

حدود مجاز مواجهه شغلی



وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
سازمان بهداشت
مرکز سیاست‌گذاری



جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

ویرایش پنجم ۱۴۰۰



شابک: ۹۷۷-۶۲۲-۶۲۷۶-۵۴-۲

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 964

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: ۹۷۷-۶۲۲-۶۲۷۶-۵۴-۲



حدود مجاز مواجهه شغلی

ویرایش پنجم ۱۴۰۰



بسمه تعالی

پیام وزیر

در جهان امروز سرمایه انسانی به‌ویژه نیروی کار ماهرگران به‌ترین 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، به‌روزرسانی 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 لازم‌الرعايه 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 کمتر کاهش یافته و کنترل 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 بر کل بخش‌های جامعه از جمله فضای کسب و کار 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 گروه های شغلی مختلف اقدام قابل تقدیری بود که زمینه صیانت از سلامت نیروی کار، منابع مادی و تاب آوری اقتصادی کشور را فراهم نمود. این پاندمی لزوم توجه بیشتر بر عوامل زیان آور 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 می رود متخصصان و محققان محترم بهداشت حرفه ای با همکاری سایر متخصصان مرتبط، با استفاده از تجربیات جهانی، ضمن تقویت و به روزرسانی شیوه نامه های بهداشتی محل کار و کنترل عفونت های واگیر با پتانسیل اپیدمی، نسبت به توسعه راهنمای مواجهه با عوامل زیان آور بیولوژیکی در ویرایش های 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	"
دکتر مسعود ریسمانچیان	"
دکتر عبدالرحمن بهرامی	"
دکتر مهدی جهانگیری	"
دکتر رسول یار احمدی	"
دکتر مریم رامین ثابت	"
مهندس احسان فروزش	"
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 کتابیون مدیری
"	دکتر حامد جلیلیان
"	دکتر غلامرضا مرادی
"	دکتر جمشید رحیمی
"	مهندس مهتاب سلیمی
کمیته پایش بیولوژیکی و عوامل بیولوژیک	دکتر محمد جواد عصار
"	مهندس مهدی علی گل
"	مهندس ندا بختیاری
"	دکتر اسماعیل سلیمانی
"	دکتر فریبرز امیدی
"	دکتر منصور رضا زاده آذری
کمیته عوامل ارگونومی	دکتر مجید معتمد زاده
"	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 مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی	۱۷
تعریف حدود مجاز مواجهه 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 زیان آور شیمیایی محیط کار.....	۴۰
ضمایم حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی.....	۱۲۳
ضمیمه الف: سرطان زایی.....	۱۲۳
ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند.....	۱۲۴
ضمیمه ج- معیار نمونه برداری مبتنی بر انتخاب سائز ذرات هوابرد.....	۱۲۵
ضمیمه ه: حداقل محتوای اکسیژن.....	۱۳۳
ضمیمه و: روش محاسبه دوطرفه برای مخلوط‌های بخار حلال هیدروکربنی تصفیه شده معین...۱۳۸	
بخش دوم: حدود مجاز شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی	۱۴۳
پایش بیولوژیکی (زیستی).....	۱۴۳
شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی.....	۱۴۳
ارتباط BEI با OEL.....	۱۵۱

۱۵۲	جمع آوری نمونه.....
۱۵۳	مقبولیت نمونه ادرار.....
۱۵۳	ضمانت کیفی.....
۱۵۳	نمادهای ملاحظات.....
۱۵۵	کاربرد BEIs.....
۱۶۷	بخش سوم: حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) با عوامل فیزیکی محیط کار.....
۱۶۷	مقدمه.....
۱۶۸	تعاریف.....
۱۶۹	آکوستیک.....
۱۶۹	مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین.....
۱۷۰	فراصوت.....
۱۷۲	حد مجاز مواجهه شغلی با صدا.....
۱۷۶	الگوی مکمل جهت ارزیابی مواجهه با صدا.....
۱۷۸	صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای.....
۱۸۲	ارتعاش.....
۱۸۲	ارتعاش انسانی.....
۱۸۲	ارتعاش دست - بازو.....
۱۸۸	ضمیمه الف.....
۱۹۸	ارتعاش تمام بدن.....
۲۱۰	ضمیمه ب.....
۲۱۹	روشنایی.....
۲۲۲	تنش‌های حرارتی.....
۲۲۲	الف - تنش گرمایی.....
۲۴۵	ب - تنش سرمایی.....
۲۶۱	ضرورت‌های پایش محیط کار.....
۲۶۲	پرتوها.....

بخش چهارم: حدود مجاز در ارگونومی ۲۶۵

آسیب‌های اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) ۲۶۵

راهبردهای کنترل ۲۶۶

عوامل غیر شغلی ۲۶۷

ارزیابی بار کار جسمانی ۲۷۳

حدود توصیه شده مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی ۲۷۴

محاسبات ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار ۲۷۸

ارزیابی فعالیتهای هل دادن، کشیدن و حمل بار ۲۸۰

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.

ماده ۱ قانون تشکیلات و وظایف وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
الف) بند ۲: تأمین بهداشت عمومی و ارتقاء سطح آن از طریق اجرای برنامه های بهداشتی مخصوصاً در زمینه بهداشت محیط، کنترل و نظارت بهداشتی بر سموم و مواد شیمیایی، مبارزه با بیماری ها، بهداشت خانواده و مدارس، آموزش بهداشت عمومی، بهداشت کار و شاغلین با تأکید بر اولویت مراقبت های بهداشتی اولیه، به ویژه بهداشت مادران و کودکان با همکاری و هماهنگی دستگاه های ذی ربط.

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 توان بخشی.

بهداشت کلیه مؤسسات خدماتی و تولیدی مربوط به خدمات و مواد مذکور در فوق.
ج) بند ۱۶: تعیین ضوابط مربوط به ارزیابی، نظارت و کنترل بر برنامه ها و خدمات واحدها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی، بهداشتی - درمانی و بهزیستی و انجام این امور بر اساس استانداردهای مربوطه.

ماده ۱۰ آیین نامه اجرایی قانون اصلاح ماده ۷۶ قانون تأمین اجتماعی
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تغییرات حدود تماس شغلی آلاینده های محیط کار و عوامل بیماری زا را به شورای عالی حفاظت فنی اعلام و شورای عالی مذکور مراتب را به کمیته های استانی کارهای سخت و زیان آور برای اجرا ابلاغ می نماید.

ماده ۸۵ قانون کار
برای صیانت نیروی انسانی و منابع مادی کشور رعایت دستورالعمل هایی که از طریق شورای عالی حفاظت فنی (جهت تأمین حفاظت فنی) و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (جهت جلوگیری از بیماری های حرفه ای و تأمین بهداشت کار و کارگر و محیط کار) تدوین می شود، برای کلیه کارگاه ها، کارفرمایان، کارگران و کارآموزان الزامی است.

مقدمه

دستیابی به سلامت حق اساسی آحاد جامعه از جمله کارگران و کارکنان مشاغل مختلف است. رشته بهداشت حرفه‌ای به منظور 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 بخش‌های 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 (ISO45001)، معاینات شغلی بدو استخدام و دوره‌ای، تعیین صفت سخت و زیان‌آوری مشاغل، آموزش‌های بهداشت حرفه‌ای به شاغلین و در نهایت 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 اجتناب‌ناپذیر است تا ضمن توصیه‌های لازم ضوابط مشخص و واحدی برای کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار در اختیار ارائه‌کنندگان 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 ده‌های گذشته

مراکز و سازمان‌های قانونی و تحقیقاتی متعددی در کشورهای مختلف، حدود مجاز مواجهه شغلی را به صورت راهنما و کتاب ارائه نموده‌اند که عمدتاً در کشورهای مختلف دنیا مورد پذیرش قرار گرفته 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 از جمله 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 در زمینه 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 به روز 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 به عنوان 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 منتشر شده حدود مجاز مواجهه شغلی^۱ (OEL) در کشور مربوط به سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۵ بوده است و اینک ویرایش پنجم آن (۱۴۰۰) ارائه می‌گردد.

به منظور تهیه ویرایش پنجم در گام نخست، بروز رسانی نسخه چهارم بر مبنای نسخه TLV-2021 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 کارگروه‌های تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی با عضویت متخصصین و افراد خبره و با سابقه با رعایت سهم نسبی تخصص‌های مورد نیاز تشکیل شد که شامل کارگروه: عوامل شیمیایی، سم‌شناسی و

1 Occupational Exposure Limits

نشانگرهای زیستی، عوامل بیولوژیکی، عوامل فیزیکی و ارگونومی تشکیل گردید. وظیفه اعضا 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 هیئت علمی با رشته‌های مرتبط دانشگاهی، نمایندگان از کارشناسان و بازرسان با تجربه وزارت بهداشت و نیز کارشناسان و خبرگان بخش صنعت و سازمان‌های ذی‌نفع بوده‌اند. 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 فرامیلتی 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 قرار گرفته 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. در حال 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: OSHA, NIOSH, ACGIH
- 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 یافته‌ها 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 مأموریتها و چشم‌اندازهای متفاوت متأثر 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 احياناً 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 می‌گیرد. 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 بیان‌کننده 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 می‌گردد.

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

کشور تقدیم می‌گردد و امید است مورد توجه 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 می‌تواند 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 خلاصه‌ی 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 بلافاصل بعدی ارائه می‌گردد. نظرات مصوبی که امکان تحقق آن‌ها در بازه کوتاه فراهم نیست در صورت تصویب و قابل اجرا بودن در نسخه‌های آتی ارائه خواهد شد.

دکتر احمد جنیدی جعفری
رئیس مرکز سلامت محیط و کار

بخش اول: حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی

مقدمه

در این فصل حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان آور 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 تعیین شده است و نباید در موارد دیگر مثل ارزیابی و کنترل آلودگی هوای مناطق شهری، روستایی یا زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین از این حدود نباید برای برآورد پتانسیل میزان زیان‌آوری مواجهه مداوم و بی‌وقفه یا دوره‌های کاری طولانی مدت 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 از جمله 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 هر چند ملاحظات کافی برای تدوین این حدود مجاز اعمال شده 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 می‌کند که 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 قرار گرفته‌اند 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، تخریر، آزاردهندگی و استرس‌زایی مبنای تعیین حد مجاز شغلی قرار گرفته‌اند. در ویرایش پنجم حدود مجاز مواجهه عوامل شیمیایی، ۱۸ ماده شیمیایی به فهرست قبلی اضافه شده 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 شده‌اند. در ضمن در تدوین این حدود سعی شده است که علاوه بر اثرات و عوارض عوامل شیمیایی، شرایط و محدودیت‌های فنی، اقتصادی و قابلیت‌های اجرایی نیز در نظر گرفته شوند. به همین دلیل جدول حدود تماس شغلی عوامل بیماری‌زا 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 تعیین شده دارای دقت یکسانی نیستند. لذا جهت تعیین مقدار دقیق حد مجاز مواجهه باید جدیدترین و مطمئن‌ترین مستندات و اطلاعات مورد استفاده 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 مواجهه شغلی

حدود مجاز مواجهه شغلی ۱ (OELS) به غلظت آلاینده‌های هوا بر د مواد شیمیایی اشاره دارد و شرایطی را بیان می‌کند که اگر کارگران به‌طور مداوم و به شکل روزانه در طول مدت زمان سنوات کاری خود با آن مواجهه داشته باشند، تقریباً همه 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 مواجهه شغلی و اطلاعاتی که در تدوین این حدود به کار گرفته شده است اطمینان حاصل نمایند. ذکر این نکته ضروری است که کمیت و کیفیت اطلاعات ارائه شده برای هر ماده شیمیایی در طول زمان تغییر خواهد کرد. به‌طور کلی، نمی‌توان تصور کرد که مواد شیمیایی با OELS برابر (مقادیر عددی مشابه)، دارای اثرات سمی و بیولوژیکی مشابه می‌باشند. به علاوه نمی‌توان 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 ماده شیمیایی، شامل غلظت هوا بر د این مواد بر حسب قسمت در میلیون (PPM) یا میلی گرم بر مترمکعب (mg/m^3) و اثرات قطعی که توسط هر ماده ایجاد می‌شود می‌باشد. 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 ماده شیمیایی خاص وجود دارد که ممکن است به غلظت هوا بر د آن ارتباطی نداشته باشد. به عبارت دیگر، 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 بیش از حد به یک ماده شیمیایی ممکن است در اثر عوامل مختلفی مانند: سن، جنسیت، خصوصیات ژنتیکی (استعداد ابتلا به یک بیماری)، سبک زندگی (رژیم غذایی، کشیدن سیگار، سوء مصرف 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 واسطه مواجهه‌های قبلی (حساس شدن) با یک یا چند ماده شیمیایی، در مواجهه‌های بعدی با این مواد، حساسیت و عوارض بیشتری را از خود بروز دهند. حساسیت به اثرات یک ماده شیمیایی ممکن است در طول دوره‌های متفاوت رشد جنین و دوره 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 ماده 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 هوا برد مواد شیمیایی اشاره دارند، تماس‌های پوستی که ممکن است در حین انجام کار اتفاق بیفتد نیز باید مورد توجه قرار گیرند.

به‌طور کلی، 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).

1 Time-Weighted Average (TWA)

2 Short-Term Exposure Limit (STEL)

3 Ceiling (C)

4 Surface Limit (SL)

برای اکثر مواد شیمیایی، حد متوسط وزنی- زمانی به تنهایی یا همراه با حد مجاز مواجهه کوتاه مدت ارائه شده است. برای برخی از مواد شیمیایی (مانند گازهای محرک) نیز فقط حد مجاز مواجهه کوتاه مدت (STEL) یا حد مجاز مواجهه سقفی (C) کاربرد دارد. اگر میزان مواجهه شاغلین از هر یک از این چهار حد تجاوز کند، احتمال آسیب رسانی 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 می رود دستگاههای دفاعی بدن بتوانند سموم حاصل از ۸ ساعت کار را دفع و یا 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 مواجهه کوتاه مدت (OEL-STEL): حد مجاز مواجهه کوتاه مدت عبارت است از حد مجاز مواجهه بر مبنای میانگین وزنی - زمانی ۱۵ دقیقه ای با یک ماده شیمیایی که در هیچ دوره ۱۵ دقیقه ای از یک نوبت کاری نباید غلظت آن ماده از این حد بیشتر باشد، حتی اگر میانگین مواجهه ۸ ساعته شاغلین کمتر از OEL-TWA آن ماده باشد. OEL-STEL غلظتی از یک ماده شیمیایی است که کارگران می توانند برای کوتاه مدت با غلظت های کمتر از آن به طور مداوم مواجهه داشته باشند بدون آنکه عوارض زیر را ایجاد کند:

(۱) تحریک

(۲) آسیب های بافتی مزمن یا غیر قابل برگشت

(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.

در صورتی که میانگین وزنی- زمانی روزانه مواجهه 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 مواجهه 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 فاصله بین دو دوره ۱۵ دقیقه‌ای کمتر از ۶۰ دقیقه نباشد. در صورتی که اثرات بیولوژیکی مشاهده شده 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 ماده شیمیایی که مواجهه شغلی بیش از آن حد حتی برای یک لحظه نیز مجاز نیست. اگر سنجش لحظه‌ای غلظت ماده شیمیایی (برای مقایسه با OEL-C) امکان پذیر نباشد، نمونه‌برداری باید در حداقل زمانی کافی انجام شود تا مواجهه 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 می‌توان بر حسب اثرات فیزیولوژیک آنها از یک یا دو حد مجاز استفاده نمود. این اعتقاد وجود دارد که حدود مجاز مواجهه شغلی که مبتنی بر تحرکات فیزیکی تعیین شده‌اند، نباید کم اهمیت‌تر از حدود مجاز مواجهه مبتنی بر آسیب‌های فیزیکی در نظر گرفته شوند. شواهد روزافزونی نشان می‌دهد که تحریک

فیزیکی ممکن است شروع کننده، افزایش دهنده یا تسریع کننده اثرات بهداشتی زیان آور 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 تماس های مستقیم یا غیرمستقیم با آن، احتمال ایجاد اثرات زیان آور وجود ندارد. نظر بر آن است که OEL-SL به عنوان تکمیل کننده حدود مجاز مواجهه شغلی هوابرد، به ویژه در خصوص موادی که عوارض پوستی (با نماد Skin)، حساسیت زایی پوستی (با نماد DSEN) و یا حساسیت زایی تنفسی (با نماد RSEN) ایجاد می کنند، مورد استفاده قرار می گیرد تا بتوان معیارهای کمی را جهت ایجاد غلظت های قابل قبول بر روی سطوح، بر حسب $\text{mg}/100\text{cm}^2$ 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 ارائه شده است مطابقت دارد، مگر آنکه داده های ویژه ای در دسترس باشند که ارتباط غلظت نمونه های مواد شیمیایی برداشته شده از روی سطوح را با اثرات زیان آور این مواد نشان دهند.

برای برخی از مواد حساسیت زای پوستی، حد مجاز بر روی سطوح ممکن است با استفاده از برآورد توان و قدرت آسیب زایی آن ماده و با استفاده از نتایج مطالعات حیوانی، مانند غلظت مؤثری که می تواند باعث افزایش سه برابری تکثیر لنفوسیت ها (EC3) شود، با به کارگیری یک ضریب تصحیح مناسب، تعیین شود.

همچنین برای سایر عوامل حساسیت زا مانند برخی از حساسیت زاهای ریوی که باعث ایجاد حساسیت از طریق تماس پوستی می شوند، ممکن است برای تکمیل نتایج به دست آمده از ارزیابی سطوح و هوابردهای موجود، نیاز به نظرات و قضاوت افراد خبره باشد.

مواجهه های بیشینه^۱: بنا بر توصیه کمیته تعیین حدود آستانه مجاز مواجهه شغلی، در صورت وجود داده های تأیید کننده، باید ملاحظات را در خصوص OEL-STEL در نظر گرفت. برای بسیاری از

1 Peak Exposures

موادی که OEL-TWA دارند، OEL-STEL وجود ندارد. با این وجود، مواجهه‌های پیشینه‌ی کوتاه‌مدت که بالاتر از OEL-TWA هستند، باید به شکل مؤثری کنترل شوند، حتی اگر OEL-TWA، ۸ ساعته به‌دست آمده 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 در نتیجه مواجهه‌های قله‌ای زودگذر در طول نوبت کاری ایجاد شود، جلوگیری شود.

از آنجایی که عوارض مذکور ممکن است چند بار در طول متوسط وزنی زمانی ۸ ساعته اتفاق بیفتند، شرط احتیاط آن است که مواجهه‌های پیشینه محدود شوند (حتی اگر هنوز مستند نشده باشند). بنابراین برای آن دسته از موادی که OEL-STEL ندارند، حدود مجاز مواجهه 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 فاصله 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 دوره کاری ۸ ساعته فراتر رود.

توضیحات ارائه شده در مورد محدود کردن مواجهه‌های پیشینه 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 می‌باشد.

با وجود آنکه مباحث کامل تئوری و ویژگی‌های توزیع لگ نرمال فراتر از اهداف این بخش است لذا فقط توصیف مختصری از واژه‌های 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 $\text{sdg} \times \text{mg}$ قرار می گیرند.

راهنمای مواجهه‌های بیشینه (که قبلاً با عنوان محدوده‌های نوسان از آن یاد می شد) منحصرأ بر اساس ملاحظات آماری تدوین شده است. برای مثال اگر مقادیر حدود مجاز مواجهه 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 می دهند، به خوبی تحت کنترل نیستند و باید مجدداً تلاش های 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 می دهد.

هنگامی که نمونه‌های اولیه نشان‌دهنده مواجهه‌های بیشینه‌ی بیش از مقادیر پیشنهاد شده هستند، ارزیابی‌های دقیق‌تری نیاز خواهد داشت. مخصوصاً این مسئله وقتی جدی‌تر می شود 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 به عنوان یک قاعده تجربی و یک روش پیشگیرانه و کاربردی در نظر گرفته شود. چنانچه در برخی از محیط‌های 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 مواجهه‌های بیشینه‌ی توصیه شده را بر اساس داده‌های به دست آمده از محیط کار مشخص و اثرات بهداشتی ماده مورد نظر، اصلاح نمود.

همچنین باید به برنامه‌های کاری غیرمعمول توجه ویژه‌ای شود و اینکه آیا موارد مرتبط با مواجهه‌های بیشینه باید درباره 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 تنظیم شده وجود دارد). متخصص بهداشت حرفه‌ای آموزش دیده باید هنگام استفاده از راهنمای مواجهه‌های بیشینه قضاوت درستی داشته باشند. در صورتی که OEL-STEL یا OEL-C برای یک ماده موجود باشند، این حدود نسبت به مقادیر مواجهه قله‌ای ارجحیت خواهند داشت.

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

یک ماده 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 از جمله: 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 درباره وجود یا عدم وجود یک وضعیت مخاطره‌آمیز باید کلیه موارد فوق را در نظر گرفت.

اگرچه تعیین غلظت بر مبنای TWA، از رضایت بخش‌ترین و عملی‌ترین روش‌های نظارت بر عوامل هوابرد به جهت تطبیق با OELs به حساب 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-C که نباید از آن تجاوز کرد، کنترل می‌شوند. بنابراین واضح است که شیوه نمونه‌برداری برای تعیین عدم سازگاری با OELs برای هر گروه از مواد شیمیایی باید متفاوت باشد. در نتیجه، نمونه واحد و کوچکی که برای تعیین OEL-C قابل استفاده است، برای تعیین OEL-TWA مناسب نیست و تعداد کافی از نمونه لازم است تا بتوان تعیین کرد که OEL-C در هیچ زمانی از چرخه کامل کاری یا در کل نوبت کار 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 می‌شود که غالباً اثرات آنی داشته و OEL بر اساس اثرات اختصاصی آنها تعیین می‌شود و این در حالی است که میزان OEL-TWA بطور مشروط نوسان مقادیر بالاتر از OEL را مجاز می‌داند زیرا در طی زمانی که متوسط وزنی زمانی TWA آن تعیین می‌شود غلظت ماده می‌تواند به بالاتر یا پایین‌تر 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 نمونه‌گیری برای تعیین انواع حدود مجاز متفاوت است. بطور مثال برای تعیین حد مواجهه شغلی سقفی می‌توان از یک نمونه‌گیری 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 شده بالاتر از OEL-TWA قابل قبول 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 گرفته شده‌اند به همراه مثال‌هایی جهت تفهیم بیشتر در ضمیمه (د) ارائه شده‌اند.

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 مقایسه نتایج حاصل از نمونه‌برداری و مقادیر OELs دقت کرد. برای آئروسول‌ها، غلظت مواجهه TWA (محاسبه شده 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 به تفصیل توسط Stephenson and Lillquist (2001) 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 برحسب واحد mg/m^3 نبود تبدیل واحد انجام شود. برای تبدیل OEL به میلی گرم بر مترمکعب (یا سایر واحدهای جرم بر حجم) حجم یک مول از گاز $24/45$ لیتر لحاظ شود

(۳) جهت مقایسه 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 تدوین شده 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 و تحلیل‌های ویژه است تا بتوان این نوع شاغلین را مانند شاغلینی که با برنامه 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. در نتیجه علیرغم اینکه ممکن است در هیچ‌یک از این مشاغل مواجهه بیشتر از حد مجاز نباشد، مجموع مواجهه‌های فرد

بیش از حد مجاز گردد. مدل‌های ریاضی متعددی برای تحلیل و تنظیم برنامه‌های زمان‌بندی کاری غیرمعمول ارائه شده‌اند. برحسب اصول سم‌شناسی، هدف کلی آن‌ها تعیین دزی است که بتوان اطمینان حاصل نمود که پیشینه (پیک) بار بدنی روزانه یا هفتگی یک آلاینده از آنچه که در طی یک نوبت کاری 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 مورد استفاده قرار می‌گیرد و نباید برای مواجهه‌های خیلی زیادی که در مدت زمان خیلی کوتاه رخ می‌دهند استفاده شوند (به عنوان مثال، مواجهه طوری باشد که در ۱ ساعت اول، کارگر با مقداری معادل ۸ برابر OEL-TWA تماس داشته باشد و در مابقی زمان نوبت کاری 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 مواجهه بسیار کوتاه مدت، مورد استفاده قرار گیرند.

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

از آنجا که حدود مجاز تعدیل شده، قدمت زیادی ندارند و هنوز به اندازه کافی مورد نقد و بررسی قرار نگرفته‌اند، نظارت و کنترل دقیق پزشکی بر سلامت شاغلین در هنگام کاربرد آن‌ها توصیه می‌شود. به طور کلی، باید از مواجهه‌های غیر ضروری کارگران اجتناب شود، حتی اگر مدلی چنین مواجهه‌هایی را "مجاز" بدانند. همچنین، مدل‌های ریاضی نباید به عنوان توجیهی برای قرار گرفتن در معرض مواجهه‌های بالاتر از حد لازم استفاده شوند.

مدل مورد تأیید کمیته در دستورالعمل پیوست این کتاب که الزام آور خواهد بود، ارائه شده است.

واحدهای OELs

حدود مجاز مواجهه شغلی با مواد شیمیایی برحسب ppm، mg/m^3 یا $\text{mg}/100\text{ cm}^2$ 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، به صورت فشار بخار بیان می‌شود و تابعی از دما و فشار است.

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

واژگان دیگری که برای توصیف آئروسول بکار می‌روند عبارت‌اند از گردوغبار، میست، مه، فیر، دود و مه دود. آئروسول‌ها با رفتار آئروودینامیکی و محل رسوب در دستگاه تنفسی انسان متمایز می‌شوند.

حدود مجاز آئروسول‌ها 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 ارائه شده 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

$$OEL_{(ppm)} = \frac{OEL_{(mg/m^3)} \times 24.45}{M_{(g/mol)}}$$

یا

$$OEL_{(mg/m^3)} = \frac{OEL_{(ppm)} \times M_{(g/mol)}}{24.45}$$

در زمان تبدیل واحد مقادیر ارائه شده برای اشکال فرار ترکیبات معدنی (به عنوان مثال آهن، نیکل)، وزن مولکولی آن عنصر بایستی به جای وزن مولکولی کل ترکیب در رابطه مورد استفاده 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 شاخص های بیولوژیکی مواجهه است و برای برخی از مواد شیمیایی تدوین شده است. این نماد دارای سه زیرگروه می باشد که به کاربران در تشخیص آفت کش های بازدارنده استیل کولین استراز، مواد ایجاد کننده متهموگلوبین و هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای کمک می کند. این سه زیرگروه عبارتند از:

BEIA: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای آفت کش های مهار کننده استیل کولین استراز مراجعه شود.

BEIM: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای ایجاد کننده های متهموگلوبین مراجعه شود.

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

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

سرطان زایی^۱

سرطان‌زا عاملی است که باعث ایجاد یک تومور خوش خیم 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 ارائه شده است. در این بخش از نمادهای ارائه شده 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 شده است. طبقه‌بندی و تعاریف مربوط به نمادهای مختلف سرطان‌زایی در ضمیمه الف به‌طور مفصل ارائه شده 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 حرفه‌ای هنگام انتخاب روش نمونه برداری باید هر دو فاز ذره و بخار را برای ارزیابی مواجهه با آلاینده‌های 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

1 Carcinogenicity

2 American Conference of Governmental Industrial Hygienist

3 Inhalable Fraction and Vapor

4 Saturated Vapor Concentration

مواد شیمیایی با قابلیت ایجاد آسیب شنوایی

درج عبارت "OTO" برای اختلالات شنوایی در ستون "نمادها"، پتانسیل یک ماده شیمیایی را در ایجاد اختلالات شنوایی در صورت مواجهه به تنهایی یا به همراه صدا (حتی صداهای زیر (A) 85 dB) نشان می‌دهد.

نماد OTO مخصوص مواد شیمیایی است که بنا بر شواهد به دست آمده 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 آستانه شنوایی و یا مشکلات ایجاد شده در پردازش صداها، بروز می‌کند.

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

نماد OTO نه تنها بر نقش کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های اداری و به کارگیری لوازم حفاظت فردی مورد نیاز برای کاهش غلظت آلاینده‌های هوا برد تأکید می‌کند، بلکه سایر روش‌هایی که برای پیشگیری از مواجهه هم‌زمان با مقادیر بیش از حد 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 توصیه شده 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. هنگامی که شواهد مشخصی از حساسیت توسط یک راه ورود به وسیله 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 تعیین کننده 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 بیش‌فعالی، 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 این وجود 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 از لحاظ 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 راه حل پیشگیری از پاسخ‌های ایمنی خاص است.

مواد شیمیایی با قابلیت حساسیت‌زایی مشکلات خاصی را در محیط کار ایجاد می‌کنند. 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 می‌کنند بخصوص آموزش در مورد اثرات بالقوه بهداشتی آن‌ها، روش‌های حمل‌ایمن 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 هشدار 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 بدانند که 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 می‌گیرند یا با یک ماده مخلوط می‌شوند، می‌توانند 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. در هر حال ضایعات پوستی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش جذب از راه پوست می‌گردند.

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 در زمینه تماس‌های مکرر پوستی بر روی حیوانات و انسان‌ها، همراه با قابلیت جذب مواد شیمیایی، در تصمیم‌گیری برای نمادگذاری پوست مورد استفاده قرار گیرد. به‌طور کلی چنانچه یافته‌های موجود نشان‌دهنده جذب قابل توجه 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 LD50 نسبتاً کم (mg/kg 1000 یا کمتر) باشند، باید نماد پوست به کار برده شود.

در مواردی که ماده شیمیایی به سهولت از پوست نفوذ می‌کند (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 خوردندگی بدون سمیت سیستمیک شوند، به کار نمی‌رود.

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، هشدار می‌دهد 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 آزیست و دارای سیلیس بلورین کمتر از ۱ درصد

F: الیاف قابل استنشاق دارای طول بزرگ‌تر از $5\mu\text{m}$ 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 قابل تنفس (ضمیمه ج)

IFV: بخار و کسر قابل تنفس

L: شامل ترکیبات استنارات 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: نمونه برداری با روشی که بخار را جمع آوری نمی کند، انجام شود.

P: کاربرد محدود به شرایطی است که مواجهه با آئروسل قابل صرف نظر 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 ساختار بندی 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 آن ها 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 ارائه شده در ستون بعدی، می توان از صحیح بودن نام ماده شیمیایی اطمینان حاصل نمود. در ستون اول این جدول که شماره گذاری ردیفی مواد شیمیایی است می تواند در تدوین گزارش ها 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 ماده ای 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 آن ها همراه با علامت یا حرف مخفف خاصی هستند که معانی هریک از آن ها در بخش قبلی و ضمائم 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 ستون ها به طور خاص در ارزیابی مخلوط ترکیبات مختلف باید مورد توجه 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#) 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، به منزله 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 ۷ تا ۹ عدد، بخش دوم شامل دو عدد و بخش سوم محتوی یک عدد و در مجموع حداکثر تا ۱۰ عدد است. اختصاص کد عددی برای هر ماده شیمیایی برای غلبه بر مشکلات سایر روش های نام گذاری مواد شیمیایی است. اختصاص این کدها توسط سرویس چکیده نامه شیمی که بخشی از انجمن شیمی آمریکا است انجام می شود. کلیه مواد آلی، غیر آلی، مواد معدنی، ایزوتوپ ها، آلیاژها، پلیمرها و مواد غیر ساختار پذیر مشمول دریافت این کد می شوند. تا ۲۳ مه ۲۰۱۳ حدود ۷۱/۶ میلیون کد عددی به مواد مختلف ارائه شده و در حال حاضر روزانه تا حدود ۱۵۰۰۰ کد جدید به لیست مذکور اضافه می شود.

