱۰ mph) معادل پرچم کاملاً بازشده در اثر جریان باد
- سرعت باد ۱۵ مایل در ساعت (۱۵ mph) معادل بلند شدن صفحات روزنامه در هوا
- سرعت باد ۲۰ مایل در ساعت (۲۰ mph) در شرایط بوران برف

۱ Miles Per Hour

جدول ۶- حدود مجاز مواجهه شغلی با سرما (برای یک دوره ۴ ساعته کار)

حداکثر مدت تداوم کار مجاز (دقیقه) *	بارکاری	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 تدوین‌شده است. در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه است. 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 پایین‌تر خواهد بود.

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

*** در شرایط پایین‌تر از این مرحله کارهای غیر اضطراری باید متوقف شود. در موارد اضطراری مواجهه کوتاه‌مدت ۱۰ دقیقه‌ای برای یک‌بار مواجهه مجاز است.

توصیه‌هایی برای محیط کار خاص

مقررات خاص برای سردخانه‌ها عبارت‌اند 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 به‌وسیله دستگاه‌های توزیع هوا که به طرز خاصی طراحی‌شده‌اند امکان‌پذیر 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، ازجمله ممکن است کاهش حد مجاز شغلی به یک مرحله پایین‌تر ضرورت یابد.

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 فرابنفش و یا درخشندگی خیره‌کننده برف و یخ که می‌تواند موجب خیرگی و ورم ملتحمه گردد، به کار

[1] Feet Per Minute

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.

ضرورت‌های پایش محیط کار

وقتی دمای محیط کار کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد (۶۰/۸ ^{o}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 ^{o}F) رسید، باید حداقل هر چهار ساعت یک‌بار اندازه‌گیری دما به‌وسیله 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 یک‌بار 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 ^{o}F) است، میزان دمای هوا و سرعت باد باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

در کلیه مواردی که اندازه‌گیری سرعت جریان هوا ضروری باشد، دمای معادل سرما باد (ECT) با استفاده از جدول ۴ محاسبه و هرگاه دمای معادل سرما باد (ECT) کمتر از ۷- درجه سانتی‌گراد (۱۹/۴ ^{o}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^{o}F) و کمتر معاف گردند.

شاغلینی که معمولاً در درجات کمتر از ۲۴- درجه سانتی‌گراد (۱۱/۲ ^{o}F-) همراه با سرعت باد کمتر از پنج مایل در ساعت و یا هوای کمتر از ۱۸- درجه سانتی‌گراد (۰/۰^{o}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 کمک‌های اولیه درمانی باید به فوریت انجام گیرد.

منابع:

Castellani JW; Young AJ; Ducharme MB; et al.: Prevention of cold injuries during exercise. Med Sci Sports Exerc ۳۸:۲۰۱۲–۲۰۲۹ (۲۰۰٦).

National Weather Service: Windchill Temperature Index. NOAA, National Weather

Service, Office of Climate, Water, and Weather Services (۲۰۰۱).

US Department of the Army: Prevention and management of cold-weather injuries. Technical Bulletin Medical ٥٠٨, (TB MED ٥٠٨). Falls Church, VA (۲۰۰٥).

Xu X; Tikuisis P: Thermoregulatory modeling for cold stress. Compr Physiol ۴:۱۰۵۷–۱۰۸۱ (۲۰۱۴).

International Organization for Standardization (ISO ۷۹۳۳): Ergonomics of the thermal

environment−Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. ISO, Geneva (۲۰۰٤).

Malchaire JB; Piette A; Kampmann B; et al.: Development and validation of the predicted

heat strain model. Ann Occup Hyg. ٤٥(۲):۱۲۳–۳٥ (۲۰۰۱).

پرتوها

از آنجا که دفتر حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی وظیفه تعیین حدود پرتو گیری شغلی در فعالیت های کاری با پرتوهای یونساز و غیر یونساز را بر عهده دارند و این حدود بعنوان بخشی از مقررات ملی محسوب می گردد. برای آگاهی از آخرین استانداردهای بروز به سایت دفتر امور حفاظت در برابر اشعه مراجعه نمایید. بدین منظور می توانید از پیوندهای زیر استفاده نمایید:

۱- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۷ (تجدید نظر دوم)،پرتوهای غیر یونساز- حدود پرتوگیری

http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=٤٨٤٦١

۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۱۰، حدود پرتوگیری از تابش های لیزری در محدوده طول موج های ۱۸۰ نانومتر تا ۱۰۰۰میکرون است.

http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=٤٦٤٠٣

۳- ضوابط کار در میدان مغناطیسی مستقیم یا میدان های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده(شماره ۴۷)

https://nrpd.ir/portal/home/?٤٨٢٨٦/%D٨٪AC%D٨٪B٣٪D٨٪AA%D٨٪AC%D٩٪٨٨٪DB٪٨C-%D٨٪B٦٪D٩٪٨٨٪D٨٪A٧٪D٨٪A٨٪D٨٪B٧-%D٩٪٨٨-%D٩٪٨٥٪D٩٪٨٢٪D٨٪B١٪D٨٪B١٪D٨٪A٧٪D٨٪AA

مباحث تکمیلی حدود مجاز حوزه شغلی در قالب سند پیوست، متعاقبا از استانداردهای سازمان انرژی اتمی استخراج و ابلاغ می گردد.

بخش چهارم: حدود مجاز در ارگونومی

ارگونومی علمی است که به مطالعه و طراحی سیستم کار، ابزار و تجهیزات، محیط کار و برهمکنش سیستم انسان- ماشین می‌پردازد تا از این طریق به پیشگیری از بیماری و آسیب نیروی کار و ارتقای سلامت، عملکرد شغلی و بهره‌وری کمک نماید. در ارگونومی تلاش می‌شود تا مشاغل و فعالیت‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که با توانایی‌های کارگر منطبق باشند.

آسیب‌های اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار [۱](WMSDs)

یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشت شغلی، آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار است که با به‌کارگیری برنامه‌های بهداشتی، ایمنی و ارگونومی می‌توان آن را مدیریت نمود. اصطلاح آسیب‌های اسکلتی- عضلانی این گونه تعریف می‌شود: هرگونه آسیب مزمن به عضلات، تاندون‌ها، اعصاب، عروق خونی و ... که به علت حرکات تکراری، اعمال نیروی زیاد، وضعیت نامناسب بدن هنگام کار، ارتعاش و یا سرما ایجاد می‌شود.

سایر اصطلاحاتی که برای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: آسیب‌های ترومای تجمعی [۲](CTDs)، آسیب‌های ناشی از حرکات تکراری(RMIs) و آسیب‌های ناشی از تنش‌های تکراری [۳](RSIs). برخی از این آسیب‌ها دارای علائم تشخیصی اختصاصی هستند مثل سندرم تونل کارپال [۴](CTS). سایر آسیب‌های اسکلتی- عضلانی ممکن است به‌صورت علائم غیراختصاصی ظاهر شوند. علائم این اختلالات عبارت‌اند از: ناراحتی، درد، ورم، اختلالات حسی، مورمور شدن، محدود شدن دامنه‌ی حرکتی و کاهش کنترل حرکتی. برخی علائم موقتی و زودگذر، نتیجه طبیعی کار و غیرقابل اجتناب می‌باشند، اما علائمی که روزبه روز فزونی گرفته و با فعالیت‌های شغلی یا زندگی روزانه فرد تداخل می‌کنند، نباید به‌عنوان نتیجه طبیعی کار در نظر گرفته شوند.

---

۱ Work-related Musculoskeletal Disorders
۲ Cumulative Trauma Disorders
۳ Repetitive Stress Injuries
٤ Carpal Tunnel Syndrome

راهبردهای کنترل

با به‌کارگیری برنامه جامع ارگونومیک می‌توان میزان بروز و شدت MSDs را کنترل نمود. اجزای اصلی این برنامه به شرح زیر است:

- تشخیص مشکل
- ارزیابی مشاغل مشکوک به داشتن ریسک فاکتورهای احتمالی
- شناسایی و ارزیابی عوامل ایجادکننده
- مشارکت کارکنان به‌عنوان شرکت‌کنندگان فعال که به‌طور کامل از محیط کار آگاهی دارند
- مراقبت‌های بهداشتی مناسب برای کارگرانی که دچار اختلالات اسکلتی عضلانی شده‌اند

هنگامی که ریسک اختلالات اسکلتی عضلانی تشخیص داده می‌شود، باید فعالیت های برنامه‌ریزی‌شده عمومی اجرا شود، که شامل موارد زیر است:

- آموزش کارگران، سرپرستان، مهندسان و مدیران
- گزارش اولیه علائم توسط کارگران
- نظارت و ارزیابی مستمر آسیب، داده‌های بهداشتی و پزشکی

برنامه‌ریزی برای اقدامات کنترلی در هر شغل به نوع MSDs بستگی دارد. این اقدامات شامل کنترل‌های مهندسی و مدیریتی است. حفاظت‌های فردی ممکن است در موارد خاص مناسب باشند. در کنترل مهندسی که به‌منظور حذف یا کاهش ریسک فاکتورهای شغلی به کار گرفته می‌شوند، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

- به‌کارگیری روش‌های مهندسی کار نظیر انجام مطالعه کار- زمان و آنالیز حرکت جهت حذف اعمال فشارهای بیش از حد و حرکات غیرضروری.
- به‌کارگیری وسایل مکانیکی کمکی جهت محدود نمودن یا کاهش اعمال نیروی لازم برای نگه‌داشتن ابزار و اشیای مورد استفاده در حین کار.
- انتخاب یا طراحی ابزارهایی که میزان نیروی موردنیاز و زمان در دست داشتن را کاهش داده و باعث بهبود وضعیت بدن شود.
- طراحی ایستگاه‌های کار قابل تنظیم به منظور بهبود وضعیت بدن در نواحی مختلف بدن.
- اجرای برنامه‌های کنترل کیفیت و نگهداشت تجهیزات به منظور کاهش میزان اعمال نیرو به‌ویژه در فعالیت‌های غیرمفید.

روش‌های کنترلی مدیریتی از طریق کاهش مدت‌زمان مواجهه و تقسیم مواجهه بین تعداد بیشتری از کارگران، ریسک را کاهش می‌دهند. برخی مثال‌ها عبارت‌اند از:

- اجرای استانداردهایی که به کارگران اجازه توقف یا ادامه کار را برحسب نیاز می‌دهد (حداقل یک‌بار در هر ساعت از کار)
- طراحی مجدد وظایف شغلی (به‌عنوان مثال استفاده از کارگران به‌صورت چرخشی یا توسعه وظایف شغلی به‌طوری‌که یک کارگر در کل طول یک نوبت‌کاری در یک شغل سخت مشغول به کار نباشد)

ازآنجایی‌که آسیب‌های اسکلتی- عضلانی ماهیتی پیچیده دارند، برای همه آن‌ها رویکرد واحدی به‌منظور کاهش شدت و بروز موارد ابتلا وجود ندارد. اصول کاربردی جهت انتخاب اقدامات به شرح زیر می‌باشند:

- کنترل‌های مهندسی و مدیریتی مناسب در هر صنعت و محیط کار متفاوت است.
- جهت انتخاب روش‌های مناسب کنترلی نیاز به اظهارنظر متخصصین آگاه در این زمینه است.
- زمان موردنیاز جهت بهبود علائم MSDs از چند هفته تا چند ماه متغیر است و تعیین اثربخشی راهکارهای پیشگیری و کنترلی باید با در نظر گرفتن این امر صورت گیرد.

عوامل غیر شغلی

حذف همه اختلالات اسکلتی- عضلانی از طریق کنترل‌های مهندسی و مدیریتی امکان‌پذیر نیست. عوامل فردی و سازمانی موجود نیز ممکن است بر احتمال ابتلای فرد به اختلالات اسکلتی - عضلانی تأثیرگذار باشند. برخی از موارد مرتبط با عوامل غیر شغلی عبارت‌اند از:

آرتریت روماتوئید

اختلالات غدد درون‌ریز

ترومای حاد

چاقی

بارداری

سن

جنسیت

میزان آمادگی جسمانی

آسیب‌های قبلی

دیابت

فعالیت‌های تفریحی / اوقات فراغت

حد مجاز توصیه‌شده ممکن است نتواند افراد دارای این شرایط یا مواجهات را محافظت کند. اقدامات مهندسی و مدیریتی می‌تواند به حذف موانع ارگونومیک برای افرادی که زمینه ابتلا به این آسیب‌ها را دارند، کمک کند و در نتیجه باعث کاهش ناتوانی شود.

فعالیت دست:

اگرچه اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار می‌تواند در تعدادی از نواحی بدن (ازجمله شانه‌ها، گردن، کمر و اندام‌های انتهایی) رخ دهد، اما تمرکز این OEL بر روی اختلالات دست، مچ و ساعد است.

OEL نشان داده‌شده در شکل ۱، بر اساس مطالعات اپیدمیولوژی، روان‌شناختی و بیومکانیکی است و برای کارهایی که از ۴ تا ۸ ساعت در روز انجام می‌شود، در نظر گرفته‌شده است. OEL به‌طور خاص، میانگین میزان فعالیت دست (HAL) و نیروی حداکثری نرمال شده (NPF) را برای نشان دادن شرایطی که تصور می‌شود تقریباً تمام کارگران ممکن است بدون اثرات مضر سلامتی در مواجهه با آن باشند، در نظر می‌گیرد.

HAL بر اساس فرکانس به‌کارگیری دست و چرخه کار (توزیع کار و دوره‌های استراحت) است. HAL را می‌توان توسط ناظران آموزش‌دیده بر اساس فرکانس کار، وقفه‌های استراحت و سرعت حرکت با استفاده از مقیاس درجه‌بندی‌شده شکل ۲، تعیین نمود. فقط به‌کارگیری دست بیش از ۱۰٪ از نیروی ویژه وضعیت بدنی باید در نظر گرفته شود. HAL همچنین می‌تواند بر اساس مطالعات تجربی از رتبه‌بندی کارشناسان، فرکانس به‌کارگیری دست و چرخه کار محاسبه شود.