^۱ CAS Registry Number

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

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
استالدهید Acetaldehyde [111-69-3]	۴۴/۰۵	-	-	A2	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
استامید Acetamide [60-35-5]	۵۹/۰۷	-	۱ ppm ^(IFV)	A3	سرطان و آسیب کبدی
اسید استیک Acetic acid [64-19-7]	۶۰	۱۵ ppm	۱۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تأثیر بر عملکرد ریوی
انیدرید استیک Acetic anhydride [108-24-7]	۱۰۲/۰۹	۳ ppm	۱ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
استون Acetone [67-64-1]	۵۸/۰۵	۲۵۰ ppm	۵۰۰ ppm	BEI؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی
استون سیانو هیدرین Acetone cyanohydrin [75-86-5], as CN	۸۵/۱۰	-	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس؛ سردرد؛ هیپوکسی و سیانوز
استونیتریل Acetonitrile [75-05-8]	۴۱/۰۵	-	۲۰ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس
استوفنون Acetophenone [98-86-2]	۱۲۰/۱۵	-	۱۰ ppm	-	سوزش چشم، سقط جنین، تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۲- استیل آمینو فلوون 2-Acetyl amino flourene [53-96-3]	۲۲۳/۲۷	-	۱ ppm	-	تحریک و سوزش چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
استیلین Acetylene [74-86-2]	۲۶/۰۴	خفگی آور ساده (D)			خفگی
تترا برمید استیلین Acetylene Tetrabromide [79-27-6]	۳۴۵/۷	۱ ppm		-	تحریک و سوزش
اسید استیل سالیسیلیک (آسپیرین) Acetylsalicylic acid [50-78-2]	۱۸۰/۱۵	۵ mg/m ³		-	سوزش چشم و پوست
آکرولئین Acrolein [107-02-8]	۵۶/۰۶	C ۰/۱ ppm	-	پوست؛ A4	سوزش چشم و قسمت فوقانی دستگاه تنفس؛ ادم و آمفیزم ریوی
آکریل آمید Acrylamide [79-06-1]	۷۱/۰۸	۰/۰۳ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ A2؛ DSEN	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اسید آکریلیک Acrylic acid [79-10-77]	۷۲/۰۶	۲ ppm	-	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
آکریلونیتریل Acrylonitrile [107-13-1]	۵۳/۰۵	۲ ppm	-	پوست؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی
اسید آدیپیک Adipic acid [124-04-9]	۱۴۶/۱۴	۵ mg/m ³	-	-	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب خودکار
آدیپونتریل Adiponitrile [111-69-3]	۱۰۸/۱۰	۲ ppm	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی
آلاکلر Alachlor [15972-60-8]	۲۶۹/۸	۱ mg/m ³ (IFV)	-	A3؛ DSEN	هموسیدروزیس
آلدیکارب Aldicarb [116-06-3]	۱۹۰/۲۶	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ A4؛ BELC	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
آلدرین Aldrin [309-00-2]	۳۶۴/۹۳	–	۰/۰۵ mg/m ³ (fV)	پوست؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
گازهای هیدروکربن های آلیفاتیک؛ آلکانها (C1-C4) Aliphatic hydrocarbon gases, Alkane [C1-C4]	متفاوت	–	۱۰۰۰ ppm	–	حساسیت های قلبی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
آلیل الکل Allyl alcohol [107-18-6]	۵۸/۰۸	–	۰/۵ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
آلیل برمید Allyl bromide [106-95-6]	۱۲۰/۹۹	۰/۲ ppm	۰/۱ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
آلیل کلرید Allyl chloride [107-05-1]	۷۶/۵۰	۲ ppm	۱ ppm	پوست؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب های کبدی و کلیوی
آلیل گلیسیدیل اتر Allyl glycidyl Ether [106-92-3]	۱۱۴/۱۴	–	۱ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ درماتیت سوزش چشم و پوست
آلیل مت اکریلیت Allyl methacrylate [96-05-9]	۱۲۶/۱۵	–	۱ ppm	پوست	آسیب کبدی
آلیل پروپیل دی سولفید Allyl propyl disulfide [2179-59-1]	۱۴۸/۱۶	–	۰/۵ ppm	DSEN	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
فلز آلومینیوم و ترکیبات نامحلول آن Aluminum metal [7429-90-5] and insoluble compounds	۲۶/۹۸ متفاوت	–	۱ mg/m ³ (R)	A4	پنومو کونیوزیس؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی؛ سمیت عصبی
۴- آمینو دی فنیل 4-Amino diphenyl l [92-67-1]	۱۶۹/۲۳	–	—(L)	پوست؛ A1	سرطان کبد و مثانه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
۲- آمینو دی فنیل 2-Amino diphenyl [504-29-0]	۹۱/۱۱	۰/۵ ppm	۰/۵ ppm	-	سردرد؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سرگیجه
۲- آمینو پیریدین 2-Aminopyridine [81-16-3]	۹۴/۱۲	۰/۵ ppm	۰/۵ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی سردرد، حالت تهوع و سرگیجه
آمیترویل Amitrol [61-82-5]	۸۴/۰۸	۰/۲ mg/m ³	۰/۲ mg/m ³	A3	اثرات تیروئیدی
آمونیاک Ammonia [7664-41-7]	۱۷/۰۳	۲۵ ppm	۳۵ ppm	-	آسیب چشم؛ تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
دمه کلرید آمونیوم Ammonium chloride fume [12125-02-9]	۵۳/۵۰	۱۰ mg/m ³	۲۰ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس و چشم
پرفلورو اکتانوات آمونیوم Ammonium Perfluorooctanoate [3825-26-1]	۴۳۱	۰/۰۱ mg/m ³	۰/۰۱ mg/m ³	پوست؛ A3	آسیب کبدی
سولفامات آمونیوم Ammonium sulfamate [7773-06-0]	۱۱۴/۱۳	۱۰ mg/m ³	۱۰ mg/m ³	-	-
استات آمیل نرمال n-Amyl acetate [628-63-7]	۱۳۰/۱۸	۱۰۰ ppm	۱۰۰ ppm	-	تحریک و سوزش
استات آمیل نوع دوم sec-Amyl acetate [626-38-0]; [53496-15-4]	۱۳۰	۱۲۵ ppm	۱۲۵ ppm	-	تحریک و سوزش
ترت- آمیل متیل اتر tert-Amyl methyl Ether (TAME) [994-05-8]	۱۰۲/۲	۲۰ ppm	۲۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب جنینی
آنیلین Aniline [62-53-3]	۹۳/۱۲	۲ ppm	۲ ppm	BEI پوست؛ A3	مت هموگلوبینی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ارتو- آنیزیدین o-Anisidine [90-04-0]	۱۲۳/۱۵	-	۰/۵ mg/m ³	BEI _M ؛ پوست؛ BEI _M ؛ A3	مت هموگلوبینی
آنیزیدین Anisidine ایزومرهای اورتو ortho isomer [90-04-0]	۱۲۳/۱۵	-	۰/۵ mg/m ³	پوست؛ A3؛ BEI _M	MeHb-emia
ایزومرهای پارا para isomer [104-94-9]	۱۲۳/۱۵	-	۰/۵ mg/m ³	پوست؛ A3؛ BEI _M	MeHb-emia
پارا- آنیزیدین p-Anisidine [104-94-9]	۱۲۳/۱۵	-	۰/۵ mg/m ³	BEI _M ؛ پوست؛ A4	مت هموگلوبینی
آنتی موآن و ترکیبات آن Antimony [7440-36-0] and compounds, as Sb	۱۲۱/۷۵	-	۰/۵ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و پوست
هیدرید آنتی موآن Antimony hydride [7803-52-3]	۱۲۴/۷۸	-	۰/۱ ppm	-	همولیز؛ آسیب کلیوی؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی
تری اکسید آنتی موآن Antimony trioxide [1309-64-4]	۲۹۱/۵	-	۰/۰۲ mg/m ³⁽¹⁾	A2	سرطان ریه؛ پنوموکنیوزیس
آنتو؛ (آلفا) نفتیل تیوکاربامید، α-Naphthyl thio carbamide (ANTU) [86-88-4]	۲۰۲/۲۷	-	۰/۳ mg/m ³	پوست؛ A4	اثرات تیروئیدی؛ تهوع
آرگون Argon [7440-37-1]	۳۹/۹۵	خفگی آور ساده (D) ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن		خفگی	
آرسنیک و ترکیبات معدنی Arsenic [7440-38-2] and inorganic compound, as As	۷۴/۹۲ متفاوت	-	۰/۰۱ mg/m ³	A1؛ BEI	سرطان ریه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
آرسین Arsine [7784-42-1]	۷۷/۹۵	-	۰/۰۰۵ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب و عروق محیطی؛ اختلال کلیوی و کبدی
تمام اشکال آزبست Asbestos [1332-21-4], all forms	-	-	۰/۱ f/cc ^(F)	A1	پنومو کونیوزیس؛ سرطان ریه؛ مزوتلیوم
دمه آسفالت (فیر) برحسب آئروسل محلول در بنزن Asphalt (Bitumen) fume [8052-42-4], as benzene-soluble aerosol	-	-	۰/۵ mg/m ³	A4 ؛ BEL _p	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
آترازین Atrazine [1912-24-9]	۲۱۵/۶۹	-	۲ mg/m ^{3(I)}	A3	اثر بر سیستم های خونساز، تولید مثل و رشد و نمو
متیل آزینفوس Azinphos-methyl [86-50-0]	۳۱۷/۳۴	-	۰/۲ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ DSEN A4 ؛ BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
آزو دی کربن آمید Azodicarbonamide [123-77-3]	۱۱۶/۰۸	۳mg/m ³	۱ mg/m ³	-	حساسیت
باریم و ترکیبات محلول آن Barium [7440-39-3] and soluble compound, as Ba	۱۳۷/۳۰	-	۰/۵ mg/m ³	A4	سوزش پوست؛ چشم و دستگاه گوارش؛ تونوس عضلات
سولفات باریم Barium sulfate [7727-43-7]	۲۳۳/۴۳	-	۵ mg/m ^{3(I)(E)}	-	پنومو کونیوزیس
بندپوکارب Bendiocarb [22781-23-3]	۲۲۳/۲۰	-	۰/۱ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
بنومیل Benomyl [17804-35-2]	۲۹۰/۳۲	-	۱ mg/m ^{3(I)}	A3 ؛ 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
		STEL/C	TWA		
بنزو (آلفا) آنتراسن Benz[α]anthracene [56-55-3]	۲۲۸/۳۰	—	—(L)	A2 ;BEIp	سرطان پوست
بنزن Benzene [71-43-2]	۷۸/۱۱	۲/۵ ppm	۰/۵ ppm	BEI A1 ;پوست؛	سرطان خون
بنزیدین Benzidine [92-87-5]	۱۸۴/۲۳	—	—(L)	A1 ;پوست؛	سرطان مثانه
بنزو (بتا) فلورانتن Benzo[b]fluoranthene [205-99-2]	۲۵۲/۳۰	—	—(L)	A2 ;BEIp	سرطان
بنزو (آلفا) پیرن Bebzo[a]pyrene [50-32-8]	۲۵۲/۳۰	—	—(L)	A2 ;BEIp	سرطان
بنزو تری کلرید Benzotrichloride [98-07-7]	۱۹۵/۵۰	C ۰/۱ ppm	—	A2 ;پوست؛	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
کلرید بنزویل Benzoyl chloride [98-88-4]	۱۴۰/۵۷	C ۰/۵ ppm	—	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
پراکسید بنزویل Benzoyl Peroxide [94-36-0]	۲۴۲/۲۲	—	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و پوست
استات بنزیل Benzyl acetate [140-11-4]	۱۵۰/۱۸	—	۱۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
کلرید بنزیل Benzyl chloride [100-44-7]	۱۲۶/۵۸	—	۱ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی، چشم و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
برلیوم و ترکیبات آن Beryllium [7440-41-7] 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⁽¹⁾	A1 پوست؛ DSEN RSEN	حساسیت برلیوم؛ بیماری مزمن ناشی از برلیوم (بریلیوزیس)
بی فنیل Biphenyl [92-52-4]	۱۵۴/۲۰	-	۰/۲ ppm	-	عملکرد ریوی
بیس (کلرو متیل) اتر Bis(chloromethyl) ether [542-88-1]	۱۱۴/۹۶	-	۰/۰۰۱ ppm	-	سرطان زایی
بیس (۲- دی متیل آمینو اتیل) اتر Bis (2-dimethylaminoethyl) ether (DMAEE) [3033-62-3]	۱۶۰/۲۶	۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی، چشم و پوست
بیسموت تلورید Bismuth Telluride [1304-82-1] ترکیب غیر منقوط Undoped, as Bi ₂ Te ₃ ترکیب منقوط با سلنیم Se-doped as Bi ₂ Te ₃	۸۰۰/۸۳	-	۱۰ mg/m ³ ۵ mg/m ³	A4 A4	آسیب ریوی
ترکیبات بورات؛ معدنی Borate compounds, inorganic [1303-96-4]; [1330-43-4]; 10043-35-3]; [12179-04-3]	متفاوت	۶ mg/m ^{3 (1)}	۲ mg/m ^{3 (1)}	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اکسید بور Boron oxide [1303-86-2]	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
		STEL/C	TWA		
تری برمید بور Boron tribromide [10294-33-4]	۲۵۰/۵۷	-	C ۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
تری کلرید بور Boron trichloride [10294-34-5]	۱۱۷/۲۰	-	C ۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
تری فلورید بور Boron trifluoride e [7637-07-2]	۶۷/۸۲	۰/۱ ppm	C ۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
اتر تری فلورید بور Boron trifluoride ethers [109-63-7]; [353-42-4] as BF3	متفاوت	۰/۱ ppm	C ۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
بروماسیل Bromacil 1 [314-40-9]	۲۶۱/۱۱	۱۰ mg/m ³	-	A3	اثرات تیروئیدی
بروم Bromine [7726-95-6]	۱۵۹/۸۱	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی؛ آسیب ریوی
پنتا فلورید بروم Bromine pentafluoride [7789-30-2]	۱۷۴/۹۲	۰/۱ ppm	-	-	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
برومو فرم Bromoform [75-25-2]	۲۵۲/۷۳	۰/۵ ppm	-	A3	آسیب کبدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱- بروم پروپان 1- Bromopropane [106-94-5]	۱۲۲/۹۹	۰/۱ ppm	-	A3	سیستم اعصاب مرکزی، نوروپاتی محیطی، تاثیرات خونی، تاثیرات سمی بر رشد و تولید مثل
۱،۳- بوتادین 1,3-Butadiene [106-99-0]	۵۴/۰۹	۲ ppm	-	BEI, A2	سرطان
ایزومرهای بوتان Butane, isomers [75-28-5]; [106-97-8]	۵۸/۱۲	-	۱۰۰۰ppm (EX)	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ان_ بوتانول n-Butanol [71-36-3]	۷۴/۱۲	۲۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتانول نوع دوم sec-Butanol [78-92-2]	۷۴/۱۲	۱۰۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی اختلال سیستم اعصاب مرکزی
بوتانول نوع سوم tert-Butanol [75-65-0]	۷۴/۱۲	۱۰۰ ppm	-	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
همه ایزومرهای بوتن ها Butene, all isomers [106-98-9]; [107-01-7]; [590-18-1]; [624-64-6]; [25167-67-3]	۵۶/۱۱	۲۵۰ ppm	-	-	اثر روی وزن بدن
ایزو بوتن Isobutene [115-11-7]	-	۲۵۰ ppm	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اثر روی وزن بدن
۲- بوتوکی اتانول 2-Butoxyethanol (EGBE) [111-76-2]	۱۱۸/۱۷	۲۰ ppm	-	A3 & BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲- بوتوکی اتیل استات 2-Butoxyethyl acetate [112-07-2] 95	۱۶۰/۲	۲۰ ppm	-	A3	همولیز
همه ایزومرهای بوتیل استات Butyl acetates, all isomers [105-46-4]; [110-19-0]; [123-86-4]; [540-88-5]	۱۱۶/۱۶	۵۰ ppm	۱۵۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتیل استات نرمال n-Butyl acetate [141-32-2]	۱۱۶/۱۶	۱۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتیل استات نوع دوم sec-Butyl acetate [105-46-4]	۱۱۶/۱۶	۲۰۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بوتیل استات نوع سوم tert-Butyl acetate [540-88-5]	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
		STEL/C	TWA		
بوتیل آکریلات نرمال n-Butyl acrylate [141-32-2]	۱۲۸/۱۷	۲ ppm	–	A4؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
بوتیل آمین نرمال n-Butylamine [109-73-9]	۷۳/۱۴	–	C ۵ ppm	پوست	سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
هیدروکسی تولون بوتیل دار Butylated hydroxytoluene [128-37-0]	۲۲۰/۳۴	۲ mg/m ³ (IFV)	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴ بوتیل بنزونیك اسید نوع سوم 4-tert-Butylbenzoic acid [98-73-7]	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 [1189-85-1]	۲۳۰/۲۲	–	C ۰/۱ mg/m ³	پوست	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و پوست
بوتیل گلیسیدیل اتر نرمال n-Butyl glycidyl ether (BGE) [2426-08-6]	۱۳۰/۲۱	۳ ppm	–	پوست؛ DSEN	آسیب سیستم تولید مثل
بوتیل هیدروپروکساید نوع سوم tert-Butyl hydroperoxide [75-91-2]	۹۰/۱۲	۰/۱ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، جهش ژنی، اثر باروری
بوتیل لاکتات نرمال n-Butyl lactate [138-22-7]	۱۴۶/۱۹	۵ ppm	–	–	سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
بوتیل مرکاپتان نرمال n-Butyl mercaptan [109-79-5]	۹۰/۱۹	۰/۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
ارتو بوتیل فنول نوع دوم o-sec Butylphenol [89-72-5]	۱۵۰/۲۲	۵ ppm	–	پوست	تحریک قسمت تحتانی تنفسی، پوست و چشم
پارا بوتیل تولونن نوع سوم p-tert-Butyl toluene [98-74-0]	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
		STEL/C	TWA		
کادمیوم و Cadmium [7440-43-9] and ترکیباتش compounds, as Cd	۱۱۲/۴۰	-	۰/۰۱ mg/m ³	A2 ;BEI	آسیب‌های کلیوی
کادوسافوس Cadusafos [95465-99-9]	متفاوت	-	۰/۰۰۲ mg/m ^{3(R)}	A2 ;BEI	
کرومات کلسیم Calcium chromate [13765-19-0]	۲۷۰/۴۰	-	۰/۰۰۱ mg/m ^{3(IFV)}	پوست؛ A4	بازدارنده کولین استراز
سیانامید کلسیم Calcium cyanamide [95465-99-9]	۱۵۶/۰۹	-	۰/۰۰۱ mg/m ³	A2	سرطان ریه
هیدروکسید کلسیم Calcium hydroxide [1305-62-0]	۸۰/۱۱	-	۰/۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اکسید کلسیم Calcium oxide [1305-78-8]	۷۴/۱۰	-	۵ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
سیلیکات کلسیم؛ غیر فیروزی مصنوعی Calcium silicate Synthetic nonfibrous [1344-95-2]	۵۶/۰۸	-	۲ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
سیلیکات کلسیم؛ به صورت طبیعی به شکل ولاستونیت وجود دارد Calcium silicate ,naturally occurring as wollastonite [13983-17-0]	-	-	۱۰ mg/m ^{3 (E)}	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
سولفات کلسیم Calcium sulfate [7778-18-9]; [10034-76-1]; [10101-41-4]; [13397-24-5]	-	-	۱ mg/m ^{3 (LE)}	A4	پنوموکونیوزیس؛ عملکرد ریوی
	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
		STEL/C	TWA		
کافور، مصنوعی Camphor, synthetic [76-22-2]	۱۵۲/۲۳	۲ ppm	۳ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ فقدان حس شامه
کاپرولاکتام Caprolactam [105-60-2]	۱۱۳/۱۶	۵ mg/m ³ (IFV)	–	A۵	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کاپتافول Captafol [2425-06-1]	۳۴۹/۱۰	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	–	پوست؛ A3 RSEN ؛DSEN	سوزش پوست
کاپتان Captan [133-06-2]	۳۰۰/۶۰	۵ mg/m ³ (I)	–	A3 ؛DSEN	سوزش پوست
کاربایل Carbaryl [63-25-2]	۲۰۱/۲۰	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	–	پوست؛ BELC A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ آسیب سیستم تولید مثل مردان؛ آسیب جنینی
کاربوفوران Carbofuran [1563-66-2]	۲۲۱/۳۰	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	–	BELC ؛A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دوده Carbon black [1333-86-4]	–	۳ mg/m ³ (I)	–	A3	برونشیت
دی اکسید کربن Carbon dioxide [124-38-9]	۴۴/۰۱	۵۰۰۰ ppm	۳۰۰۰۰ ppm	–	خفگی
دی سولفید کربن Carbon disulfide [75-15-0]	۷۶/۱۴	۱ ppm	–	پوست؛ A4 BEI	اختلال سیستم اعصاب محیطی
مونوکسید کربن Carbon monoxide [630-08-0]	۲۸/۰۱	۲۵ ppm	–	BEI	کربوکسی هموگلوبین
تترابرمید کربن Carbon tetrabromide [558-13-4]	۳۳۱/۶۵	۰/۱ ppm	۰/۳ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست؛ آسیب کبدی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
تتراکلرید کربن Carbon tetrachloride [56-23-5]	۱۵۳/۸۴	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A2	آسیب کبدی
فلوئورید کربونیل Carbonyl fluoride [353-50-4]	۶۶/۰۱	۲ ppm	۵ ppm	-	تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آسیب استخوانی
سولفید کربونیل Carbonyl sulfide [463-58-1]	۶۰/۰۸	۵ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیل کارفنترازون Carfentrazone – ethyl [128639-02-1]	۴۱۲/۲۰	۱ mg/m ³⁽¹⁾	-	A4	آسیب کبدی؛ تأثیر بر پورفیرین
کاتکول Catechol [120-80-9]	۱۱۰/۱۱	۵ ppm	-	پوست A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ درماتیت
سلولز Cellulose [9004-34-6]	نامشخص	۱۰ mg/m ³	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
هیدروکسید سزیم Cesium hydroxide [21351-79-1]	۱۴۹/۹۲	۲ mg/m ³	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و پوست
کلردان Chlordane [57-74-9]	۴۰۹/۸۰	۰/۵ mg/m ^{3(IFV)}	-	پوست؛ A3	آسیب کبدی
کامفن کلره Chlorinated camphene [8001-35-2]	۴۱۴/۰۰	۰/۵ mg/m ³	۱ mg/m ³	پوست؛ A3	تشنج سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
ارتو دی فنیل اکساید کلره o-Chlorinated diphenyl oxide [31242-93-0]	۳۷۷/۰۰	۰/۵ mg/m ³	-	-	جوش آکنه مانند؛ آسیب کبدی
کلر Chlorine [7782-50-5]	۷۰/۹۱	۰/۱ ppm	۰/۴ ppm	A4	تحریک دستگاه تنفسی و ادم ریوی
دی اکسید کلر Chlorine dioxide [10049-04-4]	۶۷/۴۶	-	C ۰/۱ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی؛ ادم ریوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
تری فلورید کلر Chlorine trifluoride [7790-91-2]	۹۲/۴۶	C ۰/۱ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و آسیب ریوی
کلرواستالدئید Chloroacetaldehyde [107-20-0]	۷۸/۵۰	C ۱ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
کلرواستون Chloroacetone [78-95-5]	۹۲/۵۳	C ۱ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲- کلرواستوفنون 2-Chloroaceto phenone [532-27-4]	۱۵۴/۵۹	--	۰/۰۵ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
کلرواستیل کلراید Chloroacetyl chloride [79-04-9]	۱۱۲/۹۵	۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کلرو بنزن Chlorobenzene [108-90-7]	۱۱۲/۵۶	–	۱۰ ppm	BEI؛ A3	آسیب‌های کبدی
ارتو کلرو بنزیلیدن مالونونتریل o-Chlorobenzylidene malononitrile [2698-41-1]	۱۸۸/۶۲	C ۰/۰۵ ppm ^(IFV)	–	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت پوستی
کلرو برمومتان Chlorobromomethane [74-97-5]	۱۲۹/۳۹	–	۲۰۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
کلرو دی فلورومتان Chlorodifluoromethane [75-45-6]	۸۶/۴۷	–	۱۰۰۰ ppm	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ خفگی؛ حساسیت قلبی
کلرو دی فیل (۴۲٪ کلر) Chlorodiphenyl (42% chlorine) [53469-21-9]	۲۶۶/۵۰	-	۱ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی تحریک چشمی کلرانه
کلرو دی فیل (۵۴٪ کلر) Chlorodiphenyl (54% chlorine) [11097-69-1]	۳۲۸/۴۰	-	۰/۵ mg/m ³	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کبدی؛ جوش آکنه مانند

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
کلروفرم Chloroform [67-66-3]	۱۱۹/۳۸	-	۱۰ ppm	A3	آسیب کبدی؛ آسیب‌های جنینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
بیس (کلرومتیل) اتر bis (Chloromethyl) ether [542-88-1]	۱۱۴/۹۶	-	۰/۰۰۱ ppm	A1	سرطان ریه
کلرو متیل متیل اتر Chloromethyl methyl ether [107-30-2]	۸۰/۵۰	-	—(L)	A2	سرطان ریه
۱-کلرو-۱-نیتروپروپان 1-Chloro-1-nitropropane [600-25-9]	۱۲۳/۵۴	-	۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم؛ ادم ریوی
کلرو پنتا فلورو اتان Chloropenta fluoroethane [76-15-3]	۱۵۴/۴۷	-	۱۰۰۰ ppm	-	حساسیت قلبی
کلروپیکرین Chloropicrin [76-06-2]	۱۶۴/۳۹	-	۰/۱ ppm	A4	تحریک چشم، ادم ریوی
۱-کلرو-۲-پروپانول و 1-Chloro-2-propanol [127-00-4] ۲-کلرو-۱-پروپانول 2-Chloro-1-propanol [78-89-7]	۹۴/۵۴	-	۱ ppm	A4	آسیب کبدی
بنا-کلروپرن B-Chloroprene [126-99-8]	۸۸/۵۴	-	۱ ppm	A2	سرطان ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲-کلروپروپانییک اسید 2-Chloropropionic acid [598-78-7]	۱۰۸/۵۳	-	۰/۱ ppm	پوست	آسیب سیستم تولید مثل مردان
ارتوکلرو استایرن o-Chlorostyrene [2039-87-4]	۱۳۸/۶۰	۷۵ ppm	۵۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ نوروپاتی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ارتو کلرو تولوئن o-Chlorotoluene [95-49-8]	۱۲۶/۵۹	۵۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
کلروپیرفوس Chlorpyrifos [2921-88-2]	۳۵۰/۵۷	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	–	پوست؛ A4 BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
کرومات حاصل از فرآوری سنگ معدنی کرومیت Chromite [1308-31-2] ore processing (Chromate), as Cr	–	۰/۰۵ mg/m ³	–	A1	سرطان ریه
کروم و ترکیبات معدنی آن Chromium [7440-47-3] & inorganic compounds, as Cr	متفاوت	۰/۵ mg/m ³⁽⁰⁾	–	–	تحریک دستگاه تنفسی
کرم فلزی Metallic chromium as Cr(0)	متفاوت	۰/۰۰۳ mg/m ³⁽⁰⁾	–	A4 RSEN؛ DSEN	تحریک دستگاه تنفسی و آسم
ترکیبات کروم سه ظرفیتی و ترکیبات محلول در آب Trivalent chromium compounds, as Cr(III) Water- soluble compounds	متفاوت	۰/۰۰۰۵ ppm ⁽⁰⁾	۰/۰۰۰۲ mg/m ³⁽⁰⁾	A1؛ پوست ؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه و سینوسها، آسم
ترکیبات کروم شش ظرفیتی و محلول در آب Hexavalent chromium compounds, as Cr(VI) Water- soluble compound	متفاوت	۰/۰۰۰۲۵ ppm ^(IFV)	۰/۰۰۰۱ ppm ^(IFV)	A1؛ پوست؛ DSEN؛ RSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه و سینوسها، آسم
کرومیل کلراید Chromyl chloride [14977-61-8], as Cr (VI)	۲۲۸/۳۰	– (L)	–	A3؛ BEIp	سرطان
کرایزن Chrysene [218-01-9]	۱۵۲/۲۴	۵ ppm (IFV)	–	DSEN، پوست A4	اثر روی وزن بدن؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
					آسیب چشمی
کلوپیدال Clopidol [2971-90-6]	۱۹۲/۰۶	۳ mg/m ³ (fV)	–	A4	اثر موتاژنیک
غبار ذغال سنگ Coal dust آنتراسیت Anthracite [8029-10-5] بیتومینوس یا لیگنیت Bituminous or Lignite [308062-82-0]	–	۰/۴ mg/m ³ (R)	–	A4	آسیب ریوی و فیروز ریه
	–	۰/۹ mg/m ³ (R)	–	A4	آسیب ریوی و فیروز ریه
مواد فرار قیر قطران ذغال سنگ به صورت آئروسول محلول در بنزن Coal tar pitch volatiles [65996-93-2] as benzene soluble aerosol	–	۰/۲ mg/m ³	–	A1 +BEIp	سرطان
کبالت و ترکیبات معدنی آن Cobalt [7440-48-4] and inorganic Compounds; as Co	۵۸/۹۳ متفاوت	۰/۰۲ mg/m ³	–	؛DSEN؛ BEI RESN, A3؛	آسم؛ عملکرد ریوی؛ اثرات میوکاردیال
کربونیل کبالت Cobalt carbonyl [10210-68-1], as Co	۳۴۱/۹۴	۰/۱ mg/m ³	–	–	ادم ریوی، آسیب طحال
هیدروکربونیل کبالت Cobalt hydrocarbonyl [16842-03-8], as Co	۱۷۱/۹۸	۰/۱ mg/m ³	–	–	آسیب ریوی؛ ادم ریوی
مس Copper [7440-50-8] دمه Fume	۶۳/۵۵	۰/۲ mg/m ³	–	–	محرک؛ اثرات گوارشی؛ تب دمه فلزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
غبار و میست ها Dust and mist as Cu		-	۱ mg/m ³	-	
غبار پنبه خام Cotton dust, raw, untreated		-	۰/۱ mg/m ³ (T)	A4	برونشیت؛ بیسینوزیس؛ عملکرد ریوی
کومافوس Coumaphos [56-72-4]	۳۶۲/۸	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	A4 ؛BEI _C پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
همه ایزومرهای کروزل Cresol, all isomers [95-48-7]; [106-44-5]; [108-39-4]; [1319-77-3]	۱۰۸/۱۴	-	۲۰ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کروتون آلدهید Crotonaldehyde [4170-30-3]	۷۰/۰۹	C ۰/۳ ppm	-	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
کروفومات Crufomate [299-86-5]	۲۹۱/۷۱	-	۵ mg/m ³	A4 ؛BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
کومن Cumene [98-82-8]	۱۲۰/۱۹	-	۵ ppm	A3	تومور خوش خیم قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال عصبی
سیانامید Cyanamide [420-04-2]	۴۲/۰۴	-	۲ mg/m ³	-	تحریک چشمی و پوستی
سیانازین Cyanazine [21725-46-2]	۲۴۰/۷۰	-	۰/۱ mg/m ³ (I)	A3	تأثیر بر وزن بدن، سیستم اعصاب مرکزی، تراژونیک
اتیل و متیل سیانواکرلیت Cyanoacrylates Ethyl [7085-85-0] and Methyl [137-05-3]	۱۲۵/۴ ۱۱۲/۱۱	۱ ppm	۰/۲ 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
		STEL/C	TWA		
سیانوژن Cyanogen [460-19-5]	۵۲/۰۴	C ۵ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
برمید سیانوژن Cyanogen bromide [506-68-3]	۱۰۵/۹۲	C ۰/۳ ppm	-	-	تحریک دستگاه تنفسی و چشم؛ ادم ریوی
کلرید سیانوژن Cyanogen Chloride [506-77-4]	۶۱/۴۸	C ۰/۳ ppm	-	-	ادم ریوی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
سیکلو هگزان Cyclohexane [110-82-7]	۸۴/۱۶	-	۱۰۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سیکلو هگزانول Cyclohexanol [108-93-0]	۱۰۰/۱۶	-	۵۰ ppm	پوست	آسیب سیستم اعصاب مرکزی و تحریک چشم
سیکلو هگزانون Cyclohexanone [108-94-1]	۹۸/۱۴	۵۰ ppm	۲۰ ppm	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
سیکلو هگزن Cyclohexene [110-83-8]	۸۲/۱۴	-	۲۰ ppm	-	تأثیر کبدی
سیکلو هگزیل آمین Cyclohexylamine [108-91-8]	۹۹/۱۷	-	۱۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
سیکلونیت Cyclonite [121-82-4]	۲۲۲/۲۶	-	۰/۵ mg/m ³	پوست؛ A4	آسیب کبدی
سیکلو پنتادین Cyclopentadiene [542-92-7]	۶۶/۱۰	-	۷۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
سیکلو پنتان Cyclopentane [287-92-3]	۷۰/۱۳	-	۶۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ آسیب سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
سی هگراتین Cyhexatin [13121-70-5]	۳۸۵/۱۶	-	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تأثیر روی وزن بدن؛ اثرات کلیوی
۲-۴ دی کلرو فنو کسی استیک اسید 2,4-D [94-75-7]	۲۲۱/۰۴	-	۱۰ mg/m ^{3(l)}	A4	تأثیر تیروئیدی؛ آسیب لوله های کلیوی
ددت DDT[50-29-3]	۳۵۴/۵۰	-	۱ mg/m ³	A3	اثرات کبدی
دکابوران Decaborane [17702-41-9]	۱۲۲/۳۱	۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	پوست	تشنج سیستم اعصاب مرکزی؛ کاهش قوه ادراکی
دمتون Demeton [8065-48-3]	۲۵۸/۳۴	-	۰/۰۵ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دمتون -اس- متیل Demeton-S-methyl [919-86-8]	۲۳۰/۳۰	-	۰/۰۵ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ BEL _C ؛ DSEN, A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
الکل دی استون Diacetone alcohol [123-42-2]	۱۱۶/۱۶	-	۵۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی استیل Diacetyl [431-03-8]	۸۶/۱۰	۰/۰۲ ppm	۰/۰۱ ppm	A4	آسیب ریه
دiazinon Diazinon [333-41-5]	۳۰۴/۳۶	-	۰/۰۱ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ BEL _C ؛ A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دiazomethane Diazomethane [334-88-3]	۴۲/۰۴	-	۰/۲ ppm	A2	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی بوران Diborane [19287-45-7]	۲۷/۶۹	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و سردرد
۲-ان- دی بوتیل آمینو اتانول	۱۷۳/۲۹	-	۰/۵ ppm	پوست؛ BEL _C	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
2-N-Dibutylamino ethanol [102-81-8]					
دی بوتیل فیل فسفات Dibutyl phenyl phosphate [2528-36-1]	۲۸۶/۲۶	۰/۳ ppm	–	پوست؛ BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی بوتیل فسفات Dibutyl phosphate [107-66-4]	۲۱۰/۲۱	۵ mg/m ³ (IFV)	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و ممانه
دی بوتیل فتالات Dibutyl phthalate [84-74-2]	۲۷۸/۳۴	۵ mg/m ³	–	–	آسیب بیضه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اسید دی کلرواستیک Dichloroacetic acid [79-43-6]	۱۲۸/۹۵	۰/۵ ppm	–	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب بیضه
دی کلرو استیلن Dichloroacetylene [7572-29-4]	۹۴/۹۳	–	C۰/۱ ppm	A3	تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب محیطی
ارتو دی کلرو بنزن o-Dichlorobenzene [95-50-1]	۱۴۷/۰۱	۲۵ ppm	۵۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبدی
پارا دی کلرو بنزن p-Dichlorobenzene [106-46-7]	۱۴۷/۰۱	۱۰ ppm	–	A3	تحریک و سوزش چشم و آسیب کلیوی
۳ و ۳- دی کلرو بنزیدین 3,3-Dichloro benzidine [91-94-1]	۲۵۳/۱۳	– (L)	–	پوست؛ A3	سرطان ممانه و تحریک چشم
۱ و ۴- دی کلرو - ۲- بوتن 1,4-Dichloro-2-butene [764-41-0]	۱۲۴/۹۹	۰/۰۰۵ ppm	–	پوست؛ A2	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی کلرو دی فلوئورو ممان Dichlorodifluoro methane [75-71-8]	۱۲۰/۹۱	۱۰۰۰ ppm	–	A4	حساسیت های قلبی
۱ و ۳- دی کلرو - ۵ و ۵- دی متیل هیدانتوئین 1,3-Dichloro-5,5- dimethyl hydantoin	۱۹۷/۰۳	۰/۲ mg/m ³	۰/۴ mg/m ³	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
[118-52-5]					
۱-دی کلرواتان 1,1- Dichloroethane [118-52-5]	۹۸/۹۷	۱۰۰ ppm	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کلیوی و کبدی
۱-دی کلرواتیلن؛ همه ایزومرها 1,2-Dichloroethylene, all isomers [156-59-2]; [156-60-5]; [540-59-0]	۹۶/۹۵	۲۰۰ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی سوزش چشم
دی کلرواتیل اتر Dichloroethyl ether [111-44-4]	۱۴۳/۰۲	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
دی کلرو فلورو متان Dichloromonofluoro methane [75-43-4]	۱۰۲/۹۲	۱ ppm	-	-	آسیب کبدی
دی کلرو متان Dichloromethane [75-09-2]	۸۴/۹۳	۵۰ ppm	-	A3 BEI	کربوکسی هموگلوبینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱-دی کلرو-۱-نیترواتان 1,1- Dichloro-1- nitroethane [594-72-9]	۱۴۳/۹۶	۲ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۱-۳-دی کلرو پروپن 1,3-Dichloropropene [542-75-6]	۱۱۰/۹۸	۱ ppm	-	پوست؛ A3	آسیب‌های کلیوی
۲-دی کلرو پروپیونیک اسید 2,2- Dichloro propionic acid [75-99-0]	۱۴۳	۵ mg/m ^{3(l)}	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی کلرو تترا فلورو اتان Dichlorotetrafluoro ethane [76-14-2]	۱۷۰/۹۳	۱۰۰۰ ppm	-	A4	تأثیر بر عملکرد ریوی
دی کلرووس Dichlorvos [62-73-7]	۲۲۰/۹۸	۰/۱ mg/m ^{3 (IFV)}	-	پوست؛ A4 BEL ؛DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
دی کروتوفوس Dicrotophos [141-66-2]	۲۳۷/۲۱	–	$۰/۰۵ \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A4 BEL؛ DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دی سیکلو پنتادین و شامل سیکلوپنتادین Dicyclopentadiene [77-73-6] including Cyclopentadiene	۱۳۲/۲۱	۱ ppm	۰/۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم
دی سیکلو پنتادیل آهن Dicyclopentadienyl iron as Fe [102-54-5]	۱۸۶/۰۳	–	۱۰ mg/m^3	–	آسیب کبدی
دیلدرین Dieldrin [60-57-1]	۳۸۰/۹۳	–	$۰/۱ \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A3	آسیب کبدی؛ اثرات سیستم تولید مثل؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سوخت دیزل به صورت هیدروکربن های کل Diesel fuel [68334-30-5]; [68476-30-2]; [68476-31-3]; [68476-34-6] as total Hydrocarbons	متفاوت	–	$۱۰۰ \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A3	درماتیت
دی اتانول آمین Diethanolamine [111-42-2]	۱۰۵/۱۴	–	$۱ \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A3	آسیب کبدی و کلیوی
دی اتیل آمین Diethylamine [109-89-7]	۷۳/۱۴	۱۵ ppm	۵ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و پوست
۲- دی اتیل آمینو اتانول 2-Diethylaminoethanol [100-37-8]	۱۱۷/۱۹	–	۲ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تشنج سیستم اعصاب مرکزی
دی اتیلن گلیکول مونوبوتیل اتر Diethylene glycol monobutyl ether [112-34-5]	۱۶۲/۳۳	–	۱۰ ppm (IFV)	–	هماتولوژی ریه؛ اثرات کبدی و کلیوی
دی اتیلن تری آمین Diethylene triamine [111-40-0]	۱۰۳/۱۷	–	۱ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
‡ دی (۲-اتیل هگزیل) فتالات Di(2- ethylhexyl) phthalate [117-81-7]	۳۹۰/۵۴	-	۵ mg/m ³	A3	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
ان، ان- دی اتیل هیدروکسیل آمین N,N-Diethylhydroxylamine [3710-84-7]	۸۹/۱۴	-	۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی اتیل کتون Diethyl ketone [96-22-0]	۸۶/۱۳	۳۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
دی اتیل فتالات Diethyl phthalate [84-66-2]	۲۲۲/۲۳	-	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی اتیل سولفات Diethyl sulphate [64-67-5]	۱۵۴/۱۸	-	۰/۰۵ ppm	A2	سرطان زائی، سوزش پوست
دی فلورو دی برومو متان Difluorodibromomethan [75-61-6]	۲۰۹/۸۳	-	۱۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات کبدی
دی گلاسیسیدیل اتر Diglycidyl ether [2238-07-5]	۱۳۰/۱۴	-	۰/۰۱ ppm	A4	تحریک و سوزش پوست و چشم؛ اثرات سیستم تولید مثل در مردان
دی ایزو بوتیل کتون Diisobutyl ketone [108-83-8]	۱۴۲/۲۳	-	۲۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی ایزو پروپیل آمین Diisopropylamine [108-18-9]	۱۰۱/۱۹	-	۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی
دی متیل استامید Dimethyl acetamide [127-19-5]	۸۷/۱۲	-	۱۰ ppm	پوست؛ A3 BEI	آسیب کبدی و آسیب جنینی، تولید مثل، کلیه، اثر تراژدیک
دی متیل آمین Dimethylamine [124-40-3]	۴۵/۰۸	۱۵ ppm	۵ ppm	A4 DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و دستگاه گوارش

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
بیس (۲-دی متیل آمینو اتیل) اتر Bis (2-Dimethyl aminoethyl) ether (DMAEE) [3033-62-3]	۱۶۰/۲۶	۰/۰۵ ppm	۰/۱۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
دی متیل آنیلین Dimethylaniline [121-69-7]	۱۲۱/۱۸	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A4؛ BEI _M	مت هموگلوبینی
دی متیل کاربامیل کلراید Dimethyl carbamoyl chloride [79-44-7]	۱۰۷/۵۴	۰/۰۰۵ ppm	–	پوست؛ A2	سرطان بینی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی متیل دی سولفید Dimethyl disulfide [624-92-0]	۹۴/۲	۰/۵ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
دی متیل اتوکسی سیلان Dimethylethoxysilane [14857-34-2]	۱۰۴/۲۰	۰/۵ ppm	۱/۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سردرد
دی متیل فرمامید Dimethylformamide [68-12-2]	۷۳/۱۰	۵ ppm	–	پوست؛ A3 BEI	آسیب کبدی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱ و ۱-دی متیل هیدرازین 1,1-Dimethyl hydrazine [57-14-7]	۶۰/۱۲	۰/۰۱ ppm	–	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرطان بینی
همه ایزومرهای دی متیل فتل Dimethyl phenol all isomers [95-65-8]; [95-87-4]; [105-67-9]; [108-68-9]; [526-75-0]; [576-26-1]; [1300-71-6]	متفاوت	۱ ppm ^(IFV)	–	A3؛ DSEN	تأثیر بر سیستم خون و وزن بدن
دی متیل فتالات Dimethylphthalate [131-11-3]	۱۹۴/۱۹	۵ mg/m ³	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
دی متیل سولفات Dimethyl sulfate [77-78-1]	۱۲۶/۱۰	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A3	سوزش پوست و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
دی متیل سولفید Dimethyl sulfide [75-18-3]	۶۲/۱۴	-	۱۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کلیه ایزومرهای دی نیترو بنزن Dinitrobenzene, all isomers [99-65-0]; [100-25-4]; [528-29-0]; [25154-54-5]	۱۶۸/۱۱	-	۰/۱۵ ppm ^(IFV)	پوست BEI _M	مت هموگلوبینی، آسیب چشم
دی نیترو - ارتو - کروزل Dinitro-o-cresol [534-52-1]	۱۹۸/۱۳	-	۰/۲ mg/m ³ (IFV)	پوست	متابولیسم پایه
۳و۵- دی نیترو- ارتو - تولوآمید 3,5-Dinitro-o-toluamide [148-01-6]	۲۲۵/۱۶	-	۱ mg/m ³	A4	آسیب کبدی
دی نیترو تولوئن Dinitrotoluene [25321-14-6]	۱۸۲/۱۵	-	۰/۲ mg/m ³	پوست؛ A3 BEI _M	اختلالات قلبی؛ اثرات سیستم تولید مثل
۴و۱- دی اکسان 1,4-Dioxane [123-91-1]	۸۸/۱۰	-	۲۰ ppm	پوست؛ A3	آسیب کبدی
دی اکسائیون Dioxathion [78-34-2]	۴۵۶/۵۴	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۳و۱- دی اکسولان 1,3-Dioxolane [646-06-0]	۷۴/۰۸	-	۲۰ ppm	-	اثرات خونی
دی فنیل آمین Diphenylamine [122-39-4]	۱۶۹/۲۴	-	۱۰ mg/m ³	A4	آسیب کبدی و کلیوی؛ اثرات خونی
دی پروپیل کتون Dipropyl ketone [123-19-3]	۱۱۴/۸۰	-	۵۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی کوات Diquat [85-00-7]; [2764-72-9]; [6385-62-2], as the cation	متفاوت	-	۰/۵ mg/m ³ (I) ۰/۱ mg/m ³ (R)	پوست؛ A4 پوست؛ A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آب مروارید تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آب مروارید

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
دی سولفیرام Disulfiram [97-77-8]	۲۹۶/۵۴	–	۲ mg/m ³	A4	اتساع عروق؛ تهوع
دی سولفتون Disulfoton [298-04-4]	۲۷۴/۳۸	–	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
دیورون Diuron [330-54-1]	۲۳۳/۱۰	–	۱۰ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دی وینیل بنزن Divinybenzene [1321-74-0]	۱۳۰/۱۹	–	۱۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
دودسیل مرکاپتان Dodecyl mercaptan [112-55-0]	۲۰۲/۴	–	۰/۱ ppm	DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اندو سولفان Endosulfan [115-29-7]	۴۰۶/۹۵	–	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و آسیب کبدی و کلیوی
اندترین Endrin [72-20-8]	۳۸۰/۹۳	–	۰/۱ mg/m ³	پوست؛ A4	آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی و سردرد
انفلوران Enflurane [13838-16-9]	۱۸۴/۵۰	–	۷۵ ppm	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی
اپی کلرو هیدرین Epichlorohydrin [106-89-8]	۹۲/۵۳	–	۰/۵ ppm	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثرات سیستم تولید مثل در مردان
ای پی ان EPN [2104-64-5]	۳۲۳/۳۱	–	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
اتان Ethane [74-84-0]	۳۰/۰۷	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
اتانول Ethanol [64-17-5]	۴۶/۰۷	-	-	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتانول آمین Ethanolamine [141-43-5]	۶۱/۰۸	۳ ppm	۶ ppm	-	تحریک و سوزش پوست و چشم
اتیون Ethion [563-12-2]	۳۸۴/۴۸	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲-اتوکسی اتانول 2-Ethoxyethanol [110-80-5]	۹۰/۱۲	-	۵ ppm	پوست؛ BEI	آسیب سیستم تولید مثل در مردان؛ آسیب جنینی
۲- اتوکسی اتیل استات 2-Ethoxyethyl acetate [111-15-9]	۱۳۲/۱۶	-	۵ ppm	پوست؛ BEI	آسیب سیستم تولید مثل مردان
اتیل استات Ethyl acetate [141-78-6]	۸۸/۱۰	-	۴۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اتیل آکریلات Ethyl acrylate [140-88-5]	۱۰۰/۱۱	۵ ppm	۱۵ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ حساسیت پوستی
اتیل آمین Ethyl amine [75-04-7]	۴۵/۰۸	۵ ppm	۱۵ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتیل آمیل کتون Ethyl amyl ketone [541-85-5]	۱۲۸/۲۱	-	۱۰ ppm	-	ایجاد سمیت اعصاب
اتیل بنزن Ethyl benzene [100-41-4]	۱۰۶/۱۶	-	۲۰ ppm	BEI؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و آسیب کلیوی (نفروپاتی)؛ اختلال بخش حلزونی گوش میانی
اتیل بروماید Ethyl bromide [74-96-4]	۱۰۸/۹۸	-	۵ ppm	پوست؛ A3	آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
اتیل تر- بوتیل اتر Ethyl tert-butyl ether [637-92-3]	۱۰۲/۱۸	-	۲۵ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیل بوتیل کتون Ethyl butyl ketone [106-35-4]	۱۱۴/۱۹	۷۵ ppm	۵۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سوزش پوست و چشم
اتیل کلراید Ethyl chloride [75-00-3]	۶۴/۵۲	-	۱۰۰ ppm	پوست؛ A3	آسیب کبدی
اتیل سیانوآکریلات Ethyl cyanoacrylate [7085-85-0]	۱۲۵/۱۲	-	۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
اتیلن Ethylene [74-85-1]	۲۸/۰۵	-	۲۰۰ ppm	A4	خفگی
اتیلن کلرو هیدرین Ethylene chlorohydrin [107-07-3]	۸۰/۵۲	C ۱ ppm	-	پوست؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
اتیلن دی آمین Ethylen diamine [107-15-3]	۶۰/۱۰	-	۱۰ ppm	پوست؛ A4	-
اتیلن دی بروماید Ethylene dibromide [106-93-4]	۱۸۷/۸۸	-	-	پوست؛ A3	-
اتیلن دی کلرید Ethylene dichloride [107-06-2]	۹۸/۹۶	-	۱۰ ppm	A4	آسیب کبدی؛ تهوع
اتیلن گلیکول Ethylene glycol [107-21-1]	۶۲/۰۷	۲۵ ppm ^(v) ۱۰ mg/m ³ (t,h)	۵۰ ppm ^(v)	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۳ اتیلن گلیکول دی نترات Ethylene glycol dinitrate [628-96-6]	۱۵۲/۰۶	-	۰/۰۵ ppm	پوست	اتساع عروق و سردرد

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
اتیلن اکساید Ethylene oxide [75-21-8]	۴۴/۰۵	۱ ppm	-	A2، پوست؛ BEI	سرطان؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اتیلن ایمین Ethylen imine [151-56-4]	۴۳/۰۸	۰/۰۵ ppm	۰/۱ ppm	پوست؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
اتیل اتر Ethyl ether [60-29-7]	۷۴/۱۲	۴۰۰ ppm	۵۰۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتیل فرمات Ethyl formate [109-94-4]	۷۴/۰۸	-	۱۰۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲- اتیل هگزانوئیک اسید 2-Ethylhexanoic acid [149-57-5]	۱۴۴/۲۴	۵ mg/m ³ (IFV)	-	-	اثرات ناقص الخلقه زایی
اتیلیدن نوربومن Ethylidene norbornene [16219-75-3]	۱۲۰/۱۹	۲ ppm	۴ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اتیل ایزوسیانات Ethyl isocyanate [109-90-0]	۷۱/۱	۰/۰۲ ppm	۰/۰۶ ppm	پوست؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
اتیل مرکاپتان Ethyl mercaptan [75-08-1]	۶۲/۱۳	۰/۵ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اتیل مورفولین نرمال N-Ethylmorpholine [100-74-3]	۱۱۵/۱۸	۵ ppm	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی
اتیل سیلیکات یا تترا اتوکسی سیلان Ethyl silicate [78-10-4]	۲۰۸/۳۰	۱۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی؛ آسیب کلیوی
فنایمفوز Fenimiphos [22224-92-6]	۳۰۳/۴۰	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ A4 BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
فن سولفو تیان Fensulfothian [115-90-2]	۳۰۸/۳۵	-	۰/۰۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فنیترو تیون Fenitrothion [122-14-5]	۲۷۷/۲۳	-	۱ ppm	پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فنوبو کارب Fenobucarb [3766-81-2]	۲۰۷/۲۷	-	۵ ppm	پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فنتیون Fenthion [55-38-9]	۲۷۸/۳۴	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فر بام Ferbam [14484-64-1]	۴۱۶/۵۰	-	۵ mg/m ^{3(l)}	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی تأثیر روی وزن بدن آسیب طحال
فلودیو کسونیل Fludioxonil [131341-86-1]	۲۴۸/۲۰	-	۱ mg/m ^{3(l)}	A3	آسیب کبدی و کلیوی
غبار فرو و انادیوم Ferrovanadium dust [12604-58-9]	-	۳ mg/m ³	۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم
غبار آرد Flour dust	-	-	۰/۵ mg/m ^{3(l)}	RSEN	آسم؛ برونشیت؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فلوریدها Fluorides, as F	متفاوت	-	۲/۵ mg/m ³	BEI؛ A4	آسیب استخوانی فلونوروزیس
فلورین Fluorine [7782-41-4], as F	۳۸	C ۰/۵ ppm	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم و پوست
فولپت Folpet [133-07-3]	۲۹۶/۶۰	-	۱ mg/m ^{3(l)}	DSEN؛ A3	آسیب کبدی؛ تأثیر روی وزن بدن
فونوفوس Fonofos [944-22-9]	۲۴۶/۳۲	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
فرم آلدئید Formaldehyde [50-00-0]	۳۰/۰۳	۰/۵ ppm	۰/۱ ppm	RSEN؛ A1 DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم؛ سرطان قسمت فوقانی تنفسی
فرمامید Formamide [75-12-7]	۴۵/۰۴	–	۱ ppm	پوست	تأثیرات خونی، سرطان کبد، افزایش سمیت
اسید فرمیک Formic acid [64-18-6]	۴۶/۰۲	۱۰ ppm	۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
فورفورال Furfural [98-01-1]	۹۶/۰۸	–	۰/۲ ppm	پوست؛ A3 BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
فورفوریل الکل Furfuryl alcohol [98-00-0]	۹۸/۱۰	–	۰/۲ ppm	A3؛ پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم
گالیم آرسنید Gallium arsenide [1303-00-0]	۱۴۴/۶۴	–	۰/۰۰۰۳ mg/m ³ (R)	A3	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
بنزین Gasoline [86290-81-5]	متفاوت	۵۰۰ ppm	۳۰۰ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تتراهیدرید ژرمانیوم Germanium tetrahydride [7782-65-2]	۷۶/۶۳	–	۰/۲ ppm	–	اثرات خونی
گلو تار آلدئید (فعال و غیر فعال) Glutaraldehyde [111-30-8], activated and unactivated	۱۰۰/۱۱	C ۰/۰۵ ppm	–	RSEN؛ A4 DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
مست گلیسرین Glycerin mist [56-81-5]	۹۲/۰۹	–	۱۰ mg/m ³	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
گلیسیدول Glycidol [556-52-5]	۷۴/۰۸	–	۲ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
گلای اکزال Glyoxal [107-22-2]	۵۸/۰۴	–	$0.1 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	RSEN؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ متاپلازی حنجره
گردغبار غلات (جو دو سر؛ گندم) Grain dust (oat, wheat, barley)	نامشخص	–	4 mg/m^3	–	برونشیت؛ اثرات ریوی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
گرافیت (همه اشکال جز فیبر گرافیت) Graphite (all forms except graphite fibres) [7782-42-5]	–	–	$2 \text{ mg/m}^3 \text{ (R)}$	–	پنوموکنیوزیس
هافنیم و ترکیبات آن Hafnium [7440-58-6] and compounds, as Hf	۱۷۸/۴۹	–	0.5 mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبدی
هالوتان Halothane [151-67-7]	۱۹۷/۳۹	–	۵۰ ppm	A4	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اتساع عروق
فلزات سخت حاوی کبالت و کاربید تنگستن Hard metals containing Cobalt [7440-48-4] and Tungsten carbide [12070-12-1], as Co	–		$0.005 \text{ mg/m}^3 \text{ (T)}$	RSEN؛ A2	التهاب ریه
هلیوم Helium [7440-59-7]	۴	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D)			خفگی
هپتاکلر و هپتاکلر اپوکسید Heptachlor [76-44-8] and Heptachlor epoxide [1024-57-3]	۳۷۳/۳۲ ۳۸۹/۴۰	–	0.05 mg/m^3	پوست؛ A3	آسیب کبدی
کلیه ایزومرهای هپتان Haptane, all isomers [108-08-7]; [142-82-5]; [565-59-3]; [589-34-4]; [590-35-2]; [591-76-4]	۱۰۰/۲۰	۵۰۰ ppm	۴۰۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
هگزا کلرو بنزن Hexachlorobenzene [118-74-1]	۲۸۴/۷۸	–	۰/۰۰۲ mg/m ³	پوست؛ A3	اثرات پورفرین؛ آسیب پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هگزا کلرو بوتادین Hexachlorobutadiene [87-68-3]	۲۶۰/۷۶	–	۰/۰۲ ppm	پوست؛ A3	آسیب کلیوی
هگزا کلرو سیکلو پنتادین Hexachlorocyclo pentadiene [77-47-4]	۲۷۲/۷۵	–	۰/۰۱ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
هگزا کلرو اتان Hexachloroethane 67-72-1]	۲۳۶/۷۴	–	۱ ppm	پوست؛ A3	آسیب کلیوی و کبدی
هگزا کلرو نفتالن Hexachloro Naphthalene [1335-87-1]	۳۳۴/۷۴	–	۰/۲ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی و جوشهای شبه آکنه
هگزا فلئورو استون Hexafluoroacetone [684-16-2]	۱۶۶/۰۲	–	۰/۱ ppm	پوست	آسیب بیضه؛ آسیب کلیوی
هگزا فلئورو پروپیلن Hexafluoropropylene [116-15-4]	۱۵۰/۰۲	–	۰/۱ ppm	–	آسیب کلیوی
هگزا هیدروفتالیک انیدرید؛ کلیه ایزومرها Hexahydrophthalic anhydride, all isomers [85-42-7]; [13149-00-3]; [14166-21-3]	۱۵۴/۱۷	C ۰/۰۰۵ mg/m ³ (IFV)	–	RSEN	حساسیت؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ پوست و چشم
هگزا متیلن دی ایزوسیانات Hexamethylene diisocyanate [822-06-0]	۱۶۸/۲۲		۰/۰۰۵ ppm	BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت سیستم تنفسی
هگزامتیلن تترامین Hexamethylenetetramine [100-97-0]		–	۱ mg/m ³ (IFV)	A4؛ DSEN	حساسیت پوستی
هگزا متیل فسفر آمید Hexamethyl phosphoramidate [680-31-9]	۱۷۹/۲۰	–	–	پوست؛ A3	سرطان قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
هگزان نرمال n-Hexane [110-54-3]	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 [75-83-2; 79-29-8]; [96-14-0]; 107-83-5]	۸۶/۱۷	۵۰۰ ppm	۱۰۰۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱و۶- هگزان دی آمین 1,6-Hexanediamine [124-09-4]	۱۱۶/۲۱	۰/۵ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
هگزازینون Hexazinone [51235-04-2]	۲۵۲/۳۰	۳ mg/m ^{3(I)}	-	A4	خونی، آسیب کبدی
۱- هگزن 1-Hexene [592-41-6]	۸۴/۱۶	۵۰ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هگزیل استات نوع دوم sec-Hexyl acetate [108-84-9]	۱۴۴/۲۱	۲۰ ppm	۵۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
هگزیلن گلیکول Hexylene glycol [107-41-5]	۱۱۸/۱۸	۲۵ ppm ^(V)	۵۰ ppm ^(V) ۱۰ mg/m ^{3(L,H)}	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
هیدرازین Hydrazine [302-01-2]	۳۲/۰۵	۰/۰۱ ppm	-	پوست؛ A3	سرطان قسمت فوقانی تنفسی
هیدروژن Hydrogen [1333-74-0]	۱/۰۱	خفگی آور ساده (D)		خفگی	
ترفیل های هیدروژنه (غیر تابشی) Hydrogenated terphenyls (nonirradiated) [61788-32-7]	۲۴۱/۰۰	۰/۵ ppm	-	-	آسیب کبدی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
برومید هیدروژن Hydrogen bromide [10035-10-6]	۸۰/۹۲	C ۲ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
کلرید هیدروژن Hydrogen chloride [7647-01-0]	۳۶/۴۷	C ۲ ppm	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
سیانید هیدروژن و نمکهای سیانید Hydrogen cyanide and cyanide salts, as CN سیانید هیدروژن Hydrogen cyanide [74-90-8] نمکهای سیانید Cyanide salts [143-33-9; 151-50-8; 592-01-8]	۲۷/۰۳ متفاوت	C ۴/۷ ppm C ۵ mg/m ³	- -	پوست پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تهوع؛ سردرد؛ اثرات تیروئیدی
فلوئورید هیدروژن Hydrogen fluoride [7664-39-3], as F	۲۰/۰۱	C ۲ ppm	۰/۵ ppm	پوست EBI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحتانی، پوست و چشم؛ فلوروزیس
پروکسید هیدروژن Hydrogen peroxide [7722-84-1]	۳۴/۰۲	-	۱ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، پوست و چشم
سلنید هیدروژن Hydrogen selenide [7783-07-5], as Se	۸۰/۹۸	-	۰/۰۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
سولفید هیدروژن Hydrogen sulfide [7783-06-4]	۳۴/۰۸	۵ ppm	۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هیدروکینون Hydroquinone [123-31-9]	۱۱۰/۱۱	-	۱ mg/m ³	A3؛ DSEN	تحریک و آسیب چشم
۲- هیدروکسی پروپیل آکریلات 2-Hydroxypropyl acrylate [999-61-1]	۱۳۰/۱۴	-	۰/۵ ppm	پوست؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ایندن Indene [95-13-6]	۱۱۶/۱۵	۵ ppm	-	-	آسیب کبدی
ایندیم و ترکیبات آن Indium [7440-74-6] & compounds, as In	۱۱۴/۸۲	۰/۱ mg/m ³	-	-	ادم ریه؛ پنوموکونیوزیس؛ فرسایش دندان؛ ضعف و بیقراری
ایندیم تین اکساید Indium tin oxide [50926-11-9], as In	متفاوت	۰/۰۰۰۱ mg/m ³ (R)	-	A3؛ DSEN	فیروز ریوی؛ تأثیر بر عملکرد ریوی
ید و یدیدها Iodine [7553-56-2] یدیدها Iodides	۲۵۳/۸۰ متفاوت	۰/۰۱ ppm ^(FV) ۰/۰۱ ppm ^(FV)	۰/۱ ppm ^(V) -	A4 A4	کم کاری تیروئید؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ کم کاری تیروئید تحریک قسمت فوقانی تنفسی
یودوform Iodoform [75-47-8]	۳۹۳/۷۸	۰/۶ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اکسید آهن Iron oxide (Fe ₂ O ₃) [1309-37-1]	۱۵۹/۷۰	۵ mg/m ³ (R)	-	A4	پنوموکونیوزیس
پنتا کربونیل آهن Iron pentacarbonyl [13463-40-6], 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 [123-51-3]	۸۸/۱۵	۱۰۰ ppm	۱۲۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
ایزوبوتانول Isobutanol [78-83-1]	۷۴/۱۲	۵۰ ppm	-	-	تحریک پوست و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ایزوبوتیل استات Isobutyl acetate [110-19-0]	۱۱۶/۱۶	۱۵۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی
ایزوبوتیل نیتريت Isobutyl nitrite [542-56-3]	۱۰۳/۱۲	-	C ۱ ppm	A3 BEI _M	اتساع عروق خونی؛ مت هموگلوبینی
الکل ایزواکتیل Isooctyl alcohol [26952-21-6]	۱۳۰/۲۳	۵۰ ppm	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
ایزوفورون Isophorone [78-59-1]	۱۳۸/۲۱	-	C ۵ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ خستگی؛ ضعف و بیقراری
ایزوفورون دی ایزوسیانات Isophorone diisocyanate [4098-71-9]	۲۲۲/۳۰	۰/۰۰۵ ppm	-	-	حساسیت سیستم تنفسی
۲- ایزو پروپوکسی اتانول 2-Isopropoxy ethanol [109-59-1]	۱۰۴/۱۵	۲۵ ppm	-	پوست	اثرات خونی
ایزوپروپیل استات Isopropyl acetate [108-21-4]	۱۰۲/۱۳	۱۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
ایزوپروپیل آمین Isopropylamine [75-31-0]	۵۹/۱۱	۲ ppm	۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحریک و آسیب چشمی
ایزوپروپیل آنیلین نرمال N-Isopropylaniline [768-52-5]	۱۳۵/۲۱	۲ ppm	-	پوست؛ BEI _M	مت هموگلوبینی
ایزوپروپیل اتر Isopropyl ether [108-20-3]	۱۰۲/۱۷	۲۵۰ ppm	۳۱۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ایزو پروپیل گلاسیدیل اتر Isopropyl glycidyl ether (IGE) [4016-14-2]	۱۱۶/۱۸	۵۰ ppm	۷۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ درمانیت
کائولن Kaolin [1332-58-7]	-	۲ mg/m ³ (E,R)	-	A4	پنومو کونیوزیس
کروزن / سوخت های جت برحسب بخار هیدروکربن کل Kerosene [8008-20-6; 64742-81-0] / Jet fuels, as total hydrocarbon vapor	متفاوت	۲۰۰ mg/m ³ (P)	-	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
کتن Ketene [463-51-4]	۴۲/۰۴	-	C ۰/۰۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، آسیب ریه و ادم ریوی
سرب و ترکیبات معدنی آن Lead [7439-92-1] and inorganic compounds as Pb	۲۰۷/۲۰ متفاوت	۰/۰۵ mg/m ³	-	BEI؛ A3	اختلالات سیستم اعصاب محیطی و مرکزی؛ اثرات خونی
کرومات سرب؛ به عنوان سرب Lead chromate [7758-97-6] as Pb as Cr به عنوان کروم	۳۲۳/۲۲	۰/۰۰۰۲ mg/m ³ (l)	۰/۰۰۰۵ mg/m ³ (l)	BEI؛ A1 RSEN؛ DSEN	سرطان ریه و سینوس ها، آسم، تحریک سیستم تنفسی
لیندان Lindane [58-89-9]	۲۹۰/۸۵	۰/۵ mg/m ³	-	پوست؛ A3	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
هیدرید لیتیم Lithium hydride [7580-67-8]	۷/۹۵	-	C ۰/۰۵ mg/m ³ (l)	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ پوست و چشم
گاز مایع (L.P.G) Liquified petroleum gas [68476-85-7]	-	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)		خفگی	
اکسید منیزیم Magnesium oxide [1309-48-4]	۴۰/۳۲	۱۰ mg/m ³ (l)	-	A4	URT; metal fume fever

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
مالاتیون Malathion [121-75-5]	۳۳۰/۳۶	-	۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BELc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
مالئیک انیدرید Maleic anhydride [108-31-6]	۹۸/۰۶	-	۰/۰۱ mg/m ³ (IFV)	A4؛ DSEN RSEN	حساسیت سیستم تنفسی
منگنز، ترکیبات معدنی و عنصری Manganese [7439-96-5], elemental and inorganic compounds, as Mn	۵۴/۹۴ متفاوت	-	۰/۰۲ mg/m ³ (R) ۰/۱ mg/m ³ (I)	A4 -	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
منگنزسیکلوپنتا دینیل تری کربونیل Manganese cyclopentadienyl tricarbonyl [12079-65-1], as Mn	۲۰۴/۱۰	-	۰/۱ mg/m ³	پوست	تحریک پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
جیوه، ترکیبات آلکیل Mercury [7439-97-6], alkyl compounds, as Hg	۲۰۰/۵۹	۰/۰۳ mg/m ³	۰/۰۱ mg/m ³	پوست	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و محیطی؛ آسیب کلیوی
جیوه، همه اشکال بجز آلکیل، به عنوان جیوه Mercury [7439-97-6], all forms except alkyl, as Hg	متغیر	-	۰/۱ mg/m ³	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی
ترکیبات آریل Aryl compounds	متغیر	-	۰/۰۲۵ mg/m ³	پوست؛ A4 BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کلیوی
اشکال معدنی و عنصری Elemental and inorganic forms	متغیر	-	۰/۰۲۵ mg/m ³	پوست؛ A4 BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کلیوی
مزیتیل اکساید Mesityl oxide [141-79-7]	۹۸/۱۴	۲۵ ppm	۱۵ ppm	-	تحریک چشم و قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اسید مت آکریلیک Methacrylic acid [79-41-4]	۸۶/۰۹	-	۲۰ ppm	-	تحریک پوست و چشم

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
متان Methane [74-82-8]	۱/۰۴	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی
متانول Methanol [67-56-1]	۳۲/۰۴	۲۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	پوست؛ BEI	سردرد و آسیب چشم
متومیل Methomyl [16752-77-5]	۱۶۲/۲۰	-	۰/۲ mg/m ³ (IFV)	A4، پوست BELc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
متوکسی کلر Methoxychlor [72-43-5]	۳۴۵/۶۵	-	۱۰ mg/m ³	A4	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۲- متوکسی اتانول 2-Methoxyethanol (EGME) [109-86-4]	۷۶/۰۹	-	۰/۱ ppm	پوست؛ BEI	اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل
۲- متوکسی اتیل استات 2-Methoxyethyl acetate (EGMEA) [110-49-6]	۱۱۸/۱۳	-	۰/۱ ppm	پوست؛ BEI	اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل
(۲- متوکسی متیل اتوکسی) پروپانول (2-Methoxymethyl ethoxy) propanol [34590-94-8]	۱۴۸/۲۰	۱۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۴- متوکسی فنول ۴- Methoxyphenol [150-76-5]	۱۲۴/۱۵	-	۵ mg/m ³	-	سوزش چشم؛ آسیب پوست
۱- متوکسی - ۲- پروپانول 1-Methoxy-2-propanol [107-98-2]	۹۰/۱۲	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	A4	سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل استات Methyl acetate [79-20-9]	۷۴/۰۸	۲۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	-	سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب عصب چشم
متیل استیلن Methyl acetylene [74-99-7]	۴۰/۰۷	-	۱۰۰۰ ppm ^(EX)	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
مخلوط متیل استیلن پروپادین Methyl acetylene-propadiene mixture [59355-75-8]	۴۰/۰۷	۱۰۰۰ ppm ^(EX)	۱۲۵۰ ppm ^(EX)	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل آکریلات Methyl acrylate [96-33-3]	۸۶/۰۹	۲ ppm	-	پوست؛ A4؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست؛ آسیب چشم
متیل آکریلونیتریل Methyl acrylonitrile [126-98-7]	۶۷/۰۹	۱ ppm	-	پوست؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سوزش چشم و پوست
متیلال Methylal [109-87-5]	۷۶/۱۰	۱۰۰۰ ppm	-	-	سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل آمین Methyl amine [74-89-5]	۳۱/۰۶	۵ ppm	۱۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
متیل ان-آمیل کتون Methyl n-amyl ketone [110-43-0]	۱۱۴/۱۸	۵۰ ppm	-	-	تحریک چشمی و پوست
متیل آنیلین نرمال N-Methyl aniline [100-61-8]	۱۰۷/۱۵	۰/۵ ppm	-	پوست؛ BEI _M	مت همو گلوبینی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل بروماید Methyl bromide [74-83-9]	۹۴/۹۵	۱ ppm	-	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
متیل ترت بوتیل اتر Methyl-tert-butyl ether [1634-04-4]	۸۸/۱۷	۵۰ ppm	-	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کلیوی
متیل ان-بوتیل کتون Methyl n-butyl ketone [591-78-6]	۱۰۰/۱۶	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ BEI	نوروباتی محیطی؛ آسیب بیضه
متیل کلرید Methyl chloride [74-87-3]	۵۰/۴۹	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	پوست؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی و کبدی؛ آسیب بیضه؛ اثرات ناقص الخلقه-زایی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
متیل کلروفرم Methyl chloroform [71-55-6]	۱۳۳/۴۲	۳۵۰ ppm	۴۵۰ ppm	BEI؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کبدی
متیل ۲-سیانوآکریلات Methyl 2-cyano acrylate [137-05-3]	۱۱۱/۱۰	۰/۲ ppm	۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
متیل سیکلو هگزان Methyl cyclohexane [108-87-2]	۹۸/۱۹	۴۰۰ ppm	۴۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی و کبدی
متیل سیکلو هگزانول Methyl cyclohexanol [25639-42-3]	۱۱۴/۱۹	۵۰ ppm	۵۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی
۲-متیل سیکلو هگزانون و ایزومرها 2 – Methylcyclohexanone all isomers [589-92-4]; [591-24-2]; [1331-22-2]	۱۱۲/۱۷	۲۰ ppm	۲۰ ppm	-	آسیب کبدی، آسیب سیستم اعصاب مرکزی
۲-متیل سیکلو پنتادینیل منگنز تری کربونیل 2-Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl [12108-13-3], as Mn	۲۱۸/۱۰	۰/۲ mg/m ³	۰/۲ mg/m ³	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب ریه؛ اثرات کبدی و کلیوی
متیل دمتون Methyl demeton [8022-00-2]	۲۳۰/۳۰	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ BEI _A	بازدارنده آنزیم کولین استراز
متیلن بیس فنیل ایزوسیانات Methylene bisphenyl isocyanate (MDI) [101-68-8]	۲۵۰/۲۶	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۰۵ ppm	-	حساسیت های سیستم تولید مثل
۴و۴-متیلن بیس (۲-کلرو آنیلین) 4,4-Methylene bis (2-Chloroaniline)[101-14-4]	۲۶۷/۱۷	۰/۰۱ ppm (IFV)	۰/۰۱ ppm (IFV)	پوست؛ A2 BEI	مت هموگلوبینی؛ سرطان مثانه
متیلن بیس (۴-سیکلو هگزیل ایزوسیانات) Methylene bis (4-cyclohexylisocyanate) [5124-30-1]	۲۶۲/۳۵	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۰۵ ppm	-	حساسیت سیستم تنفسی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
۴و۴- متیلن دی آنیلین 4,4- Methylene dianiline [101-77-9]	۱۹۸/۲۶	–	۰/۱ ppm	پوست؛ A3	آسیب کبدی
متیل اتیل کتون Methyl ethyl ketone (MEK) [78-93-3]	۷۲/۱۰	۳۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و محیطی
متیل اتیل کتون پروکساید Methyl ethyl ketone proxide [1338-23-4]	۱۷۶/۲۴	C ۰/۲ ppm	–	-	تحریک پوست و چشم؛ آسیب کبدی و کلیوی
متیل فرمات Methyl formate [107-31-3]	۶۰/۰۵	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	پوست	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم
متیل هیدرازین Methyl hydrazine [60-34-4]	۴۶/۰۷	–	۰/۰۱ ppm	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرطان ریه؛ آسیب کبدی
متیل یدید یا یدومتان Methyl iodide [74-88-4]	۱۴۱/۹۵	–	۲ ppm	پوست	آسیب چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متیل ایزو آمیل کتون یا هگزانون Methyl isoamyl ketone [110-12-3]	۱۱۴/۲۰	۵۰ ppm	۲۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی
متیل ایزوبوتیل کاربینول Methyl isobutyl carbinol [108-11-2]	۱۰۲/۱۸	۴۰ ppm	۲۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرگیجه، سردرد
متیل ایزو بوتیل کتون Methyl isobutyl ketone [108-10-1]	۱۰۰/۱۶	۷۵ ppm	۲۰ ppm	BEI؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرگیجه و سردرد
متیل ایزوسیانات Methyl isocyanate [624-83-9]	۵۷/۰۵	۰/۰۶ ppm	۰/۰۲ ppm	پوست؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
متیل ایزو پروپیل کتون Methyl isopropyl ketone [563-80-4]	۸۶/۱۴	–	۲۰ ppm	-	آسیب جنین؛ ایجاد سمیت در نوزاد

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
متیل مرکاپتان Methyl mercaptan [74-93-1]	۴۸/۱۱	-	۰/۵ ppm	-	آسیب کبدی
متیل مت آکریلات Methyl methacrylate [80-62-6]	۱۰۰/۱۳	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	پوست؛ A4 DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اثرات روی وزن؛ ادم ریه
۱- متیل نفتالین و ۲- متیل نفتالین 1- Methyl naphthalene [90-12-0] and 2-Methyl naphthalene [91-57-6]	۱۴۲/۲	-	۰/۵ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آسیب ریه
متیل پاراتیون Methyl parathion [298-00-0]	۲۶۳/۲	-	۰/۰۲ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
متیل پروپیل کتون Methyl propyl ketone [107-87-9]	۸۶/۱۷	۱۵۰ ppm	-	-	واکنش ریوی؛ تحریک چشم
متیل سیلیکات Methyl silicate [681-84-5]	۱۵۲/۲۲	-	۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی آسیب چشم
آلفا- متیل استایرن یا ۲-فنیل پروپن α-Methyl styrene [98-83-9]	۱۱۸/۱۸	-	۱۰ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی آسیب کلیوی؛ آسیب تولیدمثل در زنان
ایزومرهای متیل تترا هیدروفنتالیک آنهیدرید Methyl tetrahydrophthalic anhydride [3425-89-6]; [5333-84-6]; [11070-44-3]; [19438-63-2]; [19438-64-3]; [26590-20-5]; [42498-58-8]	۱۶۶/۷	۰/۳ ppb SL ۰/۷ mg/100 cm ²	۰/۰۷ ppb	پوست؛ DSEN RSEN	واکنش به حساسیت
متیل وینیل کتون Methyl vinyl ketone [78-94-4]	۷۰/۱۰	C ۰/۰۱ ppm	-		تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ لکوپنی
متری بوزین Metribuzin [21087-64-9]	۲۱۴/۲۸	-	۵ mg/m ³	A4	آسیب کبدی؛ اثرات خونی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
موین فوس Mevinphos [7786-34-7]	۲۲۴/۱۶	-	$0.01 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
میکا Mica [12001-26-2]	-	-	$0.1 \text{ mg/m}^3 \text{ (R)}$	-	پنوموکنیوزیس
روغن معدنی به استثناء سیالات فلزکاری خالص Mineral oil, xcluding metal working fluids با تصفیه خوب Pure, highly & severely refined با تصفیه متوسط و ضعیف Poorly & mildly refined	متفاوت	-	$5 \text{ mg/m}^3 \text{ (I)}$ — (L)	A4 A2	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
مولیبدن Molybdenum [7439-98-7], as Mo ترکیبات محلول Soluble compounds ترکیبات نامحلول و فلزی Metal and insoluble compounds	۹۵/۹۵	- - -	$0.5 \text{ mg/m}^3 \text{ (R)}$ $10 \text{ mg/m}^3 \text{ (I)}$ $3 \text{ mg/m}^3 \text{ (R)}$	A3 - -	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اسید مونو کلرو استیک Monochloroacetic acid [79-11-8]	۹۴/۵	-	0.5 ppm (IFV)	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
مونوکروتوفوس Monocrotophos [6923-22-4]	۲۲۳/۱۶	-	$0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
مونومتیل فرمامید Monomethylformamide [123-39-7]	۵۰/۰۷	-	۱ ppm	پوست	Embryo/fetal & liver dam; teratogenic ef
مورفولین	۸۷/۱۲	-	۲۰ ppm	پوست؛ A4	آسیب چشم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
Morpholine [110-91-8]					
نالد Naled [300-76-5]	۳۸۰/۷۹	–	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 حساسیت؛ BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
نفتالین Naphthalene [91-20-3]	۱۲۸/۱۹	–	۱۰ ppm	پوست؛ A3، BEI	اثرات خونی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب چشم
بتا- نفتیل آمین β-Naphthylamine [91-59-8]	۱۴۳/۱۸	–	– (L)	A1	سرطان مثانه
گاز طبیعی Natural gas [8006-14-2]	–	ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)			خفگی
لاتکس لاستیک طبیعی به عنوان پروتئین های حساسیت زای قابل استنشاق Natural rubber latex [9006-04-6] as inhalable allergenic proteins	متفاوت	–	۰/۰۰۰۱ mg/m ³ (I)	پوست؛ DSEN؛ RSEN	حساسیت های سیستم تنفسی
نئون Neon [7440-01-9]	۲۰/۱۸	خفگی آور ساده (D)، ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن			خفگی
نیکل Nickel I [7440-02-0], as Ni عنصر نیکل Elemental [7440-02-0] ترکیبات معدنی محلول Soluble inorganic compounds (NOS) ترکیبات معدنی نا محلول Insoluble inorganic compounds (NOS)	۵۸/۷۱ متفاوت متفاوت ۲۴۰/۱۹	– – – –	۱/۵ mg/m ³ (I) ۰/۱ mg/m ³ (I) ۰/۲ mg/m ³ (I)	A5 A4 A1 A1	درماتیت؛ پنومو کنیوزیس آسیب ریه؛ سرطان بینی سرطان ریه سرطان ریه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
ترکیبات گوگرد دار نیکل Nickel subsulfide [12035-72-2]			$0.1 \text{ mg/m}^3^{(1)}$		
نیکل کربونیل Nickel carbonyl [13463-39-3], as Ni	۱۷۰/۷۳	–	–	A3	تحریک روی
نیکوتین Nicotine [54-11-5]	۱۶۲/۲۳	–	0.5 mg/m^3	پوست	آسیب گوارشی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اختلالات قلبی عروقی
نیتراپایرین Nitrapyrin [1929-82-4]	۲۳۰/۹۳	$20 \text{ mg/m}^3^{(IFV)}$	$10 \text{ mg/m}^3^{(IFV)}$	A4	آسیب کبدی
اسید نیتریک Nitric acid [7697-37-2]	۶۳/۰۲	۴ ppm	۲ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ فرسایش دندان
اکسید نیتریک Nitric oxide [10102-43-9]	۳۰/۰۱	–	۲۵ ppm	BEI _M	هیپوکسیا/سیانوزیس؛ ایجاد نیتروزیل – هموگلوبین؛ تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس
پارا نیترو آنیلین p-Nitroaniline [100-01-6]	۱۳۸/۱۲	–	3 mg/m^3	پوست؛ A4 BEI _M	مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی؛ سوزش چشم
نیترو بنزن Nitrobenzene [98-95-3]	۱۲۳/۱۱	–	۱ ppm	پوست؛ A3 BEI _M	مت هموگلوبینی
پارا نیترو کلرو بنزن p-Nitrochloro benzene [100-00-5]	۱۵۷/۵۶	–	0.1 ppm	پوست؛ A3 BEI _M	مت هموگلوبینی
۴- نیترو دی فنیل 4-Nitrodiphenyl [92-93-3]	۱۹۹/۲۰	–	– ^(L)	پوست؛ A2	سرطان مثانه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
نیترو اتان Nitroethane [79-24-3]	۷۵/۰۷	۱۰۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
نیتروژن Nitrogen [7727-37-9]	۱۴/۰۱	خفگی آور ساده (D)، ضمیمه ه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن	۱۰۰ ppm	-	خفگی
دی اکسید نیتروژن Nitrogen dioxide [10102-44-0]	۴۶/۰۱	۰/۲ ppm	-	A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
تری فلوئورید نیتروژن Nitrogen trifluoride [7783-54-2]	۷۱/۰۰	۱۰ ppm	-	BEI _M	مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی و کلیوی
نیترو گلیسرین یا نیترو گلیکول Nitroglycerin [55-63-0]	۲۲۷/۰۹	۰/۰۵ ppm	-	پوست	اتساع عروق
نیترو متان Nitromethane [75-52-5]	۶۱/۰۴	۲۰ ppm	-	A3	آسیب تیروئیدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه
۱- نیترو پروپان 1-Nitropropane [108-03-2]	۸۹/۰۹	۲۵ ppm	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبد
۲- نیترو پروپان 2-Nitropropane [79-46-9]	۸۹/۰۹	۱۰ ppm	-	A3	آسیب کبدی؛ سرطان کبد
ان- نیترو سودیمتیل آمین N-Nitrosodimethyl amine [62-75-9]	۷۴/۰۸	— (L)	-	پوست؛ A3	آسیب کبدی؛ سرطان کبدی و کلیوی
نیترو تولوئن، کلیه ایزومرها Nitrotoluene, all isomers [88-72-2]; [99-08-1]; [99-99-0]	۱۳۷/۱۳	۲ ppm	-	پوست؛ BEI _M	مت هموگلوبینی
۵- نیترو- ا-تو- تولوئیدین 5-Nitro-o-toluidine [99-55-8]	۱۵۲/۱۶	۱ mg/m ³ (fV)	-	A3	آسیب کبدی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
اکسید نیتروز Nitrous oxide [10024-97-2]	۴۴/۰۲	۵۰ ppm	-	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی؛ اثرات جنینی
نونان، کلیه ایزومرها Nonane, all isomers [111-84-2]	۱۲۸/۲۶	۲۰۰ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اکتا کلرو نفتالن Octachloro naphthalene [2234-13-1]	۴۰۳/۷۴	۰/۱ mg/m ³	۰/۳ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی
اکتان، کلیه ایزومرها Octane [111-65-9], all isomers	۱۱۴/۲۲	۳۰۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تتروکسید اوسمیوم Osmium tetroxide [144-62-7], 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 [144-62-7] and dehydrate [6153-56-6]	۹۰/۰۴ ۱۲۶/۰۰	۱ mg/m ³	۲ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پارا، پارا- اگری بیس (بنزن سولفونیل هیدرازید) p,p- Oxybis (benzene sulfonyl hydrazide) [80-51-3]	۳۵۸/۴۰	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	-	-	اثرات ناقص الخلقه زایی
دی فلورید اکسیژن Oxygen difluoride [7783-41-7]	۵۴	-	C ۰/۰۵ ppm	-	سردرد؛ ادم ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اوزون Ozone [10028-15-6] کار سنگین Heavy work کار متوسط Moderate work	۴۸	۰/۰۵ ppm ۰/۰۸ ppm ۰/۱ ppm	- - -	A4 A4 A4 A4	عملکرد واکنشی ریوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
کار سبک Light work بار کار سنگین، متوسط یا سبک (کمتر از ۲ ساعت) (Light moderate or light workloads (≤ 2 hours)		-	۰/۲ ppm		
دمه واکس پارافین Paraffin wax fume [8002-74-2]	-	-	۲ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تهوع
پاراکوآت به صورت کاتیون Paraquat [4685-14-7], as cation	۲۵۷/۱۸	-	۰/۰۵ mg/m ^{3(I)}	پوست؛ A4	آسیب ریوی، تحریک قسمت فوقانی
پاراتیون Parathion [56-38-2]	۲۹۱/۲۷	-	۰/۰۵ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ BEI A4	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 [19624-22-7]	۶۳/۱۷	۰/۰۱۵ PPM	۰/۰۰۵ ppm	-	تشنج و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
پنتا کلرو نفتالین Pentachloronaphthalene [1321-64-8]	۳۰۰/۴۰	-	۰/۵ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی؛ کلر آکنه
پنتا کلرو نیترو بنزن Pentachloronitrobenzene [82-68-8]	۲۹۵/۳۶	-	۰/۵ mg/m ^{3 (IFV)}	A4	آسیب کبدی
پنتا کلرو فنول Pentachlorophenol [87-86-5]	۲۶۶/۳۵	۱ mg/m ^{3 (IFV)}	۰/۵ mg/m ^{3 (IFV)}	پوست؛ A3 BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
پنتا آریتریول Pentaerythriol [115-77-5]	۱۳۶/۱۵	۱۰ mg/m ³	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
پنتان، کلیه ایزومرها Pentane, all isomers [78-78-4]; [109-66-0]; [463-82-1]	۷۲/۱۵	۱۰۰۰ ppm	-	-	تخدیر، نوروپاتی (آسیب اعصاب) محیطی
۴و۲-پنتان دی ان 2,4-pentanedione [123-54-6]	۱۰۰/۱۲	۲۵ ppm	-	پوست	سمیت اعصاب و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
پنتیل استات، کلیه ایزومرها Pentyl acetate, all isomers [123-92-2]; [620-11-1]; [624-41-9]; [625-16-1]; [626-38-0]; [628-63-7]	۱۳۰/۲۰	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پر استیک اسید Peracetic acid [79-21-0]	۷۶/۰۵	-	۰/۴ ppm (IFV)	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پر کلرو متیل مرکاپتان Perchloromethyl mercaptan [594-42-3]	۱۸۵/۸۷	۰/۱ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
فلوئورید پر کلریل Perchloryl fluoride [7616-94-6]	۱۰۲/۴۶	۰/۵ ppm	-	-	مت هموگلوبینی؛ فلوئوریز
پرفلوئورو بوتیل اتیلن Perfluorobutyl ethylene [19430-93-4]	۲۴۶/۱	۱۰۰ ppm	-	-	اثرات خونی
پر فلوئورو ایزو بوتیلن Perfluoroisobutylene [382-21-8]	۲۰۰/۰۴	-	C ۰/۰۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثرات خونی
پرسولفات ها به صورت پرسولفات Persulfates, as Persulfate [7727-21-1]; [7727-54-0]; [7775-27-1]	متفاوت	۰/۱ mg/m ³	-	-	تحریک پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
فنول Phenol [108-95-2]	۹۴/۱۱	۵ ppm	–	پوست؛ A4 BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
فنتیازین Phenothiazine [92-84-2]	۱۹۹/۲۶	۵ mg/m ³	–	پوست	تحریک پوست، حساسیت چشم به نور
ان-فنیل - بتا- نفتیل آمین N-Phenyl-beta-naphthylamine [135-88-6]	۲۱۹/۲۹	–(L)	–	A4	سرطان
ارتو فنیلین دی آمین o-Phenylene diamine [95-54-5]	۱۰۸/۰۵	۰/۱ mg/m ³	–	A3	کم خونی
متا فنیلین دی آمین m-Phenylene diamine [108-45-2]	۱۰۸/۰۵	۰/۱ mg/m ³	–	A4	آسیب کبدی و تحریک پوستی
پارا فنیلین دی آمین p-Phenylene diamine [106-50-3]	۱۰۸/۰۵	۰/۱ mg/m ³	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و حساسیت پوستی
فنیل اتر، بخار Phenyl ether [101-84-8], Vapor	۱۷۰/۲۰	۱ ppm ^(V)	۲ ppm ^(V)	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
فنیل گلیسیدیل اتر Phenyl glycidyl ether r [122-60-1]	۱۵۰/۱۷	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A3 حساسیت	آسیب بیضه
فنیل هیدرازین Phenylhydrazine [100-63-0]	۱۰۸/۱۴	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A3	آنمی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
فنیل ایزوسیانات Phenyl isocyanate [103-71-9]	۱۱۹/۱۰	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۱۵ ppm	پوست؛ DSEN, RSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فنیل مرکاپتان Phenyl mercaptan [108-98-5]	۱۱۰/۱۸	۰/۱ ppm	–	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک چشم و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
فنیل فسفین Phenylphosphine [638-21-1]	۱۱۰/۱۰	C ۰/۰۵ ppm	-	-	درماتیت؛ اثر روی خون و بیضه
فورات Phorate [298-02-2]	۲۶۰/۴۰	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
فسژن Phosgene [75-44-5]	۹۸/۹۲	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ ادم ریه؛ آمفیزم ریه
فسفین Phosphine [7803-51-2]	۳۴/۰۰	C ۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سردرد؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
اسید فسفریک Phosphoric acid [7664-38-2]	۹۸/۰۰	۳ mg/m ³	۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
فسفر (زرد) Phosphorus(yellow) [12185-10-3]	۱۲۳/۹۲	-	۰/۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی؛ مشکلات گوارشی، آسیب کبدی
اکسی کلرید فسفر Phosphorus oxychloride [10025-87-3]	۱۵۳/۳۵	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پنتا کلرید فسفر Phosphorus pentachloride [10026-13-8]	۲۰۸/۲۴	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
پنتا سولفید فسفر Phosphorus pentasulfide [1314-80-3]	۲۲۲/۲۹	۳ mg/m ³	۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تری کلرید فسفر Phosphorus trichloride [7719-12-2]	۱۳۷/۳۵	۰/۵ ppm	۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
اورتو فتال آلدهید O – phthalaldehyde [643-79-8]	۱۳۴/۱۰	C ۰/۱ ppb ^(V)	SL ۲۵ µg/100 cm ²	پوست؛ RSEN؛ DESN	چشم، آسم، واکنش به حساسیت، آنافیلاکسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
انیدرید فتالیک Phthalic anhydride [85-44-9]	۱۴۸/۱۱	$0.005 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	$0.002 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	A4 RSEN DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
متا فتالودی نیتریل m-Phthlodinitrile [626-17-5]	۱۲۸/۱۴	-	$5 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
ارتوفتالودی نیتریل O-Phthalodinitrile [91-15-6]	۱۲۸/۱۳	-	$1 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	-	تشنج سیستم اعصاب مرکزی
پیکلورام Picloram [1918-02-1]	۲۴۱/۴۸	-	10 mg/m^3	A4	آسیب کبدی و کلیوی
اسید پیکریک Picric acid [88-89-1]	۲۲۹/۱۱	-	0.1 mg/m^3	-	حساسیت های پوستی؛ درماتیت؛ تحریک چشم
پندون Pindone [83-26-1]	۲۳۰/۲۵	-	0.1 mg/m^3	-	انعقاد
دی هیدروکلرید پی پرازین Piperazine dihydrochloride [142-64-3]	۱۵۹/۰۵	-	5 mg/m^3	-	سوزش پوست و چشم؛ حساسیت پوستی؛ آسم
پیرازین و نمک های آن، به صورت پیرازین Piperazine and salts [110-85-0], as piperazine	۸۶/۱۴	-	0.03 ppm (IFV)	؛DSEN A4 ؛RSEN	حساسیت سیستم تنفسی، آسم
پلاتین Platinum [7440-06-4]	۱۹۵/۰۹	-	1 mg/m^3	-	آسم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فلز Metal نمکهای محلول، به صورت پلاتین Soluble salts, as Pt	متفاوت	-	0.002 mg/m^3	-	آسم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
پلی وینیل کلراید Polyvinyl chloride (PVC) [9002-86-2]	متفاوت	-	$1 \text{ mg/m}^3 \text{ (R)}$	A4	پنوموکونیوزیس؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ تغییر عملکرد ریوی
سیمان پرتلند Portland cement [65997-15-1]	-	-	$1 \text{ mg/m}^3 \text{ (E,R)}$	A4	عملکرد ریوی؛ علائم تنفسی؛ آسم
هیدروکسید پتاسیم Potassium hydroxide [1310-58-3]	۵۶/۱۰	-	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پروپان Propane [74-98-6]	۴۴/۱۰	ضمیمه را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D, EX)		خفگی	
پروپان سولتون Propane sultone [1120-71-4]	۱۲۲/۱۴	-	—(L)	A3	سرطان
ان- پروپانول (ان- پروپیل الکل) n- Propanol (n- Propyl alcohol) [71-23-8]	۶۰/۰۹	-	۱۰۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲- پروپانول یا ایزوپروپانول 2-Propanol [67-63-0]	۶۰/۰۹	۴۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	BEI ؛A4	تحریک قسمت فوقانی تنفس و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
الکل پروپارژیل Propargyl alcohol [107-19-7]	۵۶/۰۶	-	۱ ppm	پوست	تحریک پوست؛ آسیب کبدی و کلیوی
بتا- پروپیول استون β -Propiolactone [57-57-8]	۷۲/۰۶	-	۰/۵ ppm	A3	سرطان پوست؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پروپیون آلدئید Propionaldehyde [123-38-6]	۵۸/۱	-	۲۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
اسید پروپیونیک Propionic acid [79-09-4]	۷۴/۰۸	-	۱۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
پروپوکسور Propoxur [114-26-1]	۲۰۹/۲۴	–	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	BEI _C ؛ A3	بازدارنده آنزیم کولین استراز
ایزومرهای پروپیل استات Propyl acetate isomers [108-21-4]; [109-60-4]	۱۰۲/۱۳	۱۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و چشم
پروپیلن Propylene [115-07-1]	۴۲/۰۸	–	۵۰۰ ppm	A4	خفگی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
پروپیلن دی کلرید Propylene dichloride [78-87-5]	۱۱۲/۹۹	–	۱۰ ppm	DSEN؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثر روی وزن بدن
پروپیلن گلیکول دی نیترات Propylene glycol dinitrate [6423-43-4]	۱۶۶/۰۹	–	۰/۰۵ ppm	پوست؛ BEI _M	سردرد؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
پروپیلن گلیکول اتیل اتر Propylene glycol ethyl ether [1569-02-4]	۱۰۴/۱۷	۲۰۰ ppm	۵۰ ppm	پوست	CNS impair; eye & URT irr
اکسید پروپیلن Propylene oxide [75-56-9]	۵۸/۰۸	–	۲ ppm	DSEN؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
پروپیلن ایمین Propylene imine [75-55-8]	۵۷/۰۹	۰/۴ ppm	۰/۲ ppm	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کبدی
ان-پروپیل نیترات n-Propyl nitrate [627-13-4]	۱۰۵/۰۹	۴۰ ppm	۲۵ ppm	BEI _M	تهوع؛ سردرد
پیرتروم Pyrethrum [8003-34-7]	۳۴۵ (میانگین)	–	۵ mg/m ³	A4	آسیب کبدی؛ تحریک قسمت تنفسی تحتانی
پیریدین Pyridine [110-86-1]	۷۹/۱۰	–	۱ ppm	A3	تحریک پوست؛ آسیب کبدی و کلیوی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
پیریدافنتیون Pyridaphenthion [119-12-0]	۳۴۰/۳۳	–	۰/۲ mg/m ³	–	پوست
کینون Quinone [106-51-4]	۱۰۸/۰۹	–	۰/۱ ppm	–	تحریک چشم؛ آسیب پوست
اسیدهای رزین و اسیدهای رزین کلی Resin acids, as total Resin acids [8050-09-7]	–	–	۰/۰۰۱ mg/m ^{3(l)}	DSEN ؛ RSEN	آسم، تحریک تنفسی و چشم، حساسیت پوستی و تنفسی
رزورسینول Resorcinol [108-46-3]	۱۱۰/۱۱	۲۰ ppm	۱۰ ppm	A4	سوزش چشم و پوست
رودیوم Rhodium [7440-16-6]	۱۰۲/۹۱	–	۱ mg/m ³	A4	فلزات: تحریک قسمت فوقانی تنفسی
ترکیبات نامحلول و فلزی Metal and insoluble compounds	متفاوت			A4	نامحلول ها: تحریک قسمت تنفسی تحتانی
ترکیبات محلول Soluble compounds	متفاوت			A4	آسم
رونل Ronnell [299-84-3]	۳۲۱/۵۷	–	۵ mg/m ^{3 (IFV)}	BEI _C ؛ A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
‡ آلاندهای حاصل از تجزیه حرارتی روزین در زمان لجیم کاری (کولوفونی) Rosin core solder thermal decomposition Products colophony [8050-09-7]	نامشخص	–	– (L)	؛ DSEN RSEN	حساسیت پوستی درمانیت؛ آسم
روتون (تجاری) Rotenone (commercial) [83-79-4]	۳۹۱/۴۱	–	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سلنیم و ترکیبات آن به صورت سلنیم Selenium [7782-49-2] 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
		STEL/C	TWA		
هگزا فلوراید سلنیم Selenium hexafluoride [7783-79-1], as Se	۱۹۲/۹۶	-	۰/۰۵ ppm	-	ادم ریوی
سزون Sesone [136-78-7]	۳۰۹/۱۳	-	۱۰ mg/m ³	A4	تحریک سیستم گوارشی
سیلیس؛ کریستالین، آلفا کوارتز و کریستوبالیت Silica, Crystalline-α-Quartz [1317-95-9]; [14808-60-7] and cristobalite [14464-46-1]	۶۰/۰۹	-	۰/۰۲۵ mg/m ³ (R)	A2	فیروز و سرطان ریه
کاربید سیلیکون Silicon carbide [409-21-2] غیر الیافی Non-fibrous الیافی (شامل الیاف سیلیسی شکل) Fibrous (including whiskers)	۴۰/۱۰	-	۱۰ mg/m ³ (L,E) ۳ mg/m ³ (R,E) ۰/۱ f/cc ^(F)	- A2	تحریک قسمت فوقانی تنفس مزوتلیوما؛ سرطان
تترا هیدرید سیلیکون Silicon tetrahydride [7803-62-5]	۳۲/۱۲	-	۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
نقره و ترکیبات Silver [7440-22-4], and compounds فلزی، غبار و دمه Metal, dust & fume ترکیبات محلول، به صورت نقره Soluble compounds as Ag	۱۰۷/۸۷	-	۰/۱ mg/m ³ ۰/۰۱ mg/m ³	- -	آرژیری (تجمع رنگدانه ها در بافتها)
سیمازین Simazine [122-34-9]	۲۰۱/۶۰	-	۰/۵ mg/m ³ (I)	A3	اثرات خونی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
آزید سدیم Sodium azide [26628-22-8] به صورت آزید سدیم As Sodium azide به صورت بخار اسید هیدرازوئیک As Hydrozoic acid vapor	۶۵/۰۲	C ۰/۲۹ mg/m ³	-	A4	اختلال قلبی و آسیب ریوی
		C ۰/۱۱ ppm	-	A4	
بی سولفیت سدیم Sodium bisulfite [7631-90-5]	۱۰۴/۰۷	-	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، پوست و چشم
فلوئورو استات سدیم Sodium fluoroacetate [62-74-8]	۱۰۰/۰۲	-	۰/۰۵ mg/m ³	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی؛ تهوع
هیدروکسید سدیم Sodium hydroxide [1310-73-2]	۴۰/۰۱	C ۲ mg/m ³	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
متا بی سولفیت سدیم Sodium metabisulfite [7681-57-4]	۱۹۰/۱۳	-	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
نشاسته Starch [9005-25-8]	-	-	۱۰ mg/m ³	A4	درماتیت
استارات ها Stearates [57-11-4]; [557-04-0]; [557-05-1]; [822-16-2]	متفاوت	-	۱۰ mg/m ^{3(l)} ۳ mg/m ^{3(R)}	A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
حلال استودارد Stoddard solvent [8052-41-3]	۱۴۰/۰۰	-	۱۰۰ ppm	-	تحریک پوست و چشم؛ آسیب کلیوی؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
کرومات استرونیوم Strontium chromate [7789-06-2], as Cr	۲۰۳/۶۱	-	۰/۰۰۰۵ mg/m ³	A2	سرطان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
استرکنین Strychnine [57-24-9]	۳۳۴/۴۰	۰/۱۵ mg/m ³		-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
استایرن Styrene [100-42-5]	۱۰۴/۱۵	۱۰ ppm	۲۰ ppm	A3؛ OTO BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و شنوایی، تحریک قسمت فوقانی سیستم تنفسی، نوروپاتی محیطی، اختلال بینایی
اکسید استایرن Styrene oxide [96-09-3]	۱۲۰/۱۵	۱ ppm		DSEN؛ پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تغییرات خونی
سوبتیلیزین ها به صورت آنزیم فعال بلوری Subtilisins [1395-21-7]; [9014-01-1] as crystalline active enzyme	-	-	۰/۰۰۰۰۶ mg/m ³	-	آسم؛ پوست؛ تحریک قسمت تحتانی و فوقانی تنفسی
سوکروز Sucrose [57-50-1]	۳۴۲/۳۰	۱۰ mg/m ³		A4	فرسایش دندان
متیل سولفو متورون Sulfometuron methyl [74222-97-2]	۳۶۴/۳۸	۵ mg/m ³ (IFV)		A4	اثرات خونی
سولفو تپ Sulfotepp (TEDP) [3689-24-5]	۳۲۲/۳۰	۰/۱ mg/m ³ (IFV)		پوست؛ A4؛ BEL _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
سولفاکسافلور Sulfoxaflor [946578-00-3]	۲۷۷/۳۰	۰/۱ mg/m ³ (I)		A3	آسیب کبدی و بیضه
دی اکسید سولفور Sulfur dioxide [7446-09-5]	۶۴/۰۷	-	۰/۲۵ ppm	A4	واکنش ریوی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی
هگزا فلئورید گوگرد Sulfur hexafluoride [2551-62-4]	۱۴۶/۰۷	۱۰۰۰ ppm		-	خفگی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
اسید سولفوریک Sulfuric acid [7664-93-9]	۹۸/۰۸	-	$0.2 \text{ mg/m}^3 \text{ (T)}$	A2 (M)	واکنش ریوی
سولفور مونوکلرید Sulfur monochloride [10025-67-9]	۱۳۵/۰۳	C ۱ ppm	-		تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
پنتا فلئورید گوگرد Sulfur pentafluoride [5714-22-7]	۲۵۴/۱۱	C ۰/۰۰۱ ppm	-		آسیب ریه
تترا فلورید گوگرد Sulfur tetrafluoride [7783-60-0]	۱۰۸/۰۷	C ۰/۱ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب ریه
سولفوریل فلئورید Sulfonyl fluoride [2699-79-8]	۱۰۲/۰۷	۱۰ ppm	۵ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
سولپروفوس Sulprofos [35400-43-2]	۳۲۲/۴۳	-	$0.1 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A4 BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲،۴،۵-تری کلرو فنوکسی استیک اسید 2,4,5-Trichloro phenoxy acetic acid [93-76-5]	۲۵۵/۴۹	-	10 mg/m^3	A4	اختلال سیستم اعصاب محیطی
الیاف های شیشه مصنوعی Synthetic vitreous fibers	-	-	$1 \text{ f/cc} \text{ (F)}$	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فایبر گلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	-	-	$5 \text{ mg/m}^3 \text{ (I)}$	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
فایبر گلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	-	-	$1 \text{ f/cc} \text{ (F)}$	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
الیاف پشم شیشه (Glass Wool fibers)	-	-	$1 \text{ f/cc} \text{ (F)}$	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
الیاف پشم سنگ (Rock wool fibers)	–	–	$1 \text{ f/cc}^{(F)}$	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
الیاف پشم سرباره (Slag wool fibers)	–	–	$1 \text{ f/cc}^{(F)}$	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
فایبرگلاسهای خاص (Special purpose glass fibers)	–	–	$0.2 \text{ f/cc}^{(F)}$	A2	فیروز ریه، اختلال در عملکرد ریه
الیاف نسوز سرامیکی (Refractory Ceramic fibers)	–	–	–	–	–
تالک Talc [14807-96-6]	–	–	$2 \text{ mg/m}^3 \text{ (E,R)}$	A4	فیروز ریه، اختلال در عملکرد ریه
فاقد آزبست containing no asbestos fibres	–	–	حد مجاز آزبست (K)	A1	–
دارای آزبست containing asbestos fibres	–	–	–	–	–
تلوریم و ترکیباتش به صورت تلوریم به استثناء تلورید هیدروژن Tellurium [13494-80-9] and compounds, as Te, excluding hydrogen telluride	۱۲۷/۶	–	0.1 mg/m^3	–	بوی بد دهان
هگزا فلورید تلوریم Tellurium hexafluoride [7783-80-4], as Te	۲۴۱/۶۱	–	0.02 ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تمفوس Temephos [3383-96-8]	۴۶۶/۴۶	–	$1 \text{ mg/m}^3 \text{ (I)}$	پوست؛ A4 BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
تریفوس Terbufos [13071-79-9]	۲۸۸/۴۵	–	$0.01 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست؛ A4 BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
اسید ترفتالیک Terephthalic acid [100-21-0]	۱۶۶/۱۳	-	۱۰ mg/m ³	-	-
ترفیل ها (ایزومرهای P, M, O) Terphenyls (o-, m-, p- isomers) [26140-60-3]	۲۳۰/۳۱	C ۵ mg/m ³	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱ و ۲ و ۳-تترابرو اتان 1,1,2,2-Tetra bromoethane [79-27-6]	۳۴۵/۷۰	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ ادم ریه؛ آسیب کبدی
۱ و ۱ و ۲ و ۲-تتراکلرو-۲ و ۲-فلوئورو اتان 1,1,1,2-Tetra chloro- 2, 2 difluoroethane [76-11-9]	۲۰۳/۸۳	-	۱۰۰ ppm	-	آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱ و ۱ و ۲ و ۲-تتراکلرو-۱ و ۲-فلوئورو اتان 1,1,1,2-Tetra chloro- 1,2 difluoroethane [76-12-0]	۲۰۳/۸۳	-	۵۰ ppm	-	آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱ و ۱ و ۲ و ۲-تتراکلرو اتان 1,1,2,2-Tetra chloroethane [79-34-5]	۱۶۷/۸۶	-	۱ ppm	پوست؛ A3	آسیب کبدی
تتراکلرو اتیلن یا پرکلرواتیلن Tetrachloroethylene [127-18-4]	۱۶۵/۸۰	۱۰۰ ppm	۲۵ ppm	BEI؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تتراکلرو نفتالن Tetrachloronaphthalene [1335-88-2]	۲۶۵/۹۶	-	۲ mg/m ³	-	آسیب کبدی
تترا اتیل سرب Tetraethyl lead [78-00-2], as Pb	۳۲۳/۴۵	-	۰/۱ mg/m ³	پوست؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تترا اتیل پیرو فسفات Tetraethyl pyrophosphate [107-49-3]	۲۹۰/۲۰	-	۰/۰۱ mg/m ³ (FV)	پوست؛ BEI _C	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تترا فلوئورو اتیلن Tetrafluoroethylene [116-14-3]	۱۰۰/۲۰	-	۲ ppm	A3	آسیب کبدی و کلیوی، سرطان کبد و کلیه