(۱۰۰ ٪ × (زمان استراحت +زمان به‌کارگیری) / زمان به‌کارگیری)

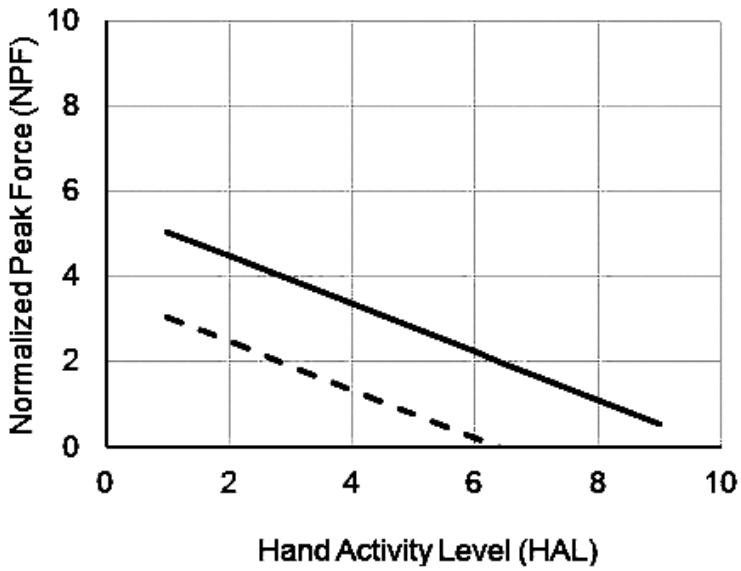
HAL بر اساس فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{HAL} = 6.56 \ln D \left[\frac{F^{1.31}}{1 + 3.18\, F^{1.31}} \right]$$

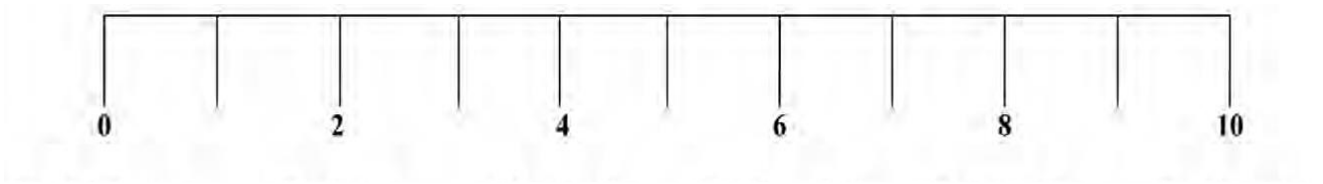
(D : چرخه وظیفه [٪] و F: فرکانس اعمال نیروی دست [ثانیه/تعداد به‌کارگیری دست]) یا از جدول شماره ۱ تخمین زده می‌شود. مقادیر HAL باید به نزدیک‌ترین عدد کامل گرد شود.

نیروی دست حداکثر (PF) معمولاً مقدار بالایی از نیروی دستی است که به طورکلی نیروی ۹۰ درصدی اعمال‌شده توسط دست در طول مدت کار در نظر گرفته می‌شود. نیروی دست حداکثر در مقیاس ۰ تا ۱۰ طبقه‌بندی شده است که برابر با ۰ ٪ تا ۱۰۰ ٪ از قدرت ویژه برای جمعیت قابل‌اجرا (مردان، بانوان، جوانان، کارگران اداره، کارگران کارخانه و غیره) است:

۱۰ × (نیروی مرجع ویژه وضعیت بدنی / نیروی حداکثر) =(NPF) نیروی حداکثر نرمال شده



شکل ۱: حدود مجاز فعالیت دست برای کاهش اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار بر اساس فعالیت دست ، سطح فعالیت دست (HAL) و حداکثر نیروی دست نرمال شده قرار دارد. خط بالا حدود مجاز را نشان می‌دهد. خط پایین، حد عمل (AL) است که در آن کنترل‌های کلی توصیه می‌شود.



شکل ۲: سطح فعالیت دست (HAL) (۱۰-۰) با استفاده از راهنماهای بالا می‌تواند انجام شود.

جدول ۱: سطح فعالیت دست (HAL) (۱۰-۰) با فرکانس اعمال نیروی دست و چرخه وظیفه مرتبط است (درصدی از چرخه کاری که نیروی دست بزرگ‌تر از ۱۰ درصد نیروی ویژه وضعیت بدنی است)

فرکانس (ثانیه/اعمال نیرو)	دوره زمانی (اعمال نیرو/ثانیه)	چرخه وظیفه (٪)				
		۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰
۰/۱۲۵	۸	۱	۱	–	–	–
۰/۲۵	۴	۲	۲	۳	–	–
۰/۵	۲	۳	۴	۵	۵	۵
۱	۱	۴	۵	۶	۷	۷
۲	۰/۵	–	۶	۷	۸	۸

نکته:

۱. مقادیر HAL را به نزدیک‌ترین عدد کامل گرد کنید.

۲. از شکل ۲ برای به دست آوردن مقادیر HAL خارج از مقادیر لیست شده در جدول استفاده کنید.

PF وNPF می‌توانند توسط یک ناظر آموزش‌دیده با استفاده از درجه‌بندی تخمین زده شوند، که در این درجه‌بندی کارگران از یک مقیاس بورگ [۱] یا آنالوگ چشمی استفاده می‌کنند (برای تعریف به مستندات OEL مراجعه کنید)، یا اندازه‌گیری با استفاده از وسایلی از قبیل فشارسنج‌ها یا الکترومیوگرافی انجام می‌شود. در برخی موارد، می‌توان با استفاده از روش‌های بیومکانیکی محاسبه را انجام داد. این روش‌ها برای اندازه‌گیری نیروهای حداکثر تکرارشونده در نظر گرفته می‌شوند. پیک‌های نیروی تصادفی مرتبط با پارازیت که در کمتر از ۱۰ ٪ مواقع رخ می‌دهند، نادیده گرفته می‌شوند.

وضعیت بدنی تا حدی که بر نیرو تأثیرگذار باشد، درOEL در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان‌مثال، در وضعیت بدنی نیشگونی، انحراف مچ دست یا چرخش ساعد نیرو کاهش می‌یابد و در نتیجه نیروی حداکثر نرمال شده افزایش می‌یابد.

خط ممتد در شکل ۱ نشان می‌دهد که ترکیب نیرو و میزان فعالیت دست، با افزایش قابل‌توجهی در شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی مرتبط است. اقدامات کنترلی مناسب باید به کار گرفته شود تا میزان نیروی فعالیت دست کمتر از خط ممتد بالایی در شکل ۱ باشد. امکان تعریف یکOEL که همه کارگران را در همه موقعیت‌ها بدون تأثیر زیاد بر میزان کار محافظت کند، وجود ندارد. بنابراین، یک حد عمل تعیین‌شده در بالا که در آن کنترل‌های کلی، شامل نظارت و آموزش باشد، توصیه می‌شود.

روند انجام کار:

۱. تعیین وظایف مربوط به فعالیت دستی انجام‌شده در طول روز کاری. ممکن است یک وظیفه یا بیشتر وجود داشته باشد که به‌طورکلی چهار ساعت یا بیشتر از کل زمان را به خود اختصاص دهد.

۲. برای هر وظیفه، یک دوره از آن را انتخاب کنید که نشان‌دهنده متوسط فعالیت باشد. دوره انتخاب‌شده باید شامل چندین چرخه کاری کامل باشد. برای مستندسازی و سهولت درجه‌بندی شغل می‌توان از فیلم‌برداری استفاده نمود.

۳. میزان فعالیت دست را با استفاده از مقیاس نشان داده‌شده در شکل ۲ درجه‌بندی کنید. درجه‌بندی مستقل مشاغل و بحث در مورد نتایج توسط سه یا چند نفر می‌تواند به ایجاد درجه‌بندی دقیق‌تری نسبت به درجه‌بندی‌های انفرادی کمک کند.

---

۱ Borg scale

۴. برای شناسایی اعمال نیروهای شدید و وضعیت‌های بدنی مربوطه، شغل را مشاهده کنید. وضعیت‌های بدنی و نیروها را با استفاده از درجه‌بندی ناظران، درجه‌بندی کارگر، آنالیز بیومکانیکی یا دستگاهی ارزیابی کنید. نیروی حداکثر نرمال شده عبارت است از نیروی بیشینه مورد نیاز که از تقسیم حداکثر نیروی مربوط به وضعیت بدنی ضرب‌در ۱۰ به دست می‌آید.

۵. برای مشاغل چندوظیفه‌ای، می‌توان از میانگین زمان‌بندی وزنی (TWA) استفاده کرد. یک روش تعیین TWA برای HAL در تمام وظایف و استفاده از بالاترین NPF به‌دست‌آمده در بین وظایف است. دومین روش، تعیین یک TWA در شاخص نیروی حداکثر (PFI) برای هر وظیفه است (به نکته‌ها مراجعه کنید). سومین روش این است که TWA را برای NPF در تمام وظایف و به‌طور جداگانه TWA برای HAL در تمام وظایف را تعیین کنید.

در نظر گرفتن عوامل دیگر:

اگر یک یا چند عامل زیر وجود داشته باشد، برای کاهش مواجهه به میزان کمتر از حد مجاز باید از قضاوت حرفه‌ای استفاده شود:

- وضعیت‌های بدنی غیر خنثی و ثابت مانند خمش مچ دست، بازشدگی، انحراف مچ دست یا چرخش ساعد
- استرس‌های تماسی
- دمای پایین
- و ارتعاش

هر زمانی که مواجهه از حد مجاز بیشتر شود یا شیوع بالای اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار شناسایی شود، از اقدامات کنترلی مناسب استفاده کنید.

نکته‌ها:

OEL واقعی و حد عمل (AL) در شکل ۱ نشان داده‌شده است. روش‌های جایگزین برای بیان مقادیر مجاز وجود دارند، و بعضی از آن‌ها در اینجا شرح داده شده‌اند. در همه موارد، آن‌ها در محدوده HAL بین ۱ تا ۹ محدود هستند.

۱) معادلات برای خطوط:

OEL: NPF = ۵,۶ – ۰,۵۶×HAL
Action Limit: NPF = ۳,۶ – ۰,۵۶ ×HAL

یا تعریف هم ارز خطوط:

$NPF_{OEL} = ۰,۵۶ (۱۰ – HAL)$
$NPF_{AL} = NPF_{OEL} – ۲$

۲) شاخص نیروی حداکثر:

یک مقدار بیشتر از ۱ به این معنی است که حد مربوطه از حد مجاز بیشتر است:

$PFI_{OEL} = NPF/NPF_{TLV}$
$PFI_{AL} = NPF/NPF_{AL}$

ارزیابی بار کار جسمانی

ارزیابی بار کار جسمانی که بر فرد وارد می‌شود به طریق زیر انجام شود:

۱. ابتدا ضربان قلب فرد در حالت استراحت (RHR) اندازه‌گیری شود. این کار می‌تواند از طریق اندازه‌گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس‌متر در حالتی که فرد نشسته و حداقل تا نیم ساعت قبل هیچ‌گونه فعالیت جسمانی نداشته است سنجش شود.
۲. حداکثر ضربان قلب فرد (MHR) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردد:

MHR = ۲۲۰ – سن

۳. حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک نوبت‌کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

MWHR = (MHR/۳) + RHR

۴. ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه از طریق اندازه‌گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس‌متر سنجش شود. چنانچه شدت فعالیت جسمانی در زمان‌های مختلف از نوبت‌کار متفاوت است، لازم است میانگین ضربان قلب در طول نوبت‌کار از طریق اندازه-گیری مداوم آن محاسبه شود.
۵. میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به‌دست‌آمده است با MWHR حاصل از مرحله ۳ با یکدیگر مقایسه شوند. چنانچه:

- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به‌دست‌آمده است کمتر از MWHR حاصل از مرحله ۳ باشد، شرایط مطلوب ارزیابی می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نیست.
- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به‌دست‌آمده است بیشتر از MWHR حاصل از مرحله ۳ باشد، شرایط نامطلوب ارزیابی می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین است.

تلاش‌های زیادی برای طبقه‌بندی شدت کار بر اساس میزان مصرف اکسیژن، ضربان قلب و مصرف انرژی صورت گرفته است. جدول زیر (برگرفته از استراند و رودال ۱۹۷۷) مثالی در این زمینه است.

جدول ۱- تقسیم‌بندی شدت کار بر اساس میزان مصرف اکسیژن،ضربان قلب و مصرف انرژی

شدت کار	VO_2 (لیتر بر دقیقه)	ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	مصرف انرژی (کیلوکالری در دقیقه)
کار سبک	<۰/۵	<۹۰	<۲/۵
کار متوسط	۰/۵-۱	۹۰-۱۱۰	۲/۵-۵
کار سنگین	۱-۱/۵	۱۱۰-۱۳۰	۵-۷/۵
کار خیلی سنگین	۱/۵-۲	۱۳۰-۱۵۰	۷/۵-۱۰
کار فوق‌العاده سنگین	>۲	۱۵۰-۱۷۰	>۱۰

حدود توصیه شده مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی

به دلیل عوامل زمینه ای بیشمار و ذهنی بودن بسیار روش‌های سنجش و خطاهای سنجش، در این بخش از حد توصیه شده به جای حد مجاز استفاده شده است. بدیهی است که باید در گزارش کلیه سنجش‌ها مقدار خطا و سطح اطمینان اعلام شود.

روش‌های ارزیابی

RULA[1]

روش RULA برای ارزیابی سریع شدت فشار وضعیتی در اندام فوقانی طراحی و ارائه شده است و به‌ویژه برای کارهای استاتیک (ایستا) کاربرد دارد. این روش که به‌وسیله Mc Atamney و Corlett در

[1] Rapid Upper Limb Assessment

۱۹۹۳ معرفی شده، براساس روش OWAS و با استفاده از مفاهیم نظری آن پایه‌ریزی گردیده است. در این روش از اعداد برای کدگذاری وضعیت اندام‌های بدن شامل گردن، تنه، پاها، بازو، ساعد و مچ دست استفاده می‌گردد. سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی پیشنهاد شده در این روش، نشان‌دهنده ضرورت اجرای برنامه‌های مداخله‌ای ارگونومیک است.

دامنه حرکتی اندام‌های فوقانی بدن به چند ناحیه تقسیم شده است. عدد یک به ناحیه‌ای تعلق می‌گیرد که کمترین انحراف از وضعیت طبیعی را داشته و خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی حداقل باشد. اعداد بزرگ‌تر به ناحیه‌هایی داده می‌شود که انحراف از وضعیت بدنی طبیعی در آن‌ها زیاد است و خطر بروز اختلالات اسکلتی- عضلانی بزرگ باشد. ارزیابی برخط این روش از طریق لینک زیر امکان‌پذیر است:

http://www.rula.co.uk/

REBA[۱]

روش REBA یکی دیگر از شیوه‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی است که بر پایه روش RULA توسعه یافته است. این روش، روشی مناسب برای ارزیابی کل بدن در مشاغلی است که در آن‌ها وضعیت بدنی هنگام انجام کار، استاتیک یا دینامیک بوده و تغییرات زیادی در وضعیت بدن و وضعیت انجام کار روی می‌دهد. در این روش که به‌وسیله‌ی McAtamney و Hignett در ۱۹۹۵ ارائه شده است، ابتدا وضعیت بدن یا فعالیتی که باید ارزیابی شود انتخاب می‌گردد، آنگاه با استفاده از دیاگرام‌های طراحی‌شده، وضعیت اندام‌های گوناگون بدن کدگذاری می‌شود. امتیاز وضعیت اندام با اعمال نیرو و نوع فعالیت ترکیب می‌شود تا نهایتاً امتیاز کلی خطر بروز آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مشخص شود. سطح‌های اولویت اقدام‌های اصلاحی که در این شیوه پیشنهادشده است، ضرورت اجرای برنامه‌های مداخله‌ای ارگونومیک را مشخص می‌سازند.

در لینک زیر فایل اکسل نرم‌افزار محاسباتی این روش از سایت دانشگاه کرونل در دسترس است:

http://ergo.human.cornell.edu/CUErgoTools/REBA%۲۰۶.xls

۱ Rapid Entire Body Assessment

QEC [۱]

روش QEC به بررسی سریع مواجهه کلی بدن با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار می‌پردازد که توسط Li و Buckle در ۱۹۹۸ معرفی شده است. در این روش، وضعیت و حرکت‌های تکراری کمر، شانه/بازو، مچ دست/دست و گردن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین اطلاعاتی درزمینه‌ی مدت‌زمان انجام کار، حداکثر وزن بار، اعمال نیرو به‌وسیله‌ی دست، ارتعاش، نیاز دیداری وظیفه و سرانجام دریافت و قضاوت کارگر نسبت به کار گردآوری می‌شود. بزرگی هریک از موارد ارزیابی‌شده به‌صورت سطوح مواجهه دسته‌بندی می‌شود و سپس با استفاده از یک جدول امتیازگذاری، سطح مواجهه ترکیبی با ریسک فاکتورهای گوناگون برای هریک از اندام‌های یادشده تعیین می‌شود. امتیازهای بالاتر نشان‌دهنده مواجهه بیشتر و بزرگ‌تر با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی است.

در لینک زیر فایل اکسل نرم‌افزار محاسباتی این روش دسترس است:

http://www.ohcow.on.ca/uploads/Resource/QEC%۲۰Calculation%۲۰Tool%۲۰Template.xls

ROSA [۲]

در سال ۲۰۱۲، Sonne و همکاران اقدام به طراحی و تدوین چک‌لیست ارزیابی خطرات ارگونومی اداری با عنوان ارزیابی سریع تنش اداری نمودند. ROSA یک چک‌لیست قلم و کاغذی است که بر اساس عوامل خطر استاندارد ارگونومی اداری انجمن استاندارد کانادا (CSA Z٤١٢) تدوین‌شده است و در مشخص کردن عوامل خطر اختلالات اسکلتی عضلانی به‌ویژه در کاربران کامپیوتر و کارمندان اداری کاربرد دارد. عوامل خطر مورد ارزیابی مربوط به صندلی، مانیتور، تلفن، ماوس و صفحه‌کلید است. این روش به‌منظور تعیین اولویت خطرات در ادارات و همچنین جهت شناسایی افرادی که باید لوازم جانبی و تجهیزات مناسب اداری از قبیل صندلی، ماوس، مانیتور و تلفن را دریافت نمایند طراحی گردیده و با استفاده از این ابزار افراد قادر خواهند بود حیطه خطر را به طور خاص شناسایی کرده، و اقدامات اصلاحی مناسب در این زمینه را اعمال نمایند.

---

۱ Quick Exposure Check

۲ Rapid Office Strain Assessment

در لینک مقابل صفحه اصلی این روش در دسترس است:http://leadergonomics.com/rosa/

معیارهای حدود توصیه شده

- به‌منظور ارزیابی مشاغل و فعالیت‌های استاتیک از روش RULA استفاده می‌شود. چنانچه نتیجه ارزیابی سطح ۴ را نشان دهد به مفهوم مواجهه بیش‌ازحد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.
- به‌منظور ارزیابی مشاغل و فعالیت‌های استاتیک/دینامیک از روش REBA استفاده می‌شود. چنانچه نتیجه ارزیابی سطح ۴ را نشان دهد به مفهوم مواجهه بیش‌ازحد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.
- به‌منظور ارزیابی مشاغل و فعالیت‌های استاتیک/دینامیک از روش QEC استفاده می‌شود. چنانچه نتیجه ارزیابی کل بدن بیش از ۷۰ درصد را نشان دهد به مفهوم مواجهه بیش‌ازحد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.
- به‌منظور ارزیابی مشاغل و فعالیت‌های اداری و کاربران کامپیوتر از روش ROSA استفاده می‌شود. چنانچه نتیجه ارزیابی امتیاز ۵ و بالاتر را نشان دهد به مفهوم مواجهه بیش‌ازحد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.

بلند کردن بار:

حدود مجاز پیشنهادی بلند کردن بار در این بخش برای انجام کارهایی است که کارگران به‌طور مکرر و روزهای متمادی با حمل بار مواجهه دارند، بدون اینکه در اثر انجام این کار دچار درد در ناحیه کمر 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 به‌منظور کاهش خطر صدمات کمر در ارتباط با کارهای تکراری بلند کردن بار طراحی شده‌اند. کارهای بلند کردن و پایین آوردن بار علاوه بر کمر، ممکن است مناطق دیگر بدن را در معرض استرس زیاد قرار دهد. بسته به پارامترهای کاری و شرایط بدنی خاص هنگام بلند کردن بار، مفاصلی مثل شانه، زانو، آرنج و مچ ممکن است در معرض خطر آسیبی برابر یا بیشتر از کمر قرار داشته باشند. برای درک خطر آسیب کل بدن ناشی از بلند کردن بار، تحقیقات بیشتری لازم است. به عنوان مثال، نظر کارشناسی نشان می‌دهد که فرکانس بالای بلند کردن بار در ارتفاع بالاتر از شانه ممکن است شانه کارگر را در معرض خطر آسیب‌دیدگی قرار دهد درحالی‌که فشارهای وارده بر کمر کمتر از حدود مجاز هستند. به متخصصین توصیه می‌شود

قضاوت حرفه‌ای انجام دهند و حدود مجاز بلند کردن بار را با ارزیابی‌های مناسب که خاص وظایف مربوطه هستند، تکمیل کنند تا خطر آسیب‌دیدگی در نواحی دیگر بدن به حداقل برسد.
ضمناً متخصصین و کارشناسان جهت آگاهی بیشتر در این زمینه می‌توانند به آیین‌نامه بهداشتی حمل دستی بار مصوب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (۱۳۹۰) نیز مراجعه نمایند.

محاسبات ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار

فعالیت‌های بلند کردن بار را می‌توان با استفاده از روش WISHA[1] ارزیابی نمود. این روش محاسباتی بر مبنای توصیه گروه کار و صنعت ایالت واشنگتن آمریکا موسوم به WISHA است که به ترتیب زیر انجام می‌گیرد:

۱- وزن باری که بلند می‌شود را در کادر روبرو وارد کنید.

وزن باری که بلند می‌شود: Kg ( )

۲- در شکل ۱، ناحیه‌ای که بلند کردن یا پایین آوردن بار در آن آغاز می‌شود را مشخص کنید و دور عدد مربوطه دایره بکشید.

۳- در جدول ۲، با توجه به فرکانس بلند کردن بار و مدت‌زمان استمرار فعالیت بلند کردن بار در طول یک نوبت‌کاری، یک عدد را انتخاب کنید و دور آن دایره بکشید.

نکته: در شرایطی که فرکانس بلند کردن بار کمتر از یک‌بار در هر ۵ دقیقه است، عدد یک را انتخاب کنید.

۴- چنانچه هنگام بلند کردن بار، فرد بیش از ۴۵ درجه چرخش دارد دور عدد ۰/۸۵ را دایره بکشید، در غیر این صورت دور عدد یک را دایره بکشید.

۱	۰/۸۵

۵- اعدادی که از مراحل ۲، ۳ و ۴ به‌دست‌آمده را در کادر زیر وارد کنید تا حد توصیه شده بار محاسبه گردد.

حد مجاز بار		Kg	=	...	×	...	×	...
				مرحله ۴		مرحله ۳		مرحله ۲

۶- آیا وزن باری که بلند می‌شود (مرحله یک) کمتر از حد توصیه شده بار است (مرحله ۵)؟

[1] Washington Industrial Safety and Health Act of ۱۹۷۳

جمع‌بندی:

اگر بلی، شرایط مطلوب ارزیابی می‌شود□ **اگر خیر،** شرایط غیرمجاز و نیازمند اصلاح ارزیابی می‌شود□

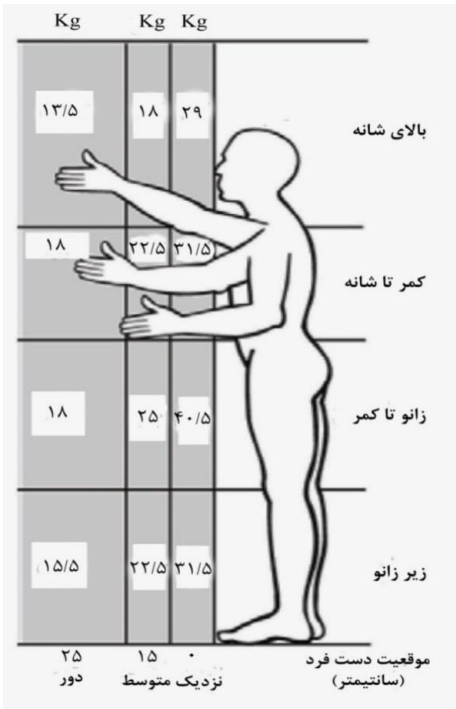
ملاحظه مهم: اگر فعالیت بلند کردن بار شامل بلند کردن بار با وزن‌های مختلف بوده و یا از نواحی گوناگونی در جلو بدن بلند می‌شوند، مراحل ۱ تا ۵ را برای شرایط زیر محاسبه نموده و ملاک ارزیابی قرار دهید:

۱- ارزیابی را برای دو حالت از بدترین شرایط انجام دهید:

الف) بیشترین وزن باری که توسط فرد بلند می‌شود.

ب) بدترین وضعیت بدنی فرد در هنگام بلند کردن بار.

۲- ارزیابی را برای تکراری‌ترین حالت و متداول‌ترین شرایط انجام دهید. در مرحله ۳، از فرکانس و مدت‌زمان استمرار تکراری‌ترین حالت برای ارزیابی کل بلند کردن بار در یک روز کاری استفاده کنید.



شکل ۱- تعیین ناحیه‌ای که بلند کردن یا پایین آوردن بار در آن آغاز می‌شود

جدول ۲- تعیین عدد نشان‌دهنده فرکانس بلند کردن بار و مدت‌زمانی که در طول نوبت‌کار، فرد به بلند کردن بار می‌پردازد

فرکانس بلند کردن بار (تعداد در دقیقه)	مدت‌زمان استمرار فعالیت بلند کردن بار در یک نوبت‌کاری		
	یک ساعت و کمتر	یک تا ۲ ساعت	۲ ساعت و بیشتر
یک‌بار در ۲ تا ۵ دقیقه	۱	۰/۹۵	۰/۸۵
یک‌بار در دقیقه	۰/۹۵	۰/۹	۰/۷۵
۲ تا ۳ بار در دقیقه	۰/۹	۰/۸۵	۰/۶۵
۴ تا ۵ بار در دقیقه	۰/۸۵	۰/۷	۰/۴۵
۶ تا ۷ بار در دقیقه	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵
۸ تا ۹ بار در دقیقه	۰/۶	۰/۳۵	۰/۱۵
۱۰ و بیشتر از آن در دقیقه	۰/۳	۰/۲	۰/۰

ارزیابی فعالیت‌های هل دادن، کشیدن و حمل بار

جداول Snook در شرکت Liberty Mutual Insurance تهیه شده‌اند و با بهره‌گیری از تجربیات کنترل شده و ارزیابی‌های روان‌شناختی برای تعیین درصد جمعیت شاغلین صنعتی که به لحاظ جسمی قادر به بلند کردن، پایین آوردن، هل دادن، کشیدن و حمل بار هستند، مورداستفاده قرار می‌گیرند. این جداول به تفکیک جنسیت و برای صدک‌های مختلف (مثل ۹۰ و۷۵ و۵۰ و ۲۵ و ۱۰) می‌باشند.

مطالعات نشان داده است که میزان صدمات، شدت و هزینه ناشی از این صدمات با صدک‌های جمعیتی که قادر به انجام کار هستند رابطه دارد، به‌طوری‌که هرچه صدک‌های بالاتری از جمعیت سازگار با انجام کار مورد نظر باشند، میزان شدت و هزینه‌های صدمات کمتر خواهد بود. در این کتاب فقط آن دسته از جداول اسنوک[۱] که جهت ارزیابی فعالیت‌های هل دادن، کشیدن و حمل بار استفاده می‌شوند، آورده شده‌اند که با شماره‌های ۳ تا ۷ مشخص شده‌اند.