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
تتراهیدروفوران Tetrahydrofuran [109-99-9]	۷۲/۱۰	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	پوست؛ A3 ، BEI	آسیب کلیه، تحریک دستگاه تنفس فوقانی، اختلال سیستم اعصاب مرکزی
نمک های فسفونیوم تتراکیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium salts کلرید فسفونیوم تتراکیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium chloride [124-64-1] سولفات فسفونیوم تتراکیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium sulfate [55566-30-8]	۱۹۰/۵۶ ۴۰۶/۲۶	- -	۲ mg/m ³ ۲ mg/m ³	A4 ؛DSEN A4 ؛DSEN	کاهش وزن بدن؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات کبدی
تترا متیل سرب Tetramethyl lead [75-74-1], as Pb	۲۶۷/۳۳	-	۰/۱۵ mg/m ³	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تترا متیل سوکسینو نیتریل Tetramethyl succinonitrile [3333-52-6]	۱۳۶/۲۰	-	۰/۵ ppm ^(IFV)	پوست	سردرد؛ تهوع؛ تشنج سیستم اعصاب مرکزی
تترا نیترو متان Tetranitromethane [509-14-8]	۱۹۶/۰۴	-	۰/۰۰۵ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرطان قسمت فوقانی تنفسی
تتریل Tetryl [479-45-8]	۲۸۷/۱۵	-	۱/۵ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تالیوم و ترکیباتش، به صورت تالیوم Thallium [7440-28-0] and compounds, as Tl	۲۰۴/۳۷ متفاوت	-	۰/۰۲ mg/m ³⁽¹⁾	پوست	نوروباتی محیطی؛ آسیب گوارشی
تیاکلوپرید Thiacloprid [111988-49-9]	۲۵۲/۷۲	-	۰/۲ mg/m ³⁽¹⁾	پوست؛ A3	آسیب کبدی و تیروئیدی؛ تأثیر بر سیستم اعصاب مرکزی؛ سرطان

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
۴و۴- تیوبیس (۶- ترت- بوتیل - متا- کروزول) 4,4'-Thiobis (6-tert-butyl-m-cresol) [96-69-5]	۳۵۸/۵۲	-	۱ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تیودیکارب Thiodicarb [59669-26-0]	۳۵۴/۵۰	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	A3 ؛ DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز
اسید تیوگلیکولیک Thioglycolic acid [68-11-1]	۹۲/۱۲	-	۱ ppm	پوست؛ DSEN	تحریک سیستم تنفسی و چشم
کلرید تیونیل Thionyl chloride [7719-09-7]	۱۱۸/۹۸	C ۰/۲ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تیرام Thiram [137-26-8]	۲۴۰/۴۴	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	A4 ؛ DSEN	تأثیر در وزن بدن؛ اثرات خونی
قلع و ترکیبات معدنی بجز هیدرید قلع و اکسید قلع ایندیوم ؛ به صورت قلع compounds [7440-31-5] & inorganic Tin [18282-10-5]; [21651-19-4], excluding tin hydride and Indium tin oxide as Sn	۱۱۸/۶۹ متفاوت	-	۲ mg/m ³	-	پنومو کونیوزیس
قلع، ترکیبات آلی Tin [7440-31-5], Organic compounds	متفاوت	۰/۲ mg/m ³	۰/۱ mg/m ³	پوست، A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، سردرد، تهوع، اثر روی سیستم اعصاب مرکزی و سیستم ایمنی
دی اکسید تیتانیم Titanium dioxide [13463-67-7]	۷۹/۹۰	-	۱۰ mg/m ³	A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
ا-تو تولیدین o-Tolidine [119-93-7]	۲۱۲/۲۸	-	-	پوست؛ A3	سوزش چشم؛ مثانه و کلیه؛ سرطان مثانه؛ مت هموگلوبینی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
تولوئن Toluene [108-88-3]	۹۲/۱۴	-	۲۰ ppm	A4; OTO BEI	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی، بینایی و شنوایی، سیستم تولید مثل زنان، سقط جنینی
تولوئن ۲-۴ یا ۲-۶ دی ایزوسیانات (یا به صورت مخلوط) Toluene -2,4- or 2,6-diisocyanate (or as a mixture) [584-84-9]; [91-08-7]	۱۷۴/۱۵	۰/۰۰۵ ppm ^(IFV)	۰/۰۰۱ ppm ^(IFV)	DSEN, RSEN پوست، A3، BEI	آسم، حساسیت های تنفسی و چشمی
ارتو تولوئیدین o-Toluidine [95-53-4]	۱۰۷/۱۵	-	۲ ppm	پوست؛ A3 BEI _M	مت هموگلوبینی، حساسیت پوست و چشم و کلیه و مثانه
متا تولوئیدین m-Toluidine [108-44-1]	۱۰۷/۱۵	-	۲ ppm	پوست؛ A4 BEI _M	سوزش چشم؛ مثانه و کلیه؛ مت هموگلوبینی
پارا تولوئیدین p-Toluidine [106-49-0]	۱۰۷/۱۵	-	۲ ppm	پوست؛ A3 BEI _M	مت هموگلوبینی
تری بیوتیل فسفات Tributyl phosphate [126-73-8]	۲۶۶/۳۱	-	۵ ppm ^(IFV)	A3 BEI _C	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و مثانه
اسید تری کلرو استیک Trichloroacetic acid [76-03-9]	۱۶۳/۳۹	-	۰/۵ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱،۲،۴-تری کلرو بنزن 1,2,4-Trichlorobenzene [120-82-1]	۱۸۱/۴۶	C ۵ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱،۱،۲-تری کلرو اتان 1,1,2-Trichloroethane [79-00-5]	۱۳۳/۴۱	-	۱۰ ppm	پوست؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
تری کلرو اتیلن Trichloroethylene [79-01-6]	۱۳۱/۴۰	۲۵ ppm	۱۰ ppm	BEI؛ A2	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سمیت کلیوی؛ کاهش قوه ادراک

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
تری کلرو فلورو متان Trichlorofluoro methane [75-69-4]	۱۳۷/۳۸	-	-	A4	حساسیت های قلبی عروقی
تری کلرو نفتالن Trichloronaphthalene [1321-65-9]	۲۳۱/۵۱	-	۵ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی؛ جوشهای شبه آکنه
۱،۲،۳-تری کلرو پروپان 1,2,3-Trichloropropane [96-18-4]	۱۴۷/۴۳	-	۰/۰۰۵ ppm	A2	سرطان
۱،۱،۲-تری کلرو-۱،۲،۲-تریفلورو اتان 1,1,2-Trichloro-1,2,2-Trifluoroethane [76-13-1]	۱۸۷/۴۰	۱۲۵۰ ppm	۱۰۰۰ ppm	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
تری کلرو فون Trichlorophen [52-68-6]	۲۵۷/۶۰	-	۰/۰۱ ppm ^(IFV)	؛DSEN ؛A4 BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
تری اتانول آمین Triethanolamine [102-71-6]	۱۴۹/۲۲	-	۵ mg/m ³	-	سوزش پوست و چشم
تری اتیل آمین Triethylamine [121-44-8]	۱۰۱/۱۹	۱ ppm	۰/۵ ppm	پوست؛ A4	اختلالات بصری و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
تری فلومیزول Triflurizole [68694-11-1]	۳۴۵/۷۵	-	۱ ppm ⁽¹⁾	؛DSEN ؛A4	تغییرات کبدی
تری فلوروبرو متان Trifluorobromo methane [75-63-8]	۱۴۸/۹۲	-	۱۰۰۰ ppm	-	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی
۱،۳،۵-تری گلیسیدیل-اس-تری آزیترئون 1,3,5-Triglycidyl-S-Triazinetrione [2451-62-9]	۲۹۷/۲۵	-	۰/۰۵ mg/m ³	-	آسیب های تولید مثل در مردان
تری ملیتیک آنیدرید Trimellitic anhydride [552-30-7]	۱۹۲/۱۲	۰/۰۰۲ mg/m ³ (IFV)	۰/۰۰۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ RSEN DSEN	حساسیت های سیستم تنفسی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
تری متیل آمین Trimethyl amine [75-50-3]	۵۹/۱۱	۵ ppm	۱۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت چشم و پوست
تری متیل بنزن (مخلوط ایزومرها) Trimethyl benzene (mixed Isomers) [25551-13-7]	۱۲۰/۱۹	۲۵ ppm	-	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسم؛ اثرات خونی
تری متیل فسفیت Trimethyl phosphite [121-45-9]	۱۲۴/۰۸	۲ ppm	-	-	تحریک چشم بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲،۴،۶-تری نیترو تولوئن 2,4,6-Trinitro toluene (TNT) [118-96-7]	۲۲۷/۱۳	$۰/۱ \text{ mg/m}^3(\text{IFV})$	-	پوست؛ BEI _M	مت همو گلوبینی؛ آسیب کبدی؛ آب مروارید
تری اورتو کرسیل فسفات Triorthocresyl phosphate [78-30-8]	۳۶۸/۳۷	$۰/۰۲ \text{ mg/m}^3(\text{IFV})$	-	پوست؛ BEI _C	بازدارنده آنزیم کولین استراز، مسمومیت سیستم عصبی
تری فیل فسفات Triphenyl phosphate [115-86-6]	۳۲۶/۲۸	۳ mg/m^3	-	A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
تنگستن و ترکیباتش، بدون حضور کبالت Tungsten [7440-33-7], and compounds, In the absence of Cobalt, as W	۱۸۳/۸۴ متفاوت	$۳ \text{ mg/m}^3(\text{R})$	-	-	اختلالات ریوی
ترپنتین و مونوترپن های منتخب Turpentine [8006-64-2] and selected Monoterpenes [80-56-8]; [127-91-3]; [13466-78-9]	۱۳۶/۰۰ متفاوت	۲۰ ppm	-	DSEN ؛A4	تحریک ریه
اورانیوم طبیعی ترکیبات محلول و نامحلول آن به صورت Uranium(natural) [7440-61-1] Soluble and insoluble	۲۳۸/۰۳ متفاوت	$۰/۲ \text{ mg/m}^3$	$۰/۶ \text{ mg/m}^3$	BEI ؛A1	آسیب کلیوی
ان-والر آلدهید n-Valer aldehyde [110-62-3]	۸۶/۱۳	۵۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ پوست

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
پنتوکسید وانادیوم Vanadium pentoxide [1314-62-1] as V	۱۸۱/۸۸	۰/۰۵ mg/m ³ (1)	-	A3	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی
میست روغن های نباتی Vegetable oils mist [68956-68-3]	متغیر	۱۰ mg/m ³	-	-	اثرات تنفسی
استات وینیل Vinyl acetate [108-05-4]	۸۶/۰۹	۱۰ ppm	۱۵ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
بروماید وینیل Vinyl bromide [593-60-2]	۱۰۶/۹۶	۰/۵ ppm	-	A2	سرطان کبد
کلرید وینیل Vinyl chloride [75-01-4]	۶۲/۵۰	۱ ppm	-	A1	سرطان ریه؛ آسیب کبدی
۴- وینیل سیکلو هگزان 4- Vinyl cyclohexene [100-40-3]	۱۰۸/۱۸	۰/۱ ppm	-	A3	آسیب های تولید مثل در مردان و زنان
وینیل سیکلو هگزان دی اکسید Vinyl cyclohexene dioxide [106-87-6]	۱۴۰/۱۸	۰/۱ ppm	-	پوست؛ A3	آسیب های سیستم تولید مثل در مردان و زنان
فلورید وینیل Vinyl fluoride [75-02-5]	۴۶/۰۵	۱ ppm	-	A2	سرطان کبد و آسیب کبدی
ان- وینیل ۲- پیرولیدون N-Vinyl-2-pyrrolidone [88-12-0]	۱۱۱/۱۶	۰/۰۵ ppm	-	A3	آسیب کبدی
کلرید وینیلیدن Vinylidene chloride [75-35-4]	۹۶/۹۵	۵ ppm	-	A4	آسیب کبدی و کلیوی
فلوئورید وینیلیدن Vinylidene fluoride [75-38-7]	۶۴/۰۴	۵۰۰ ppm	-	A4	آسیب کبدی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
وینیل تولوئن Vinyl toluene [25013-15-4]	۱۱۸/۱۸	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
وارفارین Warfarin [81-81-2]	۳۰۸/۳۲	-	۰/۰۱ mg/m ^{3(l)}	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(l)}	A4؛ RSEN؛ DSEN	آسم
		-	۱ mg/m ^{3 (l)}	-	عملکرد ریوی، تحریک قسمت فوقانی و تحتانی سیستم تنفسی
		-	-	A1	
		-	-	A2	
		-	-	A4	
۲-گزیرلین (ایزومرهای ارتو، متا و پارا) Xylene [1330-20-7] (all isomers) [95-47-6]; [106-42-3]; [108-38-3]	۱۰۶/۱۶	۱۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	BEI؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
متا گزیرلین آلفا و آلفا دی آمین m-Xylene α, α-diamine [1477-55-0]	۱۳۶/۲۰	-	C ۰/۰۱۸ ppm	پوست	تحریک چشم؛ پوست، حساسیت گوارشی

نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
		STEL/C	TWA		
گزیلیدین (مخلوط ایزومرها) Xylidine (mixed isomers) [1300-73-8]	۱۲۱/۱۷	۰/۵ ppm ^(IEV)	-	پوست؛ A3 BEI _M	آسیب کبدی؛ مت هموگلوبینی
ایترویم و ترکیبات آن Yttrium [7440-65-5] and Compounds, as Y	۸۸/۹۱	۱ mg/m ³	-	-	فیروز ریه
دمه کلرید روی Zinc chloride fume [7646-85-7]	۱۳۶/۲۹	۱ mg/m ³	۲ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی
کرومات روی Zinc chromates [13530-65-9], as Cr	متفاوت	۰/۰۱ mg/m ³	-	A1	سرطان بینی
اکسید روی Zinc oxide [1314-13-2]	۸۱/۳۷	۲ mg/m ^{3(R)}	۱۰ mg/m ^{3(R)}	-	تب دمه فلزی
زیرکونیوم و ترکیباتش Zirconium [7440-67-7] and compounds, as Zr	۹۱/۲۲	۵ mg/m ³	۱۰ mg/m ³	A4	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 زیان آور شیمیایی محیط کار

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
۱	اسفات Acephate [30560-19-1]; [115096-11-2]	۱۸۳/۱۶	-	۰/۳ mg/m ³	-
۲	پلیمر آکریلیک اسید Acrylic acid polymer	-	mg/m ³ (R) ۰/۰۵	۰/۰۵ mg/m ³ (R)	A4
۳	آفلاتوکسین ها Aflatoxines	-	-	۰/۰۰۰۰۵۱ mg/m ³	A1
۴	آلیل آمین Allylamine [107-11-9]	۵۷/۰۹	۶ ppm	۲ ppm	-
۵	فیبرهای سیلیکات آلومینیوم Aluminosilicate fibres [1318-02-1]	-	۰/۸ f/ml	۰/۱ f/ml	-
۶	۲- آمینو بوتانول 2-Aminobutanol [96-20-8]	۸۹/۱۶	۲ ppm	۱ ppm	-
۷	۲- آمینو نفتالن - ۱ - سولفونیک اسید 2-Aminonaphthalene-1-sulfonic acid [81-16-3]	۲۲۳/۲۵	۲۴ mg/m ³ (I)	۶ mg/m ³ (I)	-
۸	آمینوفنازون Aminophenazone [58-15-1]	۲۳۱/۲۹	-	۰/۵ mg/m ³	-
۹	۳- آمینو فنول 3-Aminophenol [591-27-5]	۱۰۹/۱۳	-	۱ mg/m ³	-
۱۰	۴- آمینو فنول 4-Aminophenol [123-30-8]	۱۰۹/۱۲۵	-	۱ mg/m ³	-
۱۱	آمونیم دی کرمات (به عنوان کروم) Ammonium dichromate [7789-09-5]	۲۵۲/۰۷	-	۰/۰۵ mg/m ³	-
۱۲	آمونیم هگزا فلوئورو سیلیکات Ammonium hexafluorosilicate [16919-19-0]	۱۷۵/۱۵	-	۰/۲ mg/m ³	-
۱۳	آمپی سیلین Ampicillin [69-53-4]	۳۴۹/۴۰	-	۰/۱ mg/m ³	A4
۱۴	آنالگین Analgin [68-89-3]	۳۵۱/۴	-	۰/۵ mg/m ³	-
۱۵	الیاف قابل تنفس پارا آرامید p-Aramid respirable fibres [26125-61-1]	-	-	۰/۵ f/ml	-
۱۶	آسپارتیک اسید Aspartic acid [56-84-8]	۱۳۳/۱۱	-	۱۰ mg/m ³	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
۱۷	اورامین Auramine [492-80-8]	۲۶۷/۳۷	۰/۰۸ mg/m ³ (1)	۰/۳۲ mg/m ³ (1)	A3
۱۸	غبار بنتونیت Bentonite [1302-78-9] dust Sodium bentonite [85049-30-5]	۲۸۴/۱۸	۶ mg/m ³	۶ mg/m ³	-
۱۹	بنزالدهید Benzaldehyde [100-52-7]	۱۰۶/۱۲	۲۰ mg/m ³	۵ mg/m ³	-
۲۰	بنزو تiazول Benzothiazole [95-16-9]	۱۳۵/۱۹	۲۰ mg/m ³	۲۰ mg/m ³	-
۲۱	بنزیل الکل Benzyl alcohol [100-51-6]	۱۰۸/۱۴	۵ mg/m ³	۵ mg/m ³	-
۲۲	بنزیل بوتیل فتالات Benzyl butyl phthalate [85-68-7]	-	۵ mg/m ³	۵ mg/m ³	-
۲۳	بنزیل پنی سیلین Benzylpenicillin [61-31-6]	۳۳۴/۴	۰/۱ mg/m ³	۰/۱ mg/m ³	-
۲۴	بیس (۲- اتیل هگزیل) فتالات Bis(2-ethylhexyl) phthalate	۳۹۰/۵۶	۱۰ mg/m ³	۵ mg/m ³	-
۲۵	بیس فنول آ Bisphenol A [80-05-7]	۲۲۸/۲۹	۱۰ mg/m ³	۱۰ mg/m ³	A4
۲۶	بوریک اسید Boric acid [10043-35-3]; [11113-50-1]	-	۶ mg/m ³	۲ mg/m ³	-
۲۷	بوورین Boverin [63428-82-0]	-	۰/۳ mg/m ³	۰/۳ mg/m ³	-
۲۸	۲- بوتانون اگزیم 2-Butanone oxime [96-29-7]	۸۷/۱۲	۲/۴ ppm	۰/۳ ppm	-
۲۹	۲- بوتنال 2-Butenal [4170-30-3]	۷۰/۰۹	-	۲ ppm	-
۳۰	ان- بوتیل مت آکریلات n-Butyl methacrylate [97-88-1]	۱۴۲/۱۹۶	-	۱۰ ppm	A4
۳۱	ان- بوتیرونیتیل n-Butyronitrile [109-43-9]	۶۹/۱	-	۸ ppm	-
۳۲	کافئین Caffeine [58-08-2]	۱۹۴/۱۹	-	۰/۵ mg/m ³	A4
۳۳	آرسنات کلسیم Calcium arsenate [7778-44-1]	۳۹۸/۰۷	۰/۴ mg/m ³ (1)	۰/۱ mg/m ³ (1)	-
۳۴	کربنات کلسیم Calcium carbonate [471-34-1]	۱۰۰/۰۹	-	۴ mg/m ³ (R)	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
۳۵	سیانید کلسیم، به صورت سیانید Calcium cyanide [592-01-8], as CN	۹۲/۱۱	C ۵ mg/m ³	-	پوست
۳۶	کاربادوکس Carbadox [6804-07-5]	۲۶۲/۲۲	-	۰/۰۰۳ mg/m ³	-
۳۷	کاربندازیم Carbendazim [10605-21-7]	۱۹۱/۱۸۷	۴۰ mg/m ³	۱۰ mg/m ³	-
۳۸	کاربوکرومن Carbocromen [804-10-4]	۳۶۱/۴۳	-	۰/۳ mg/m ³	-
۳۹	سفالوسپورین C Cephalosporin C [61-24-5] سفالوسپورین P Cephalosporin P [13258-72-5]	۴۱۵/۴۲ ۵۷۴/۷۵	-	۰/۳ mg/m ³	-
۴۰	الیاف سرامیک Ceramic fibres	-	-	۰/۵ f/ml	A3
۴۱	۴- کلرو آنیلین 4-Chloroaniline [106-47-8]	۱۲۷/۵۷	-	۰/۰۴ ppm	A3
۴۲	۱- کلرو - ۴- دی نیترو بنزن 1-Chloro-2,4-dinitrobenzene [97-00-7]	۲۰۲/۵۵	-	۰/۰۵ mg/m ³	-
۴۳	۱- کلرو - ۴- نیترو بنزن 1-Chloro-4-nitrobenzene [100-00-5]	۱۵۷/۵۵	۲ mg/m ³	۱ mg/m ³	پوست
۴۴	۳- کلرو فنول و نمک های آن به صورت کلرو فنول 3-Chlorophenol [108-43-0] and salts as chlorophenol	۱۲۸/۵۶	۱ mg/m ³	۰/۵ mg/m ³	A3
۴۵	کلرو تری فلوئورو متان Chlorotrifluoromethane [75-۷2-9]	۱۰۴/۴۶	۲۰۰۰ ppm	۱۰۰۰ ppm	-
۴۶	کلروتترا سایکلین Chlorotetracycline [57-62-5]	۴۷۸/۸۸	-	۰/۱ mg/m ³	-
۴۷	سیس پلاتین Cisplatin [15663-27-1]	۳۰۰/۰۱	-	۰/۰۰۰۰۵ mg/m ³	A2
۴۸	فسفید مس Copper phosphide [12019-57-7]	۲۲۱/۶	-	۰/۵ mg/m ³	-
۴۹	سالیسیلات مس Copper salicylate [20936-31-6]	۳۳۷/۷۷	-	۰/۱ mg/m ³	-
۵۰	کورتیزون Cortisone [53-06-5]	۳۶۰/۴۴	-	۱ mg/m ³	-
۵۱	کلرید مسی Cuprous chloride [7758-89-6]	۹۸/۹۹۹	-	۰/۵ mg/m ³	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
۵۲	سیکلو هگزان اتیول Cyclohexanethiol [1569-69-3]	۱۱۶/۲۲	-	۰/۵ ppm	-
۵۳	سیکلو پنتانون Cyclopentanone [120-92-3]	۸۴/۱۲	۵۰ ppm	۲۵ ppm	-
۵۴	سیستئین Cysteine [52-90-4]	۱۲۱/۱۶	-	۲ mg/m ³	-
۵۵	داکاربازین Dacarbazine [4342-03-4]	۱۸۲/۱۸	-	۰/۰۰۰۹ mg/m ³	A3
۵۶	دکان نرمال n-Decane [124-18-5]	۱۴۲/۲۹	۹۰ ppm	۴۵ ppm	-
۵۷	دس فلوران Desflurane [57041-67-5]	۱۶۸/۰۳۸	۲۰ ppm	۱۰ ppm	-
۵۸	دی آلایل فتالات Diallyl phthalate [131-17-9]	۲۴۶/۲۶	-	۵ mg/m ³	-
۵۹	۱و۲- دی آمینو سیکلو هگزان 1,2-Diaminocyclohexane [694-83-7]	۱۱۴/۱۹	-	۳ ppm (موقت)	-
۶۰	۱و۲- دی بروم-۳- کلرو پروپان 1,2-Dibromo-3-chloropropane [96-12-8]	۲۳۶/۳۳	-	۰/۰۰۱ ppm	A3
۶۱	۲و۴- دی کلرو تولوئن 2,4-Dichlorotoluene [95-73-8]	۱۶۱/۰۳	۲۰ ppm	۵ ppm	-
۶۲	دی سیکلو هگزیل فتالات Dicyclohexyl phthalate [84-61-7]	۳۳۰/۴۲	-	۵ mg/m ³	-
۶۳	دی هپتیل فتالات (کلیه ایزومرها) Diheptyl phthalate (all isomers) [3648-21-3]	۳۶۲/۵۰	-	۵ mg/m ³	-
۶۴	دی ایزو بوتیل فتالات Diisobutyl phthalate [84-69-5]	۲۷۸/۳۵	-	۵ mg/m ³	-
۶۵	دی ایزو پروپیل فنیل ایزو سیانات 2,6-Diisopropylphenyl Isocyanate [28178-42-9]	۲۰۳/۲۸	۰/۰۱ ppm	۰/۰۰۵ ppm	-
۶۶	دی ایزو دسیل فتالات Diisodecyl phthalate [26761-40-0]	۴۴۶/۶۶	-	۵ mg/m ³	-
۶۷	دی ایزو نونیل فتالات Diisononyl phthalate [28553-12-0]	۴۱۸/۶۱	-	۵ mg/m ³	-
۶۸	دی متیل اتر Dimethyl ether [115-10-6]	۴۶/۰۷	۵۰۰ ppm	۴۰۰ ppm	-
۶۹	پنتا اکسید دی فسفر Diphosphorus pentoxide [1314-56-3]	۱۴۱/۹۵	۲ mg/m ³	۱ mg/m ³	-
۷۰	۲- اتیل هگزیل کلروفرمات	۱۹۲/۷	-	۱ ppm	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
	2-Ethylhexyl chloroformate [110-80-5]				
۷۱	اتیل کلروفرمات Ethyl chloroformate [541-41-3]	۱۰۸/۵۲	-	۱ ppm	-
۷۲	فتالید Fthalide [27355-22-2]	۲۷۱/۹۱	-	۱۰ mg/m ³	-
۷۳	هیستیدین Histidine [71-00-1]	۱۵۵/۱۵۵	-	۵ mg/m ³	-
۷۴	هیدرازوئیک اسید (به صورت بخار) Hydrazoic acid [7782-79-8] (as vapour)	۴۳/۰۳	۰/۲ ppm	۰/۱ ppm	-
۷۵	هیگرو ميسين B Hygromycin B [31282-04-9]	۵۲۷/۵۳	-	۰/۰۰۱ mg/m ³	-
۷۶	ایزو بوتیرو نیتریل Isobutyronitrile [78-82-0]	۶۹/۱۱	-	۸ ppm	-
۷۷	ایزوفلوران Isoflurane [26675-46-7]	۱۸۴/۵	-	۵۰ ppm	-
۷۸	ایزوپروپیل کلروفرمات Isopropyl chloroformate [108-23-6]	۱۲۲/۵۵	-	۱ ppm	-
۷۹	ایزوپروتیولان Isoprothiolane [50512-35-1]	۲۹۰/۴	-	۵ mg/m ³	-
۸۰	ایزو سربید دی نترات Isosorbide dinitrate [87-33-2]	۲۳۶/۱۳۶	-	۰/۲ mg/m ³	-
۸۱	ایزو تری دکان-۱-ال Isotridecan-1-ol [27458-92-0]	-	۲۰ ppm	۲۰ ppm	-
۸۲	لوو مایستین (کلر آمفنیکول) Levomycetin [56-75-7]	۳۲۳/۱۳	-	۱ mg/m ³	A2
۸۳	سنگ آهک Limestone [471-34-1]	۱۰۰/۰۸۶	-	۱۰ mg/m ³	-
۸۴	D-لیمونن D-Limonene [5989-27-5]	۱۳۶/۲۴	۲۰ ppm	۵ ppm	A4
۸۵	لینکو مایسین Lincomycin [154-21-2]	۴۰۶/۵۳۸	-	۰/۱ mg/m ³	-
۸۶	هیدروکسید لیتیم Lithium hydroxide [1310-65-2]	۲۳/۹۵	-	۱ mg/m ³	-
۸۷	مالونو نیتریل Malononitrile [109-77-3]	۶۶/۰۶	-	۳ ppm	-
۸۸	سنگ مرمر Marble [308068-21-5]	-	-	۱۰ mg/m ^{3(l)}	-
۸۹	مپرونیل Mepronil [55814-41-0]	۲۶۹/۳۴	-	۵ mg/m ³	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
۹۰	مت آکریل آمید Methacrylamide [79-39-0]	۸۵/۱۰	-	۱ mg/m ³	A4
۹۱	۲- (۲- متوکسی اتوکسی) اتانول 2-(2-Methoxy ethoxy) ethanol [111-77-3]	۱۲۰/۱۵	-	۱۰ ppm	پوست
۹۲	متوکسی فلوران Methoxyfluran [76-38-0]	۱۶۴/۹۶۶	۲ ppm	-	
۹۳	۲- متوکسی پروپیل استات 2-Methoxypropyl acetate [70657-70-4]	۱۳۲/۱۶	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	پوست
۹۴	مترونیدازول Metronidazole [443-48-1]	۱۷۱/۱۵	-	۰/۰۰۰۱۲ mg/m ³	A3
۹۵	دی ایزو سیانات نفتال Naphthalene diisocyanate (NDI) [25551-28-4]	-	-	۰/۰۴ mg/m ³	A4
۹۶	اکسید نیکل Nickel oxide e [10102-43-9], as Ni	۷۴/۶۹	۲ mg/m ³⁽¹⁾	۰/۵ mg/m ³⁽¹⁾	A3
۹۷	۱- (۵- نیترو فوریلیدین) آمینو هیدانتوئین 1-[(5-Nitrofurfurylidene)amino]hydantoin [67-20-9]	۲۳۸/۱۵۷	-	۰/۵ mg/m ³	
۹۸	۳- (۵- نیترو فوریلیدین) آمینو ۲- اکسازولیدون 3-[(5-Nitrofurylidene)amino]-2-oxazolidone [67-45-8]	۲۲۵/۱۶	-	۰/۵ mg/m ³	
۹۹	ان- نیتروسو اتیل فنیل آمین N-Nitrosoethylphenylamine [612-64-6]	۱۵۰/۱۸	-	۰/۰۰۰۲ mg/m ³	
۱۰۰	ان نیترو سو متیل اتیل آمین N-Nitrosomethylethylamine [10595-95-6]	۸۸/۱۳	-	۰/۰۰۲۵ mg/m ³	
۱۰۱	۴- نیترو تولوئن 4-Nitrotoluene [99-99-0]	۱۳۷/۱۴	-	۲ ppm	A2
۱۰۲	۱- نونان اتیول 1-Nonanethiol [1455-21-6]	۱۶۰/۳۲	۰/۵ ppm	-	
۱۰۳	میسست روغن، سیالات فلز کاری Oil mist, metal working fluids	-	-	۱ mg/m ³	-
۱۰۴	اکزاسیلین Oxacillin [66-79-5]	۴۰۱/۴۳۶	-	۰/۰۵ mg/m ³	-
۱۰۵	پارا استامول Paracetamol [103-90-2]	۱۵۱/۱۷	-	۱۰ mg/m ³	-
۱۰۶	پاراکوات دی کلرید Paraquat dichloride (ISO) [1910-42-5]	۲۵۷/۱۶	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	-
۱۰۷	پاراکوات دی متیل سولفات Paraquat dimethylsulfate [2074-50-2]	۴۰۸/۴۸	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	-
۱۰۸	پنی سیلین	۲۴۳/۲۶	-	۰/۱ mg/m ³	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
	Penicillin [1406-05-9]				
۱۰۹	ان پنی سیلین Penicillin N [525-94-0]	۳۵۸/۳۹	-	۰/۳ mg/m ³	-
۱۱۰	پنی سیلیوم، غبار قابل استنشاق Penicillium, inhalable dust	-	-	۰/۱ mg/m ³	-
۱۱۱	اسید پرفلورو اوکتانویک Perfluorooctanoic acid [335-67-1]	۴۱۴/۰۷	-	۰/۰۰۵ mg/m ³	-
۱۱۲	پرلیت Perlite [93763-70-3]	-	-	۱۰ mg/m ³	-
۱۱۳	کک نفتی Petroleum coke [64741-79-3]	-	-	۳/۵ mg/m ³	-
۱۱۴	فتالات ها Phthalates	-	۶ mg/m ³	۳ mg/m ³	-
۱۱۵	پپیریدین Piperidine [110-89-4]	۸۵/۱۵	-	۱ ppm	پوست
۱۱۶	پلی کلرینیت بی فیل ها Polychlorinated biphenyls (PCBs) [1336-36-3]	۳۷۵/۷	-	۰/۱ mg/m ³	A1
۱۱۷	پلی تترا فلوئورو اتیلن، محصولات پیرولیز Polytetrafluoroethylene [9002-84-0], pyrolysis products	-	-	۱ mg/m ³	A4
۱۱۸	گردوغبار طیور Poultry dust	-	-	۱۰ mg/m ³	-
۱۱۹	۱- پروپان اتیول 1-Propanethiol [107-03-9]	۷۶/۱۶	۰/۳ ppm	-	-
۱۲۰	پروپیونتریل Propionitrile [107-12-0]	۵۵/۰۸	-	۶ ppm	-
۱۲۱	پروپرانولول Propranolol [525-66-6]	۲۵۹/۳۴	۶ mg/m ³	۲ mg/m ³	-
۱۲۲	کینولین Quinoline [91-22-5]	۱۲۹/۱۶	-	۰/۱ mg/m ³	-
۱۲۳	ریبوفلاوین Riboflavin [83-88-5]	۳۷۶/۳۶	-	۱ mg/m ³	-
۱۲۴	سوفلوران Sevoflurane [136-78-7]	۲۰۰/۰۵۵	۲۰ ppm	۱۰ ppm	-
۱۲۵	سیلیس بی شکل Silica amorphous [112926-00-8]; [7631-86-9]	۶۰/۰۹	-	۲/۴ mg/m ³ (R) ۶ mg/m ³ (I)	-
۱۲۶	اسید سیلیسیک Silicic acid [1343-98-2]	۷۸/۱۰	-	۰/۳ mg/m ³ (R)	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز شغلی		نمادها
			STEL/C	TWA	
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	اسپکتینومایسین Spectinomycin [1695-77-8]	۳۳۲/۳۵	-	۲ mg/m ³	-
۱۳۰	استرپتومایسین Streptomycin [57-92-1]	۵۸۱/۵۷	-	۰/۱ mg/m ³	-
۱۳۱	سولفاکاربامید Sulfacarbamide [57-50-1]	۲۱۵/۳۲	-	۱ mg/m ³	-
۱۳۲	سولفاگوانیدین Sulfaguanidine [57-67-0]	۲۱۴/۲۴	-	۱ mg/m ³	-
۱۳۳	سولفالن Sulfalene [152-47-6]	-	-	۰/۱ mg/m ³	-
۱۳۴	سولفا متوکسی دیازین Sulfamethoxydiazine [651-06-9]	۲۸۰/۳	-	۵ mg/m ^{3(I)}	-
۱۳۵	سولفا متوکسی پیریدازین Sulfamethoxypyridazine [80-35-3]	۲۸۰/۳	-	۰/۱ mg/m ³	-
۱۳۶	سولفانیل آمید Sulfanilamide [63-74-1]	۱۷۲/۲	-	۱ mg/m ³	-
۱۳۷	سولفا تیازول Sulfathiazol [72-14-0]	۲۵۵/۳۲	-	۰/۵ mg/m ³	-
۱۳۸	سولفا متازین Sulphamethazine [57-68-1]	۲۷۸/۳	-	۱ mg/m ³	A4
۱۳۹	سولفور Sulphur [7704-34-9]	۳۲/۰۶۵	-	۶ mg/m ³	-
۱۴۰	ترپن ها Terpenes	-	۵۰ ppm	۲۵ ppm	-
۱۴۱	تترا کلرو فنول (کلیه ایزومرها) و نمک های آن Tetrachlorophenol (all isomers) [25167-83-3] and salts	۲۳۱/۸۹	۱/۵ mg/m ^{3(I)}	۰/۵ mg/m ^{3(I)}	A3
۱۴۲	تترا سیکلین Tetracycline [60-54-8]	-	-	۰/۵ mg/m ³	-
۱۴۳	۱ او ۱ او ۲ - تترا فلورو اتان 1,1,1,2-tetra fluoroethane [811-97-2]	۱۰۲/۰۳	-	۱۰۰۰ ppm	-
۱۴۴	تئو برمین Theobromine [83-67-0]	۱۸۰/۱۶	-	۱ mg/m ³	A4
۱۴۵	تئو فیلین Theophylline [58-55-9]	۱۸۰/۱۶	-	۰/۵ mg/m ³	A4

نمادها	حد مجاز شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
	STEL/C	TWA			
–	–	۱۰ mg/m ^{3(I)}	۲۰۱/۲۵	تیابندازول Thiabendazole [148-79-8]	۱۴۶
–	–	۲ mg/m ³	۹۲/۱۱	تیوگلیکولات ها Thioglycolates	۱۴۷
–	۵ mg/m ³	–	۱۹۰/۶۵	پارا تولوئن سولفونیل کلراید p-Toluenesulphonyl chloride [98-59-9]	۱۴۸
–	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	۴۱۱/۱۷	تری بیوتیل تین بنزوات Tributyltin benzoate [4342-36-3]	۱۴۹
–	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	۳۰۹/۰۵	تری بیوتیل تین فلورید Tributyltin fluoride [1983-10-4]	۱۵۰
–	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	۳۷۵/۱۷	تری بیوتیل تین مت آکریلات Tributyltin methacrylate [2155-70-6]	۱۵۱
–	–	۳ mg/m ³	۱۸۹/۲۴	تری سیکل آزول Tricyclazole [41814-78-2]	۱۵۲
–	۱۰ mg/m ³	۵ mg/m ³	۶۰/۰۶	اوره Urea [57-13-6]	۱۵۳
–	–	۳ mg/m ³		غبار ورمیکولیت Vermiculite dust [1318-00-9]	۱۵۴
–	–	۰/۰۲ mg/m ^{3(I)}	۳۰۳/۳	وارفارین سدیم Warfarin sodium [129-06-6]	۱۵۵
–	–	۳ mg/m ³	۴۰۵/۶۱	غبار آرد گندم Wheat flour dust	۱۵۶
–	۲۰ mg/m ³	۱۰ mg/m ³ ۴ mg/m ^{3 (R)}	۶۳۲/۳۵	دی استئارات روی یا استئارات روی Zinc stearate [557-05-1]	۱۵۷

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 پیچیده ارزیابی بیولوژیکی و استفاده از مدل‌های پیچیده 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:

A1- سرطان‌زای تأیید شده انسانی

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

A2- مشکوک به سرطان‌زایی در انسان:

کفایت اطلاعات کیفی مربوط به سرطان‌زایی ماده 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 از لحاظ 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.

به‌طور کلی طبقه‌بندی A2 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.

A3- سرطان‌زای تأیید 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 غیرمحمّل و مقادیر مواجهه غیرمعمول باشد.

A4- غیر قابل طبقه‌بندی به عنوان 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 به طور 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.

A5- مشکوک نبودن به عنوان 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 قابل اطمینان در دوزهای زیاد بوده است. تجزیه و تحلیل 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 A1 بدون حد مجاز مشخص، مواجهه دارند می‌بایست تا حد ممکن به‌منظور حذف کامل مواجهه با مواد سرطان‌زا تجهیز شوند.

برای سرطان‌زاهای A1 با حد مجاز (OEL) مشخص و سرطان‌زاهای گروه A2 و A3، مواجهه کارگر از کلیه راه‌های ورود می‌بایست به طور دقیق کنترل شود تا در نهایت مواجهه تا حد ممکن کمتر از OEL شود.

ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال‌پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند (PNOS)¹

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

¹ 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 می‌گیرند.

کلیه 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 مورد استفاده قرار می‌گیرد:

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 به عبارت دیگر هیچ‌گونه واکنش شیمیایی با بافت ریه نداشته، پرتوهای یون‌ساز تابش نکند، باعث حساسیت‌زایی ایمونولوژی نشده یا باعث اثرات سمی به جز التهاب یا مکانیسم باقی ماندن اضافه‌بار مواد در ریه نشود).

باور این کمیته بر آن است که ذراتی که از لحاظ بیولوژیکی خنثی، نامحلول یا دارای انحلال‌پذیری کم هستند، ممکن است دارای اثرات زیان‌آور باشند و توصیه می‌شود که غلظت ذرات قابل استنشاق^۱ هوابرد آن‌ها در مقادیر کمتر از 3 mg/m^3 و غلظت ذرات قابل تنفس^۲ آن‌ها کمتر از 10 mg/m^3 حفظ شود تا زمانی که حدود مجاز اختصاصی برای آن‌ها تعیین شود.

ضمیمه ج- معیار نمونه‌برداری مبتنی بر انتخاب سائز 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 قابل تنفس 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 به صورت ذره در محیط کار منتشر می‌گردند:

1 Respirable

2 Inhalable

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

غلظت جرمی ذرات در هر سائز 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 قابل تنفس^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 ته‌نشین 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 ته‌نشین 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 قابل تنفس:

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

$$IPM (d_{ae}) = 0.5[1 + \exp(-0.06d)]$$

برای ذراتی که $100 \mu m \geq d > 0$ باشد.

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

ب) توده ذرات توراسیکی:

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

$$TPM (d_{ae}) = IPM (d_{ae})[1 - F(X)]$$

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

1 Inhalable Particulate Matter

2 Thoracic Particulate Matter

3 Respirable Particulate Matter

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

ln: لگاریتم طبیعی $\Gamma: 11/64 \mu\text{m}$ $\Sigma = 1/5$

ج- توده ذرات قابل استنشاق:

مشکل از ذراتی است که مطابق با رابطه بازده جمع آوری به دام می افتند:

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

که $F(x)$ همان مفهوم اشاره شده در بخش قبلی است اما $\Gamma = 4/25 \mu\text{m}$ و $\Sigma = 1/5$ است. مهم ترین تغییر اعمال شده مربوط به این بخش از ذرات افزایش قطر میانه از $3/5$ به 4 میکرومتر است. این مطلب با پروتکل سازمان بین المللی استاندارد و کمیته تدوین استانداردهای اروپا (ISO/CEN) تطابق دارد. در حال حاضر هیچ تغییری برای اندازه گیری ذرات قابل استنشاق با سیکلون نایلونی 10mm در دبی $1/7 \text{ L/min}$ توصیه نمی شود. دو آنالیز انجام شده بر روی داده های موجود نشان داده است که دبی $1/7 \text{ L/min}$ به سیکلون نایلونی 10mm اجازه می دهد که تقریب صحیحی از غلظت ذرات قابل استنشاق را به نسبت یک نمونه گیر ایده آل ذرات قابل استنشاق فراهم نماید. بازده جمع آوری سازه های مختلف ذرات با کسر جرمی هر یک در جداول زیر ارائه شده است:

جدول ج-۱: ذرات قابل تنفس

قطر آئرودینامیکی ذره (μm)	بازده جمع آوری ذرات قابل تنفس (%)
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

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

جدول ج - ۳: ذرات قابل استنشاق

بازده جمع آوری ذرات قابل استنشاق (%)	قطر آئرو دینامیکی ذره (μm)
۱۰۰	۰
۹۷	۱
۹۱	۲
۷۴	۳
۵۰	۴
۳۰	۵
۱۷	۶
۹	۷
۵	۸
۱	۱۰

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 به تنهایی باشد. اثر سینرژیک هنگامی رخ می‌دهد که اثر ترکیبی حاصل از چند ماده، بزرگ‌تر از مجموع اثر هر یک از مواد به تنهایی 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 ماده مورد نظر را ذکر نمی‌کند، بلکه فقط اثر(های) نامطلوب که بر اساس آن‌ها حد آستانه تعیین شده 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.

در صورتی که 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 به صورت 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:

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

C نمایانگر غلظت ماده موجود در هوای محیط کار و T 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 به صورت کیفی و هم کمی آنالیز شود تا حد مجاز مواجهه مخلوط مواد تعیین شود.

رابطه محاسباتی اثر افزایشی برای مواجهه هم زمان با عوامل زیان آور با مقادیر حدود مجاز شغلی TWA، STEL و Ceiling به کار می رود. مقادیر به کاررفته 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 سم شناسی مشابه، OEL یکسان نداشته باشند، استفاده از انواع مقادیر حدود مواجهه شغلی امکان پذیر خواهد بود. در جدول زیر انواع حالات ممکن از ترکیب انواع OELS که با فرمول اثر افزایشی قابل محاسبه خواهد بود، ارائه شده است. وقتی ماده ای با یک حد STEL یا C با ماده ای با OEL-TWA ولی بدون STEL مخلوط شود، مقایسه حد کوتاه مدت با مواجهه های بیشینه [مواجهه با مقادیر حداکثری]^۱ کاربردی ممکن است مناسب تر باشد. مواجهه های بیشینه معادل ۵ برابر حد OEL-TWA آن ماده خواهد بود.

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

تمام نوبت کاری یا کوتاه مدت	ماده ۱	ماده ۲
تمام نوبت کاری	OEL – TWA	OEL – TWA
تمام نوبت کاری	OEL – TWA	OEL – C
کوتاه مدت	OEL – STEL	OEL – STEL
کوتاه مدت	OEL – C	OEL – C
کوتاه مدت	اگر STEL وجود ندارد از مواجهه قله ای استفاده شود (۵ برابر TWA)	OEL – C یا STEL
کوتاه مدت	OEL – STEL	OEL – C

^۱ applicable peak exposure

برای این حالت رابطه اصلاح شده به شرح زیر خواهد بود:

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

$OEL - STEL : T_{1STEL}$

$STEL : T_2$ $OEL - TWA$ ماده فاقد

مدل افزایشی همچنین برای مواجهات متوالی با مواد مختلف که در طول یک نوبت کاری رخ می دهد نیز به کار می رود. برای موادی که دارای $OEL - TWA$ یا $STEL$ (حد مواجهه بیشینه) هستند نیز به همین شکل عمل می شود.

رابطه فوق برای مواجهه های متوالی با موادی که $OEL - C$ دارند، کاربرد ندارد.

محدودیت ها و موارد خاص

قانون فوق هنگامی استثناء دارد که بر اساس دلایل موجه، اثرات اصلی مواد زیان آور مختلف، به صورت افزایشی نباشد و هر یک از مواد مخلوط به صورت مستقل بر بدن تأثیر گذارند. این وضعیت زمانی رخ می دهد که اثرات سم شناسی مواد و ارگان هدف آن ها مشابه نباشد. این وضعیت همچنین می تواند زمانی حادث شود که برهم کنش مخلوط مواد باعث مهار اثر سمی آن ها شود. در چنین مواردی زمانی مواجهه بیشتر از حد مجاز تلقی می شود که حداقل غلظت یکی از اجزاء بیشتر از حد مجاز خود باشد.

استثناء دیگر هنگامی رخ می دهد که گمان می رود مخلوط مواد دارای اثر سینرژیک یا تشدید می باشند. استفاده از رابطه اثر افزایشی ممکن است حفاظت کافی را ایجاد نکند. در حال حاضر چنین مواردی باید به صورت جداگانه بررسی و تعیین شوند. هر یک از مواد با اثرات تشدید می به تنهایی الزاماً زیان آور نیستند. اثرات تشدید می ماده شیمیایی می تواند از راه های استنشاق، مثلاً نوشیدن الکل هم زمان با استنشاق مواد خواب آور (تری کلرواتیلن) باشد. اثرات تشدید می مخصوصاً در غلظت های خیلی زیاد نمایان می شود و احتمال بروز آن در غلظت های پایین کمتر است.

رابطه اثرات افزایشی برای مخلوطی از چند عامل به کار می رود. این روابط را نباید برای مخلوط هایی که اجزاء آن واکنش های 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 مخلوط های پیچیده با اجزاء زیاد (مثل بنزین، خروجی دیزل، محصولات تجزیه حرارتی، خاکستر و ...) نباید مورد استفاده قرار گیرد.

لازم به ذکر است که در مخلوط مواد سرطان‌زا در دسته‌های A1، A2 یا A3 باید دقت نمود. صرف نظر 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 قابل قبول بکار می‌رود. عوامل برای مخلوط‌های پیچیده با بسیاری از اجزای سازنده (به عنوان مثال، بنزین، آگروز دیزل، محصولات تجزیه حرارتی و غیره) کاربرد ندارد.

مثال‌های حد مجاز مواجهه شغلی برای مخلوط‌ها

مثال الف - اثرات افزایشی: مواجهه هوابرد کارگری برای یک نوبت کاری کامل و مواجهه کوتاه مدت آن پایش شده است. نتایج پایش در جدول زیر ارائه شده است:

جدول د-۲ نتایج پایش

عامل شیمیایی	نتایج پایش کل نوبت کاری (OEL-TWA)	نتایج مواجهه کوتاه مدت (OEL-STEL)
استون	۸۰ ppm (۲۵۰ ppm)	۳۲۵ ppm (۵۰۰ ppm)
سیکلو هگزانون	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 نوبت کاری به روش زیر محاسبه انجام می‌شود:

$$\frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3} \leq 1$$

$$\frac{80}{250} + \frac{2}{20} + \frac{90}{200} = 0.32 + 0.10 + 0.45 = 0.87$$

میزان مواجهه کل نوبت کاری کمتر از حد مجاز است.

آنالیز مواجهه کوتاه مدت به روش زیر انجام می شود:

$$\frac{C1}{T1_{STEL}} + \frac{C2}{T2_{STEL}} + \frac{C3}{T3_{STEL}} \leq 1$$

$$\frac{325}{500} + \frac{7.5}{50} + \frac{200}{300} = 0.65 + 0.15 + 0.73 = 1.53$$

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

مثال ب- اثرات مستقل:

هنگامی که اثرات اصلی مواد زیان آور مختلف، به صورت افزایشی نباشد و هر یک از مواد مخلوط به صورت مستقل بر بدن تأثیر گذارند، بدین معنی که اثر سم شناسی مشابهی نداشته باشند و اندام هدف نیز برای مواد مورد نظر یکسان نباشد، در این موارد حد مجاز مواجهه شغلی مخلوط، مطابق با رابطه زیر خواهد بود:

$$\frac{C1}{T1} \leq 1 \quad \frac{C2}{T2} \leq 1 \quad \frac{C3}{T3} \leq 1$$

مثال: هوایی حاوی غلظت سرب معادل 0.4 mg/m^3 (سرب با $\text{OEL} = 0.5$) و معادل mg/m^3 0.15 اسیدسولفوریک ($\text{OEL} = 0.2$) است.

$$\frac{0.04}{0.05} = 0.8$$

$$\frac{0.15}{0.20} = 0.75$$

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

ضمیمه ۵: حداقل محتوای اکسیژن^۱

تحویل اکسیژن کافی به بافت های بدن برای ادامه حیات لازم بوده و به عواملی از جمله: (۱) سطح اکسیژن موجود در هوای دمی (۲) وجود و یا عدم وجود بیماری های ریوی (۳) سطح هموگلوبین خون (۴) کینیتیک^۲ اکسیژنی که به هموگلوبین متصل می گردد (۵) بازده قلبی و (۶) جریان خون بافتی، بستگی دارد. در این قسمت فقط اثرات کاهش اکسیژن در هوای دمی مورد بحث قرار می گیرد.

1 Minimal Oxygen Content

2 Kinetic

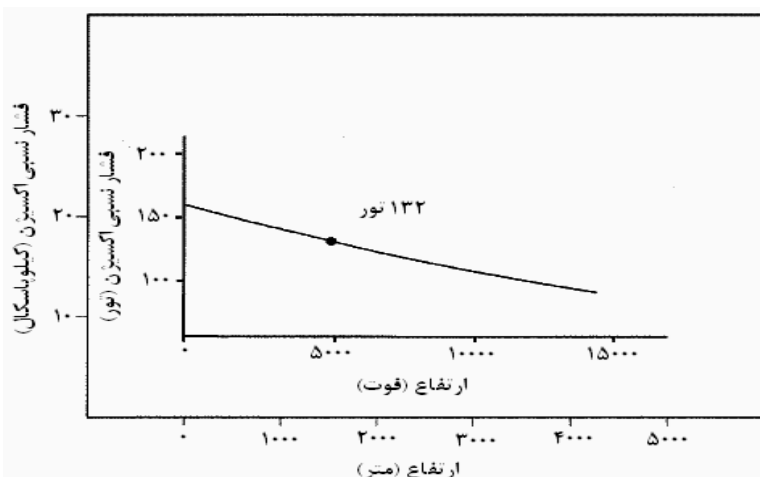
مغز و میوکارد حساس‌ترین بافت‌های بدن نسبت به کاهش اکسیژن هستند. علائم اولیه کمبود اکسیژن عبارت‌اند از: افزایش تهویه، افزایش بازده قلبی و خستگی. علائم دیگر ممکن است شامل سردرد، صدمه به فرایندهای فکری و هوشیاری، کاهش هماهنگی، اختلال دید، تهوع، بیهوشی، صرع و مرگ باشند. به هر حال ممکن است قبل از بیهوشی علامت 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 آناتومیک، دی‌اکسید کربن و بخار آب، سطح فشار جزئی اکسیژن آلئولی ۶۰ تور برابر است با فشار جزئی اکسیژن ۱۲۰ تور در هوای اطراف.

NIOSH فشار نسبی اکسیژن آلئولی 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. به هر حال، با افزایش ارتفاع و بخار آب و کم شدن فشار هوا، این حاشیه ایمن به طور معناداری کاهش پیدا می‌کند، به طوری که 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 شده است. هیچ گونه اثرات فیزیولوژیک به واسطه نقصان اکسیژن در افراد بزرگ سال 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 کم فشار در نظر گرفته می شود) 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 به عنوان عوامل ناسازگار با عملکرد ایمن وظایف شناخته می شود. 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 نشان دهنده حداقل مقدار ۱۳۲ تور است. اگر فشار جزئی اکسیژن کمتر از ۱۳۲ تور و یا کمتر از مقدار قابل انتظار برای آن ارتفاع باشد، مطابق جدول ه-۱، اقدامات بیشتر کاری همچون ارزیابی کامل محیط های محصور برای شناسایی علت غلظت پایین اکسیژن، استفاده از پایش های مداوم جامع با وسایل هشداردهنده، تطابق کارگران با ارتفاع کار چون تطابق با ارتفاع می تواند ظرفیت کاری افراد را تا ۷۰ درصد افزایش دهد، استفاده از چرخه های کار و استراحت با کاهش بار کاری و افزایش دوره های استراحت، آموزش، بازرسی و پایش کارگران و دسترسی سریع و راحت به تجهیزات حفاظت تنفسی تأمین کننده اکسیژن که به طور مناسب نگهداری شده اند، توصیه می شود.

گازهای جایگزین اکسیژن ممکن است خاصیت قابلیت اشتعال داشته یا دارای اثرات فیزیولوژیک باشند، در این صورت بایستی در مورد شناسایی آن ها و منبعشان بررسی های لازم به طور کامل انجام شود. بعضی از گازها و بخارات وقتی در غلظت های بالا در هوا حضور می یابند در مرحله نخست به عنوان خفه کننده ساده بدون اثرات عمده فیزیولوژیک عمل می کنند. ممکن است برای هر خفه کننده ساده یک OEL پیشنهاد نشده باشد زیرا فاکتور محدود کننده، اکسیژن موجود است. کمبود اکسیژن اتمسفری هشدارهای کافی را فراهم نمی نماید و بیشتر خفه کننده های ساده نیز بی بو هستند. این فاکتور بایستی در محدود کردن غلظت خفه کننده به ویژه در ارتفاعات بیشتر از ۵۰۰۰ فوت جایی که 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 کلو 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 ^۱ (کیلو پاسکال)	pO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن ^۲ (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا ^۳ (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر pO_2
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 ^۱ (کیلو پاسکال)	pO ₂ معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن ^۲ (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا ^۳ (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر pO ₂ ^۴
(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 می‌دهد.
(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، آشفته‌گی عصبی
(۳۶۵۸) ۱۲۰۰۰	۴۷۹ (۶۳/۸)	۱۰۰ (۱۳/۳)	۱۳/۲	-

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک ^۱ (کیلو پاسکال)	pO ₂ معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن ^۲ (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا ^۳ (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر pO ₂ ^۴
(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^۱

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 نقطه جوش 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.

RCP جایگزین OEL نمی شود بلکه یک OEL راهنما به عنوان مثال، (GGVmixture) بر اساس ترکیب یک مخلوط پیچیده خاص محاسبه می کند.

دو جنبه RCP عبارت اند 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 منتشر شده 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

D ACGIH Unique TLVs	C Uk-HSE 40/2000(mg/m ³)	B McKee et al. (mg/m ³)	A گروه هیدروکربن
پنتان، همه ایزومرها (۱۷۷۰) ایزومرهای هگزان (۱۷۶۰)	۱۸۰۰	۱۵۰۰	آلکان های C ₅ تا C ₆
هپتان، همه ایزومرها (۱۶۴۰) اکتان، همه ایزومرها (۱۴۰۱)	۱۲۰۰	۱۵۰۰	آلکان های C ₇ تا C ₈
سیکلوپنتان (۱۷۲۰) سیکلو هگزان (۳۵۰)	۱۸۰۰	۱۵۰۰	سیکلو آلکان های C ₅ تا C ₆
متیل سیکلو هگزان (۱۶۱۰)	۸۰۰	۱۵۰۰	سیکلو آلکان های C ₇ تا C ₈
تولونن (۷۵) زایلن، همه ایزومرها (۴۳۴) اتیل بنزن (۴۳۴)	۵۰۰	۲۰۰	آروماتیکهای C ₇ تا C ₈
نونان، همه ایزومرها (۱۰۵۰)	۱۲۰۰	۱۲۰۰	آلکان های C ₉ تا C ₁₅
	۸۰۰	۱۲۰۰	سیکلو آلکان های C ₉ تا C ₁₅
تری متیل بنزن، ایزومرها (۱۲۳)	۵۰۰	۱۰۰	آروماتیکهای C ₉ تا C ₁₅

ACGIH این روش را برای مخلوط هایی که اثرات سمی افزایشی دارند (اثر سم شناسی مشابه بر روی همان ارگان یا سیستم هدف)، به کار می برد. اثرات سم شناسی اصلی حلال های هیدروکربنی شامل

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

اگر در مخلوط، هگزان نرمال ($OEL-176 \text{ mg/m}^3$) و متیل نفتالین‌ها ($OEL-3 \text{ mg/m}^3$) 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 آلفاتیک‌های 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 نقطه جوش $329-350^\circ\text{C}$ 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:

$$GGV_{mixture} = \frac{1}{\frac{Fa}{GGV_a} + \dots + \frac{Fn}{GGV_n}}$$

$GGV_{mixture}$: 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 ۰-۱)، درصد وزنی

در محاسبه باید مشخص شود که از کدام قسمت جدول (ستون B یا C) استفاده می‌شود. مقدار محاسبه‌شده باید به نزدیک‌ترین عدد گرد شود. برای گزارش مقادیر محاسبه‌شده زیر ۱۰۰ میلی گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۲۵ میلی گرم بر مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه‌شده بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۵۰ میلی گرم بر

مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه شده بیش از ۶۰۰ میلی گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک ترین مقدار ۲۰۰ میلی گرم بر مترمکعب گرد شوند.

محدودیت ها

برای محاسبه فرمول، باید در ترکیب مخلوط، جزئیات درصد جرم گروه های جدول و-۱ مشخص باشد. این فرمول برای حلال هایی که شامل بنزن یا ان-هگزان یا متیل نفتالین که OEL آن ها کمتر از GGV است و خواص سم شناسی مشخصی دارند، به کار نمی رود. در صورت وجود در مخلوط، این مواد باید به تنهایی با استفاده از روش ضمیمه اندازه گیری و ارزیابی شوند.

این روش نباید برای موقعیت هایی که ترکیب مایع از ترکیب بخار متفاوت است، به کار رود. در غیر این صورت در این فرمول F_n می تواند با کسر جرم بخار (درصد وزنی بخار) برای هر گروه در مخلوط هیدروکربنی بر اساس غلظت های خاص هوا بردهای اندازه گیری شده، جایگزین شود.

GGV_s فقط برای بخارات به کار می رود و برای میست ها یا آئروسل ها به کار نمی رود. این روش برای مخلوط اولفین ها یا دیگر ترکیبات غیر اشباع یا هیدروکربن های آروماتیک پلی سیکلیک به کار نمی رود.

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

مقدار راهنمای گروهی (mg/m ³)	درصد وزنی	ترکیبات
۱۵۰۰	٪۴۵	آلکانهای C۸ - C۷، سیکلوآلکانها
۱۲۰۰	٪۴۰	آلکانهای C۱۰ - C۹، سیکلوآلکانها
۲۰۰	٪۹	آروماتیک های C۸ - C۷
۷۵	٪۶	تولوئن
NA	<٪۱	بنزن

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

$$GGV_{mixture} = \frac{1}{\frac{0.45}{1500} + \frac{0.4}{1200} + \frac{0.09}{200} + \frac{0.06}{75}} = 531 \cong 550 \text{ mg / m}^3$$

بنزن، به طور جداگانه بر اساس OEL خودش ارزیابی می شود.

منابع:

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH® Signature Publication, Cincinnati, Ohio. 2020.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (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, 3rd edition revised and updated, Institut de recherche Health and Safety Executive (HSE). EH40/2005 Workplace exposure limits. 2th ed, Crown copyright, London, UK. 2011.

Mixie: Mixtures of substances in the workplace: computer-based tool for evaluating the chemical risk (Calculation of the Rm), Institut de recherche 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. 29 CFR 1910, subpart Z, Last adopted: Washington DC, USA. 2006.

Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), 2008.

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. 2007.

Tan K T, Lee H S, David K. The development and regulation of occupational exposure limits in Singapore. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 46: 136–141. 2006.

The Japan Society for Occupational Health. Recommendation of Occupational Exposure Limits. J OCC Health, 52: 308-324. 2010.

Walters D, Grodzki K, Walters S. The role of occupational exposure limits in the health and safety systems of EU Member States. 1st ed., Centre for Industrial and Environmental Safety and Health, South Bank University, CROWN copyright, London. UK. 2003.

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 می‌کند. پایش بیولوژیکی عبارت از سنجش غلظت یک ماده شیمیایی 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 به کارگیری یک سازوکار اصولی و منظم مبتنی بر مقررات، طی یک دوره زمانی طولانی بوده و متخصصین بهداشت حرفه‌ای را در انجام امور زیر یاری می‌کند:

۱. شناسایی و تعیین مقدار ماده شیمیایی که علاوه بر استنشاق از طریق پوست و خوراکی جذب شده
 ۲. اطلاع از مواجهات انجام شده 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 می‌گردد، 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 جمع‌آوری شده 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

1 Biological Exposure Indices

2 Biological Monitoring

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

شاخص‌های مواجهه بیولوژیکی به‌طور کلی معرف مقادیری است که در پائین‌تر 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 شیمیایی که علاوه بر استنشاق، از طریق پوست یا گوارش جذب شده‌اند، یاری می‌کند. عوامل بیولوژیکی شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، آراکئیدها (عنکبوتیان)، جلبک‌ها و انگل‌ها می‌باشند. 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 واکنش‌های نامطلوب).

بیوآئروس‌ها، آئروسول‌هایی هستند که از موجودات زنده تشکیل شده و یا از آنها مشتق شده‌اند و می‌توانند شامل ارگانسیم‌های 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 (سابسترها)، اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی‌ژن‌ها، آلرژن‌ها و یا ترکیبات آلی فرار می‌باشند. انسان‌ها هر روزه به‌طور مداوم در معرض طیف وسیعی از این آلاینده‌ها در غلظت‌های مختلف قرار می‌گیرند (معمولاً سطح بسیار کمی که منجر به ایجاد پاسخی نمی‌شوند 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 دانه‌ها، نیکوتین، پیرتروم، نشاسته، سابتیلیسین‌ها (آنزیم‌های پروتئولیتیک یا هضم‌کننده 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 می توان به این صورت تعریف کرد: الف) بیوآئروسل هایی که احتمالاً اثرات سوء بر سلامت انسان دارند یا وی را مستعد می سازند ب) غلظت های نامناسب هوابرد بیوآئروسل ها در محیط داخلی، که با لحاظ نوع فضا یا اهداف سکونتی تعیین می شوند. ج) رشد میکروبی در محیط های 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 در آیند و انسان در مواجهه با آنها قرار گیرد.

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

رویکرد پیشنهادی® ACGIH برای ارزیابی مواجهه با بیوآئروسل ها به بازرسی بصری ساختمان، ارزیابی علائم سوء بهداشتی سکنه، ارزیابی عملکرد ساختمان، شامل: تهویه، شناسایی منابع بالقوه زیست محیطی، تقویت یا تجمع، انتشار و اعمال قضاوت حرفه ای در مورد اطلاعات برای ایجاد یک نظر آگاهانه در مورد احتمال مواجهه بیوآئروسل ها متکی است. راهنمای منتشر شده اطلاعات اساسی در مورد گروه های عمده بیوآئروسل ها، از جمله منابع و اثرات بهداشتی آنها را فراهم می کند و روش های جمع آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر نمونه های بیوآئروسل از منابع بالقوه محیطی را شرح می دهد. گاهی اوقات، نظارت بر محیط (به عنوان مثال، نمونه گیری هوای میکروبی) یک آلودگی بیولوژیکی منفرد یا غالب را مشخص می سازد. به طور معمول، نمونه گیری از میکروب های هوا، مخلوطی از بسیاری از مواد مشتق شده از نظر زیست شناختی را نشان می دهد.

با توجه به طبیعت متنوع و تعاملی محیط های داخلی (سرپوشیده)، نمونه برداری 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 روش‌های تحلیلی، روابط دوز-پاسخ نامشخص، حساسیت فردی و تنوع ذاتی در غلظت پس زمینه، هیچ حد آستانه مجازی برای غلظت‌های موجود در هوا وجود ندارد: به عنوان مثال، الف) کل باکتری‌ها، قارچ‌ها یا ویروس‌ها؛ ب) بیوآئروسول‌های 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 بیوآئروسول‌های قابل کشت یا قابل شمارش. بیوآئروسول‌های قابل کشت آن دسته از باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌هایی هستند که می‌توان با روش‌های شناخته شده و پذیرفته شده آنها را نمونه‌برداری کرد و سپس در محیط کشت در آزمایشگاه رشد داد. چنین نتایجی به عنوان تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFU^۱) در هر حجم نمونه گزارش می‌شود (به عنوان مثال، متر مکعب هوا). بیوآئروسول‌های قابل شمارش نیز اسپورهای قارچی، سلول‌های باکتریایی و سایر موادی هستند که می‌توانند توسط میکروسکوپ شناسایی و شمارش شوند.

^۱ *Aspergillus fumigatus*

^۲ *Legionella pneumophila*

^۳ SARS-COV-2

^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 نمی دهند (به عنوان مثال، بیوائروسل ها در بخشهای محیطی و غیر کشاورزی به طور کلی مخلوط پیچیده ای از ذرات مختلف میکروبی، حیوانی و گیاهی هستند).

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

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

۴- تنوع زمانی و مکانی ذاتی اسپورهای قارچ، باکتری ها و سایر غلظت های بیوائروسل 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 بیوائروسل 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 ارزیابی‌های مواجهه کیفی تشکیل شده است.

داده‌های موجود برای توصیف روابط مواجهه - پاسخ کافی نیستند. دلایل عدم وجود داده‌های 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 قارچ‌های قابل کشت برای نشان دادن مواجهه آنتی ژن‌های قارچی موجود در هوا استفاده می‌کنند. علاوه بر این، بیشتر اندازه‌گیری‌ها 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 ارزیابی‌های بیوآئروسل چندان معمول نمی‌باشد. بعلاوه، معمولاً دستگاه‌های نمونه‌گیری هوا برای نظارت بر فضای داخلی برای جمع‌آوری نمونه‌های «آنی» در فواصل زمانی نسبتاً کوتاه طراحی شده‌اند. اندازه‌گیری نمونه‌های آنی کوتاه‌مدت و کوتاه مدت ممکن است یک یا چند مرتبه از غلظت‌های متوسط دراز مدت، بالاتر (یا پایین تر) باشد و بعید به نظر می‌رسد مواجهه ساکنین را به طور دقیق نشان دهد. برخی از ارگانیزم‌ها و منابع به عنوان «غلظت انفجار»، غلظتی از آئروسل را آزاد می‌کنند، که فقط به ندرت با نمونه‌گیری محدود می‌توان آن را تشخیص داد. با این وجود،

چنین انتشارهای اپیزودیک (منقطع) 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 داده‌های 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 محیط‌ها 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 ایمن سازی، 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 مراقبت‌های 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 ریسپراتورهای تنفسی مناسب را نیز برای کاهش مواجهه کارگران با بیوآئروسل‌های عفونی به کار بگیرند.

د - سایر آلاینده های ناشی از عوامل بیولوژیک: اندوتوکسین ها، مایکوتوکسین ها، آنتی ژن ها، آلرژن ها و VOC ها با استفاده از آزمایش های شیمیایی، ایمنی شناختی یا بیولوژیکی شناسایی می شوند. شواهد موجود هنوز نمی توانند موید OELS یا BEIs هیچ یک از این مواد باشند. با این حال، روش های سنجش برای برخی آنتی ژن های متداول موجود در هوا و اندوتوکسین ها به طور پیوسته در حال بهبود هستند و اعتبار این سنجش ها 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 بررسی های اپیدمیولوژیک مشاهده شده است.

بنابراین، ممکن است در آینده حدود مواجهه آلاینده های معلق در هوا، قابل آزمایش و از طریق بیولوژیک حاصل شود. علاوه بر این، تکنیک های نوآورانه مولکولی به طور فزاینده ای برای بیوآژوسل های خاص یا آلاینده های 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 به منظور 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 از جمله: 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 مدت زمان 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 توصیه شده 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

1 Schedule Sampling

2 Bioavailability

3 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 هنگامی که غلظت مواد شیمیایی هوای در محدوده OEL باشد، غلظت شاخص‌ها قابل پیش‌بینی خواهد بود. درحالی که 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 شیمیایی که در بدن تجمع می‌یابند، به زمان نمونه‌برداری خاصی نیاز ندارند. زمان‌های جمع‌آوری نمونه توصیه‌شده به شرح زیر می‌باشند:

- ابتدای نوبت کاری^۱: ۱۶ ساعت بعد از خاتمه مواجهه.
- قبل از آخرین نوبت کاری^۲: قبل از آخرین نوبت کاری یک هفته کاری
- افزایش طول نوبت کاری^۳: نیاز به جمع‌آوری نمونه قبل و بعد از نوبت کاری
- در طی نوبت کاری^۴: در هر زمان پس از ۲ ساعت مواجهه
- انتهای نوبت کاری^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

-
- 1 Prior to Shift
 - 2 Prior to last shift
 - 3 Increase during shift
 - 4 During Shift
 - 5 End of Shift
 - 6 End of the Workweek
 - 7 Discretionary/Not Critical

افزایش مواجهه در نمونه‌های متوالی از ابتدای شروع مواجهه کارگر را مورد توجه قرار دهند. هرچند این مقادیر از حدود توصیه شده 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 $3 - 0.3 \text{ gr/L}$ یا وزن مخصوص بین $1.030 - 1.010$

نمونه‌های خارج از مقادیر فوق بایستی دور ریخته شده و نمونه‌های دیگری جمع‌آوری گردد. از کارگرانی که به‌طور متوالی نمونه ادرار غیرقابل قبول 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 شیمیایی 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 بدین وسیله از توانایی آزمایشگاه در اندازه‌گیری دقیق BEI، اطمینان حاصل کنند.