جهت محاسبات برخط جداول اسنوک می‌توانید به لینک زیر مراجعه نمایید:

https://libertymmhtables.libertymutual.com/CM_LMTablesWeb/taskSelection.do?action=initTaskSelection

۱ Snock tables

ملاحظات کاربردی:

- هنگام حمل جعبه‌های بدون دسته، وزن را تا ۱۵ درصد کاهش دهید.
- جداول اسنوک برای کارهای تک‌وظیفه‌ای استفاده می‌شوند. زمانی که قصد دارید از این جداول برای آنالیز فعالیت‌های چندوظیفه‌ای (ترکیبی از هل دادن/ کشیدن و/یا حمل بار) استفاده کنید، پیشنهاد می‌شود وزن یا نیروی مربوط به کوچک‌ترین درصد جمعیتی را برای کارهای ترکیب‌شده استفاده نمایید. بعضی از کارهای ترکیب‌شده ممکن است از حدود فیزیولوژیک توصیه‌شده برای یک نوبت‌کاری ۸ ساعته تجاوز نمایند.
- بعضی از وزن‌ها ممکن است از حدود فیزیولوژیک توصیه‌شده در طول یک نوبت‌کاری ۸ ساعته تجاوز نمایند. این موارد به‌صورت اعداد کج و پررنگ در جداول نشان داده‌شده‌اند.
- برای وزن‌ها و نیروهایی که بین اعداد موجود در جداول می‌باشند، از وزن یا نیروی بالاتر استفاده کنید.

راهنمای استفاده از جداول کشیدن و هل دادن بار:

- ارتفاع به کار بردن نیرو را انتخاب کنید (سطح زمین تا دست‌ها).
- فاصله هل دادن یا کشیدن را انتخاب کنید.
- نزدیک‌ترین نیرو را با توجه به ارتفاع، فاصله، جنسیت و تکرار در جدول پیدا نمایید.
- درصد جمعیت مربوطه که می‌توانند این وظیفه را بدون تحمل هیچ فشاری انجام دهند، پیدا نمایید.

راهنمای استفاده از جداول حمل بار:

- ارتفاع گرفتن بار را انتخاب کنید(از سطح زمین تا دست‌ها).
- فاصله حمل را انتخاب نمایید.
- نزدیک‌ترین وزن را با توجه به ارتفاع، فاصله، جنسیت و تکرار در جدول پیدا نمایید.
- درصد جمعیت مربوطه که می‌توانند این وظیفه را بدون تحمل هیچ فشاری انجام دهند، پیدا نمایید.

نکته مهم: توصیه می‌شود جهت رعایت ملاحظات ارگونومیک در این کتاب، از درصدهای ۷۵ یا ۹۰ جداول اسنوک استفاده شود، زیرا درصدهای ۵۰ یا پایین‌تر تأمین‌کننده الزامات ارگونومیک نیستند.

جدول ۳-الف- حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۲/۱ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر							۷/۶ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر						
		۶	۱۲	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱۵	۲۲	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	ثانیه		دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***													
۱۴۴	۹۰	۲۰	۲۲	۲۵	۲۵	۲۶	۲۶	۳۱	۱۴	۱۶	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۶
	۷۵	۲۶	۲۹	۳۲	۳۲	۳۴	۳۴	۴۱	۱۸	۲۰	۲۷	۲۷	۲۸	۲۸	۳۴
	۵۰	۳۲	۳۶	۴۰	۴۰	۴۲	۴۲	۵۱	۲۳	۲۵	۳۳	۳۳	۳۵	۳۵	۴۲
	۲۵	۳۸	۴۳	۴۷	۴۷	۵۰	۵۱	۶۱	۲۷	۳۱	۴۰	۴۰	۴۲	۴۲	۵۱
	۱۰	۴۴	۴۹	۵۵	۵۵	۵۸	۵۸	۷۰	۳۱	۳۵	۴۶	۴۶	۴۸	۴۹	۵۸
۹۵	۹۰	۲۱	۲۴	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۴	۱۶	۱۸	۲۳	۲۳	۲۵	۲۵	۳۰
	۷۵	۲۸	۳۱	۳۴	۳۴	۳۶	۳۶	۴۴	۲۱	۲۳	۳۰	۳۰	۳۲	۳۲	۳۹
	۵۰	۳۴	۳۸	۴۳	۴۳	۴۵	۴۵	۵۴	۲۶	۲۹	۳۸	۳۸	۴۰	۴۰	۴۸
	۲۵	۴۱	۴۶	۵۱	۵۱	۵۴	۵۵	۶۵	۳۱	۳۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۵۸
	۱۰	۴۷	۵۳	۵۹	۵۹	۶۲	۶۳	۷۵	۳۵	۴۰	۵۲	۵۲	۵۵	۵۶	۶۶
۶۴	۹۰	۱۹	۲۲	۲۴	۲۴	۲۵	۲۶	۳۱	۱۳	۱۴	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۶
	۷۵	۲۵	۲۸	۳۱	۳۱	۳۳	۳۳	۴۰	۱۶	۱۹	۲۶	۲۶	۲۷	۲۸	۳۳
	۵۰	۳۱	۳۵	۳۹	۳۹	۴۱	۴۱	۵۰	۲۰	۲۳	۳۲	۳۲	۳۴	۳۵	۴۱
	۲۵	۳۸	۴۲	۴۶	۴۶	۴۹	۵۰	۵۹	۲۵	۲۸	۳۹	۳۹	۴۱	۴۱	۵۰
	۱۰	۴۳	۴۸	۵۳	۵۳	۵۷	۵۷	۶۸	۲۸	۳۲	۴۵	۴۵	۴۷	۴۸	۵۷
		نیروی پیوسته****													
۱۴۴	۹۰	۱۰	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸	۱۸	۲۲	۸	۹	۱۳	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸
	۷۵	۱۳	۱۷	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۳۰	۱۰	۱۳	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۵
	۵۰	۱۷	۲۲	۲۷	۲۸	۳۱	۳۲	۳۸	۱۳	۱۶	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲
	۲۵	۲۱	۲۷	۳۳	۳۴	۳۸	۴۰	۴۷	۱۶	۲۰	۲۸	۲۹	۳۲	۳۳	۳۹
	۱۰	۲۵	۳۱	۳۸	۴۰	۴۵	۴۶	۵۴	۱۹	۲۳	۳۲	۳۳	۳۸	۳۹	۴۶
۹۵	۹۰	۱۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۳	۸	۱۰	۱۳	۱۳	۱۵	۱۵	۱۸
	۷۵	۱۴	۱۸	۲۲	۲۲	۲۵	۲۶	۳۱	۱۱	۱۳	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۵
	۵۰	۱۸	۲۳	۲۸	۲۹	۳۳	۳۴	۴۰	۱۴	۱۷	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲
	۲۵	۲۲	۲۸	۳۴	۳۵	۴۰	۴۱	۴۹	۱۷	۲۱	۲۷	۲۹	۳۲	۳۳	۳۹
	۱۰	۲۶	۳۳	۴۰	۴۱	۴۶	۴۸	۵۷	۲۰	۲۴	۳۲	۳۳	۳۷	۳۸	۴۵
۶۴	۹۰	۱۰	۱۳	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۳	۸	۱۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۸
	۷۵	۱۴	۱۸	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۳۱	۱۱	۱۳	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۴
	۵۰	۱۸	۲۳	۲۸	۲۹	۳۲	۳۳	۳۹	۱۴	۱۷	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۳۱
	۲۵	۲۲	۲۸	۳۴	۳۵	۳۹	۴۱	۴۸	۱۷	۲۱	۲۶	۲۷	۳۱	۳۲	۳۷
	۱۰	۲۶	۳۳	۳۹	۴۱	۴۶	۴۸	۵۶	۲۰	۲۵	۳۰	۳۲	۳۶	۳۷	۴۴

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه مورد‌نیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد‌نیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۳-ب- حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای مردان (کیلوگرم)

۳۰/۵ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر					۱۵/۲ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر							درصد**	ارتفاع*
۸	۳۰	۵	۲	۱	۸	۳۰	۵	۲	۱	۳۵	۲۵		
ساعت	دقیقه				ساعت	دقیقه				ثانیه			
نیروی اولیه***													
۲۴	۱۹	۱۹	۱۶	۱۵	۲۵	۲۱	۲۰	۱۹	۱۹	۱۸	۱۶	۹۰	
۳۱	۲۵	۲۵	۲۱	۱۹	۳۲	۲۷	۲۶	۲۵	۲۵	۲۳	۲۱	۷۵	
۳۸	۳۱	۳۱	۲۷	۲۴	۴۰	۳۳	۳۳	۳۱	۳۱	۲۹	۲۶	۵۰	۱۴۴
۴۶	۳۷	۳۷	۳۲	۲۸	۴۸	۴۰	۴۰	۳۷	۳۷	۳۵	۳۱	۲۵	
۵۳	۴۲	۴۲	۳۷	۳۲	۵۵	۴۶	۴۵	۴۳	۴۳	۴۰	۳۶	۱۰	
۲۷	۲۲	۲۲	۱۹	۱۷	۲۸	۲۴	۲۳	۲۲	۲۲	۲۱	۱۸	۹۰	
۳۵	۲۸	۲۸	۲۴	۲۱	۳۶	۳۰	۳۰	۲۸	۲۸	۲۷	۲۴	۷۵	
۴۴	۳۵	۳۵	۳۰	۲۷	۴۵	۳۸	۳۷	۳۵	۳۵	۳۳	۲۹	۵۰	۹۵
۵۲	۴۲	۴۲	۳۶	۳۲	۵۴	۴۵	۴۵	۴۲	۴۲	۴۰	۳۵	۲۵	
۶۰	۴۸	۴۸	۴۱	۳۷	۶۲	۵۲	۵۲	۴۹	۴۹	۴۶	۴۰	۱۰	
۲۳	۱۹	۱۹	۱۶	۱۴	۲۴	۲۰	۲۰	۱۹	۱۹	۱۷	۱۵	۹۰	
۳۰	۲۴	۲۴	۲۱	۱۸	۳۱	۲۶	۲۶	۲۴	۲۴	۲۱	۱۹	۷۵	
۳۷	۳۰	۳۰	۲۶	۲۳	۳۹	۳۳	۳۲	۳۰	۳۰	۲۷	۲۳	۵۰	۶۴
۴۵	۳۶	۳۶	۳۱	۲۸	۴۷	۳۹	۳۹	۳۶	۳۶	۳۲	۲۸	۲۵	
۵۲	۴۱	۴۱	۳۶	۳۲	۵۴	۴۵	۴۴	۴۲	۴۲	۳۷	۳۲	۱۰	
نیروی پیوسته****													
۱۶	۱۳	۱۲	۱۰	*۸*	۱۶	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۹	*۸*	۹۰	
۲۱	۱۸	۱۶	۱۳	*۱۱*	۲۲	۱۸	۱۸	۱۶	۱۵	*۱۳*	*۱۱*	۷۵	
۲۸	۲۳	۲۰	*۱۷*	*۱۵*	۲۸	۲۴	۲۳	۲۰	*۲۰*	*۱۷*	*۱۴*	۵۰	۱۴۴
۳۴	۲۹	۲۵	*۲۱*	*۱۸*	۳۴	۲۹	۲۸	۲۵	*۲۴*	*۲۰*	*۱۷*	۲۵	
۳۹	۳۳	۲۹	*۲۵*	*۲۱*	۴۰	۳۴	۳۳	۲۹	*۲۸*	*۲۴*	*۲۰*	۱۰	
۱۶	۱۳	۱۲	۱۰	*۸*	۱۶	۱۳	۱۳	۱۲	۱۱	*۱۰*	*۸*	۹۰	
۲۱	۱۸	۱۶	۱۳	*۱۱*	۲۱	۱۸	۱۸	۱۶	۱۵	*۱۳*	*۱۱*	۷۵	
۲۷	۲۳	۲۰	*۱۷*	*۱۵*	۲۸	۲۳	۲۳	۲۰	*۱۹*	*۱۷*	*۱۴*	۵۰	۹۵
۳۳	۲۸	۲۵	*۲۱*	*۱۸*	۳۴	۲۹	۲۸	۲۵	*۲۴*	*۲۱*	*۱۸*	۲۵	
۳۹	۳۳	۲۹	*۲۵*	*۲۱*	۴۰	۳۳	۳۲	۲۹	*۲۸*	*۲۵*	*۲۰*	۱۰	
۱۵	۱۳	۱۱	۹	*۸*	۱۵	۱۳	۱۲	۱۱	۱۱	*۱۰*	*۸*	۹۰	
۲۰	۱۷	۱۵	۱۳	*۱۱*	۲۱	۱۷	۱۷	۱۵	۱۴	*۱۳*	*۱۱*	۷۵	
۲۶	۲۲	۱۹	*۱۶*	*۱۴*	۲۷	۲۲	۲۲	۱۹	*۱۹*	*۱۷*	*۱۴*	۵۰	۶۴
۳۲	۲۷	۲۴	*۲۰*	*۱۷*	۳۳	۲۸	۲۷	۲۴	*۲۳*	*۲۱*	*۱۸*	۲۵	
۳۷	۳۲	۲۸	*۲۴*	*۲۰*	۳۸	۳۲	۳۱	۲۸	*۲۷*	*۲۵*	*۲۱*	۱۰	

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۳-ج- حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۴۵/۷ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر					۶۱ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر			
		۱	۲	۵	۳۰	۸	۲	۵	۳۰	۸
		دقیقه				ساعت	دقیقه		ساعت	
		نیروی اولیه***								
۱۴۴	۹۰	۱۳	۱۴	۱۶	۱۶	۲۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۸
	۷۵	۱۶	۱۸	۲۱	۲۱	۲۶	۱۶	۱۸	۱۸	۲۳
	۵۰	۲۰	۲۳	۲۶	۲۶	۳۳	۲۰	۲۲	۲۲	۲۸
	۲۵	۲۴	۲۷	۳۲	۳۲	۳۹	۲۳	۲۷	۲۷	۳۴
	۱۰	۲۸	۳۱	۳۶	۳۶	۴۸	۲۷	۳۱	۳۱	۳۹
۹۵	۹۰	۱۴	۱۶	۱۹	۱۹	۲۳	۱۴	۱۶	۱۶	۲۰
	۷۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۴	۳۰	۱۸	۲۱	۲۰	۲۶
	۵۰	۲۳	۲۶	۳۰	۳۰	۳۷	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲
	۲۵	۲۷	۳۱	۳۶	۳۶	۴۵	۲۷	۳۱	۳۱	۳۸
	۱۰	۳۲	۳۶	۴۱	۴۱	۵۲	۳۱	۳۵	۳۵	۴۴
٦٤	۹۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۶	۲۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۷
	۷۵	۱۶	۱۸	۲۱	۲۱	۲۶	۱۵	۱۸	۱۸	۲۲
	۵۰	۲۰	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲	۱۹	۲۲	۲۲	۲۸
	۲۵	۲۴	۲۷	۳۱	۳۱	۳۹	۲۳	۲۶	۲۶	۳۳
	۱۰	۲۷	۳۱	۳۶	۳۶	۴۴	۲۶	۳۰	۳۰	۳۸
		نیروی پیوسته****								
۱۴۴	۹۰	۷	۸	۱۰	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۱۱
	۷۵	۱۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۹	۱۱	۱۳	۱۵
	۵۰	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۳	۱۲	۱۴	۱۶	۱۹
	۲۵	۱۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۴
	۱۰	۱۸	۲۱	۲۴	۲۸	۳۳	۱۷	۲۰	۲۳	۲۸
۹۵	۹۰	۷	۸	۹	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۱۱
	۷۵	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۹	۱۱	۱۲	۱۵
	۵۰	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۳	۱۲	۱۴	۱۶	۱۹
	۲۵	۱۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳
	۱۰	۱۷	۲۰	۲۴	۲۷	۳۲	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷
٦٤	۹۰	۷	۸	۹	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۱۰
	۷۵	۹	۱۱	۱۲	۱۴	۱۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴
	۵۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۲	۱۲	۱۴	۱۵	۱۸
	۲۵	۱۴	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷	۱۴	۱۷	۱۹	۲۲
	۱۰	۱۷	۲۰	۲۳	۲۶	۳۱	۱۶	۱۹	۲۲	۲۶

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۴-الف- حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای زنان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۲/۱ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر							۷/۶ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر						
		۶	۱۲	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱۵	۲۲	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	ثانیه		دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***													
۱۳۵	۹۰	۱۴	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۰
	۷۵	۱۷	۱۸	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۱۸	۱۹	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۴
	۵۰	۲۰	۲۲	۲۵	۲۶	۲۹	۳۰	۳۲	۲۱	۲۳	۲۳	۲۴	۲۶	۲۷	۲۹
	۲۵	۲۴	۲۵	۲۹	۳۰	۳۳	۳۵	۳۷	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۳۱	۳۲	۳۴
	۱۰	۲۶	۲۸	۳۳	۳۴	۳۸	۳۹	۴۱	۲۸	۳۰	۳۰	۳۱	۳۴	۳۶	۳۸
۸۹	۹۰	۱۴	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۱
	۷۵	۱۷	۱۸	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۱۷	۱۸	۲۰	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵
	۵۰	۲۰	۲۲	۲۵	۲۶	۲۹	۳۰	۳۲	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۳۰
	۲۵	۲۴	۲۵	۲۹	۳۰	۳۳	۳۵	۳۷	۲۳	۲۵	۲۷	۲۸	۳۱	۳۳	۳۴
	۱۰	۲۶	۲۸	۳۳	۳۴	۳۸	۳۹	۴۱	۲۶	۲۸	۳۱	۳۲	۳۵	۳۷	۳۹
۵۷	۹۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۱۱	۱۲	۱۴	۱۴	۱۶	۱۶	۱۷
	۷۵	۱۴	۱۵	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۱۴	۱۵	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱
	۵۰	۱۶	۱۷	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۵	۱۶	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۵
	۲۵	۱۹	۲۰	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۳۰	۱۹	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۲۹
	۱۰	۲۱	۲۳	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳
		نیروی پیوسته****													
۱۳۵	۹۰	۶	۸	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۶	۷	۷	۷	۸	۹	۱۱
	۷۵	۹	۱۲	۱۴	۱۴	۱۶	۱۷	۲۱	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۶
	۵۰	۱۲	۱۶	۱۹	۲۰	۲۱	۲۳	۲۸	۱۲	۱۴	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۲۱
	۲۵	۱۶	۲۰	۲۴	۲۵	۲۷	۲۹	۳۶	۱۵	۱۷	۱۸	۱۸	۲۰	۲۲	۲۷
	۱۰	۱۸	۲۳	۲۸	۲۹	۳۲	۳۴	۴۲	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۲۴	۲۶	۳۲
۸۹	۹۰	۶	۷	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۶	۷	۸	۸	۹	۹	۱۱
	۷۵	۸	۱۱	۱۳	۱۳	۱۵	۱۶	۱۹	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۳	۱۳	۱۷
	۵۰	۱۱	۱۵	۱۸	۱۸	۲۰	۲۱	۲۶	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۷	۱۸	۲۲
	۲۵	۱۴	۱۸	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۳۳	۱۵	۱۷	۱۹	۱۹	۲۱	۲۳	۲۸
	۱۰	۱۷	۲۲	۲۶	۲۷	۳۰	۳۲	۳۹	۱۷	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۳۳
۵۷	۹۰	۵	۶	۸	۸	۹	۹	۱۲	۶	۷	۷	۷	۸	۹	۱۱
	۷۵	۷	۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۷	۸	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۵
	۵۰	۱۰	۱۳	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۳	۱۱	۱۳	۱۴	۱۴	۱۶	۱۷	۲۱
	۲۵	۱۲	۱۶	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۹	۱۴	۱۷	۱۸	۱۸	۲۰	۲۱	۲۶
	۱۰	۱۵	۱۹	۲۳	۲۳	۲۶	۲۸	۳۴	۱۷	۲۰	۲۱	۲۱	۲۳	۲۵	۳۱

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۴–ب– حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای زنان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۱۵/۲ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر							۳۰/۵ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر				
		۲۵	۳۵	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***											
۱۳۵	۹۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷
	۷۵	۱۵	۱۷	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۱
	۵۰	۱۸	۲۰	۲۰	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵
	۲۵	۲۰	۲۳	۲۳	۲۴	۲۶	۲۷	۲۹	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۹
	۱۰	۲۳	۲۶	۲۶	۲۶	۲۹	۳۱	۳۲	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۳
۸۹	۹۰	۱۱	۱۳	۱۴	۱۴	۱۶	۱۶	۱۷	۱۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸
	۷۵	۱۴	۱۶	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱
	۵۰	۱۶	۱۹	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۵	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۶
	۲۵	۱۹	۲۲	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۲۹	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۳۰
	۱۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۳
۵۷	۹۰	۹	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۵
	۷۵	۱۱	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸
	۵۰	۱۴	۱۵	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۱۵	۱۷	۱۸	۱۹	۲۲
	۲۵	۱۶	۱۸	۲۰	۲۰	۲۳	۲۴	۲۵	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵
	۱۰	۱۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۸
		نیروی پیوسته****											
۱۳۵	۹۰	۵	٦	٦	۶	۷	۷	۹	۵	٦	۶	۶	۸
	۷۵	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۹	۱۲
	۵۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۶
	۲۵	۱۲	۱٤	۱۵	۱٦	۱۷	۱۸	۲۲	۱۳	۱٤	۱۵	۱۵	۲۱
	۱۰	۱٤	۱۷	۱۸	۱۸	۲۰	۲۲	۲۷	۱۵	۱۷	۱۷	۱۸	۲۵
۸۹	۹۰	۵	٦	٦	۷	۷	۸	۱۰	۵	٦	۶	۷	۹
	۷۵	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۴	۸	۹	۹	۱۰	۱۳
	۵۰	۹	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۵	۱۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷
	۲۵	۱۲	۱٤	۱٦	۱٦	۱۸	۱۹	۲۴	۱۳	۱۵	۱۵	۱٦	۲۲
	۱۰	۱٤	۱۷	۱۹	۱۹	۲۱	۲۳	۲۸	۱٦	۱۸	۱۸	۱۹	۲۶
۵۷	۹۰	۵	٦	٦	۶	۷	۷	۹	۵	٦	۶	۶	۸
	۷۵	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۳	۷	۸	۸	۹	۱۲
	۵۰	۹	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۷	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶
	۲۵	۱۲	۱٤	۱۵	۱۵	۱۷	۱۸	۲۲	۱۲	۱٤	۱۴	۱۵	۲۰
	۱۰	۱٤	۱٦	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۶	۱۵	۱٦	۱۷	۱۸	۲۴

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه مورد‌نیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد‌نیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

– اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۴-ج- حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای زنان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۴۵/۷ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر					۶۱ متر هل دادن یک‌بار هل دادن در هر			
		۱	۲	۵	۳۰	۸	۲	۵	۳۰	۸
		دقیقه				ساعت	دقیقه		ساعت	
		نیروی اولیه***								
۱۳۵	۹۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	۷۵	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۱	۱۴	۱۵	۱۷	۱۹
	۵۰	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲
	۲۵	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۹	۲۰	۲۱	۲۳	۲۶
	۱۰	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۳	۲۲	۲۴	۲۶	۲۹
۸۹	۹۰	۱۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶
	۷۵	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹
	۵۰	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۶	۱۸	۱۹	۲۰	۲۳
	۲۵	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۳۰	۲۰	۲۲	۲۴	۲۷
	۱۰	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۳	۲۳	۲۵	۲۶	۳۰
۵۷	۹۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۵	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
	۷۵	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶
	۵۰	۱۵	۱۷	۱۸	۱۹	۲۲	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹
	۲۵	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳
	۱۰	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۸	۱۹	۲۱	۲۳	۲۵
نیروی پیوسته****										
۱۳۵	۹۰	۵	۵	۵	۶	۸	٤	۴	۴	۶
	۷۵	۷	۸	۸	۸	۱۱	٦	۶	۶	۹
	۵۰	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۵	۸	۸	۹	۱۲
	۲۵	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۵
	۱۰	۱٤	۱۵	۱٦	۱۷	۲۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷
۸۹	۹۰	۵	٦	۶	۶	۸	٤	۴	۵	۶
	۷۵	۷	۸	۸	۹	۱۲	٦	۶	۷	۹
	۵۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶	۸	۹	۹	۱۲
	۲۵	۱۲	۱٤	۱٤	۱۵	۲۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۵
	۱۰	۱٤	۱٦	۱۷	۱۸	۲۴	۱۳	۱۳	۱۴	۱۸
۵۷	۹۰	۵	۵	۵	۶	۷	٤	۴	۴	۶
	۷۵	۷	۷	۸	۸	۱۱	٦	۶	۶	۸
	۵۰	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۵	۸	۸	۸	۱۱
	۲۵	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۴
	۱۰	۱۳	۱۵	۱٦	۱۶	۲۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۵-الف- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۲/۱ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر							۷/٦ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر						
		۶	۱۲	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱۵	۲۲	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	ثانیه		دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***													
	۹۰	۱۴	۱۶	۱۸	۱۸	۱۹	۱۹	۲۳	۱۱	۱۳	۱۶	۱۶	۱۷	۱۸	۲۱
	۷۵	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۳	۲۴	۲۸	۱۴	۱۵	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۶
۱٤٤	۵۰	۲۰	۲۳	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۳	۱۶	۱۸	۲۴	۲۴	۲۵	۲۶	۳۱
	۲۵	۲۴	۲۷	۳۱	۳۱	۳۲	۳۳	۳۹	۱۹	۲۱	۲۸	۲۸	۲۹	۳۰	۳۶
	۱۰	۲۶	۳۰	۳۴	۳۴	۳۶	۳۷	۴۴	۲۱	۲۴	۳۱	۳۱	۳۳	۳۳	۴۰
	۹۰	۱۹	۲۲	۲۵	۲۵	۲۷	۲۷	۳۲	۱۵	۱۸	۲۳	۲۳	۲۴	۲۴	۲۹
	۷۵	۲۳	۲۷	۳۱	۳۱	۳۲	۳۳	۳۹	۱۹	۲۱	۲۸	۲۸	۲۹	۳۰	۳۶
۹۵	۵۰	۲۸	۳۲	۳۶	۳۶	۳۹	۳۹	۴۷	۲۳	۲۶	۳۳	۳۳	۳۵	۳۵	۴۲
	۲۵	۳۳	۳۷	۴۲	۴۲	۴۵	۴۵	۵۴	۲۶	۳۰	۳۹	۳۹	۴۱	۴۱	۴۹
	۱۰	۳۷	۴۲	۴۸	۴۸	۵۱	۵۱	۶۱	۳۰	۳۳	۴۳	۴۳	۴۶	۴۷	۵۶
	۹۰	۲۲	۲۵	۲۸	۲۸	۳۰	۳۰	۳۶	۱۸	۲۰	۲۶	۲۶	۲۷	۲۸	۳۳
	۷۵	۲۷	۳۰	۳۴	۳۴	۳۷	۳۷	۴۴	۲۱	۲۴	۳۱	۳۱	۳۳	۳۴	۴۰
٦٤	۵۰	۳۲	۳۶	۴۱	۴۱	۴۴	۴۴	۵۳	۲۵	۲۹	۳۷	۳۷	۴۰	۴۰	۴۸
	۲۵	۳۷	۴۲	۴۸	۴۸	۵۱	۵۱	۶۱	۳۰	۳۴	۴۴	۴۴	۴۶	۴۷	۵۶
	۱۰	۴۲	۴۸	۵۴	۵۴	۵۷	۵۸	۶۹	۳۳	۳۸	۴۹	۴۹	۵۲	۵۳	۶۳
نیروی پیوسته****															
	۹۰	۸	۱۰	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۸	۶	۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۵
	۷۵	۱۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳	۸	۱۰	۱۳	۱۴	۱۶	۱۶	۱۹
۱٤٤	۵۰	۱۳	۱۶	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۸	۱۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳
	۲۵	۱۵	۱۶	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۴	۱۲	۱۵	۲۰	۲۰	۲۳	۲۴	۲۸
	۱۰	۱۷	۲۲	۲۷	۲۸	۳۲	۳۳	۳۹	۱۴	۱۷	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲
	۹۰	۱۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۴	۸	۱۰	۱۳	۱۴	۱۶	۱۶	۱۹
	۷۵	۱۳	۱۷	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۳۰	۱۱	۱۳	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۵
۹۵	۵۰	۱۶	۲۱	۲۶	۲۷	۳۱	۳۲	۳۷	۱۳	۱۷	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۳۱
	۲۵	۱۹	۲۶	۳۱	۳۳	۳۷	۳۸	۴۵	۱۶	۲۰	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۷
	۱۰	۲۲	۲۹	۳۶	۳۷	۴۲	۴۳	۵۱	۱۸	۲۳	۲۹	۳۱	۳۴	۳۶	۴۲
	۹۰	۱۱	۱۴	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۵	۹	۱۱	۱۴	۱۵	۱۷	۱۷	۲۰
	۷۵	۱۴	۱۹	۲۳	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲	۱۱	۱۴	۱۹	۱۹	۲۲	۲۲	۲۶
٦٤	۵۰	۱۷	۲۳	۲۸	۲۹	۳۲	۳۴	۴۰	۱۴	۱۸	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۳۳
	۲۵	۲۰	۲۷	۳۳	۳۵	۳۹	۴۰	۴۸	۱۷	۲۱	۲۷	۲۸	۳۲	۳۳	۳۹
	۱۰	۲۳	۳۱	۳۸	۴۰	۴۵	۴۶	۵۴	۱۹	۲۴	۳۱	۳۲	۳۷	۳۸	۴۵