نمادهای ملاحظات

1 Acceptability

2 Quality Assurance

"B" (زمینه): نشانگر مورد نظر ممکن است به میزان قابل ملاحظه‌ای در نمونه‌های زیستی اخذ شده 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" (غیر اختصاصی): نشانگر غیر اختصاصی بوده و ممکن است در اثر مواجهه با سایر مواد شیمیایی نیز در نمونه زیستی یافت گردد.

"Sq" (نیمه کمی): هر چند این نشانگر به عنوان شاخص زیستی مواجهه با مواد شیمیایی کاربرد دارد، اما اندازه‌گیری آن از نظر کمی به دقت، 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 انجام شده 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" سلامت محور 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 قرار گرفته و جز در مواقع نمونه‌برداری مکرر و یا تجزیه تکراری یک نمونه، عملیات اجرایی را نبایستی به یک نمونه واحد محدود نمود. با این وجود، در برخی مواقع اگر دلیل قانع‌کننده‌ای وجود داشته باشد که ممکن است مواجهه قابل توجهی 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.

1 Toxicokinetic

2 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 انجام گرفته ارائه شده است.

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱	استن ACETONE [67-64-1] (2014)	استن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۵ mg/L	غیر اختصاصی
۲	‡ آنیلین ANILINE [62-53-3] (2003)	* آنیلین در ادرار	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی
		آنیلین آزاد شده از هموگلوبین در خون	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی
		* پارا آمینو فنل در ادرار	انتهای نوبت کاری	۵۰ mg/L	زمینه، نیمه کمی و غیر اختصاصی
۳	ارسنیک فلزی و ترکیبات غیر آلی محلول (شامل ارسنید گالیم و آرسین) ARSENIC, ELEMENTAL [7440-38-2] AND SOLUBLE INORGANIC COMPOUNDS (excludes gallium arsenide and arsine) (1998)	ارسنیک غیر آلی به علاوه متابولیت‌های متیله در ادرار	انتهای هفته کاری	۳۵ Mg As/L	زمینه
۴	بنزن BENZENE [71-43-2] (1999)	اس - فنیل مرکاپتوریک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۵ µg/g کراتینین	زمینه
		ترانس - ترانس موکونیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۵۰۰ µg/g کراتینین	زمینه
۵	۱ و ۳ بوتادی ان 1,3-BUTADIENE [106-99-0] (2005)	۱ و ۲ دی هیدروکسی -۴- (ان - استیل سیستینیل) - بوتان در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲/۵ mg/L	زمینه و نیمه کمی
		مخلوط ان - ۱ و ان ۲ - (هیدروکسی بوتینیل) والین متصل شده به هموگلوبین (Hb) در خون	اختیاری	۲/۵ pmol/g هموگلوبین	نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)				
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI
۶	۲- بوتوکسی اتانول 2-BUTOXYETHANOL [111-76-2] (2006)	*بوتوکسی استیک اسید (BAA) در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۲۰۰ mg/g ---
۷	کادمیوم و ترکیبات غیر آلی آن CADMIUM [7440-43-9] AND INORGANIC COMPOUNDS (2015)	کادمیوم در ادرار	اختیاری	کراتینین ۵ µg/g زمینه
		کادمیوم در خون	اختیاری	۵ µg/L زمینه
۸	دی سولفید کربن CARBON DISULFIDE [75-15-0] (2008)	۲-تیواکسوتیازولیدین-۴-کربوکسیلیک اسید (TTCA) در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۰/۵ mg/g زمینه و غیراختصاصی
۹	مونوکسید کربن CARBON MONOXIDE [630-08-0] (2015)	کربوکسی هموگلوبین در خون	انتهای نوبت کاری	هموگلوبین ۳/۵٪ زمینه و غیراختصاصی
		مونوکسید کربن در هوای بازدم	انتهای نوبت کاری	۲۰ ppm زمینه و غیراختصاصی
۱۰	کلروبنزن CHLOROBENZENE [108-90-7] (2006)	*۴-کلروکاتکول در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	کراتینین ۱۰۰ mg/g غیراختصاصی
		*پاراکلروفل در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	کراتینین ۲۰ mg/g غیراختصاصی
۱۱	آفت‌کش‌های مهارکننده استیل کولین استراز CHOLINESTERASE INHIBITING PESTICIDES (2017)	فعالیت کولین استراز در گلبول‌های قرمز	انتهای نوبت کاری	** ۷۰٪ فعالیت پایه غیراختصاصی خود فرد
		فعالیت بوتیریل کولین استراز در سرم یا پلاسما	انتهای نوبت کاری	** ۶۰٪ فعالیت پایه غیراختصاصی خود فرد

** با توجه به وجود اختلافات قابل ملاحظه در مقادیر فعالیت کولین استراز پایه گزارش شده در افراد مختلف، توصیه می‌شود که قبل از مواجهه هر کارگر با آفت‌کش‌های مهارکننده 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 آئزیم مواجهه نداشته باشند در ۳ روز به صورت جداگانه اقدام گردد. همچنین توصیه می‌شود تا مادامی که فعالیت کولین استراز به ۲۰٪ پایه کاهش نیافته، از مواجهه کارگر با آفت‌کش‌ها در محیط کار ممانعت گردد.

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱۲	کروم (VI) و فیوم‌های محلول در آب (CHROMIUM(VI), Water-soluble fume (2003))	کروم کل در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۲۵ µg/L	---
			افزایش یافته در طول نوبت کاری	۱۰ µg/L	---
۱۳	کبالت و ترکیبات غیر آلی شامل (اکسید کبالت ترکیب نشده با کاربید تنگستن) COBALT [7440-48-4] AND INORGANIC COMPOUNDS, including Cobalt oxides but not combined with Tungsten carbide (2014)	کبالت در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۱۵ µg/L	غیر اختصاصی
		کبالت با کاربید تنگستن کبالت در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	—	غیر اختصاصی، کمی
۱۴	سیکلو هگزانول CYCLOHEXANOL [108-93-0] (2003)	*۱ و ۲-سیکلو هگزان دی ال در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	--	غیر کمی و غیر اختصاصی
		*سیکلو هگزانول در ادرار	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی و غیر اختصاصی
۱۵	سیکلو هگزانون CYCLOHEXANONE [108-94-1] (2003)	*۱ و ۲-سیکلو هگزان دی ال در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۸۰ mg/L	نیمه کمی و غیر اختصاصی
		*سیکلو هگزانونول در ادرار	انتهای نوبت کاری	۸ mg/L	نیمه کمی و غیر اختصاصی
۱۶	دی کلرومتان DICHLOROMETHANE [75-09-2] (2004)	دی کلرومتان در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۳ mg/L	نیمه کمی
۱۷	ان و ان دی متیل استامید N,N-DIMETHYLACETAMIDE [127-19-5] (1993)	ان- متیل استامید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۳۰ mg/g کراتینین	---
۱۸	ان و ان دی متیل فورمامید	ان- متیل فورمامید کل در ادرار**	انتهای نوبت کاری	۳۰ mg/L	---

شاخص های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
	N,N-DIMETHYLFORMAMIDE [68-12-2] (2016)	ان-استیل-اس- (ان-متیل کاربامویل) سیستئین در ادرار	ابتدای آخرین نوبت کاری هفته	۳۰ mg/L	---
**ان متیل فورمامید کل به عنوان نماینده ای از مجموع ان متیل فورمامید و ان(هیدروکسی متیل)-ان متیل فورمامید					
۱۹	۲- اتوکسی اتانول و ۲- اتوکسی اتیل استات 2-ETHOXYETHANOL (EGEE) [110-80-5] AND 2-ETHOXYETHYL ACETATE (EGEEA) [111-15-9] (1992)	۲- اتوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	کراتینین ۱۰۰ mg/g	---
۲۰	اتیل بنزن ETHYLBENZENE [100-41-4] (2013)	مجموع ماندلیک اسید و فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	کراتینین ۰/۱۵ g/g	غیراختصاصی
۲۱	اکسید اتیلن ETHYLENE OXIDE [75-21-8] (2018)	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 نوبت کاری	۵ µg HEMA /g کراتینین	غیراختصاصی و مبتنی بر جمعیت
** برای کارگرانی اعمال می شود که در طی ۱۲۰ روز گذشته با اکسید اتیلن مواجهه داشته باشند.					
۲۲	ان-اتیل-۲-پیرولیدین N-ETHYL-2-PYRROLIDONE [2687-91-4] (2018)	۵-هیدروکسی-ان-اتیل-۲-پیرولیدون در ادرار	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی
۲۳	فلورایدها FLUORIDES (2011)	فلوراید در ادرار	ابتدای نوبت کاری	۲ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
			انتهای نوبت کاری	۳ mg/L	زمینه و غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۲۴	فورفورال FURFURAL [98-01-1] (2006)	*فوروئیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۰۰ mg/L	غیراختصاصی
۲۵	۱،۶-هگزامتیلین دی ایزو سیانات 1,6-HEXAMETHYLENE DIISOCYANATE [822-06-0] (2014)	*۱ و ۶ هگزامتیلین دی آمین در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	غیراختصاصی
۲۶	ان-هگزان n-HEXANE [110-54-3] (2018)	**۵ و- هگزان دی ان در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۵ mg/L	---
۲۷	سرب و ترکیبات غیر آلی LEAD AND INORGANIC COMPOUNDS [7439-92-1] (2016)	سرب در خون	اختیاری	۲۰۰ µg/L	---
تذکر: افرادی که از این BEI استفاده می کنند، توصیه می شود به کارگران خانمی که در سن فرزندآوری هستند درخصوص ریسک به دنیا آوردن کودکان با سرب بیش از مقدار رفرنس ارائه شده 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 [7439-97-6] (2012)	جیوه در ادرار	ابتدای نوبت کاری	کراتینین ۲۰ µg/g	---
۲۹	متانول METHANOL [67-56-1] (2004)	متانول در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱۵ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۳۰	‡القاء کننده های متهموگلوبینی METHEMOGLOBIN INDUCERS (2005)	مت هموگلوبین در خون	در طول یا انتهای نوبت کاری	۱/۵٪ هموگلوبین	زمینه، غیراختصاصی، نیمه کمی
۳۱	۲- متوکسی اتانول و ۲- متوکسی اتیل استات 2-METHOXYETHANOL [109-86-4] AND 2-METHOXYETHYL ACETATE [110-49-6] (2009)	۲- متوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	کراتینین ۱ mg/g	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۲	‡ متیل ان- بوتیل کتون (METHYL n-BUTYL KETONE [591-78-6] (2002))	۲**۵ - هگزان دی ان در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۰/۴ mg/L	---
۳۳	‡ متیل کلروفرم METHYL CHLOROFORM [71-55-6] (1987)	متیل کلروفرم در پایان هوای بازدم	ابتدای آخرین نوبت کاری هفته	۴۰ ppm	---
		تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای هفته کاری	۱۰ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
		تری کلرواتانول کل در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۳۰ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
		تری کلرواتانول کل در خون	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۱ mg/L	غیراختصاصی
۳۴	۴و۴- متیلن بیس (۲- کلروآنیلین) 4,4'-METHYLENE BIS (2-CHLOROANILINE) (MBOCA) [101-14-4] (2012)	*MBOCA کل در ادرار	انتهای نوبت کاری	--	نیمه کمی
۳۵	متیل ایتیل کتون (MEK) METHYL ETHYL KETONE [78-93-3] (2012)	MEK در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲ mg/L	غیراختصاصی
۳۶	متیل ایزوبوتیل کتون (MIBK) METHYL ISOBUTYL KETONE [108-10-1] (2009)	MIBK در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱ mg/L	---
۳۷	ان-متیل-۲-پیرولیدین N-METHYL-2-PYRROLIDONE [872-50-4] (2006)	۵- هیدروکسی- ان- متیل-۲-پیرولیدون در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱۰۰ mg/L	---
۳۸	نفتالین NAPHTHALENE [91-20-3] (2012)	*1 نفتول + ۲ نفتول	انتهای نوبت کاری	-	غیراختصاصی نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۹	نیتروبنزن NITROBENZENE [98-95-3] (2013)	متهموگلوبین در خون	مشاهده BEI الفا کننده مت هموگلوبینی	کراتینین ۵ mg/g	-
۴۰	پاراتیون PARATHION [56-38-2] (2019)	پارانیتروفنل کل در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۰/۵ mg/g	غیراختصاصی
		فعالیت کولین استراز در گلبول‌های قرمز	اختیاری	٪۷۰ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
** به دلیل تفاوت‌های زیاد بین فردی در مقادیر پایه منتشر شده 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 [87-86-5] (2013)	*پنتاکلروفنل در ادرار	قبل از آخرین نوبت کاری یک هفته کاری	-	غیر کمی
۴۲	فنل PHENOL [108-95-2] (2005)	*فنل در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۲۵۰ mg/g	زمینه و غیراختصاصی
۴۳	هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) (2016)	* ۱- هیدروکسی پیرین (1-HP) در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۲/۵ µg/L**	زمینه
		* ۳- هیدروکسی بنزو (a) پیرین در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	-	غیر کمی
** تنظیم شده با در نظر گرفتن نسبت پیرین به بنزو (a) پیرین برای کارگرانی که در مواجهه با مخلوط PAH می‌باشند.					
۴۴	۲-پروپانول 2-PROPANOL [67-63-0] (2005)	استون در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۴۰ mg/L	زمینه و غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۴۵	استیرن STYRENE [100-42-5] (2014)	ماندلیک اسید به علاوه فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۴۰۰ mg/g	غیراختصاصی
		استیرن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۴۰ µg/L	نیمه کمی
۴۶	تتراکلرواتیلن TETRACHLOROETHYLENE [127-18-4] (2008)	تتراکلرواتیلن در هوای بازدم	ابتدای نوبت کاری	۳ ppm	---
		تتراکلرواتیلن در خون	ابتدای نوبت کاری	۰/۵ mg/L	---
۴۷	تتراهیدروفوران TETRAHYDROFURAN [109-99-9] (2006)	تتراهیدروفوران در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲ mg/L	---
۴۸	تولوئن TOLUENE [108-88-3] (2009)	تولوئن در خون	ابتدای آخرین نوبت کاری هفته	۰/۰۲ mg/L	---
		تولوئن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۰۳ mg/L	---
		*توکروزول در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۳ mg/g کراتینین	زمینه
۴۹	۲ و ۴ یا ۶-تولوئن دی‌ایزوسیانات یا به عنوان مخلوط ایزومرها TOLUENE DIISOCYANATE-2,4- [584-84-9] or 2,6- [91-08-7] or as a mixture of isomers (2015)	*تولوئن دی آمین در ادرار (مجموع ایزومرهای ۲،۴- و ۲،۶-تولوئن دی ایزوسیانات)	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۵ µg/g	غیراختصاصی
۵۰	تری کلرواتیلن TRICHLOROETHYLENE [79-01-6] (2007)	تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۱۵ mg/L	غیراختصاصی
		**تری کلرواتانول در خون	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۰/۵ mg/L	غیراختصاصی
		تری کلرواتیلن در خون	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	---	نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
		تری کلرواتیلن در هوای بازدم	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
۵۱	اورانیوم URANIUM [7440-61-1] (2009)	اورانیوم در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۰۰ µg/L	---
۵۲	زایلن ها (با گرید آزمایشگاهی یا تجارتي) XYLENES [95-47-6]; [106-42-3]; [108-38-3]; [1330-20-7] (technical or commercial grade) (2011)	متیل هیپوریک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱/۵ g/g کراتینین	---

منابع:

ACGIH®: Bioaerosols: Assessment and Control. JM Macher, Ed; HM Ammann, HA Burge, DK Milton, and PR Morey, Asst. Eds. ACGIH®, Cincinnati, OH (1999).

ACGIH, Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2019.

European Agency for Safety and Health at Work, Exploratory Survey of OELs for Carcinogens, Mutagens and Reprotoxic Substances at EU Member States Level. 2007.

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2010-2011), *J Occup Health*. 49(4): pp 308-24 (2010).

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2008-2009), 50(4):pp 426-43 (2008).

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2006-2007). *J Occup Health*, 46(4): pp 290-306(2006).

The National Institute for Occupational Safety and Health , Manual of Analytical Methods, NIOSH, USA (2011), available in:

www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/method-i.html

Occupational Safety and Health Administration, Index of Sampling & Analytical Methods, OSHA, USA (2011), 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، پرتوهای 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 نمی باشد. 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 تشدید کننده اثرات این عوامل مواجهه داشته باشد، حد مجاز به حد مراقبت (اقدام) کاهش پیدا می کند و مسئولین ذیربط باید بررسی های 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 اندازه گیری و ارزشیابی این عوامل از روش های علمی، فنون و وسایل اندازه گیری گوناگونی استفاده می شود. به همین دلیل کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی توسط افرادی که در زمینه روش های اندازه گیری 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.

به دلیل 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 می دهند 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 نمی توان 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 به کار گرفته شود. حدود تعیین شده نباید در موارد زیر به کار 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.

1 Derivation

2 Researches

3 Consensus

4 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 اکتاو باند 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 - S1.11-1986(R1998) مطابقت نماید.

برای این نوع مواجهه‌ها، در مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی بیان شده برای فراصوت و صدا (NOISE)، جهت پیشگیری از افت شنوایی ناشی از آن محدودیت زمانی تعیین شده است. در اینجا کاهش 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 مورد استفاده قرار می‌گیرد، تراز فشار صوت قله (SPL-Peak) است که بیان‌کننده تراز ضربه‌ای یا کوبه‌ای صوت بوده و مقدار آن نباید از ۱۴۵ dB(L) فراتر رود. در هنگام کاربرد این معیار، وسایل سنجش باید مطابق با استانداردهای: ANSI-S1.4-1983(R2006), ANSI-S1.25-1991(R2007), IEC-804-1990 باشند.

تکته: 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.

فراصوت

حدود مجاز مواجهه شغلی ارائه شده در این بخش مندرج در جدول ۱ به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور 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 تعیین شده در این مبحث، برای فرکانس‌های فراسوت ۱۰ تا ۲۰ کیلوهرتز است که به منظور پیشگیری از عوارض ذهنی (Subjective) به کاررفته و در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. مقادیر کلی تراز مواجهه وزنی زمانی (TWA) برای ۸ ساعت مواجهه مانند حدود مجاز مواجهه شغلی صدا و برابر ۸۵ دسی بل تعیین گردیده است. مقادیر سقف را می توان با استفاده از یک دستگاه سنجش تراز صوت (صداسنج)، که در حالت اندازه گیری "slow" و باند اندازه گیری یک سوم اکتاو تنظیم شده است، مورد سنجش قرار داد. مقادیر TWA را نیز می توان با یک دستگاه تراز سنج صوت از نوع یکپارچه (Integrating) و در تجزیه یک سوم اکتاو باند اندازه گیری نمود. کلیه دستگاه ها باید از حساسیت فرکانسی مناسب برخوردار بوده و با ویژگی های مندرج در IEC 804, ANSI S1.4-1983(R2006) مطابقت نمایند.

جدول ۱- حدود مجاز مواجهه شنلی برای فرا صوت

تراز فشارصوت در یک سوم اکتاو باند			فرکانس مرکزی یک سوم اکتاو باند (کیلوهرتز)
اندازه گیری شده در هوا دبر حسب (سر فرد درون هوا) (فشار مینا ۲۰ میکرو پاسکال)	اندازه گیری شده در آب دبر حسب (سر فرد درون آب) (فشار مینا ۱ میکرو پاسکال)	مقادیر سقف	
هشت ساعته TWA			
۱۰۵°	۸۸°	۱۶۷	۱۰
۱۰۵°	۸۹°	۱۶۷	۱۲/۵
۱۰۵°	۹۲°	۱۶۷	۱۶
۱۰۵°	۹۴°	۱۶۷	۲۰
۱۱۰ ⁺	—	۱۷۲	۲۵
۱۱۵ ⁺	—	۱۷۷	۳۱/۵
۱۱۵ ⁺	—	۱۷۷	۴۰
۱۱۵ ⁺	—	۱۷۷	۵۰
۱۱۵ ⁺	—	۱۷۷	۶۳
۱۱۵ ⁺	—	۱۷۷	۸۰
۱۱۵ ⁺	—	۱۷۷	۱۰۰

* امکان بروز ناراحتی و عدم آسایش ذهنی در برخی افراد در ترازهای ۷۵ تا ۱۰۵ دسی بل و در فرکانس های ۱۰ تا ۲۰ کیلوهرتز وجود دارد، خصوصاً اگر اصوات ماهیتاً از نوع تونال باشند. ممکن است برای جلوگیری از عوارض ذهنی نیاز به اقدامات حفاظتی و کنترل های مهندسی باشد. برخی مواقع ضرورتاً می بایست تراز اصوات تونال را در فرکانس های کمتر از ۱۰ KHz به پایین تر از ۸۰ دسی بل کاهش داد.

+ در این مقادیر فرض بر آن است که انسان در آب یا محیط واسط دیگری قرار گرفته است. در صورتی که بین بدن و آب یا سایر محیط های واسط مواجهه برقرار نباشد این احتمال وجود دارد که حدود آستانه تا ۳۰ دسی بل 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 $9/80665$ متر بر مجذور ثانیه به صورت مؤثر (rms) است)

حد مجاز مواجهه شنلی با صدا

مقادیر حد مجاز مواجهه شنلی با صدا و مدت مواجهه با آن (طبق جدول شماره ۲) به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور 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 ۲۵ dB در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز تجاوز نماید (ANSI S3.6-1989). مقادیر ارائه شده در این کتابچه برای پیشگیری از افت شنوایی به محدوده فرکانس‌های بالاتر مانند ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز نیز گسترش یافته است. لذا مقادیر حد مجاز مواجهه شنلی می‌بایست میانه (Median) جامعه شاغلین را در مقابل افت شنوایی ناشی از صدا^۱ (NIHL) در حد ۲ دسی‌بل در فرکانس‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز پس از ۴۰ سال مواجهه شنلی با صدا محافظت نماید. مقادیر حد مجاز مواجهه شنلی به عنوان راهنما برای کنترل مواجهه با صدا مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به حساسیت متفاوت افراد نباید به عنوان مرز حقیقی بین حد ایمنی و خطر تلقی گردد. باید تأکید نمود که مقادیر حد مواجهه شنلی، همه شاغلین را در برابر اثرات نامطلوب مواجهه با صدا محافظت نمی‌نماید و برای افرادی که مواجهه بیش از حدود تعیین شده در این کتابچه دارند می‌بایست مراقبت‌های پزشکی انجام گردد و برای کلیه شاغلینی که مواجهه آن‌ها بیش از حد مراقبت (اقدام) است سایر اقدامات پیشگیرانه حفاظت شنوایی نیز باید انجام گردد.

بر اساس جدول شماره ۱ حد مجاز مواجهه شنلی با صدا، بر مبنای تراز معادل فشار صوت برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با ۸۵ dB(A) است. در صورتی که کارگری نوبت کاری 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^۳ HCP برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با ۸۲ dBA تعیین شده است.

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

1 Noise Induced Hearing Loss

2 Action Level

3 Hearing Conservation Program

افزایش ۳ دسی بل تراز فشار صوت، زمان مجاز مواجهه نصف خواهد شد. به همین منظور برای مواجهه با تراز ۸۸ dB(A) مدت زمان مجاز ۴ ساعت تعیین شده 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 به $SPL-TWA \text{ dB(A)}^{**}$ (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار به $SPL-TWA \text{ dB(A)}^{**}$ (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)
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
$7/5^A$ دقیقه	۱۰۳	۱۰۰
$3/75^A$ دقیقه	۱۰۶	۱۰۳
$1/88^A$ دقیقه	۱۰۹	۱۰۶
$0/94^A$ دقیقه	۱۱۲	۱۰۹
$28/12^A$ ثانیه	۱۱۵	۱۱۲
$14/06^A$ ثانیه	۱۱۸	۱۱۵

1 Office Workers

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

* 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 که 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.

^۴ 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 دوزیتر 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 صدای T_a برحسب ساعت بر مبنای حد مجاز مواجهه شغلی dB(A) ۸۵ و قاعده ۳dB بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه است.

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

صدای منقطع^۱

تراز فشار صوت باید توسط صداسنج Type S2A یا دوزیتری تعیین گردد که حداقل با ویژگی‌های استاندارد ANSI-S1.4-1983(R2006) یا ANSI-S1.25-1991(R2007) برای دوزیترهای

1 Intermittent Noise

فردی صدا مطابقت داشته باشد. وسایل اندازه گیری باید در شبکه وزن یافته A در وضعیت آهسته (SLOW) تنظیم شوند. مدت مواجهه شاغلین نباید از مقادیر مندرج در جدول ۲ تجاوز نماید. این مقادیر بدون توجه به اینکه مواجهه به صورت مداوم یا به صورت مواجهه های کوتاه مدت است، برای کل مدت مواجهه کار روزانه به کار می رود. وقتی مواجهه روزانه با صدا از دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت تشکیل شده باشد اثر ترکیبی آن ها باید بیشتر از اثر جداگانه هر یک از مواجهه ها مورد نظر قرار گیرد در چنین مواردی برای ارزیابی از رابطه زیر استفاده می شود:

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

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. در صورتی که حاصل جمع رابطه فوق از عدد یک تجاوز کند میزان مواجهه از مقدار حد مجاز شغلی فراتر رفته است. تمام مواجهه های شغلی با تراز فشار صوتی ۸۰ دسی بل A و بیشتر به طریق فوق محاسبه می شود.

در صورت استفاده از صداسنج معمولی این رابطه زمانی قابل استفاده 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}) را در دوره زمانی اندازه گیری داشته باشد. لذا در دستگاه دوزیمتری که مطابق با اصل قاعده ۳ دسی بل نسبت به زمان و تراز صدای ۸۵ دسی بل A برای ۸ ساعت مواجهه تنظیم شده است، چنانچه دوزیمتر، دوز صدا را بیش از ۱۰۰ درصد نشان دهد، مواجهه با صدا بیش از حد مجاز است. لذا دوز بیش از ۱۰۰ در صد دلیل بر مواجهه بیش از ۸۵ دسی بل A به ازای ۸ ساعت کار است. به طور 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 بیش از حد مجاز مواجهه شغلی بر اساس نتایج اندازه گیری 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 آن ها، تبدیل مقادیر به تراز معادل فشار صوت (L_{eq}) است که همان معدل زمانی ترازاها (SPL-TWA) است. برای این کار می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

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

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 اظهار نظر نمود.

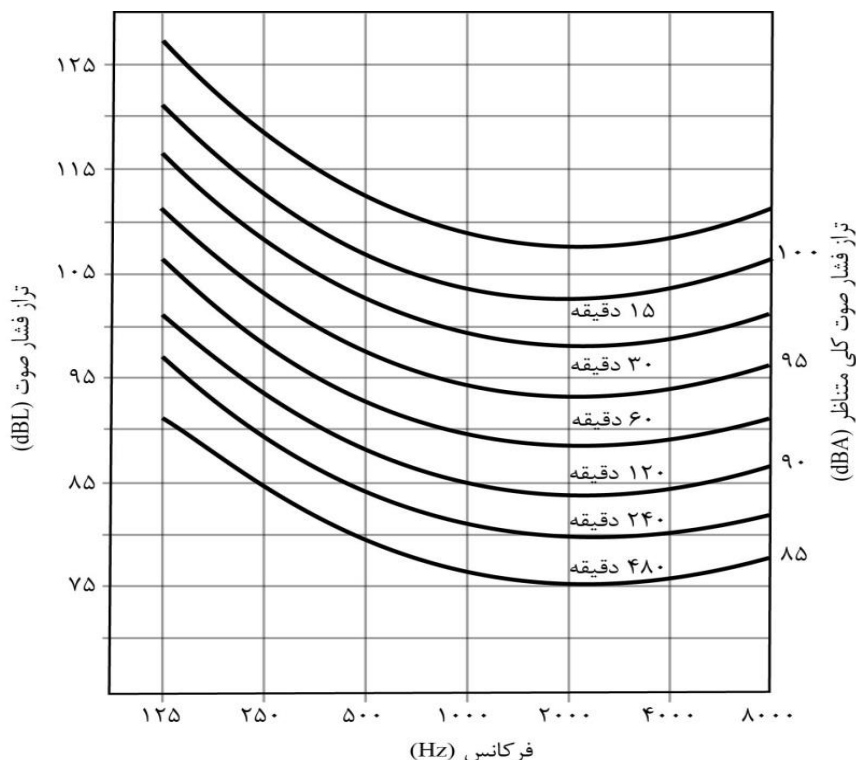
الگوی مکمل جهت ارزیابی مواجهه با صدا

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 اقتباس شده 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 تدوین شده 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. در صورتی که 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 مدت زمان مجاز مواجهه شغلی را نیز بر روی خطوط منحنی‌ها تعیین نمود.

1 Dominant frequency

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 شنلی را در تجزیه فرکانسی یک اکتاوباند (dBL) نشان می‌دهد. در 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 گرفته شده است.



شکل ۱- منحنی‌های هم‌بلندی 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 ۹۵/۳۳ dB(L) ثبت شده 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 دسی بل بوده که با منحنی مربوط به خط هم تراز ۹۵ دسی بل برخورد کرده است. این بدان معنا است که برآورد تراز فشار صوت متناظر مواجهه در شبکه وزنی A حدود ۹۵ دسی بل است، لذا مدت زمان 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 می نماید.

صدای ضربه ای یا کوبه ای^۱

در صورت استفاده از وسایل اندازه گیری توصیه شده توسط ANSI-S1.4-1983(R2006)، IEC-804-1990 و ANSI-S1.25-1991(R2007) صدای ضربه ای یا کوبه ای در هنگام سنجش صدا به طور خودکار اندازه گیری می شود. تنها ضابطه آن است که دامنه اندازه گیری مورد نیاز باید بین ۱۴۰-۸۰ دسی بل A و دامنه ضربه باید حداقل از ۶۳ دسی بل بیشتر باشد و پاسخ زمانی دستگاه صداسنج نیز در حالت Impulse قرار گیرد. مواجهه بدون حفاظ گوش، با تراز فشار صوت بیش از ۱۴۰ دسی بل در شبکه وزن یافته C مجاز نیست. اگر وسیله اندازه گیری قادر به اندازه گیری تراز قله در شبکه وزن یافته C نباشد آنگاه باید اندازه گیری تراز قله (SPL- Peak) با میزان کمتر از ۱۴۰ دسی بل ملاک اندازه گیری قرار گیرد. اندازه گیری و اظهار نظر در مورد صداهای ضربه ای یا کوبه ای همپوشان همانند صداهای پیوسته است. در خصوص صداهای ضربه ای یا کوبه ای در صدای زمینه پیوسته که شامل این بند نمی شود، باید از قواعد صداهای نویتی که در بحث قبلی تشریح گردید استفاده شود.

تذکر: برای صداهای ضربه ای بالاتر از ۱۴۰ دسی بل C در حال باید از وسیله حفاظت از شنوایی استفاده شود و برای چنین شرایطی از محافظ شنوایی (روگوشی^۲ یا توگوشی^۳) با ویژگی های MIL-STD-1474 C(2015) به تنهایی یا توأم استفاده شود.

1 Impulsive or Impact Noise

2 Ear Muffs

3 Ear Plug

ممکن است مواجهه با برخی از مواد شیمیایی منجر به افت شنوایی گردد. لذا انجام شنوایی سنجی دوره‌ای شاغلین در محیط‌هایی که علاوه بر مواجهه با صدا، امکان مواجهه با برخی مواد شیمیایی نظیر تولوئن، سیانید هیدروژن، مونوکسید کربن، استیرن، گزیرین سرب، منگنز، انبوتیل الکل وجود دارد، (EU OSHA 2009) توصیه می‌گردد.

پیشنهاد می‌گردد که بانوان باردار (بعد از ۶ ماهگی) با مقادیر صدای وزن یافته SPL-TWA بیش از ۱۱۵ dB(C) مواجهه نداشته باشند، زیرا این مواجهه می‌تواند باعث افت شنوایی در جنین گردد. وسایل حفاظت از شنوایی شخصی بوده و در هر حال 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 قرار گرفته باشد.

در موارد استثنایی، حاصل جمع نسبت زمان مواجهه با تراز صوتی مشخص به زمان مجاز $\left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} \dots \frac{C_n}{T_n} \right]$ 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 می‌گردد، لذا فرد در خارج از این مدت مجاز مواجهه باید در استراحت صوتی باشد. حد تعیین شده برای شرایط استراحت صوتی ۷۰ dB(A) تعیین شده 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 حواس پرتی، 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 S1.11-1986 (R1998). ANSI, New York (1998).
- American National Standards Institute (ANSI): Specification for Personal Noise Dosimeters. ANSI S1.25-1991 (R2007). ANSI, New York (2007).
- American National Standards Institute (ANSI): Sound Level Meters – Part 1: Specifications. ANSI S1.4-1 (2014). ANSI, New York (2014).
- American National Standards Institute (ANSI): Measurement of Occupational Noise Exposure. ANSI/ASA S12.19-1996 (R2016). ANSI, New York (2016a).
- American National Standards Institute (ANSI): Estimation of Noise-Induced Hearing Loss –Part 1: Method for Calculating Expected Noise-Induced Permanent Threshold Shift. ANSI S3.44-1-2016. ANSI, New York (2016b).
- Choi YH; Kim K: Noise-induced hearing loss in Korean workers: co-exposure to organic solvents and heavy metals in nationwide industries. PLoS One 9(5):e97538 (2014).
- European Agency for Safety and Health at Work (EU OSHA): Combined Exposures to Noise and Ototoxic Substances. EU OSHA, Luxembourg (2009). Online at: https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/literature_reviews/combined_exposure_to_noise-and-ototoxic-substances. Accessed: 11/1/2016.
- European Committee for Standardization (CEN): Hearing Protectors Recommendations for Selection, Use, Care and Maintenance Guidance Document. EN 458:2004. CEN, Brussels, Belgium (2004).
- International Electrotechnical Commission (IEC): Electroacoustics: Sound Level Meters –Part 1: Specifications. IEC 61672:1-2013. IEC, Geneva, Switzerland (2013).
- Johnson AC; Morata TC: 142. 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 44(4):177 (2010). Online at: <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/23240>. Accessed: 11/1/2016.
- Nies E: Ototoxic substances at the workplace: a brief update. Arh Hig Rada Toksikol 63(2):147–152 (2012).
- US Department of Defense (US DOD): Design Criteria Standard: Noise Limits (Metric). MILSTD-1474E. US DOD, Washington, DC (2015).
- American National Standards Institute: Specification for Sound Level Meters. ANSI S1.4-1983 (R1997). ANSI, New York (1997).

International Electrotechnical Commission: Integrating-Averaging Sound Level Meters. IEC 804. IEC, New York (1985).

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

Octave-Band Analog and Digital Filters S1.11-1986 (R1998). ANSI, New York (1998).

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 به‌طور کلی 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 - نمودار اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست بازو

1 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 تعیین شده‌اند (ISO5349):

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 مشخص شده بر اساس ISO8041 انجام گیرد. برای اطمینان از صحت عملکرد این تجهیزات بایستی قبل و بعد از استفاده آن‌ها را بررسی نمود. کالیبراسیون بایستی قابل ردیابی با یک استاندارد شناخته شده مشخص باشد و در یک آزمایشگاه معتبر انجام گردد.

مبدل‌های ارتعاشی^۱

مبدل‌های ارتعاشی که معمولاً یک شتاب‌سنج 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 ماشین‌ایجاد 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 شتاب‌سنج‌ها 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 شتاب‌سنج 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؛ وسترن و تیلور، ۱۹۷۷، Brammer، ۱۹۸۲؛ Wasserman et al.، ۱۹۸۲؛ US NIOSH، ۱۹۸۳، ۱۹۸۹).

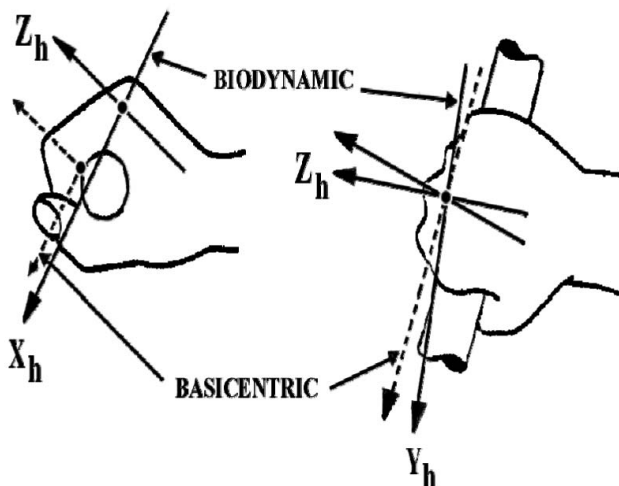
محل نصب و جهت‌دهی مبدل‌ها

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

1 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 می گیرد.

برای اندازه گیری 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. اندازه گیری ارتعاش بایستی ترجیحاً در سه جهت به صورت هم زمان انجام گیرد. انجام اندازه گیری متوالی در هر یک از سه محور به صورت جداگانه نیز اگر شرایط عملیاتی مشابهی برای اندازه گیری سه محور ایجاد شود، قابل پذیرش است. برای اطلاعات بیشتر نکته ۲ ضمیمه الف را ببینید.



شکل ۲. سیستم بیودینامیک دست، نمایش محورهای مؤلفه های شتاب مطابق با ISO 5349- 2001 و (R1997) 1986- (ANSI S3.34)

کمیت تعیین بزرگی و شبکه توزین فرکانسی

کمیت مورد استفاده 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 می شود. اندازه گیری شتاب وزن یافته فرکانسی، نیاز به استفاده از پالایه های توزین فرکانس و محدودکننده های باندهای فرکانسی دارد. پالایه توزین فرکانس W_h اهمیت مورد نظر فرکانس های متفاوت را در آسیب رسانی به بدن انسان به خوبی تعیین و ارائه می کنند.

تعیین مدت زمان اندازه گیری

مدت زمان قابل قبول اندازه گیری برای هر وظیفه شغلی وابسته به ماهیت آن وظیفه است حداقل مدت زمان قابل قبول اندازه گیری به سیگنال دریافتی، تجهیزات که برای سنجش به کار می روند و خصوصیات فرایند بستگی دارد. کل زمان اندازه گیری (یعنی تعداد نمونه ها $\times$ مدت زمان اندازه گیری) بایستی حداقل ۱ دقیقه باشد. تعداد نمونه های با مدت زمان کوتاه، نسبت به یک اندازه گیری طولانی مدت ارجحیت دارد. و معمولاً برای هر فرایند توصیه می شود حداقل ۳ نمونه گرفته شود. اندازه گیری هایی که در مدت زمان های خیلی کوتاه انجام می گیرد (مثلاً کمتر از ۸ ثانیه)، به ویژه هنگامی که ارزیابی مؤلفه هایی با فرکانس پائین مورد نظر است، احتمالاً قابل اطمینان و معتبر نیستند.

ارتعاش چند محوره^۱

در اکثر ابزارها ارتعاش ورودی به دست ها حاصل ترکیبی از سه محور اندازه گیری است. فرض بر این است که صدمه زایی ارتعاش ابزارهای قدرت در هر سه محور یکسان است. بنابراین اندازه گیری بایستی برای هر سه محور انجام گیرد. مقادیر شتاب I.M.S وزن یافته فرکانسی برای محورهای X، Y و Z به ترتیب به صورت a_{hwx} ، a_{hwy} ، a_{hwz} گزارش می شوند.

در این وضعیت ارزیابی مواجهه بر اساس برآیند سه محور حاصل می شود. این مقدار ارتعاش کلی^۲، a_{hv} نامیده می شود و به صورت ریشه ی مجموع مربعات مقادیر اندازه گیری شده محورهای سه گانه تعریف می شود:

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

در ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه با ارتعاش دست - بازو ضرایب محورها به صورت واحد است و مقادیر شتاب RMS وزن یافته فرکانسی در هر محور بدون اعمال ضرایب اضافی بکار گرفته می شوند.

تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه

به منظور تعیین میزان مواجهه معادل کل در زمان های مواجهه مختلف و با مقدار بزرگی ارتعاش متفاوت در یک نوبت کاری می توان از رابطه ۲ استفاده نمود:

$$a_{hv} = \sqrt{\frac{1}{T}((a_{hw1}^2 \times t_1) + (a_{hw2}^2 \times t_2) + \dots + (a_{hwn}^2 \times t_n))} \quad (\text{رابطه ۲})$$

1 multi - axis vibration

2 Vibration Total Value

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

T و t به ترتیب کل زمان مواجهه و طول زمان مواجهه در انجام هر زیر وظیفه شغلی بر حسب 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، $A(8)$ نامیده می‌شود. این محاسبات گاهی توسط تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش انسانی در دسترس تجاری نیز قابل انجام است.

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

که T_v کل مدت زمان روزانه‌ی مواجهه با ارتعاش a_{hv} و T_0 دوره زمانی مرجع که معمولاً برای زمان مواجهه برابر با ۸ ساعت (28800 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 بیفتد.

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 $5 m/s^2$ است [مقدار کل انرژی معادل ۸ ساعته $A(8)$].

سطح اقدام (AL) برای مدت‌زمان‌های کاری مختلف روزانه در جدول ۱ ارائه شده است، سطح اقدام مواجهه روزانه (۸ ساعته) برابر با $2/5 m/s^2$ است [مقدار کل انرژی معادل ۸ ساعته $A(8)$]. این سطح نشان‌دهنده شرایطی است که در آن ریسک ایجاد علائم برای بخش اعظمی از کارگران پائین است. محدوده بین OEL و AL 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 به عنوان مرز قطعی مواجهه ایمن و نایمن شناخته شوند.

1 Health Guidance Caution Zone

مقادیر ارائه شده در جدول ۱ با مقادیر حدود مواجهه روزانه^۱ (DELVs) استاندارد European Union Directive 2002/44/EC منطبق است. همچنین منحنی AL نیز با مقادیر سطح اقدام مواجهه روزانه (DEAVs) استاندارد ANSI S2.70 (2006) و European Union Directive 2002/44/EC منطبق است.