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۵–ب– حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۱۵/۲ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر							۳۰/۵ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر				
		۲۵	۳۵	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***											
۱۴۴	۹۰	۱۳	۱۵	۱۵	۱۵	۱۶	۱۷	۲۰	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۹
	۷۵	۱۶	۱۸	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۴	۱۴	۱۶	۱۹	۱۹	۲۳
	۵۰	۱۹	۲۱	۲۲	۲۲	۲۴	۲۴	۲۹	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۷
	۲۵	۲۲	۲۵	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۳	۲۰	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲
	۱۰	۲۴	۲۸	۲۹	۲۹	۳۱	۳۱	۳۸	۲۲	۲۵	۲۹	۲۹	۳۷
۹۵	۹۰	۱۸	۲۰	۲۱	۲۱	۲۳	۲۳	۲۸	۱۶	۱۸	۲۱	۲۱	۲۶
	۷۵	۲۲	۲۵	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۳	۲۰	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲
	۵۰	۲۶	۲۹	۳۱	۳۱	۳۳	۳۳	۴۰	۲۴	۲۷	۳۱	۳۱	۳۸
	۲۵	۳۰	۳۴	۳۶	۳۶	۳۸	۳۹	۴۶	۲۷	۳۱	۳۶	۳۶	۴۵
	۱۰	۳۳	۳۸	۴۱	۴۱	۴۳	۴۴	۵۲	۳۱	۳۵	۴۰	۴۰	۵۰
٦٤	۹۰	۲۰	۲۳	۲۴	۲۴	۲۶	۲۶	۳۱	۱۸	۲۱	۲۴	۲۴	۳۰
	۷۵	۲۴	۲۸	۲۹	۲۹	۳۱	۳۲	۳۸	۲۲	۲۵	۲۹	۲۹	۳۶
	۵۰	۲۹	۳۳	۳۵	۳۵	۳۷	۳۸	۴۵	۲۷	۳۰	۳۵	۳۵	۴۳
	۲۵	۳۴	۳۹	۴۱	۴۱	۴۳	۴۴	۵۲	۳۱	۳۵	۴۱	۴۱	۵۰
	۱۰	۳۸	۴۳	۴۶	۴۶	۴۹	۴۹	۵۹	۳۵	۳۹	۴۶	۴۶	۵۷
نیروی پیوسته****													
۱۴۴	۹۰	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۱۱	۱۳
	۷۵	۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶
	۵۰	۱۱	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۷	۲۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰
	۲۵	۱۳	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۴	۱۳	۱۵	۱۸	۲۰	۲۴
	۱۰	۱۴	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳	۲۴	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷
۹۵	۹۰	۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۷
	۷۵	۱۱	۱۴	۱۵	۱۵	۱۸	۱۸	۲۲	۱۳	۱۶	۱۸	۱۸	۲۱
	۵۰	۱۴	۱۷	۱۹	۱۹	۲۲	۲۳	۲۷	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۶
	۲۵	۱۷	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲	۲۰	۲۳	۲۷	۲۷	۳۲
	۱۰	۱۹	۲۳	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۷	۲۳	۲۷	۳۱	۳۱	۳۶
٦٤	۹۰	۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۸	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸
	۷۵	۱۲	۱۴	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۳	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۳
	۵۰	۱۵	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۸	۱۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۷
	۲۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۴	۱۸	۲۱	۲۵	۲۸	۳۳
	۱۰	۲۰	۲۴	۲۷	۲۸	۳۲	۳۳	۳۹	۲۱	۲۴	۲۸	۳۲	۳۸

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

– اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۵-ج- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۴۵/۷ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر					۶۱ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر			
		۱	۲	۵	۳۰	۸	۲	۵	۳۰	۸
		دقیقه				ساعت	دقیقه		ساعت	
		نیروی اولیه***								
۱۴۴	۹۰	۱۰	۱۱	۱۳	۱۳	۱۶	۱۰	۱۱	۱۱	۱۴
	۷۵	۱۲	۱۴	۱۶	۱۶	۲۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۷
	۵۰	۱۵	۱۶	۱۹	۱۹	۲۴	۱۴	۱۶	۱۶	۲۰
	۲۵	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۸	۱۶	۱۹	۱۹	۲۴
	۱۰	۲۰	۲۲	۲۵	۲۵	۳۱	۱۸	۲۱	۲۱	۲۷
۹۵	۹۰	۱۴	۱۶	۱۸	۱۸	۲۳	۱۳	۱۶	۱۶	۱۹
	۷۵	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۸	۱۶	۱۹	۱۹	۲۴
	۵۰	۲۰	۲۳	۲۷	۲۷	۳۳	۲۰	۲۳	۲۳	۲۸
	۲۵	۲۴	۲۷	۳۱	۳۱	۳۸	۲۳	۲۶	۲۶	۳۳
	۱۰	۲۷	۳۰	۳۵	۳۵	۴۳	۲۶	۳۰	۳۰	۳۷
۶۴	۹۰	۱۶	۱۸	۲۱	۲۱	۲۶	۱۵	۱۸	۱۸	۲۲
	۷۵	۱۹	۲۲	۲۵	۲۵	۳۱	۱۹	۲۱	۲۱	۲۷
	۵۰	۲۳	۲۶	۳۰	۳۰	۳۷	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲
	۲۵	۲۷	۳۰	۳۵	۳۵	۴۳	۲۶	۳۰	۳۰	۳۷
	۱۰	۳۰	۳۴	۳۹	۳۹	۴۹	۲۹	۳۴	۳۴	۴۲
نیروی پیوسته****										
۱۴۴	۹۰	۶	۷	۸	۹	۱۰	۶	۶	۷	۹
	۷۵	۷	۹	۱۰	۱۱	۱۴	۷	۸	۱۰	۱۱
	۵۰	۹	۱۱	۱۲	۱۴	۱۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴
	۲۵	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۷
	۱۰	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۳	۱۲	۱۴	۱۶	۱۹
۹۵	۹۰	۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۷	۹	۱۰	۱۲
	۷۵	۱۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۹	۱۱	۱۳	۱۵
	۵۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۹	۲۲	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸
	۲۵	۱۴	۱۷	۱۹	۲۲	۲۶	۱۴	۱۶	۱۹	۲۲
	۱۰	۱۶	۱۹	۲۲	۲۵	۳۰	۱۶	۱۹	۲۱	۲۵
۶۴	۹۰	۸	۹	۱۱	۱۲	۱۵	۸	۹	۱۰	۱۲
	۷۵	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۹	۱۰	۱۲	۱۳	۱۶
	۵۰	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳	۱۲	۱۴	۱۶	۲۰
	۲۵	۱۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳
	۱۰	۱۷	۲۰	۲۴	۲۷	۳۲	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۶-الف- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای زنان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۲/۱ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر							۷/۶ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر						
		۶	۱۲	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱۵	۲۲	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	ثانیه		دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***													
۱۳۵	۹۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۱۳	۱۴	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۰
	۷۵	۱۶	۱۹	۲۰	۲۱	۲۴	۲۵	۲۶	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۱	۲۲	۲۴
	۵۰	۱۹	۲۲	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۱	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸
	۲۵	۲۱	۲۵	۲۸	۲۹	۳۲	۳۳	۳۵	۲۱	۲۳	۲۵	۲۶	۲۹	۳۰	۳۲
	۱۰	۲۴	۲۸	۳۱	۳۲	۳۶	۳۷	۳۹	۲۴	۲۶	۲۸	۲۹	۳۲	۳۴	۳۶
۸۹	۹۰	۱۴	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱
	۷۵	۱۶	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۲۷	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵
	۵۰	۱۹	۲۳	۲۵	۲۶	۲۹	۳۰	۳۲	۱۹	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۲۷	۲۹
	۲۵	۲۲	۲۶	۲۹	۳۰	۳۳	۳۵	۳۷	۲۲	۲۴	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳
	۱۰	۲۵	۲۹	۳۲	۳۳	۳۷	۳۹	۴۱	۲۵	۲۷	۲۹	۳۰	۳۳	۳۵	۳۷
۵۷	۹۰	۱۵	۱۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲
	۷۵	۱۷	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۲۸	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶
	۵۰	۲۰	۲۴	۲۶	۲۷	۳۰	۳۲	۳۳	۲۰	۲۲	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۰
	۲۵	۲۳	۲۷	۳۰	۳۱	۳۵	۳۶	۳۸	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۲	۳۳	۳۵
	۱۰	۲۶	۳۱	۳۴	۳۵	۳۹	۴۰	۴۳	۲۶	۲۸	۳۱	۳۲	۳۵	۳۷	۳۹
		نیروی پیوسته****													
۱۳۵	۹۰	۶	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۵	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳
	۷۵	۸	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۲۰	۹	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۸
	۵۰	۱۰	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۱	۲۵	۱۲	۱۳	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۲
	۲۵	۱۳	۱۹	۲۱	۲۱	۲۳	۲۵	۳۱	۱۴	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۷
	۱۰	۱۵	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۲۹	۳۶	۱۶	۱۹	۲۱	۲۲	۲۴	۲۶	۳۲
۸۹	۹۰	۶	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۳
	۷۵	۸	۱۲	۱۳	۱۳	۱۵	۱۶	۱۹	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۷
	۵۰	۱۰	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۵	۱۱	۱۳	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۲
	۲۵	۱۲	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۳۰	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۷	
	۱۰	۱۴	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۲۸	۳۵	۱۶	۱۸	۲۱	۲۳	۲۵	۳۱	
۵۷	۹۰	۵	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۶	۷	۸	۸	۹	۱۰	۱۲
	۷۵	۷	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۸	۸	۹	۱۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۶
	۵۰	۹	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۳	۱۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۲۰
	۲۵	۱۱	۱۷	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۷	۱۳	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۴
	۱۰	۱۳	۲۰	۲۱	۲۲	۲۴	۲۶	۳۲	۱۵	۱۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۸

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۶-ب- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای زنان (کیلوگرم)

۳۰/۵ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر					۱۵/۲ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر						درصد**	ارتفاع*
۸	۳۰	۵	۲	۱	۸	۳۰	۵	۲	۱	۳۵	۲۵	
ساعت	دقیقه				ساعت	دقیقه				ثانیه		
نیروی اولیه***												
۱۷	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۰	۹۰	۱۳۵
۲۰	۱۸	۱۷	۱۶	۱۴	۲۰	۱۹	۱۸	۱۶	۱۶	۱۴	۱۲	۷۵	
۲۴	۲۱	۲۰	۱۸	۱۷	۲۴	۲۲	۲۱	۱۹	۱۹	۱۶	۱۴	۵۰	
۲۷	۲۴	۲۳	۲۱	۱۹	۲۷	۲۶	۲۵	۲۲	۲۱	۱۹	۱۶	۲۵	
۳۱	۲۷	۲۵	۲۴	۲۲	۳۰	۲۹	۲۷	۲۵	۲۴	۲۱	۱۸	۱۰	
۱۸	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۸	۱۷	۱۶	۱۴	۱۴	۱۲	۱۰	۹۰	۸۹
۲۱	۱۹	۱۸	۱۶	۱۵	۲۱	۲۰	۱۹	۱۷	۱۷	۱۵	۱۲	۷۵	
۲۵	۲۲	۲۱	۱۹	۱۸	۲۵	۲۳	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۴	۵۰	
۲۹	۲۵	۲۴	۲۲	۲۰	۲۸	۲۷	۲۶	۲۳	۲۲	۲۰	۱۶	۲۵	
۳۲	۲۸	۲۶	۲۵	۲۳	۳۲	۳۰	۲۹	۲۶	۲۵	۲۲	۱۸	۱۰	
۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۳	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵	۱۵	۱۳	۱۱	۹۰	۵۷
۲۲	۲۰	۱۸	۱۷	۱۶	۲۲	۲۱	۲۰	۱۸	۱۷	۱۵	۱۳	۷۵	
۲۶	۲۳	۲۲	۲۰	۱۸	۲۶	۲۴	۲۳	۲۱	۲۰	۱۸	۱۵	۵۰	
۳۰	۲۷	۲۵	۲۳	۲۱	۳۰	۲۸	۲۷	۲۴	۲۳	۲۱	۱۷	۲۵	
۳۴	۳۰	۲۸	۲۶	۲۴	۳۳	۳۱	۳۰	۲۷	۲۶	۲۳	۱۹	۱۰	
نیروی پیوسته****												
۱۰	۸	۷	۷	٦	۱۱	۹	۸	۸	۷	۷	٦	۹۰	۱۳۵
۱۴	۱۰	۱۰	۹	۸	۱۵	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰	۹	۷	۷۵	
۱۷	۱۳	۱۲	۱۲	۱۱	۱۹	۱۵	۱۴	۱۳	۱۳	۱۱	۹	۵۰	
۲۱	۱۶	۱۵	۱۵	۱۳	۲۳	۱۹	۱۷	۱۶	۱۵	۱٤	۱۱	۲۵	
۲۵	۱۸	۱۷	۱۷	۱۵	۲۷	۲۲	۲۰	۱۸	۱۸	۱٦	۱۳	۱۰	
۱۰	۷	۷	۷	٦	۱۱	۹	۸	۸	۷	٦	۵	۹۰	۸۹
۱۳	۱۰	۹	۹	۸	۱۴	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰	۸	۷	۷۵	
۱۷	۱۳	۱۲	۱۲	۱۰	۱۸	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۹	۵۰	
۲۱	۱۵	۱۵	۱٤	۱۲	۲۲	۱۸	۱۷	۱۵	۱۵	۱۳	۱۱	۲۵	
۲۴	۱۸	۱۷	۱٦	۱۵	۲۶	۲۱	۲۰	۱۸	۱۷	۱۵	۱۳	۱۰	
۹	۷	۶	٦	٦	۱۰	۸	۷	۷	۷	٦	۵	۹۰	۵۷
۱۲	۹	۹	۸	۷	۱۳	۱۱	۱۰	۹	۹	۸	۷	۷۵	
۱۶	۱۲	۱۱	۱۱	۹	۱۷	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۸	۵۰	
۱۹	۱۴	۱۳	۱۳	۱۱	۲۱	۱۷	۱۶	۱٤	۱٤	۱۲	۱۰	۲۵	
۲۲	۱۶	۱۵	۱٦	۱۳	۲۴	۱۹	۱۸	۱٦	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی *** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۶-ج- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای زنان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۴۵/۷ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر					۶۱ متر کشیدن یک‌بار کشیدن در هر			
		۱	۲	۵	۳۰	۸	۲	۵	۳۰	۸
		دقیقه				ساعت	دقیقه		ساعت	
		نیروی اولیه***								
۱۳۵	۹۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	۷۵	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸
	۵۰	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۴	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱
	۲۵	۱۹	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۵
	۱۰	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۳۱	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷
۸۹	۹۰	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶
	۷۵	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹
	۵۰	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲
	۲۵	۲۰	۲۲	۲۴	۲۵	۲۹	۲۰	۲۱	۲۳	۲۶
	۱۰	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸	۳۲	۲۲	۲۴	۲۵	۲۹
۵۷	۹۰	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۹	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷
	۷۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۱۵	۱۶	۱۸	۲۰
	۵۰	۱۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۱۸	۱۹	۲۱	۲۳
	۲۵	۲۱	۲۳	۲۵	۲۷	۳۰	۲۱	۲۲	۲۴	۲۷
	۱۰	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۴	۲۳	۲۵	۲۷	۳۰
		نیروی پیوسته****								
۱۳۵	۹۰	۶	۶	۷	۷	۹	۵	۵	۵	۷
	۷۵	۸	۹	۹	۹	۱۲	۷	۷	۷	۱۰
	۵۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶	۸	۹	۹	۱۲
	۲۵	۱۲	۱۳	۱۴	۱۴	۱۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۵
	۱۰	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۲۳	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷
۸۹	۹۰	۵	۶	۶	۷	۹	۵	۵	۵	۷
	۷۵	۷	۸	۹	۹	۱۲	۶	۷	۷	۹
	۵۰	۹	۱۱	۱۱	۱۲	۱۵	۸	۸	۹	۱۲
	۲۵	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۵
	۱۰	۱۳	۱۵	۱۶	۱۶	۲۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷
۵۷	۹۰	۵	۶	۶	۶	۸	۴	۵	۵	۶
	۷۵	۷	۸	۸	۸	۱۱	۶	۶	۶	۹
	۵۰	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۴	۸	۸	۸	۱۱
	۲۵	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷	۹	۱۰	۱۰	۱۳
	۱۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۵	۲۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۷–الف– حداکثر وزن مجاز برای حمل کردن (کیلوگرم) برای مردان و زنان

ارتفاع*	درصد**	۲/۱ متر حمل کردن یک‌بار حمل کردن در هر						
		۶	۱۲	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت
		مردان						
۱۱۱	۹۰	۱۰	۱۴	۱۷	۱۷	۱۹	۲۱	۲۵
	۷۵	۱۴	۱۹	۲۳	۲۳	۲۶	۲۹	۳۴
	۵۰	۱۹	۲۵	۳۰	۳۰	۳۳	۳۸	۴۴
	۲۵	۲۳	۳۰	۳۷	۳۷	۴۱	۴۶	۵۴
	۱۰	۲۷	۳۵	۴۳	۴۳	۴۸	۵۴	۶۳
۷۹	۹۰	۱۳	۱۷	۲۱	۲۱	۲۳	۲۶	۳۱
	۷۵	۱۸	۲۳	۲۸	۲۹	۳۲	۳۶	۴۲
	۵۰	۲۳	۳۰	۳۷	۳۷	۴۱	۴۶	۵۴
	۲۵	۲۸	۳۷	۴۵	۴۶	۵۱	۵۷	۶۷
	۱۰	۳۳	۴۳	۵۳	۵۳	۵۹	۶۶	۷۸
زنان								
۱۰۵	۹۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۸
	۷۵	۱۳	۱۴	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۲۱
	۵۰	۱۵	۱۶	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۲۵
	۲۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۸
	۱۰	۱۹	۲۰	۲۲	۲۲	۲۳	۲۳	۳۱
۷۲	۹۰	۱۳	۱۴	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۲۲
	۷۵	۱۵	۱۷	۱۸	۱۸	۱۹	۱۹	۲۵
	۵۰	۱۷	۱۹	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۹
	۲۵	۲۰	۲۲	۲۴	۲۴	۲۵	۲۵	۳۳
	۱۰	۲۲	۲۴	۲۷	۲۷	۲۸	۲۸	۳۷

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

** درصد جمعیت صنعتی

– اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۷–ب– حداکثر وزن مجاز برای حمل کردن (کیلوگرم) برای مردان و زنان

ارتفاع*	درصد**	٤/٣ متر حمل کردن یک‌بار حمل کردن در هر						
		۱۰	۱۶	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت
		مردان						
۱۱۱	۹۰	۹	۱۱	۱۵	۱۵	۱۷	۱۹	۲۲
	۷۵	۱۳	۱۶	۲۱	۲۱	۲۳	۲۶	۳۰
	۵۰	۱۷	۲۰	۲۷	۲۷	۳۰	۳۴	۳۹
	۲۵	۲۰	۲۵	۳۳	۳۳	۳۷	۴۱	۴۸
	۱۰	۲٤	۲۹	۳۸	۳۹	۴۳	۴۸	۵۷
۷۹	۹۰	۱۱	۱۴	۱۸	۱۹	۲۱	۲۳	۲۷
	۷۵	۱۶	۱۹	۲۵	۲۵	۲۸	۳۲	۳۷
	۵۰	۲۰	۲۵	۳۲	۳۳	۳۶	۴۱	۴۸
	۲۵	۲۵	۳۰	۴۰	۴۰	۴۵	۵۰	۵۹
	۱۰	۲۹	۳۵	۴۷	۴۷	۵۲	۵۹	۶۹
زنان								
۱۰۵	۹۰	۹	۱۰	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۸
	۷۵	۱۱	۱۲	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۲۱
	۵۰	۱۲	۱۳	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۲۴
	۲۵	۱٤	۱۵	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۸
	۱۰	۱٦	۱۷	۲۲	۲۲	۲۳	۲۳	۳۱
۷۲	۹۰	۱۰	۱۱	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۲۰
	۷۵	۱۱	۱۳	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۲۳
	۵۰	۱۳	۱۵	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۶
	۲۵	۱۵	۱۷	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۳۰
	۱۰	۱۷	۱۹	۲۴	۲۴	۲۵	۲۵	۳۳

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

** درصد جمعیت صنعتی

– اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۷–ج– حداکثر وزن مجاز برای حمل کردن (کیلوگرم) برای مردان و زنان

ارتفاع*	درصد**	۸/۵ متر حمل کردن یک‌بار حمل کردن در هر						
		۱۸	۲۴	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت
		مردان						
۱۱۱	۹۰	۱۰	۱۱	۱۳	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰
	۷۵	۱۳	۱۵	۱۸	۱۸	۲۰	۲۳	۲۷
	۵۰	۱۷	۱۹	۲۳	۲۴	۲۶	۲۹	۳۵
	۲۵	۲۱	۲۴	۲۹	۲۹	۳۲	۳۶	۴۳
	۱۰	۲۴	۲۸	۳۴	۳۴	۳۸	۴۲	۵۰
۷۹	۹۰	۱۳	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۲۶
	۷۵	۱۷	۲۰	۲۴	۲۴	۲۷	۳۰	۳۵
	۵۰	۲۲	۲۶	۳۱	۳۱	۳۵	۳۹	۴۶
	۲۵	۲۷	۳۲	۳۸	۳۸	۴۲	۴۸	۵۶
	۱۰	۳۲	۳۸	۴۴	۴۵	۵۰	۵۶	۶۵
زنان								
۱۰۵	۹۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۶
	۷۵	۱۲	۱۳	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۹
	۵۰	۱۴	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۲۲
	۲۵	۱۵	۱۷	۱۸	۱۸	۱۹	۱۹	۲۵
	۱۰	۱۷	۱۹	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۸
۷۲	۹۰	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۹
	۷۵	۱۴	۱۵	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۲۳
	۵۰	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۶
	۲۵	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۲	۲۲	۳۰
	۱۰	۲۰	۲۱	۲۴	۲۴	۲۵	۲۵	۳۳

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

** درصد جمعیت صنعتی

– اعدادی که به‌صورت کج و پررنگ نشان داده‌شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

منابع:

Li, G., & Buckle, P., A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks-Quick Exposure Check (QEC). In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting (Vol. ٤٢, No. ١٩, pp. ١٣٥١-١٣٥٥)., ١٩٩٨.

Mc Atamney, L., & Corlett, E. N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied ergonomics, ٢٤(٢), ٩١-٩٩, ١٩٩٣.

Mc Atamney, L., & Hignett, S. , REBA: a rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders. Proceedings of the Ergonomics Society of Australia, Adelaide, ٤٥-٥١, ١٩٩٥.

Middlesworth M, A step-by-step guide to the WISHA lifting calculator, Avalaible in:http://ergo-plus.com/wisha-lifting-calculator-guide/

Sonne, M., Villalta, D. L., & Andrews, D. M. , Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA–Rapid office strain assessment. Applied ergonomics, ٤٣(١), ٩٨-١٠٨, ٢٠١٢.

Snook, S. H., & Ciriello, V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. Ergonomics, ٣٤(٩), ١١٩٧-١٢١٣, ١٩٩١.

بخش پنجم: عوامل بیولوژیکی

عوامل بیولوژیکی شامل باکتری ها، قارچ ها، ویروس ها، آراکنیدها (عنکبوتیان)، جلبک‌ها و انگل‌ها می باشند. اصطلاح «عامل بیولوژیکی» به ماده‌ای با منشأ بیولوژیک اطلاق می‌شود که قادر به ایجاد اثرات سوء بر سلامتی است (به عنوان مثال، عفونت یا حساسیت بیش از حد، ایجاد تحریک، التهاب یا سایر واکنش های نامطلوب).

بیوآئروسل ها، آئروسول‌هایی هستند که از موجودات زنده تشکیل شده و یا از آنها مشتق شده‌اند و می‌توانند شامل ارگانیسم‌های زنده و غیرزنده، ویروس‌ها، بخش‌های بدن آنها، سموم و ذرات زنده و غیر زنده و پسماندهای ذره‌ای باشند. عوامل بیولوژیکی ماهیتی فراگیر دارند اما ممکن است در محیط‌ها و مواد انسان ساز تقویت یا تشدید شوند. بسیاری از این عوامل بیولوژیکی شامل یا ناشی از: فعالیت‌های متابولیکی یا تجزیه مواد مغذی و بسترهای زیستی (سابسترهها)، اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها، آلرژن‌ها و یا ترکیبات آلی فرار می‌باشند. انسان‌ها هر روزه به طور مداوم در معرض طیف وسیعی از این آلاینده ها در غلظت‌های مختلف قرار می‌گیرند (معمولاً سطح بسیار کمی که منجر به ایجاد پاسخی نمی شوند یا خطری برای سلامتی ندارند) لزوماً مضر نیستند.

برای برخی از مواد با منشأ بیولوژیکی، مثل سلولز، حد آستانه مجاز وجود دارد. این مواد شامل مواردی نظیر: برخی از انواع چوب، آرد، پنبه و غبار دانه ها، نیکوتین، پیرتروم، نشاسته، سابتیلیسین‌ها (آنزیم های پروتئولیتیک یا هضم کننده پروتئین)، ساکاروز و ترکیبات فرار تولید شده توسط موجودات زنده که معمولاً با منابع شغلی صنعتی و دیگر منابع مرتبط هستند (به عنوان مثال، آمونیاک، دی اکسید کربن، اتانول و سولفید هیدروژن). با این حال، اکثریت باقیمانده عوامل بیولوژیکی نگران‌کننده در طبیعت به صورت میکروبی موجود می باشند. به دلایلی که در ادامه بحث مشخص شده است، هیچ حد مجازی وجود ندارد که بتواند غلظت هوای محیطی عوامل میکروبی را با هم مقایسه کند.