جدول ۱. حدود مواجهه شغلی (OEL) و سطوح اقدام (AL) مواجهه برای شتاب وزن یافته دست-بازو

مطابق با ANSI 2.70 و European Union Directive 2002/44/EC

شتاب وزن یافته فرکانسی $(a_{hv} (rms))$ (m/s^2)		مدت زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)
حد مواجهه شغلی (OEL)	حد اقدام (AL)	
۲۸/۲۸	۱۴/۱۴	۰/۲۵ (۱۵ دقیقه)
۲۰	۱۰	۰/۵ (۳۰ دقیقه)
۱۴/۱۴	۷/۰۷	۱
۱۰	۵	۲
۷/۰۷	۳/۵۴	۴
۵/۷۷	۲/۸۹	۶
۵	۲/۵	۸
$a_{hv} (OEL) = 5 \left(\frac{8}{T_v} \right)^{\frac{1}{2}}$ $a_{hv} (AL) = 2.5 \left(\frac{8}{T_v} \right)^{\frac{1}{2}}$ $T_v = \frac{200}{a_{hv}^2 (OEL)}$ $T_v = \frac{50}{a_{hv}^2 (AL)}$		رابطه تعیین مقدار OEL در زمان مورد نظر T_v (ساعت) رابطه تعیین مقدار AL در زمان مورد نظر T_v (ساعت) رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T_v (ساعت) مطابق با OEL رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T_v (ساعت) مطابق با AL

¹ 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، مدت زمان 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 ذکر شده برای اختلالات ناشی از ارتعاشات هنوز با جزئیات کافی شناخته نشده است، و روش استاندارد 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 در جایی 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 قابل نصب ویژه‌ای مقدور است. برخی از آداپتورها بایستی زیر دست پایین انگشتان قرار داده شوند. در اکثر اندازه‌گیری‌های واقعی، شتاب‌سنج‌ها در پهلوی 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 منتشر شده است.

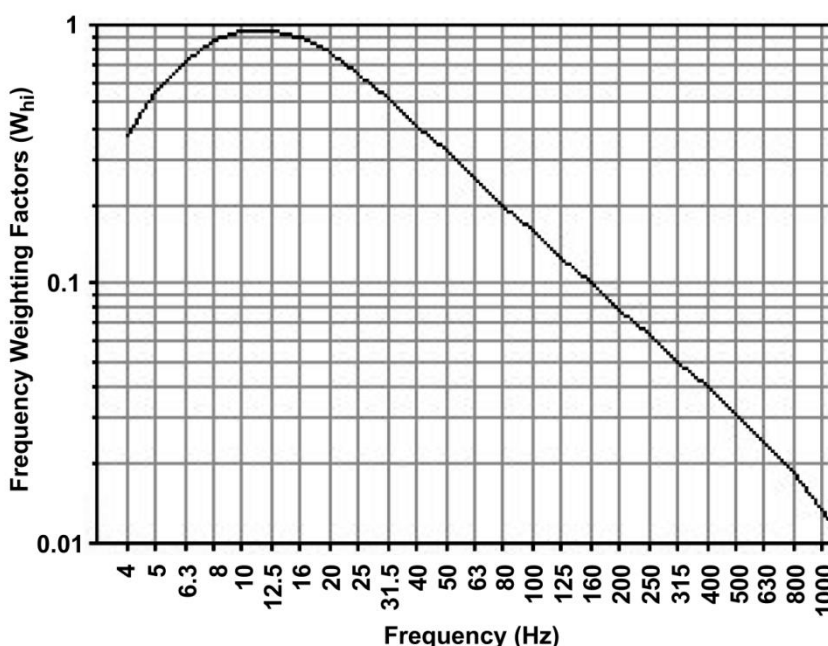
برای در نظر گرفتن ریسک تغییرات محتوای فرکانسی سیگنال ارتعاشی ورودی، مقادیر هر محور باید با استفاده از یک شبکه پالایه‌ای با مشخصات تعیین شده در تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش بر مبنای پاسخ-انسان توزین فرکانسی شوند. ثبت تمامی تغییرات فرکانسی متناسب با وزن داده شده در پالایه توزین (که این وزن در حقیقت اهمیت 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 به صورت جداگانه وجود دارد. شبکه توزین تعریف شده در استاندارد ISO 5349 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:

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

که:

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

W_{hi} فاکتور توزین فرکانسی ISO/ANSI مربوط به فرکانس i ام در باند $1/3$ اکتاو (شکل ۳ را ببینید)، a_{hi} شتاب rms در فرکانس i ام در باند $1/3$ اکتاو مربوط به زمان مواجهه در هر محور موردنظر برحسب m/s^2 ضرایب توزین فرکانس (ISO 5349 (2001a, b) و ANSI S2.70 (2006) به عنوان بهترین فاکتورهای توزین فرکانسی در دسترس برای مؤلفه‌های شتاب در ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست-بازو می‌باشند. با این حال برخی مطالعات پیشنهاد می‌کنند که توزین فرکانسی در فرکانس‌های بالاتر از ۱۶ Hz ممکن است ایمنی کافی را به طور کامل مهیا نسازد؛ لذا هنگام استفاده از ابزارهایی که دارای محتوای فرکانسی بالا هستند، باید جانب احتیاط را رعایت نمود.



شکل ۳- منحنی ضرایب توزین فرکانسی ISO (ISO 5349-1, 2001a و ANSI S2.70, 2006)

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 $1/7$ برای دستیابی به مقدار کلی ارتعاش

دارد. (برای اطلاعات بیشتر به ISO5349-2 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.

از جمله 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 مورد استفاده قرار گیرد.

1 multiplying factor

2 Vibration-Induced White Finger

3 Raynaud's Phenomenon

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

ارزیابی عروقی		
شرح علائم بالینی	درجه عارضه	مرحله عارضه
حملاتی ندارد	-	صفر
حملات سفید شدن پوست انگشت فقط در نوک یک انگشت یا بیشتر عارض می‌شود.	خفیف	یک
حملات سفید شدن گاه‌به‌گاه پوست انگشت در بندهای ناخن دار و بندهای میانی و به‌ندرت در بند پروگسیمال یک یا چند انگشت ظاهر می‌شود.	متوسط	دو
حملات سفید شدن پوست انگشت مکرراً در همه بندها و اغلب انگشتان ظاهر می‌شود	شدید	سه
تمام علائم مرحله سه به‌اضافه اختلال تغذیه درست در نوک انگشتان	خیلی شدید	چهار
ارزیابی اعصاب حسی		
علائم بالینی	مرحله	
با ارتعاش مواجهه دارد ولی علامت بالینی ندارد	صفر(اعصاب حسی)	
حالت کرختی متناوب، تنها و یا همراه با حس سوزن سوزن شدن در انگشتان	یک(اعصاب حسی)	
کرختی متناوب و یا مداوم ، کاهش ادراک حسی	دو(اعصاب حسی)	
کرختی متناوب و یا مداوم ، کاهش تشخیص دقت و یا تقلیل مهارت انجام کارهای یدی و یا هر دو	سه(اعصاب حسی)	
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:		
(2L(2/1R(1))		

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؛ وسترن 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 (تحت فشار به‌صورت مکانیکی) همراه با خطا است. با قرار دادن یک پالایه مکانیکی مناسب پائین‌گذر بین شتاب‌سنج 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 ایده‌ال بزرگ‌تر از ۳۰ kHz باشد.

در گزارش ارزیابی ارتعاش انسانی علاوه بر مقدار (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

1 Piezoelectric accelerometer

محل و جهت مبداها

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

مثال ۱: اگر مقدار کل ارتعاش برای زمان‌های مواجهه‌ی ۱ ساعت، ۳ ساعت و ۰.۵ ساعت (برای یک روز کاری) به ترتیب برابر با ۲/۵، ۳/۵ و ۱۰ متر بر مجذور ثانیه باشد آنگاه:

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

مثال ۲: در صورتی که اپراتور یک رنده 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:

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

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

$$A_{(8)} = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} = 12.77 \sqrt{\frac{3}{8}} = 7.82m/s^2$$

مثال ۳: کارگری در یک کارخانه تولید صفحات چوبی یک اره برقی را روزانه به مدت ۴/۵ ساعت استفاده می‌نماید. ارتعاش اره حین انجام کار برابر با $4m/s^2$ است مواجهه روزانه $A(8)$ ، وی چقدر است:

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

مواجهه روزانه برابر با 3 m/s^2 بالاتر از سطح اقدام مواجهه و پایین تر از حد مجاز مواجهه قرار دارد. مثال ۴- یک آچار برقی برای بستن پیچ چرخ ها در یک تعمیرگاه مکانیکی بکار می رود. هر وسیله نقلیه به ۲۰ پیچ چرخ نیاز دارد. اپراتور ابزار به طور معمول یک آچار بادی را برای هر ۵ پیچ چرخ بکار می برد، سپس آن را بر روی زمین قرار داده و به محل چرخ بعدی می رود. گزارش ها کاری ثبت شده نشان می دهد که به طور متوسط در هر روز کار ۵۰ وسیله نقلیه به طور کامل انجام می گیرد، یعنی ۱۰۰۰ پیچ چرخ در روز.

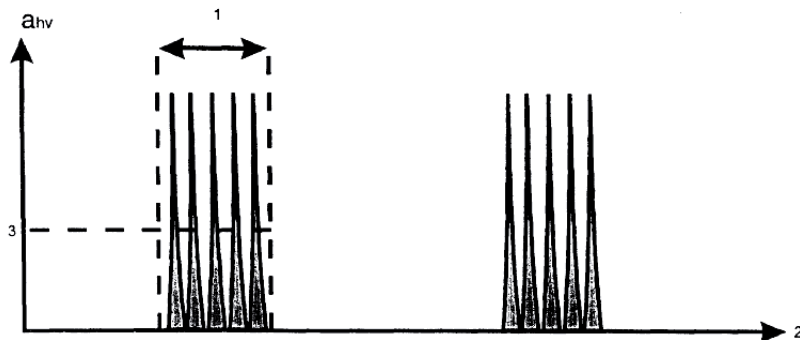
اندازه گیری بزرگی ارتعاش فقط در طول زمان انجام ۵ پیچ یک چرخ می تواند انجام بگیرد. در این شرایط ضربه ای آچار برای مدت حداقل ۲۰ ثانیه توسط اپراتور نگه داشته می شود، بنابراین همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، یک مدت زمان ثابت ۲۰ ثانیه ای برای بستن ۵ پیچ چرخ بکار می رود. میانگین بزرگی ارتعاش برای دوره ۲۰ ثانیه برابر با $14/6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ بود. حداقل ۴ اندازه گیری برای اطمینان از یک میانگین زمانی کل بزرگ تر از ۶۰ ثانیه ای ضروری است. مدت زمان کل مواجهه روزانه برابر است با:

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

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

بنابراین زمان مواجهه ای روزانه ۴۰۰۰ ثانیه است یعنی ۱ ساعت و ۷ دقیقه ($1/1 \text{ h}$) و بزرگی ارتعاش، a_{hv} ۱۴/۶ است، بنابراین مواجهه ارتعاشی روزانه $A(8)$ برابر است با:

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



شکل ۴- اندازه گیری دوره- ثابت تک ضربه یا تک انفجارهای عملیاتی ابزار

راه‌نما

مدت زمان مواجهه = (دوره اندازه گیری $\times$ تعداد ضربه‌ها در روز) تقسیم بر تعداد ضربه‌ها در دوره ی

اندازه گیری

۱ دوره اندازه گیری

۲ زمان

۳ a_{hv} اندازه گیری شده

مثال ۵- در این مثال، مواجهه روزانه ی ارتعاشی ناشی از سه وظیفه جداگانه است. در محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش هر سه وظیفه به صورت جداگانه برای محاسبه مواجهه ارتعاشی وظیفه شغلی موردبررسی قرار می گیرد. در این شرایط مناسب است که از روش های متفاوت ارزیابی برای هر وظیفه استفاده کنیم.

کارگران جنگل بانی بخش اول فعالیتشان را در روز کاری با استفاده از اره های برسی انجام می دهند، این فعالیت به طور میانگین ۲ ساعت طول می کشد، قسمت دوم وظیفه آنها توسط یک اره زنجیری برای قطع درختان انجام می شود، و سپس شاخه های روی کنده درختان برداشته می شوند. روزانه ۳۰ درخت قطع و شاخه های آنها برداشته می شود. الگوی مواجهه ارتعاشی مشابه با شکل ۵ است. ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش را می توان 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 به طور پیوسته ۲ ساعت طول می کشد. بزرگی ارتعاش اندازه گیری شده در چندین دوره نمونه گیری در حین کار، برابر با $\frac{m}{s^2}$ ۴/۶ بوده است. مواجهه ارتعاش جزئی⁽⁸⁾ $A_{brush-saw}$ به صورت ذیل به دست می آید:

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

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

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

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

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

مواجهه های ارتعاشی جزئی از هر سه وظیفه شغلی که در مواجهه روزانه با ارتعاش نقش داشته اند، را می توان با استفاده از رابطه زیر برای محاسبه $A(8)$ کل مواجهه روزانه، ترکیب نمود.

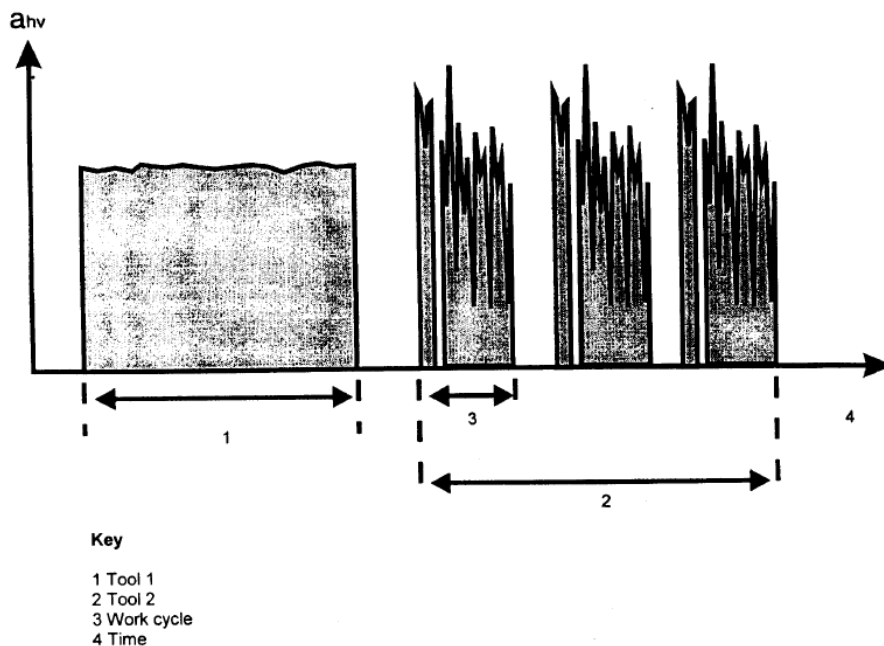
$$A(8) = \sqrt{A_{brushsaw}(8)^2 + A_{felling}(8)^2 + A_{stripping}(8)^2}$$

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

1 brush saw

2 felling

3 stripping



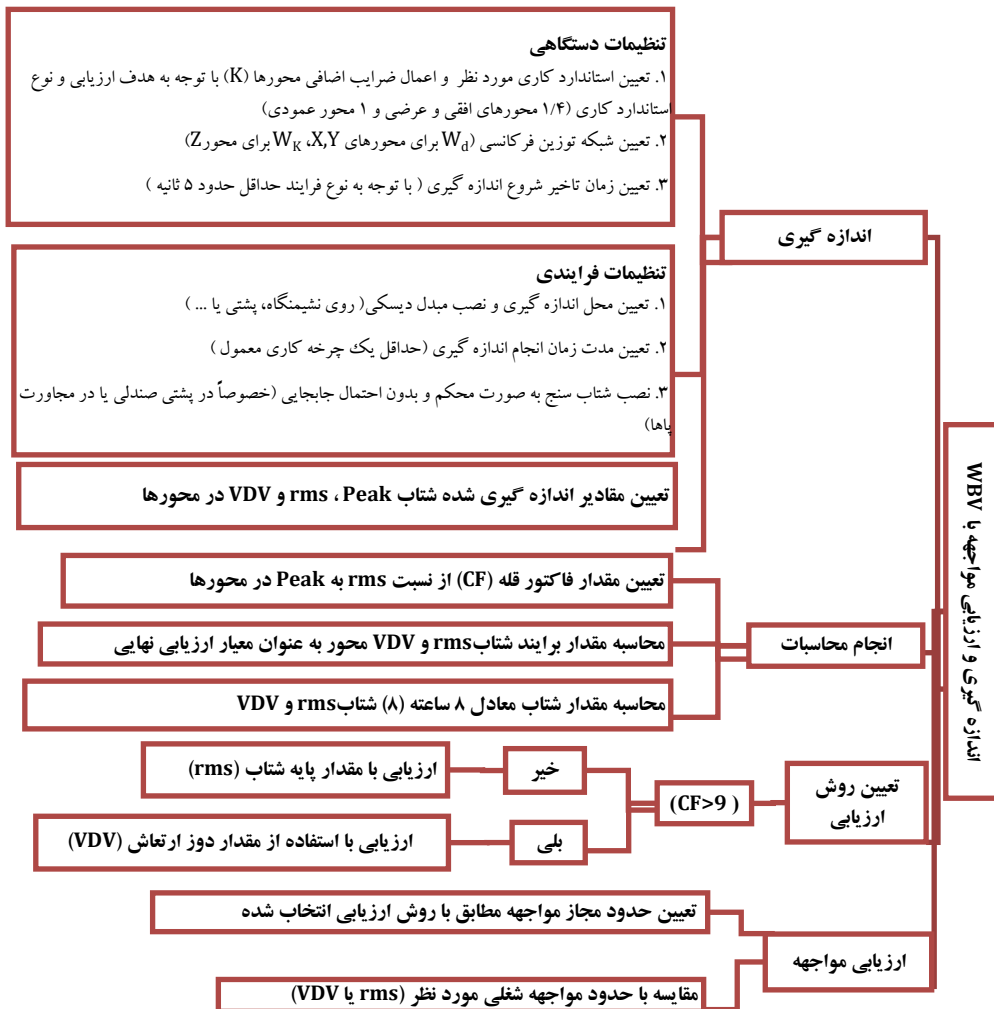
شکل ۵- ارزیابی مواجهه در شرایطی که بیشتر از یک ابزار وجود داشته باشد.

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 ارائه شده است روش انجام هر یک از مراحل در ادامه این بخش ارائه شده است.

1 Whole Body Vibration (WBV)



شکل ۱ - نمودار اندازه گیری و ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه با ارتعاش تمام بدن

اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش تمام بدن

کلیات

این بخش مطابق با استاندارد ISO 2631 روش‌های اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن ناشی از ارتعاشات دوره‌ای^۱، جاری^۲ و تصادفی^۳ را تعریف و فاکتورهای اصلی برای تعیین سطح مواجهه قابل قبول 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 قابل اجراست. 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 مورد استفاده 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 مورد استفاده 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 مورد استفاده در این زمینه مانند شتاب پیک نیز از آنجا که 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 قابل توجهی به بدن وارد می‌شود اندازه‌گیری شود. شتاب سنجی در محورهای مختصاتی اصلی تا جایی که امکان‌پذیر است بایستی باهم به صورت هم‌زمان انجام شود. سیستم مختصات بیودینامیکی مورد استفاده برای اندازه‌گیری شتاب در شکل ۲ نشان داده شده است. روش کار توصیف شده در این کتاب جهت ارزیابی شتاب‌های منتقل شده به اپراتور

1 periodic

2 transient

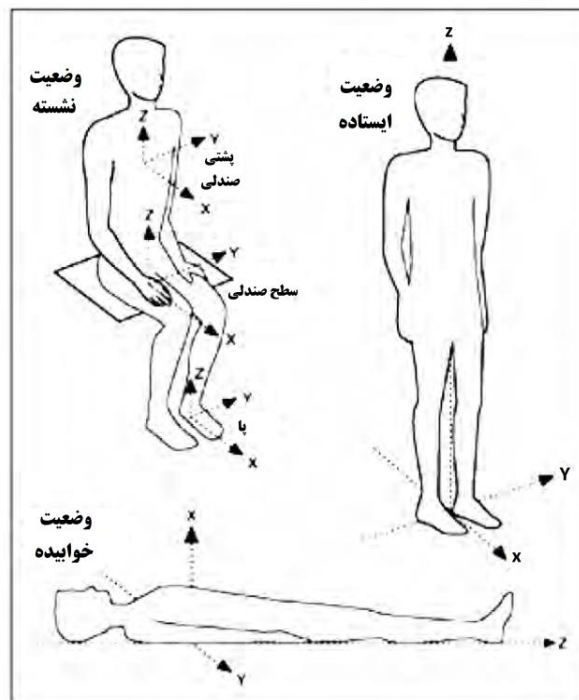
3 Random

4 Vibration Dose Value

یا شاغلینی است که بر روی صندلی به صورت عمودی نشسته باشند. دیگر وضعیت و محورهای تعریف شده در شرایط مختلف در (ISO 2631-1, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳) اشاره شده است.

شبکه‌های توزین فرکانسی

در ارتعاش تمام بدن محدوده فرکانسی حائز اهمیت از ۰/۵ تا ۸۰ هرتز است اما چون که ریسک صدمات در همه فرکانس‌ها برابر نیستند، یک باند توزین فرکانسی^۱ جهت بیان احتمال صدمات در فرکانس‌های مختلف ارائه شده 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 برای ارتعاشات افقی و عرضی (x, y)، به منظور پیش‌بینی اهمیت فرکانس‌های ۰/۵ تا ۸۰ هرتز در برآورد اثرات بهداشتی در انسان مورد استفاده 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)

ملاحظات تجهیزات اندازه گیری 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 ۱۰۳۲۶-۱ قرار گیرد. کل وزن این دیسک لاستیکی، شتاب‌سنج‌ها و کابل‌ها و اتصالات مرتبط آن نباید از ۴۰۰ گرم تجاوز نماید.

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

محل اندازه گیری 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 اندازه گیری 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 حمایت کننده نشیمنگاه یا صندلی، پشتی صندلی و پاها را به کار می‌برد. اندازه گیری بر روی سطح حمایت کننده صندلی بایستی در محل برآمدگی ورکی^۱ (بین ران و نشیمنگاه) باشد. اندازه گیری پشتی صندلی بایستی در محدوده اصلی حمایت کننده بدن انجام گیرد. اندازه گیری در پاها نیز بایستی در محلی که پاها اکثراً در آن محدوده قرار دارند انجام گیرد. روش معمول نصب شتاب‌سنج‌ها در اندازه گیری ارتعاش صندلی در ISO 10326-1 ارائه شده است.

مدت زمان اندازه گیری^۲

مدت زمان اندازه گیری باید به اندازه‌ای باشد که از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شود و درواقع ارتعاش اندازه گیری شده باید منعکس کننده مواجهه معمول اپراتور باشد. مدت زمان اندازه گیری بایستی حتماً گزارش گردد. درجایی که کل مواجهه شامل دوره‌های متفاوت با مشخصات ارتعاشی مختلفی است، تجزیه و تحلیل جداگانه هریک از دوره‌های مختلف مورد نیاز است. برای سیگنال‌های تصادفی ثابت، صحت اندازه گیری به پهنای باند پالایه و مدت زمان اندازه گیری‌ها بستگی دارد به‌عنوان مثال برای تعیین

1 Ischia tuberosities

2 duration of measurement

خطای اندازه گیری کمتر از ۳ دسی بل با سطح اطمینان ۹۰٪ زمانی که تجزیه و تحلیل در ۱/۳ اکتاو باند انجام شود نیاز به حداقل زمان اندازه گیری ۱۰۸ ثانیه برای یک فرکانس حد پایین LLF^1 ، ۱ هرتزی و ۲۲۷ ثانیه برای یک LLF ، ۰/۵ هرتزی است. به عنوان یک قاعده سرانگشتی باید زمان اندازه گیری حداقل یک دوره کامل چرخه شغلی یا مسیر راهبری را پوشش دهد.

معیار تعیین روش ارزیابی (فاکتور قله)

مقادیر حدود مجاز و عمل توصیه شده مطابق با شتاب rms برای فاکتورهای قله ۹ یا کمتر معتبر هستند (ISO 2631:1997, 2003). فاکتور قله به عنوان قدر مطلق نسبت حداکثر مقدار آنی پیک^۲ سیگنال شتاب وزنی فرکانسی به مقدار rms تعریف شده است. در صورتی که فاکتور قله از ۹ تجاوز نماید، ممکن است مقادیر تعریف شده برای حدود مجاز یا اقدام مواجهه اثرات ارتعاش را کمتر از مقدار واقعی پیش بینی نمایند و به همین دلیل باید جانب احتیاط در این شرایط رعایت گردد. بدین جهت 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 (3VDV) جهت ارزیابی ثانویه و تکمیلی استفاده شود.

روش های ارزیابی مواجهه

الف- روش ارزیابی پایه^۳ با استفاده از ریشه میانگین مربعات شتاب وزن یافته

ارزیابی ارتعاش مطابق با توصیه ISO 2631 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 معذور 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)

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T}((a_{w1}^2 \times t_1) + (a_{w2}^2 \times t_2) + \dots + (a_{wn}^2 \times t_n))}$$

شتاب rms : $a_{w1,2,...,n}$ وزن یافته فرکانسی مربوط به هر یک از بازه های زمانی t برای مواجهه روزانه

بر حسب $\frac{m}{s^2}$

1 lower limiting frequency

2 Maximum Instantaneous Peak Value

3 Vibration Dose Value

4 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 (ISO 2631-1, 6.3, 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:

$$VDV = k_l((a_{w1}(t_1)^4 + (a_{w2}(t_2)^4 + \dots + (a_{wn}(t_n)^4)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

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. قابل ذکر است که برخلاف شتاب وزن یافته کل که توسط رابطه ۱ محاسبه می‌گردد، VDV به مدت زمان اندازه‌گیری بستگی دارد.

روش VDV را نباید به منظور 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 محوره‌های x، y و z به ترتیب به صورت 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 به اختصار a_v نامیده می‌شود، به صورت ریشه‌ی مجموع مربعات مقادیر اندازه‌گیری شده محوره‌های سه گانه با اعمال ضرایب اضافی مربوط به هر محور تعریف می‌شود:

1 Vibration Dose Value

2 Transient

3 Vibration Total Value

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

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

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

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_z ضرایب 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 به عنوان 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 اندازه گیری امروزه پس از تعیین استاندارد کاری این ضرایب اضافی به صورت خودکار در نتایج خروجی اعمال می‌شوند و نباید مجدداً اعمال گردند.

تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه

در صورتی که مواجهه با ارتعاش شامل 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 ISO 2631-1 (۱۹۹۷، ۲۰۰۳، ۲۰۱۰) به صورت زیر محاسبه نمود:

$$a_{wl} = \frac{(a_{wl1}^2 \cdot t_1) + (a_{wl2}^2 \cdot t_2) + \dots + (a_{wln}^2 \cdot t_n)}{(t_1 + t_2 + \dots + t_n)} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$a_{wl1,2,\dots,n}$ = مقدار معادل شتاب وزن یافته کل در محور مورد نظر (ms^{-2} rms)

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

t = مدت زمان 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 استاندارد شده محاسبه نمود:

(رابطه ۶)

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

$a_w(8)$ = مواجهه روزانه (۸ ساعته) با ارتعاش برای هر جهت

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

T_0 = مدت زمان رفرنس (۸ ساعت یا ۲۸۸۰۰ ثانیه)

مقدار شتاب اندازه گیری شده در بازه زمانی مختلف را می توان با استفاده از رابطه ۷ به شتاب معادل ۸ ساعته تبدیل نمود.

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

که T_v کل مدت زمان روزانه ای 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 می شود. برای مشاهده نمونه های مربوط به تعیین مواجهه در شرایط مختلف نمونه های انتهایی در ضمیمه الف را ببینید.

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

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

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

حدود مجاز مواجهه با ارتعاش تمام بدن

همان طور که گفته شد ارزیابی نهایی مواجهه باید بر اساس مقادیر rms و یا VDV صورت پذیرد. حدود مواجهه شغلی (OEL) برای فرکانس های مرکزی یک سوم اکتاو باند در محدوده فرکانسی روزنانس بدن انسان برای مدت زمان های 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 فرکانس های مرکزی یک سوم 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 شنلی (OEL) و سطوح اقدام (AL) بر اساس روش ارزیابی پایه (شتاب rms وزن یافته
فرکانسی) مطابق با ISO 2631-1

شتاب وزن یافته فرکانسی ($a_w(rms)$) (m/s^2)		مدت زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)
حد مواجهه شنلی (OEL)	حد اقدام (AL)	
۶	۳	۰/۱۶۶۷ (۱۰ دقیقه)
۳/۴۶	۱/۷۳	۰/۵ (۳۰ دقیقه)
۲/۴۵	۱/۲۳	۱
۱/۷۳	۰/۸۷	۲
۱/۲۳	۰/۶۱	۴
۰/۸۷	۰/۴۳	۸
۰/۵	۰/۲۵	۲۴
$a_w(OEL) = \frac{2.45}{\sqrt{T}} \quad (m/s^2 \text{ rms})$ $a_w(AL) = \frac{1.23}{\sqrt{T}} \quad (m/s^2 \text{ rms})$ $T = \frac{6}{a_w^2(OEL)}$ $T_v = \frac{1.5}{a_w^2(AL)}$		رابطه تعیین مقدار OEL در زمان موردنظر T (ساعت) رابطه تعیین مقدار AL در زمان موردنظر T (ساعت) رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL

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

به‌طور جدی 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 حداقل AL و OEL است. قابل ذکر است که اثرات ناشناخته روان‌شناختی و فیزیولوژیک مربوط به ریسک بهداشتی ناشی از ارتعاش ممکن است وابسته به حساسیت

1 Health Guidance Caution Zone

افراد متفاوت باشد. بنابراین مادامی که از این حدود استفاده می شود، نباید آن‌ها را به عنوان 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

VDV وزن یافته فرکانسی (VDV _w) (m/s ^{1.75})		مدت زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)
حد مواجهه شغلی (OEL)	حد اقدام (AL)	
۴۴/۷۶	۲۲/۳۸	۰/۱۶۶۷ (۱۰ دقیقه)
۳۴	۱۷	۰/۵ (۳۰ دقیقه)
۲۸/۶	۱۴/۳	۱
۲۴	۱۲	۲
۲۰/۲۲	۱۰/۱	۴
۱۷	۸/۵	۸
$VDV_{(OEL)} = \frac{28.6}{T^{\frac{1}{4}}} (m/s^{1.75} rms)$ $VDV_{(AL)} = \frac{14.3}{T^{\frac{1}{4}}} (m/s^{1.75} rms)$ $T_{OEL} = 8 \left(\frac{17}{VDV_{mesu}} \right)^4 (hrs)$ $T_{OEL} = 8 \left(\frac{8.5}{VDV_{mesu}} \right)^4 (hrs)$		رابطه تعیین مقدار OEL در زمان مورد نظر T (ساعت) رابطه تعیین مقدار AL در زمان مورد نظر T (ساعت) رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL برای VDV اندازه گیری شده رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL برای VDV اندازه گیری شده
*روش VDV را نباید به منظور 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) به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مطابق با (ISO ۲۶۳۱, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰) به شرح ذیل است:

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

ب) برای ارزیابی اثرات بهداشتی اپراتورها یا شاغلین مواجهه 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 ۲۶۳۱-۱ (۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰) انجام گیرد. این امر همان‌طور که ذکر شد با استفاده از باندهای باریک فرکانسی یا یک سوم اکتاو باند به صورت 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 داده شده است. ضرایب اضافی (k_l) برای برآورد ریسک بهداشتی برای هر محور در استاندارد ISO ۲۶۳۱ تعیین شده 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:

$$a_{wl} = k_l \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_{wl}^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ب - ۱})$$

محاسبات در دامنه فرکانسی به صورت ذیل است:

$$a_{wl} = k_l (\sum [W_{li} a_{li}]^2)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ب - ۲})$$

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 ($k=1$ for z, $k=1.4$ for x and y)

$$a_{wl}(t) = \text{شتاب وزن یافته به عنوان تابعی از زمان بین } 80 - 0.5 \text{ Hz برحسب } m/s^2$$

T = دوره اندازه گیری (ثانیه)

W_{li} = وزن دهی فرکانسی برای محورها ۱ در باند فرکانسی باریک یا فرکانس مرکزی یک سوم اکتاو باند، از 80 - 0.5 Hz

a_{li} = مقدار شتاب rms برای محورها ۱ در باند فرکانسی باریک یا فرکانس مرکزی یک سوم اکتاو باند، از 80 - 0.5 Hz

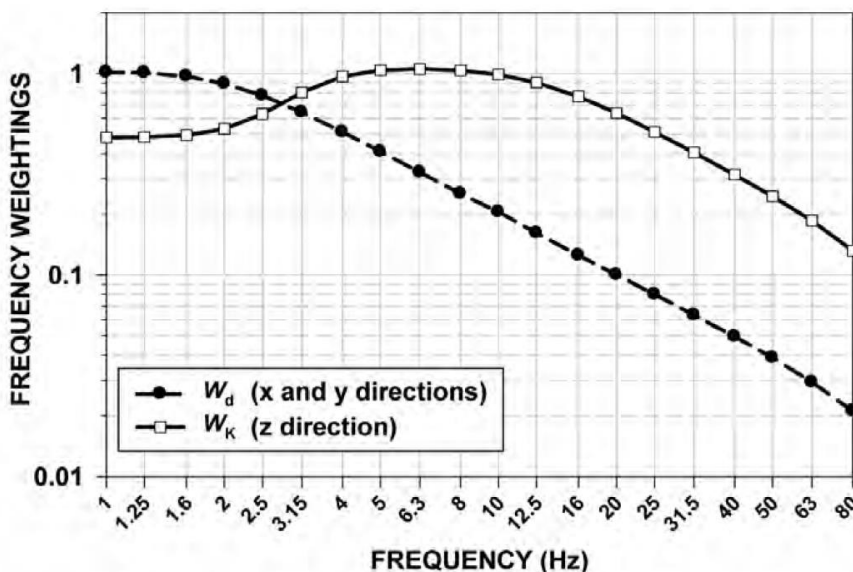
در صورتی که مواجهه با ارتعاش شامل مقادیر بزرگ متفاوت ارتعاش در دوره های زمانی مختلف و در یک محدوده زمانی ۲۴ ساعته باشد، مقدار انرژی معادل شتاب وزن یافته برای هر محور را می توان مطابق با ISO ۱-۲۶۳۱ (۱۹۹۷، ۲۰۰۳، ۲۰۱۰) به صورت زیر محاسبه نمود:

$$a_{wl,e} = \left[\frac{\sum (a_{wlj}^2 \cdot T_j)}{\sum T_j} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ب-۳})$$

$a_{wl,e}$ = مقدار معادل شتاب وزن یافته کل در محور مورد نظر ۱ ($ms^{-2} \text{ rms}$)

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

T_j = مدت زمان مواجهه برای هر دوره j (s)



شکل ۳. شبکه توزین فرکانسی W_d (برای محوره‌های X و Y) و W_k (برای محور Z, ISO ۱۹۹۷)

دوز ارتعاش مقداری است که تنها برای اندازه‌گیری‌های ارتعاش انسانی به کار می‌رود. این کمیت در نتیجه تحقیقات تجربی به دست آمده 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 مدت زمانی که بزرگی ارتعاش کم می‌شود و یا به صفر می‌رسد، کاهش نمی‌یابد. بعلاوه مواجهه با ارتعاش دائمی باعث می‌شود که دوز ارتعاش به طور پیوسته افزایش یابد درحالی‌که شتاب مؤثر ثابت می‌ماند. هنگام استفاده از این روش، به منظور حفاظت افراد از اثرات ارتعاش، مقدار مواجهه در هیچ یک از محورها نباید از $1.75 \text{ ms}^{-1.75}$ فراتر رود. به طور اکید توصیه می‌شود که اقداماتی به منظور کاهش سطح ارتعاش بر اساس VDV در رساندن میزان مواجهه به مرز احتیاطی $1.75 \text{ ms}^{-1.75}$ تا ۸/۵ اجرا گردد.

اعداد ارائه شده OEL در جداول ۱ و ۲ مطابق با مرز بالایی ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی تعریف شده توسط ISO 2631-1, 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 به طور 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 تعریف شده توسط ISO 2631-1, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰ است. با توجه به ضمیمه ISO B 2631-1, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳ در صورتی که 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 تعریف شده 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 ($a_{w1,e}$ یا a_{w1}) در هر محور یا مقدار کل ارتعاش (a_v) از مقادیر ارائه شده در جدول ۱ یا ۲ (OEL) فراتر رود یا با آن برابر باشد، آنگاه مواجهه فرد برای آن مدت‌زمان معین بیش از حد مجاز تفسیر می‌گردد.

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

گزارش وضعیت ارتعاش

این بخش طبق توصیه ISO 2631 به منظور ساده‌سازی و استاندارد کردن گزارش دهی، مقایسه و ارزیابی وضعیت ارتعاش طراحی شده است.

توصیه می‌شود دامنه و زمان همه مواجهات ارتعاشی ارزیابی شده گزارش شوند. اگر روش ارزیابی ثانویه به کار می‌رود (مثل هنگامی که فاکتور قله بزرگ‌تر از ۹ باشد) هر دو مقادیر پایه و ثانویه بایستی گزارش گردند. اگر فاکتور قله تعیین شده 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، ساینز، تناسب اندام و...) تجربه، توقعات و انگیزه فردی، تحریک (مثلاً سختی وظیفه محوله)، وضعیت بدن، نوع فعالیت (مثلاً راننده یا مسافر)، گرفتاری های مالی.

ب-۲ - مثال های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه

مثال ۱: یک راننده هر روز یک ساعت با یک لیفتراک کوچک بارگیری کامیون را انجام می دهد 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:

مخورهای اندازه گیری 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 :

$$a_w = \sqrt{0.35^2 + 0.39^2 + 0.41^2} = 0.67 \text{ m/s}^2$$

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

مثال ۲: برای راننده مثال قبل با همان شرایط، مقادیر اندازه گیری شده VDV به شرح ذیل است، ارزیابی سطح مواجهه را در این وضعیت انجام دهید.

مرحله ۱ : مقادیر ارتعاش اندازه گیری شده بر روی صندلی در مدت زمان ۲ ساعت برای لیفتراک و ۶ ساعت برای کامیون، برحسب $m/s^{1.75}$ به شرح ذیل است :

محوresهای اندازه گیری 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:

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

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:

$$VDV_{total} = [(6.7)^4 + (7.9)^4 + (10^4)]^{\frac{1}{4}} = 11.2 \quad m/s^{1.75}$$

لذا مواجهه ۸ ساعته مجموع راننده مطابق با روش ارزیابی VDV بر اساس ویژگی‌های سیگنال ارتعاشی ورودی در محورهای سه گانه 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 S2.70-2006 American National Standard Guide for the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand. ANSI, New York, New York (2006).

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 37:244-252 (2011).

Brammer AJ: Chain Saw Vibration: Its Measurement, Hazard and Control. National Research Council Pub No APS-599. Ottawa, Canada (1978) Brammer AJ: Threshold Limit for Hand-Arm Vibration Exposure throughout the Workday. Vibration Effects on the Hand and Arm in Industry, pp 291-301. AJ Brammer, W Taylor (Eds). John Wiley & Sons, New York, New York (1982)

Dong RG; Welcome DE; McDowell TW; et al.: A proposed theory on biodynamic frequency weighting for hand-transmitted vibration exposure. Ind Health 50:412-424 (2012).

International Standards Organization (ISO): ISO 5349-1 Mechanical vibration – Measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General guidelines. ISO, Geneva, Switzerland (2001a).

International Standards Organization (ISO): ISO 5349-2 Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 2 Practical guidance for measurement at the workplace. ISO, Geneva, Switzerland (2001b).

Miwa T. Evaluation methods for vibration effect. 1. Measurements of threshold and equal sensation contours on the hand for vertical and horizontal sinusoidal vibration. Ind Health (Japan) 5:213-220 (1967)

Pelmear PL; Leong DTaylor W; et al: Measurement of vibration of hand-held tools: weighted or unweighted? J Occup Med 31(11):903-908 (1989) Taylor WPelmear PL (Eds): Vibration White Finger in Industry. Academic Press, London, England (1975)

US National institute for Occupational Safety and Health (US NIOSH). Vibration Syndrome Current Intelligence Bulletin No 38. DHHS (NIOSH) Pub 83-110, NTIS Pub No PB-83-238493, also Videotape No 177. NIOSH, Cincinnati, OH (1983).

Wasserman DE, Taylor W (Eds): Proceedings of the International Occupational Hand-Arm Vibration Conference, DHEW (NIOSH) Pub No 77-170; NTIS Pub

No PB-274-246. National Technical Information Service, Springfield, VA (1977)

Wasseman DE; Taylor W Behrens V, et al.: Vibration White Finger Disease in US Workers Using Pneumatic Chipping and Grinding Hand Tools, Vol I Epidemiological. DHHS (NIOSH) Pub No 82-118, NTIS Pub No PB-83-192-849. National Technical information Service, Springfield, VA (1982a). Wasseman 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 82-101, NTIS Pub No PB-83-113-415. National Technical Information Service, Springfield, VA (1982b).

Wasserman DE: Human Aspects of Occupational Vibration Elsevier Publishers, Amsterdam, Netherlands (1987)

Wasserman DE: The control aspects of occupational hand-arm vibration. Appl Ind Hyg 4(18):F22-F26 (1989a).

Wasserman DE: To weight or not to weight..that is the question. J Occup Med 31(11):909(1989b)

International Standards Organization (ISO): ISO 10326-1:1992: Mechanical Method for Evaluating Vehicle Seat Vibration-Part 1: Vibration-Laboratory Basic Requirements. Switzerland, Geneva (1992)

international Standards Organization (ISO); ISO 2631-1:1997: Mechanical Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration- Vibration and Shock Part 1: General Requirements. Geneva, Switzerland (1997). International

Standards Organization (ISO): ISO 2631-2:2003: Mechanical Vibration and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 2: Shock to 80 Hz). Geneva, Switzerland (2003). Vibration in Buildings (1 Hz

International Standards Organization (ISO): ISO 2631-1:1997/Amd. 1:2010: and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole- Mechanical Vibration Body Vibration-Part 1: General Requirements, Amendment 1. ISO, Geneva, Switzerland (2010).

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، به جای 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 ذکر شده 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 تعیین شده 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 به تنهایی یا تلفیق با روشنایی مصنوعی حتی در نوبت کاری ثابت روز (اماکن تک نوبت کاری) 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) تعیین شده است.

اندازه‌گیری مقادیر شدت روشنایی باید توسط دستگاه سنجش روشنایی دیجیتال با دقت ۰/۱ لوکس و به صورت 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 مهندسين روشنایی^۱ (IES) در ارتفاع عمومی سطح کار و محاسبات مربوط به آن است. در صورتی که 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 به گونه‌ای باشد که نتایج سنجش روشنایی در ایستگاه‌هایی

1 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 مهندسين 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 (مثال‌ها لید، 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 مشاغل 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.