آلودگی بیولوژیکی محیط داخلی را می‌توان به این صورت تعریف کرد: الف) بیوآئروسل‌هایی که احتمالاً اثرات سوء بر سلامت انسان دارند یا وی را مستعد می‌سازند ب) غلظت‌های نامناسب هوابرد بیوآئروسل‌ها در محیط داخلی، که با لحاظ نوع فضا یا اهداف سکونتی تعیین می شوند. ج) رشد میکروبی در محیط‌های سرپوشیده، تقویت یا ابقای رشد بیولوژیکی، منابع عوامل عفونی یا بیماری زا، یا ته نشین شده، انباشته یا تقویت شده، که ممکن است به صورت ذرات معلق در هوا درآیند و انسان در مواجهه با آنها قرار گیرد.

کمیته ACGIH® در مورد بیوآئروسل‌ها بر این نظر است که، در حال حاضر، اندازه گیری و تجزیه و تحلیل غلظت موجود بیوآئروسلها در هوا را نمی‌توان فقط با تکیه بر شرایط و مواجهه خطرات نامطلوب سلامتی تعیین کرد.

رویکرد پیشنهادی ACGIH® برای ارزیابی مواجهه با بیوآئروسل‌ها به بازرسی بصری ساختمان، ارزیابی علائم سوء بهداشتی سکنه، ارزیابی عملکرد ساختمان، شامل: تهویه، شناسایی منابع بالقوه زیست محیطی، تقویت یا تجمیع، انتشار و اعمال قضاوت حرفه‌ای در مورد اطلاعات برای ایجاد یک نظر آگاهانه در مورد احتمال مواجهه بیوآئروسل‌ها متکی است. راهنمای منتشر شده اطلاعات اساسی در مورد گروه‌های عمده بیوآئروسل‌ها، از جمله منابع و اثرات بهداشتی آنها را فراهم می‌کند و روش‌های جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر نمونه‌های بیوآئروسل از منابع بالقوه محیطی را شرح می‌دهد. گاهی اوقات، نظارت بر محیط (به عنوان مثال، نمونه گیری هوای میکروبی) یک آلودگی بیولوژیکی منفرد یا غالب را مشخص می‌سازد. به طور معمول، نمونه‌گیری از میکروب‌های هوا، مخلوطی از بسیاری از مواد مشتق شده از نظر زیست شناختی را نشان می‌دهد.

با توجه به طبیعت متنوع و تعاملی محیط‌های داخلی (سرپوشیده)، نمونه‌برداری محیطی برای بیوآئروسل-ها باید فقط با پیروی از قواعد فرضیات دقیق قابل آزمایش در مورد منابع بالقوه بیوآئروسل و همچنین سازوکارهایی باشد که به موجب آن، ساکنین ممکن است از این منابع در معرض بیوآئروسل قرار بگیرند. حتی وقتی محققان از فرضیه‌های قابل آزمایش و برنامه‌های نمونه‌گیری به خوبی فرموله شده

استفاده می‌کنند، نتایج حاصل از بررسی بیوآئروسول‌های محیطی می‌تواند غیرقطعی و گمراه کننده باشد. تفسیر نتایج نمونه‌برداری بسیار ذهنی است و اغلب مبتنی بر اطلاعات علمی یا مبتنی بر شواهد نیست. با توجه به چالش‌های مربوط به اندازه‌گیری مجدد آلودگی هوا و روش های تحلیلی، روابط دوز-پاسخ نامشخص، حساسیت فردی و تنوع ذاتی در غلظت پس زمینه، هیچ حد آستانه مجازی برای غلظت های موجود در هوا وجود ندارد: به عنوان مثال، الف) کل باکتری‌ها، قارچ‌ها یا ویروس‌ها؛ ب) بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش خاص (مانند،آسپرژیلوس فومیگاتوس[۱] ؛ ج) عوامل عفونی (مانند لژیونلا پنوموفیلا[۲]، سارس-کووید-۲[۳]، یا مایکوباکتریوم توبرکلوزیس[٤] د) آلاینده‌های بیولوژیکی قابل سنجش (به عنوان مثال، اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها یا ترکیبات آلی فرار میکروبی[٥]).

الف - کل بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش. بیوآئروسل‌های قابل کشت آن دسته از باکتری-ها، ویروس‌ها و قارچ‌هایی هستند که می‌توان با روش‌های شناخته شده و پذیرفته شده آنها را نمونه-برداری کرد و سپس در محیط کشت در آزمایشگاه رشد داد. چنین نتایجی به عنوان تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFU[٦]) در هر حجم نمونه گزارش می شود (به عنوان مثال، متر مکعب هوا). بیوآئروسل های قابل شمارش نیز اسپورهای قارچی، سلول‌های باکتریایی و سایر موادی هستند که می-توانند توسط میکروسکوپ شناسایی و شمارش شوند.

به دلایل زیر از نظر علمی یک حد مجاز عمومی برای غلظت های بیوائروسل قابل کشت یا قابل شمارش وجود ندارد:

---

[۱] Aspergillus fumigatus

[۲] Legionella pneumophila

[۳] SARS-COV-۲

[٤] Mycobacterium tuberculosis

[٥] MVOCs

[٦] Colony-Forming Unit

۶- میکروارگانیسم های قابل کشت و ذرات بیولوژیکی قابل شمارش یک موجودیت واحد را تشکیل نمی‌دهند (به عنوان مثال، بیوآئروسل ها در بخشهای محیطی و غیرکشاورزی به طور کلی مخلوط پیچیده ای از ذرات مختلف میکروبی، حیوانی و گیاهی هستند).

۷- واکنش‌های انسان به بیوآئروسل‌ها از تأثیرات بی‌ضرر تا بیماریهای جدی و حتی کشنده به عامل خاص درگیر و حساسیت فرد به آن بستگی دارد. بنابراین، حد مناسب مواجهه با یک بیوآئروسل ممکن است برای دیگری کاملاً نامناسب باشد و هیچ یک از آنها برای جمعیت وسیعی قابل تعمیم نباشد.

۸- اگرچه روش‌های قابل اعتماد متعددی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل مواد بیوآئروسل در دسترس است، با این حال، روش‌های مختلف جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل نمونه ممکن است منجر به برآوردهای مختلف غلظت بیوآئروسل قابل کشت و قابل شمارش شود، حتی در صورت استفاده از همان روش‌های اولیه نمونه گیری.

۹- تنوع زمانی و مکانی ذاتی اسپورهای قارچ، باکتری ها و سایر غلظت های بیوآئروسل معلق در محیط های بیرونی و داخلی، انجام تعداد کم نمونه جمع آوری شده یا چندین «نمونه برداری آنی، برآورد میزان مواجهه میانگین وزنی (TWA) را به یک رویکرد غیرقابل اطمینان بدل می کند.

تعداد نمونه های مورد نیاز برای غلبه بر این محدودیت اغلب برای امور خارج از حوزه تحقیقات به صرفه نیست.

۱۰- در حال حاضر، اطلاعات مربوط به غلظت های بیوآئروسل قابل کشت یا قابل شمارش و ایجاد اثرات سلامتی به طور کلی برای توصیف روابط مواجهه - پاسخ کافی نیست.

ب) بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش خاص به غیر از عوامل عفونی. OELs اختصاصی برای بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش برای جلوگیری از حساسیت بیش از حد، مواد محرک، عفونی، سمی یا سایر واکنشهای سوء بهداشتی تعیین نشده است. در حال حاضر، اطلاعات مربوط به

غلظت‌های بیوآئروسل قابل کشت یا قابل شمارش با اثرات سوء سلامتی تا حد زیادی از گزارشات موردی و ارزیابی های مواجهه کیفی تشکیل شده است.

داده های موجود برای توصیف روابط مواجهه – پاسخ کافی نیستند. دلایل عدم وجود داده های اپیدمیولوژیک مناسب در مورد چنین روابطی شامل موارد زیر است:

۴- بیشتر داده‌ها در مورد غلظت‌های بیوآئروسل‌های خاص به جای اندازه‌گیری عوامل موثر واقعی از اندازه‌گیری‌های شاخص مربوطه بدست می‌آیند. به عنوان مثال، برخی از محققان از غلظت‌های موجود در هوا از قارچ های قابل کشت برای نشان دادن مواجهه آنتی ژن‌های قارچی موجود در هوا استفاده می‌کنند. علاوه بر این، بیشتر اندازه گیری‌ها یا از نمونه‌های ناحیه و یا از نمونه‌های منبع انجام می‌شود. این رویکردهای نظارتی، در بهترین حالت، برآوردی خام از مواجهه با انسان است. برای ایجاد داده‌های لازم برای استخراج OEL، نمونه‌برداری فردی از عوامل موثر ضروری است.

۵- اجزای سازنده و غلظت بیوآئروسل در محیط های مختلف شغلی، غیر شغلی و زیست محیطی بسیار متفاوت است. متأسفانه، نمونه‌برداری تکرارشونده در ارزیابی های بیوآئروسل چندان معمول نمی‌باشد. بعلاوه، معمولاً دستگاه‌های نمونه‌گیری هوا برای نظارت بر فضای داخلی برای جمع آوری نمونه‌های «آنی» در فواصل زمانی نسبتاً کوتاه طراحی شده اند. اندازه‌گیری نمونه‌های آنی کوتاه منفرد و کوتاه مدت ممکن است یک یا چند مرتبه از غلظت‌های متوسط دراز مدت، بالاتر (یا پایین تر) باشد و بعید به نظر می رسد مواجهه ساکنین را به طور دقیق نشان دهد. برخی از ارگانیسم‌ها و منابع به عنوان « غلظت انفجار»، غلظتی از آئروسل را آزاد می کنند، که فقط به ندرت با نمونه گیری محدود می توان آن را تشخیص داد. با این وجود، چنین انتشارهای اپیزودیک(منطقع) و گذرای بیوآئروسل ممکن است اثرات قابل توجهی در سلامتی ایجاد کند.

۶- در مطالعات (به عنوان مثال، محل‌های کار یا خانه‌های منفرد)، در صورت محلی سازی آلودگی، ممکن است تعداد افرادی که تحت تأثیر عوامل بیولوژیکی قرار دارند، کم باشد و در نتیجه فقط بخشی از ساکنان ساختمان را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال، به ندرت می توان داده های مطالعات مختلف را برای دستیابی به تعداد قابل توجهی از افراد مورد آزمایش ترکیب کرد؛ زیرا انواع خاصی از عوامل بیولوژیکی مسئول بیماری‌های مرتبط با بیوآئروسل متنوع هستند و اغلب از مطالعه‌ای به مطالعه دیگر متفاوت است. این عوامل منجر به قدرت آماری کم رایج در ارزیابی روابط علت و معلولی بین مواجهه با عوامل خاص بیولوژیکی و شکایات بهداشتی مرتبط با ساختمان می‌شود.

ج- عوامل عفونی: روابط مناسب مواجهه و پاسخ انسان برای بیوآئروسل‌های عفونی برای اکثر میکروارگانیسم‌ها و ویروس‌ها مشخص نشده است. در حال حاضر، پروتکل‌های نمونه‌برداری هوا برای عوامل عفونی بسیار محدود است. نمونه برداری هوا برای تعیین TWA یا مواجهه گذرا در اکثر محیط ها عملی نیست. این موارد می توانند برای امور تحقیقاتی دانشگاهی یا به عنوان بخشی از ارزیابی کلی جهت آگاهی از مواجهه بالقوه بیوآئروسل‌های عفونی مفید باشند. در بیشتر موارد مواجهه معمول، اقدامات بهداشت عمومی، مانند ایمن‌سازی، یافتن موارد فعال، کنترل منبع و درمان‌های پزشکی، همچنان دفاع اصلی در برابر بیوآئروسل‌های عفونی است. کارگاه‌ها و محل‌های با افزایش خطر انتقال بیماری‌های عفونی منتقله از هوا (به عنوان مثال، آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی، مراکز نگهداری حیوانات و مراقبت-های بهداشتی) باید از کنترل‌های مهندسی (مانند تهویه و فیلتراسیون) استفاده کنند تا غلظت عوامل عفونی و مواجهات متعاقب را در هوا به حداقل برسانند. بعلاوه، چنین محل‌هایی باید کنترل‌های مدیریتی و تجهیزات حفاظت فردی(PPE)، مانند رسپیراتورهای تنفسی مناسب را نیز برای کاهش مواجهه کارگران با بیوآئروسل های عفونی به کار بگیرند.

د – سایر آلاینده های ناشی از عوامل بیولوژیک: اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها، آلرژن‌ها و VOCها با استفاده از آزمایش‌های شیمیایی، ایمنی شناختی یا بیولوژیکی شناسایی می‌شوند. شواهد

موجود هنوز نمی‌توانند موید OELs یا BEIs هیچ یک از این مواد باشند. با این حال، روش‌های سنجش برای برخی آنتی ژن‌های متداول موجود در هوا و اندوتوکسین‌ها به طور پیوسته در حال بهبود هستند و اعتبار این سنجش‌ها در عرصه نیز در حال پیشرفت است. روابط دوز و پاسخ برای برخی از آلاینده های قابل ارزیابی از نظر بیولوژیکی در مطالعات تجربی و گهگاه بررسی‌های اپیدمیولوژیک مشاهده شده است.

بنابراین، ممکن است در آینده حدود مواجهه آلاینده‌های معلق در هوا، قابل آزمایش و از طریق بیولوژیک حاصل شود. علاوه بر این، تکنیک‌های نوآورانه مولکولی به طور فزاینده‌ای برای بیوآئروسل‌های خاص یا آلاینده‌های زیست شناختی، در دسترس قرار گرفته است که قبلاً فقط با محیط کشت یا از طریق شمارش قابل تشخیص بودند.

منابع

ACGIH®: Bioaerosols: Assessment and Control. JM Macher, Ed; HM Ammann, HA Burge, DK Milton, and PR Morey, Asst. Eds. ACGIH®, Cincinnati, OH (۱۹۹۹).