1 Diffuse

2 Correlated Color Temperature

3 Color Rendering Index

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

گروه مکان	خصوصیات مکان	اندازه اشیاء و تصاویر	مثال	میانگین شدت روشنایی عمومی مورد نیاز Lx	شاخص یکدستی Emin/Eavg
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 غیر دقیق	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 شش گانه 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 غیر دقیق	۵ سانتی متر	مشاغل تولیدی و تعمیرات عادی	۲۵۰
ب	کارهای نسبتاً دقیق	یک سانتی متر	مونتاژ قطعات مکانیکی، تعمیر تجهیزات مکانیکی	۲۷۰
ج	کارهای دقیق	۵ میلی متر	مشاغل اداری، تحریری یا تایپی، تعمیرات و مونتاژ تجهیزات الکتریکی	۳۰۰
د	کارهای خیلی دقیق	یک میلی متر	نقشه کشی، طراحی دقیق، مونتاژ یا تعمیر قطعات ریز، قالی بافی	۵۰۰
ه	کارهای فوق العاده دقیق	کمتر از یک میلی متر	طراحی فرش، مینیاتور، تعمیرات یا مونتاژ دقیق، کنترل کیفیت	۵۰۰-۱۰۰۰۰
و	کارهای فوق العاده دقیق	کمتر از یک میلی متر	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 Emin/Eavg
محوطه عمومی کارگاه‌های تولیدی و ساختمانی، توقفگاه‌ها، 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 به‌طور کلی 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 (37 ± 0.5). 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 با سابقه بیشتر در مواجهه با گرما دارند.

بنابراین، برنامه ایجاد تطابق به دو صورت قابل اجرا خواهد بود:

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

1 Heat stress

2 Heat strain

چنانچه مواجهه با گرما قطع گردد سازگاری با گرما به طور قابل توجهی بعد از ۴ روز کاهش می یابد و به طور کامل بعد از ۳ تا ۴ هفته از بین می رود. لازم به یادآوری است که سازگاری با گرما برای همان شرایط گرمایی موجود اتفاق می افتد 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 شده اند برای افراد سازش یافته و سازش نیافته متفاوت بوده و بسته به نوع لباس، میزان متابولیسم و نوع وسایل حفاظتی مورد استفاده، اصلاحاتی در آن مورد نیاز است.

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با شاخص دمای ترگویسان (WBGT) بر مبنای این فرض تعیین شده اند، 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 نموده اند تا تحت شرایط کاری معین بدون افزایش دمای عمقی بدن از حد 38°C ($100/4^{\circ}\text{F}$) 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 می شود. هدف از این حدود مجاز شغلی، حفظ و تثبیت دمای عمقی بدن در گستره نرمال (37 ± 0.5) درجه سانتی گراد است.

فرایند ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی

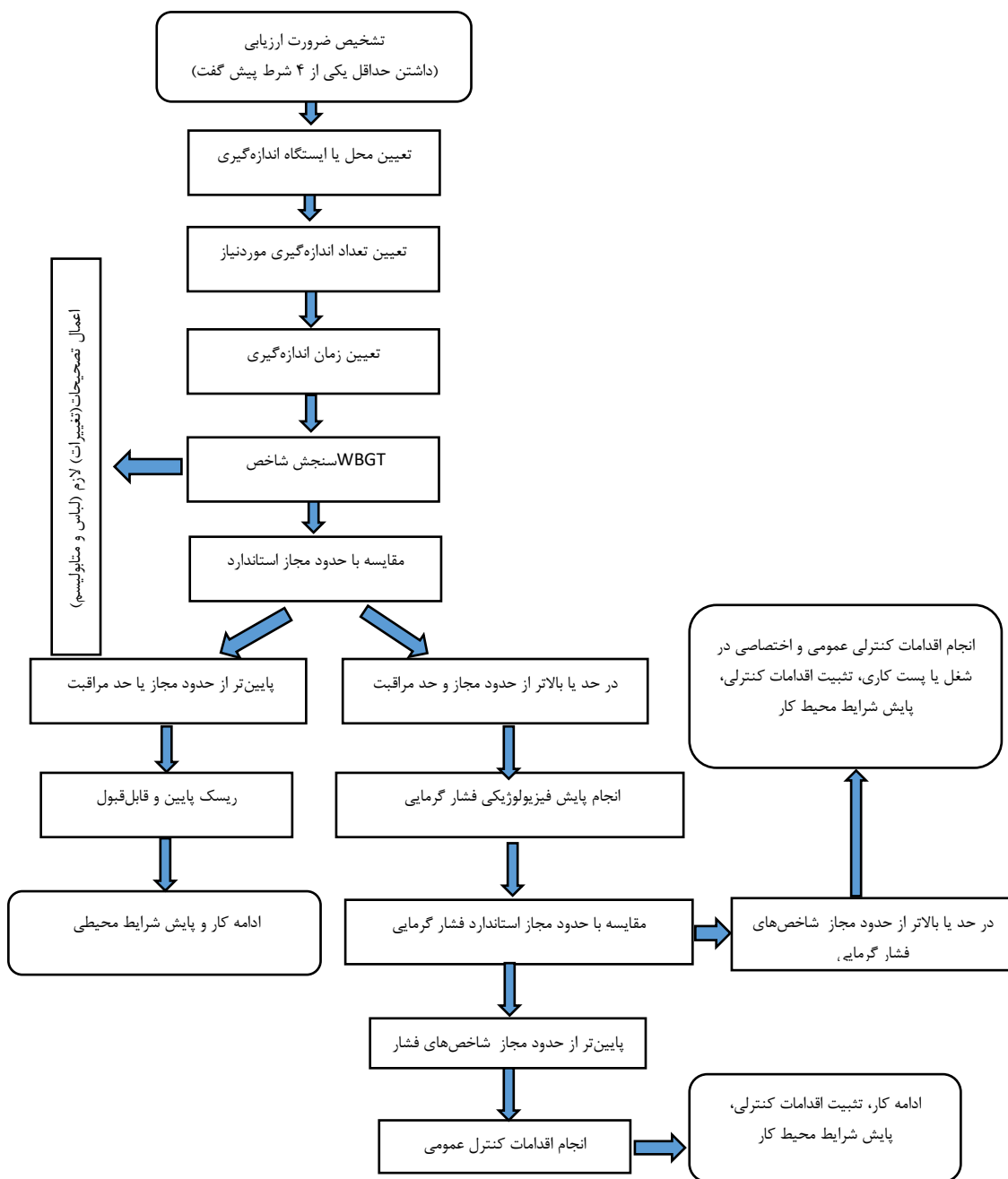
ارزیابی استرس گرمایی و فشار گرمایی در قالب یک فرایند در شکل ۱ ارائه شده است. راهنمایی های ارائه شده در شکل ۱ شرایطی را بیان می کند که تحت آن شرایط، اعتقاد بر این است که تقریباً همه افراد دارای سازگاری با گرما، با مصرف آب کافی و فاقد بیماری، بدون بروز اثرات بر سلامتی، به طور مکرر در معرض گرما قرار بگیرند.

1 Wet Bulb Globe Temperature

2 Action limit

فرایند ارزیابی به صورت مراحل زیر قابل اجرا 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 گرمای قابل توجه هستند
- وجود گزارش‌هایی 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 اندازه گیری

در تعیین محل یا ایستگاه اندازه گیری، تأکید بر مواجهه با گرما در محل هایی است که تعداد زیادی از افراد در آن محل کار می کنند. همچنین، ایستگاه های انتخابی باید نماینده مواجهه با گرمای تجربه شده توسط شاغلین در شرایط محیط داخلی (سرپوشیده) و یا محیط روباز باشد.

۳- تعیین تعداد اندازه گیری مورد نیاز

تعداد اندازه گیری مورد نیاز بسته به هدف و دقت اندازه گیری مورد نظر، 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 محل های حضور فرد، مشخص نمودن فعالیت هایی که در شرایط یکسان دمایی (هموژن) انجام می شود و زمان اختصاص یافته برای هر محل یا هر شرایط دمایی انجام می شود.

در تعیین تعداد اندازه گیری مورد نیاز برای سنجش WBGT، اصول کلی زیر پیشنهاد می گردد:

- در شرایطی که بر اساس آنالیز وظیفه، در طول نوبت کار نوسانات دمایی تغییرات چندانی نداشته باشد (اغلب در محیط های سرپوشیده که سیستم های خنک کننده 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 حس گرهای وسیله سنجش دارد و حداقل ۲۰ دقیقه برای هر نمونه باید در نظر گرفته شود.

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

الف- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به صورت مستمر (چند ساعت تا یک نوبت کاری کامل) باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به صورت یک ساعته (One-Hour-TWA/hr) محاسبه و تفسیر شود. به عبارت دیگر کل مدت زمان نمونه برداری، در مخرج کسر رابطه محاسبه TWA عدد ۶۰ دقیقه خواهد بود (دقیقه $t_1 + t_2 + \dots + t_n = 60$).

ب- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به صورت متناوب باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به صورت دوساعته (Two-Hours-TWA/hr) محاسبه و تفسیر شود. به عبارت دیگر کل مدت زمان نمونه برداری در مخرج کسر رابطه محاسبه TWA عدد ۱۲۰ دقیقه خواهد بود (دقیقه $t_1 + t_2 + \dots + t_n = 120$).

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

۴- تعیین زمان اندازه گیری

به طور کلی مناسب ترین روش اندازه گیری در ساعات متفاوت و ایستگاه های مختلف کاری در هر نوبت کاری است.

مناسب ترین زمان برای سنجش استرس های گرمایی در دو حالت محیط های روباز و سرپوشیده به صورت زیر است:

الف- محیط های روباز: در فصل تابستان به ویژه ماه های تیر و مرداد- بدیهی است با توجه به نوسانات شدید دمایی در طول نوبت کار در چنین محیط هایی، محاسبه میانگین وزنی زمانی WBGT یک ساعته (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 در عین حال که در محیط های روباز فعالیت انجام می شود، منابع حرارتی مصنوعی نیز علاوه بر منبع طبیعی (خورشید) وجود دارد (مانند آسفالت کاری)، سنجش استرس های گرمایی در ماه های دیگر نیز بنا به تشخیص کارشناس بهداشت حرفه ای ممکن است نیاز باشد.

نکته ۲: در هیچ شرایطی، در محیط های روباز سنجش استرس های گرمایی در آب و هوای بارانی، ابری و باد و طوفان و شب صحیح نیست.

نکته ۳: اندازه گیری انجام شده در هر زمانی صرفاً برای همان زمان قابل تفسیر و معتبر بوده و برای سایر زمان ها یا ماه های سال قابل تعمیم نیست و در صورت تشخیص کارشناس بهداشت حرفه ای، در هر زمانی که استرس های گرمایی پیش بینی شود، ارزیابی و کنترل در آن زمان نیز ضروری خواهد بود.

ب- محیط های سرپوشیده: در مشاغل سرپوشیده که منابع گرمایی قابل ملاحظه ای دارند و گرمای فرایندی فراتر از گرمای اقلیمی برآورد می شود (مانند فرایندهای ذوب و ریخته گری و شیشه سازی و ...)، سنجش استرس های گرمایی علاوه بر فصول گرم سال در ماه های دیگر نیز بنا به تشخیص کارشناس بهداشت حرفه ای 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:

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ tnw} + 0.2 \text{ tg} + 0.1 \text{ ta} \quad \text{الف - در فضای باز غیر مسقف}$$

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ tnw} + 0.3 \text{ tg} \quad \text{ب - در فضای سرپوشیده یا فضای باز (سایه یا ابری)}$$

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 تأیید 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 گوی‌سان و پایه مناسب برای نصب آن‌ها. در صورتی که از دماسنج‌های مایعی یا دیجیتال استفاده شود همگی می‌توانند بر روی یک پایه در ارتفاع مناسب نصب شده باشند. دماسنج‌های مورد استفاده باید قبلاً از نظر دقت و صحت مورد تأیید قرار گرفته باشند. اندازه‌گیری عوامل محیطی 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 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 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. قتیله دماسنج تر طبیعی باید حداقل به مدت نیم ساعت قبل از قرائت به وسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب شود. قتیله باید کاملاً روی مخزن دماسنج را پوشانده یا به اندازه یک طول و بیشتر

روی مخزن دماسنج را احاطه نماید. فتیله باید همیشه پاکیزه باشد و فتیله نو قبل از استفاده باید شسته شود همچنین برای پر کردن مخزن از آب مقطر استفاده شود.

ب- دماسنج گوی سان از یک کره توخالی مسی به قطر ۱۵ سانتیمتر (۶ اینچ) تشکیل شده که سطح خارجی آن با رنگ سیاه مات یا معادل آن پوشانده شده است. مخزن یا قسمت حساس دماسنج در گستره اندازه گیری ۵- تا ۱۰۰+ درجه سانتی گراد (۲۳ تا ۲۱۲ درجه فارنهایت) با دقت $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ باید دقیقاً در مرکز این کره مسی قرار گیرد. قبل از هر بار قرائت باید حداقل ۲۵ دقیقه دماسنج گوی سان در محل سنجش قرار گیرد.

ج- پایه به منظور آویزان کردن سه دماسنج پیش گفت به کار می رود. پایه باید به گونه ای قرار داده شود که جریان هوا در اطراف سه دستگاه مذکور به طور طبیعی برقرار باشد و دماسنج گوی سان در سایه پایه قرار نگیرند.

د- استفاده از سایر دماسنج هایی که در مقایسه با دماسنج های جیوه ای در شرایط محیطی مشابه مقادیر یکسانی را نشان می دهند (مانند الکلی یا الکترونیکی) مجاز است.

ه- دماسنج ها باید در وضعیتی قرار داده شوند که مقادیر قرائت شده از روی آن ها نمایانگر شرایطی باشد که شاغلین تحت آن شرایط کار یا استراحت می نمایند.

و- اندازه گیری دماهای مورد نظر جهت محاسبه WBGT باید 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 توصیه شده است.

در صورتی که محیط نامتجانس یا ناهمگون باشد (محیطی که اختلاف پارامترهای اندازه گیری شده آن بیش از ۵٪ باشد)، می بایست اندازه گیری ها در سه ارتفاع مقابل سر، شکم و قوزک پای کارگر صورت گیرد که برای افراد نشسته به ترتیب برابر ۱/۱، ۰/۶ و ۰/۱ متر و برای افراد ایستاده به ترتیب برابر ۱/۷، ۱/۱ و ۰/۱ است.

معیار محاسبه شاخص WBGT میانگین حسابی مقادیر در ارتفاع ذکر شده است که در آن شاخص ارتفاع تنه در ۲ ضرب می گردد. پس از تعیین میزان WBGT در هر ارتفاع، مقدار میانگین آن برای هر ایستگاه کاری از رابطه زیر به دست می آید:

$$WBGT = \frac{WBGT_{head} + [2 \times WBGT_{abdomen}] + WBGT_{foot}}{4}$$

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 ذکر شده 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. در صورتی که شرایط جوی این دو محیط متفاوت است، متوسط وزنی زمانی (TWA) می‌بایست محاسبه و به کار برده شود. مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) برای مواجهه مستمر با گرما (چند ساعت یا یک نوبت کاری کامل) به صورت یک‌ساعته (TWA/hr) محاسبه شود و برای مواجهه با گرما به صورت 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:

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

در رابطه فوق $WBGT_1, WBGT_2, \dots, WBGT_n$ 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 $t_1, t_2, \dots, t_n$ مدت زمان گذرانده شده در هر محیط برحسب دقیقه است که توسط زمان‌سنجی تعیین می‌گردد.

۶- اعمال اصلاحات لازم (اثر لباس و متابولیسم)

از آنجا که 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 لباس زیر) ارائه شده است. در صورتی که شرایط شغلی ایجاب نماید که یکی از لباس ها یا پوشش های 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 (محاسبه شده یا اندازه گیری شده)، مقدار WBGT مؤثر (Effective WBGT: WBGTeff) محاسبه گردد.

جدول ۱- مقدار اصلاح کننده WBGT (بر مبنای درجه سانتی گراد) بر حسب نوع لباس کار*

نوع لباس	مقداری که باید به شاخص WBGT اندازه گیری شده اضافه شود
لباس کار معمولی (پیراهن آستین بلند و شلوار)	صفر
لباس کار یکسره و نفوذپذیر	۰/۵
لباس کار سنگین (دولایه بافته شده)	۳
لباس یکسره پلی پروپیلنی (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 لباس های کاملاً ایزوله و لباس های چندلایه مورد استفاده 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 می شود. در شرایطی که دمای محیط از دمای پوست (۳۵ درجه سانتی گراد) بالاتر باشد مکانیسم غالب برای دفع گرمای بدن، تبخیر عرق از سطح پوست است. لباس های ضد آب، لباس های نفوذناپذیر در برابر هوا و عایق گرما مانند لباس های کاملاً ایزوله حفاظتی در برابر سموم، گازها و بخارات سمی، بیو آژئوسل ها (ویروس ها، باکتری ها، قارچ ها)، لباس آتش نشانان، نسوزها و غیره، دفع گرما از بدن را شدیداً محدود می کنند. به طوری که حتی در شرایط محیطی خنک، در صورت وجود گرمای متابولیکی قابل توجه، احتمال وجود فشار گرمایی وجود دارد.

ب- برآورد متابولیسم و طبقه‌بندی بار کاری

مجموع گرمای ایجادشده به وسیله بدن و گرمای محیط "کل بار گرمایی" را تعیین می‌کند. لذا اگر کار باید در محیط گرم انجام شود برای محافظت کارگر در برابر مواجهه با گرمای بیشتر از مقادیر مجاز باید "طبقه‌بندی بار کاری" برای هر یک از مشاغل تعیین و "حد مجاز گرمایی" متناسب با "بار کاری" 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 ماشین‌های 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 سانتی متر، وزن = ۷۰ کیلوگرم) $\frac{1}{8}$ 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 دست آمده 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.

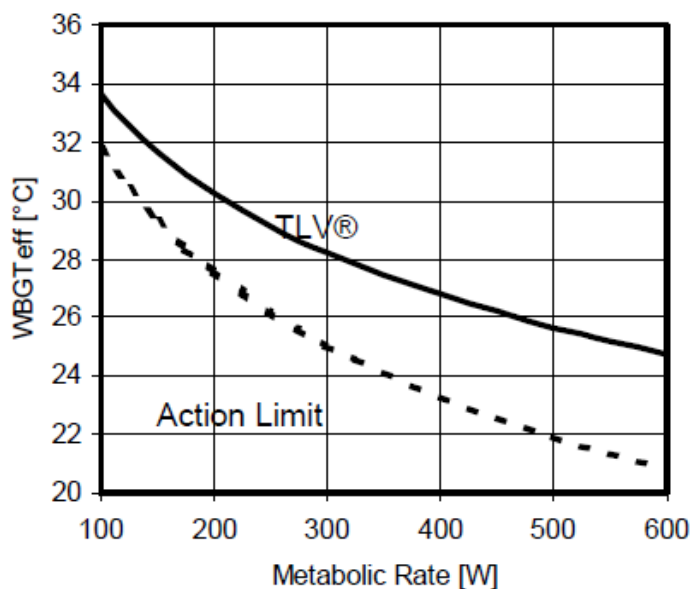
$$BSA=0.007184 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$$

BSA: Body Surface Area برحسب مترمربع

W: وزن بدن برحسب کیلوگرم

H: قد فرد برحسب سانتی متر

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 می آید. بارکاری یا از راه اندازه گیری متابولیسم کارگر حین کار مورد بحث و یا از طریق تخمین میزان متابولیسم کارگر با استفاده از جداول ۳ و ۴ تعیین می گردد و سپس با مراجعه به شکل ۲ و یا جدول شماره ۵ حد مجاز مواجهه شغلی برای استرس گرمایی مشخص می شود.



شکل ۲- حد مجاز (خط ممتد) و حد مراقبت (نقطه چین) برای استرس گرمایی در متابولیسم های مختلف (شاخص WBGT مؤثر با اضافه کردن فاکتور اصلاحی لباس به شاخص WBGT اندازه گیری شده به دست می آید).

چنانچه سطح فعالیت فرد در زمان های مختلف از نوبت کار 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 محاسبه شده مبنای تعیین حدود مجاز WBGT بر اساس مقادیر استاندارد باشد.

میزان میانگین وزنی زمانی (TWA) برای متابولیسم از معادله زیر محاسبه می گردد:

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

در رابطه فوق، $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ میزان متابولیسم تخمین زده یا اندازه گیری شده در فعالیت های مختلف و زمان استراحت کارگر در طی مدت $t_1, t_2, \dots, t_n$ (برحسب دقیقه) که توسط زمان سنجی تعیین شده است.

جدول ۳- ارزیابی بارکاری

الف- وضع بدن و حرکت		وات W	
حالت نشسته		۲۱	
حالت ایستاده		۴۲	
در حالت راه رفتن		۲۱۰-۱۴۰	
حرکت در سر بالایی		به مقدار تعیین 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	۸۴-۱۴
	سنگین	۶۳	
کار با یک بازو	سبک	۷۰	۱۷۵-۵۰
	سنگین	۱۱۹	
کار با هر دو بازو	سبک	۱۰۵	۲۴۵-۷۰
	سنگین	۱۷۵	
کار با تمام بدن	سبک	۲۴۴	۱۰۴۶-۱۷۵
	متوسط	۳۴۸	
	سنگین	۴۸۸	
	فوق سنگین	۶۲۸	

جدول ۴- مثال‌هایی از درجه بار کاری با توجه به نوع کار

درجه بار کاری	نوع کار
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	نوشتن - بافندگی تایپ کردن چکش کاری روی میخ (کفashi و مبل سازی) سوهان کاری فلزات، رنده کاری چوب و کارهای باغبانی (با شن کش) تمیز کردن سطح زمین، تکان دادن فرش ریل گذاری، چاه کنی، پوست کنی تنه درختان
مثال برای محاسبه بار کاری: مونتاژ کاری با استفاده از ابزار سنگین	
۱۴۰ W	راه رفتن در امتداد خط تولید
۲۱۰ W	متابولیسم بین کار سنگین با هر دو بازو و کار سبک با همه بدن
۳۵۰ W	جمع
۷۰ W	متابولیسم پایه نیز اضافه می شود

۷- مقایسه با حدود مجاز استاندارد

حدود استاندارد ارائه شده بر مبنای شاخص دمای تر گوی سان (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 امکان پذیر خواهد بود. مقادیر استاندارد مواجهه بر مبنای شاخص WBGT و در شکل شماره ۲ و جدول شماره ۵ ارائه شده است.

همان طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، مقادیر استاندارد در هر سطح متابولیسم دارای دو حد مجاز و حد مراقبت است. حد مراقبت همان طور 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 می شود. بنابراین می توان 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 ارائه شده برای الگوهای کار و استراحت مختلف، متفاوت است. الگوهای کار و استراحت نشان داده شده بر حسب

درصد کار در یک ساعت ارائه شده است. بنابراین آنالیز وظیفه انجام شده در شغل مورد ارزیابی، در اینجا نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

به عبارت دیگر، 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 گرم تر از مقدار ذکر شده (به صورت کوتاه مدت) در جدول ۵ وقتی مجاز است که شاخص های فشار گرمایی کمتر از حد مجاز باشد و همچنین این افراد تحت مراقبت های مرتب پزشکی قرار داشته و اثبات شود که قابلیت تحمل حرارت محیطی بیشتری نسبت به افراد عادی دارند.

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

جدول ۵- حد مجاز و حد مراقبت (عمل) مواجهه شغلی برای مواجهه با استرس گرمایی با شاخص

دمای ترکیبی سان (WBGT) مؤثر

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

نکات جدول ۵:

حد مراقبت (اقدام) درواقع مشابه شرایط افراد سازش نیافته است و شرایطی را توصیف می کند که در حدود توصیه شده برنامه های 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 سانتی گراد است و به نزدیک ترین رقم نسبت مؤثر به نیم درجه گرد شده است.

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

در صورتی که لباس کار سبک و تابستانی نباشد، مقدار شاخص WBGT مؤثر (اصلاح اثر کلوی لباس و نفوذپذیری لباس) می بایست در جدول، با حد مجاز مقایسه گردد.

در جدول ۵ برای مدت ۱۰۰٪ کار، دو نوبت استراحت کوتاه ۱۵ دقیقه ای و یک نوبت استراحت ۳۰ دقیقه ای در طول نوبت کاری در نظر گرفته شده است. تناوب کار- استراحت در حالت های بعدی باید به صورت متناوب باشد و کار یکسره در این حد مجاز ممنوع است. نوبت های استراحت صرف غذا، نماز، نوشیدن آب و مایعات حاوی نمک و شستشوی بدن می گردد.

هر چه میزان متابولیسم به دلیل نیاز شغلی افزایش پیدا کند مقادیر جدول ۵ کاهش می یابد برای اینکه دمای عمقی بیشتر افراد از مقدار ۳۸ درجه سانتی گراد بالاتر نرود. کاهش بارکاری جسمانی به اندازه پارامترهای محیطی اهمیت دارد.

با اندازه گیری 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 همان طور 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

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-9886, 2004 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 ارائه شده، 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 مداخله گرما 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 مورد توجه است. در سنجش این پارامتر باید دقت شود که دهان فرد کاملاً بسته نگاه داشته شود و حس گر 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 مورد استفاده 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 مدت زمان 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-9886, 2004 انجام و تأثیر مداخله‌گرها در آن به‌خوبی رعایت شده باشد، قابل استناد خواهد بود. جدول ۶ راهنمایی را برای محدودیت‌های قابل‌پذیرش فشار گرمایی ارائه نموده است.

جدول ۶ - راهنمایی برای محدودیت فشار گرمایی

پایش فشار گرمایی و علائم و نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما، یک وظیفه مهم در بهداشت کار است، به‌ویژه زمانی که لباس کار مورد استفاده، 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 تعریق مستمر و فراوان در بیشتر از یک ساعت
	از دست دادن وزن به مقدار ۱/۵ درصد وزن بدن در پایان نوبت کاری
	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 38 ± 0.3 درجه سانتی‌گراد، بر مبنای ضربان قلب 15 ± 120 ضربه در دقیقه و بر اساس میزان تعریق برابر 160 ± 780 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 اشاره شده در جدول ۶ در محدوده قابل قبول بود، بر اساس فرایند ارائه شده در شکل ۱، انجام کنترل های عمومی، و سپس ادامه کار، تثبیت اقدامات کنترلی، پایش شرایط محیط کار ضروری است.

در صورتی که سطوح فشارهای گرمایی بیشتر از محدوده قابل قبول بود، مواجهه با گرما باید قطع گردد و اقدامات کنترلی اختصاصی آن شغل یا پست کاری می بایست انجام گیرد و بعد از انجام اقدامات کنترلی متناسب، اثربخشی آن ها مورد بررسی قرار گیرد.

۹- کنترل و مدیریت استرس گرمایی

از بین عوامل فیزیکی محیط کار، مخاطرات ناشی از کار در محیط های 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 ویژه ای است.

برنامه مدیریت استرس گرمایی شامل انجام اقدامات کنترلی مهندسی، مدیریتی و فردی، ایجاد تطابق کارگران با گرما، تشخیص زودرس علائم بیماری های مرتبط با گرما، انجام کمک های اولیه متناسب و شناسایی ریسک فاکتورهای فردی است.

ریسک فاکتورهای فردی مرتبط با استرس گرمایی شامل سابقه گرما زدگی، ضعف های گرمایی مکرر، بیماری های قلبی و کلیوی، حاملگی، اضافه وزن و چاقی، کهولت سن و ... است. توصیه می شود که کارگران دارای ریسک فاکتور های فوق، قبل از کار در محیط های گرم، با کارشناسان بهداشت حرفه ای 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 آسیب ها با افزایش سطح استرس گرمایی، افزایش می یابد.

اجزا برنامه مدیریت استرس گرمایی شامل اقدامات عمومی و اختصاصی (جدول ۷) است که بر اساس تحلیل شرایط موجود توسط کارشناس بهداشت حرفه ای توصیه می شود. در شرایطی که شاخص WBGT مؤثر از حد مراقبت بیشتر و از حد مجاز کمتر باشد و یا لباس مورد استفاده، 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 می‌کند.	
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 می‌کنند.
	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
اقدامات کنترلی اختصاصی	پایش شرایط محیطی و شاخص‌های فیزیولوژیک فشار گرمایی و گزارش اختلالات مرتبط با گرما
	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 قابل قبول با گرما (تنظیم برنامه کار- استراحت)، ریکاوری کافی برای شاخص‌های فشار گرمایی 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 سانتی گراد 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 در نتیجه 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 ذکر شده است.

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

ج - تطابق گرما و سلامتی بدن: ضمن هفته اول مواجهه با محیط گرم، در نتیجه توازن عوامل متعدد روانی و فیزیولوژیک، تطابق با گرما^۱ در فرد به وجود می آید. مقادیر توصیه شده در مورد کارگرانی که با گرما تطابق یافته اند و سالم می باشند معتبر است. برای کارگرانی که به گرما عادت نکرده اند و یا سالم نیستند احتیاط های بیشتری باید مراعات شود.

د- عوارض ناشی از گرمزدگی: گرمزدگی از جمله عوارض جدی و نامطلوب مواجهه با درجه حرارت های بالا است و ممکن است زندگی را تهدید کند و یا ضایعات غیرقابل برگشت به جا بگذارد. بی حالی و خستگی مفرط ناشی از گرمزدگی ممکن است موجب عارضه Heat Prostration (مجموع علائم سرگیجه و تهوع و حالت Collapase) گردد، که در برخی موارد غیرقابل برگشت است. انقباض دردناک عضلات^۳، اگرچه ناتوان کننده است ولی قابل برگشت است بخصوص اگر سریع و به موقع درمان شود. از دیگر عوارض ناشی از مواجهه با گرمای زیاد، اختلال شدید الکترولیت، کم آبی بدن، سرخی پوست و ادم گرمایی و کم شدن ظرفیت های کار فکری و جسمی است.

بر طبق نتایج سازمان OSHA، دمای محیطی ۴۰ تا ۵۴ درجه سانتی گراد می تواند باعث Heat exhaust و بالاتر از ۵۴ درجه سانتی گراد اغلب باعث گرمزدگی که یک وضعیت اورژانسی است می شود. 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 ناقص الخلقه افزایش می یابد. از طرف دیگر دمای عمقی بیشتر از ۳۸ درجه سانتی گراد (۱۰۰/۴°F) به طور موقتی موجب ناباروری در مرد و یا زن می شود.

1 Acclimatization
2 Heat Exhaustion
3 Heat Cramps

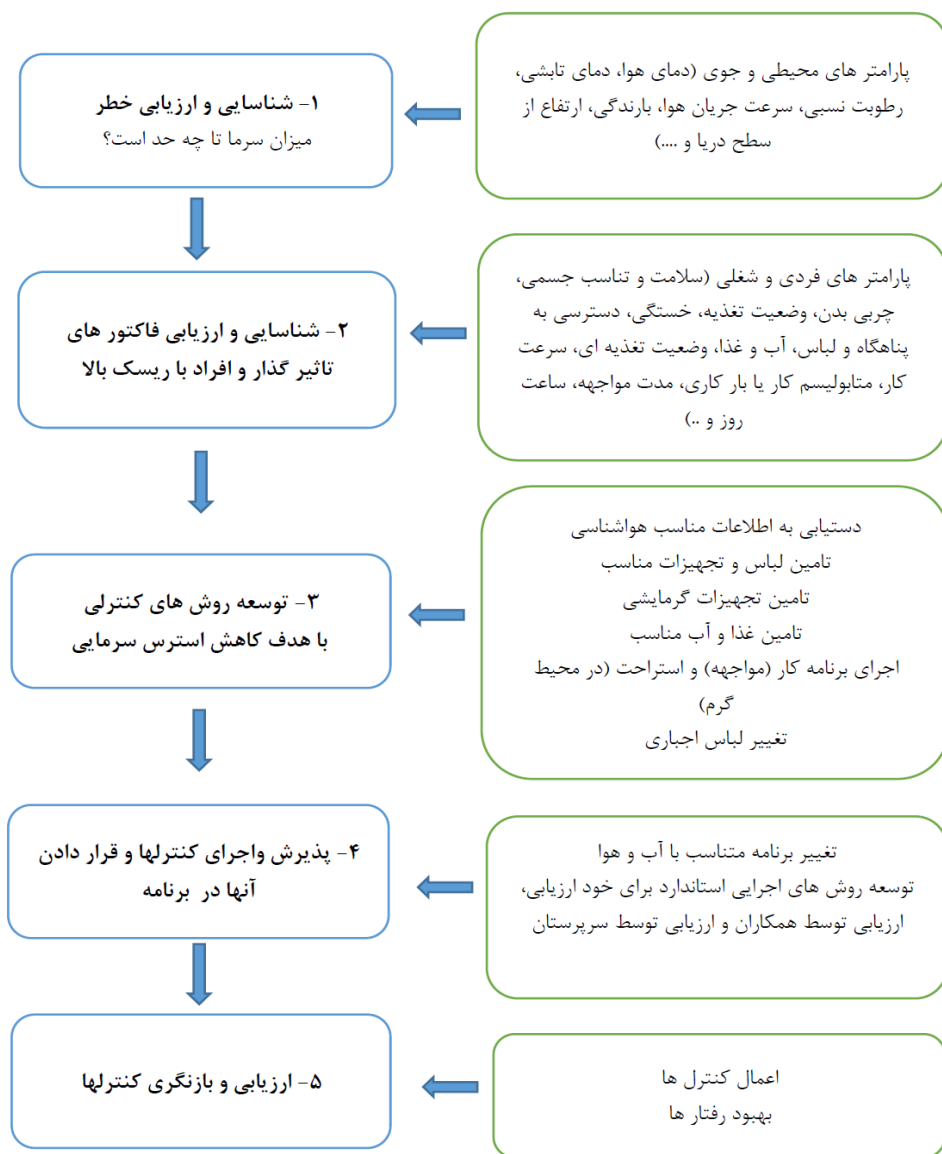
منابع:

International Organization for Standardization (ISO 7933): Ergonomics of the thermal environment—Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. ISO, Geneva (2004).
 Malchaire JB; Piette A; Kampmann B; et al.: Development and validation of the predicted heat strain model. Ann Occup Hyg. 45(2):123–35 (2001).

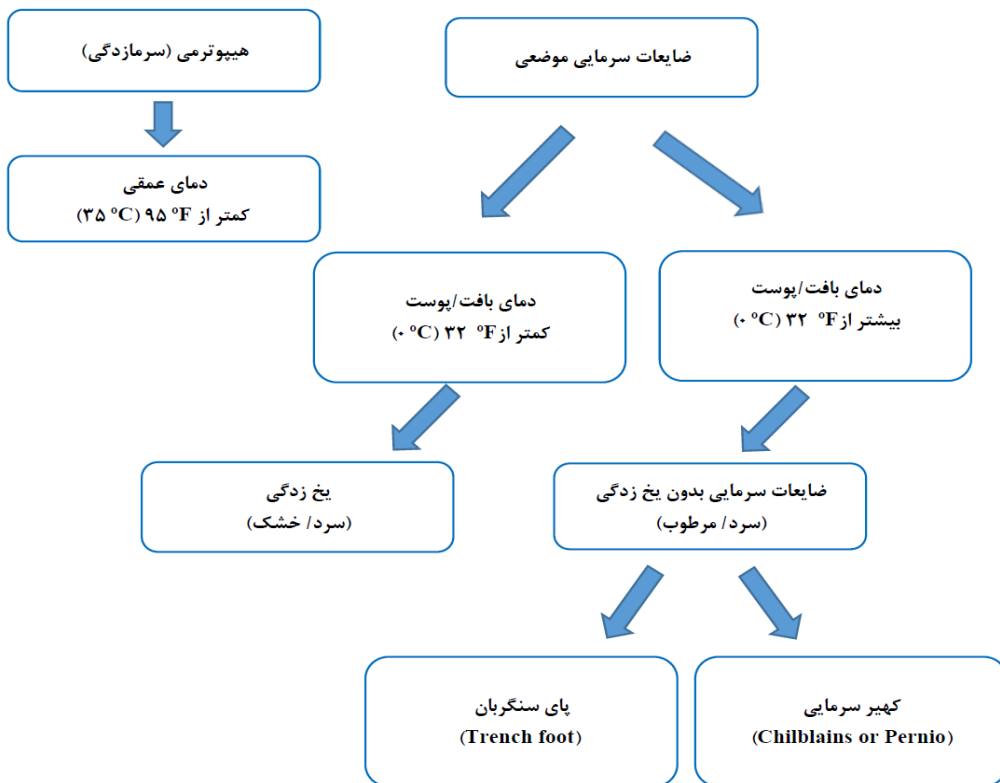
ب - تنش سرمایی^۱

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به منظور حفظ شاغلین در برابر اثرات شدید سرما (سرمازدگی و یخ زدگی) و ضایعات ناشی از آن تدوین شده است و بیانگر حالتی از مواجهه شغلی با سرما است که تحت آن شرایط تقریباً همه شاغلین می توانند 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 سانتی گراد ($96/8^{\circ}\text{F}$) جلوگیری و از ایجاد یخ زدگی انتهای اندامها، پیشگیری می کند. (حرارت عمقی بدن، همان حرارت مرکزی بدن است که از طریق اندازه گیری درجه حرارت مقعد تعیین می شود.) 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 به ویژه دستها، پاها و سر را در برابر ضایعات سرمازدگی حفاظت می نماید. 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. در صورتی که فرد استعمال دخانیات، مصرف مشروبات الکلی یا مواجهه همزمان با ارتعاش نیز داشته باشد، این حدود تعریف شده نمی تواند 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 می کند، 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.



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. به طوری که درجه حرارت عمقی مرکزی بدن به کمتر از ۳۶ درجه سانتی گراد (۹۶/۸ °F) سقوط نکند. افت درجه حرارت بدن موجب کاهش هوشیاری و تمرکز فکری می شود، تصمیم گیری منطقی کاهش می یابد و یا سبب بیهوشی و نهایتاً مرگ می گردد. هیپوترمی یک شرایط تهدید کننده زندگی است که باید به سرعت به آن پرداخته شود.

¹ Hypothermia

در یک نوبت مواجهه اتفاقی با محیط سرد، کاهش درجه حرارت مرکزی بدن به پائین تر از ۳۵ درجه سانتی گراد (95°F) مجاز نمی باشد. هنگامی که دمای عمقی بدن به زیر $91/4$ درجه فارنهایت (۳۳ درجه سانتیگراد) برسد، کارگران به شدت ناتوان می شوند.

علائم اولیه هیپوترمی شامل احساس سرما، لرز، بی علاقه‌گی 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 اندام های حرکتی ممکن است اختطاری 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. از آنجا که 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 می شود که درجه حرارت هوای محیط کمتر از ۴ درجه سانتی گراد (40°F) است برای حفظ دمای عمقی بدن به میزان بیش از ۳۶ درجه سانتی گراد ($96/8^{\circ}\text{F}$) باید لباس خشک و عایق بندی مناسب در اختیار کارگران قرار گیرد.

هرچه سرعت باد بیشتر و دمای محیط کار کمتر باشد باید میزان عایق بودن لباس مورد نیاز افزایش یابد. در این شرایط، استفاده از امکاناتی نظیر پاراوان محافظ باد، چادر یا کانکس های محدودکننده جریان هوا در محل کار به طور مؤکد توصیه می گردد.

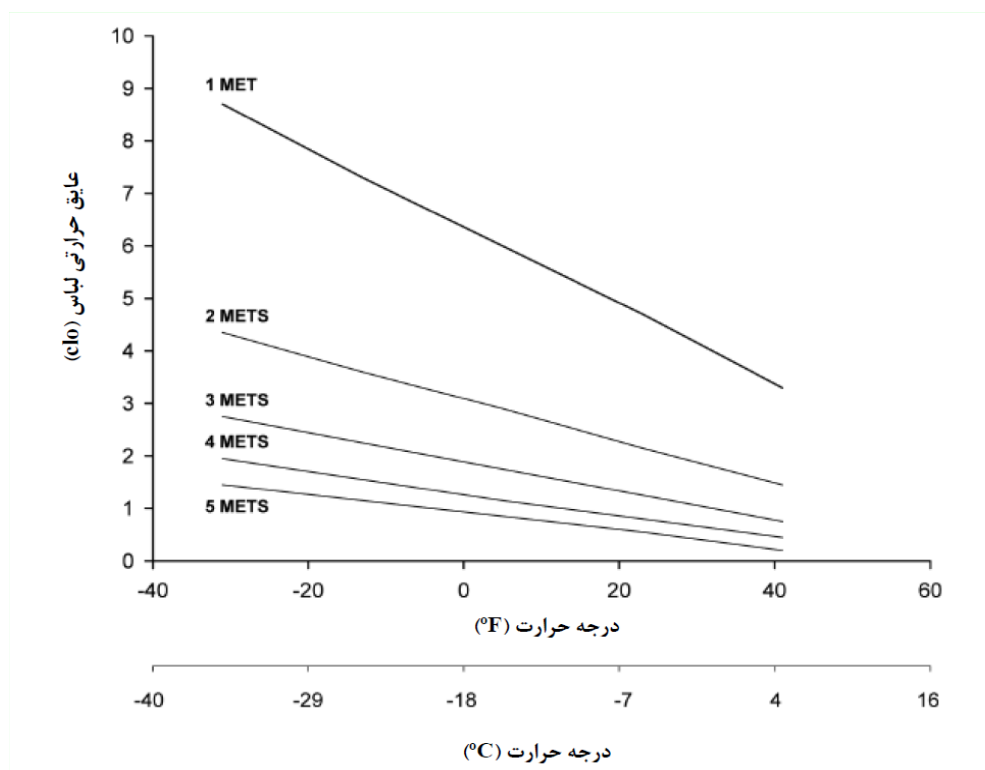
از آنجا که مواجهه طولانی مدت با هوای بسیار سرد، شرایط سرد و مرطوب، و غوطه وری در آب سرد می تواند منجر به هیپوترمی شود، محافظت از کل بدن باید مورد توجه قرار گیرد. هوای سرد، رطوبت و وزش باد بیشترین خطر را در ایجاد هیپوترمی دارا می باشند. شکل ۳ عایق لباس مورد نیاز به عنوان تابعی از دمای هوا و میزان کار 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^1) 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

1 Metabolic Equivalents

نداشته باشد، غوطه وری در آب سرد می تواند در مواردی، در مدت کوتاهی باعث هیپوترمی شدید و نهایتاً مرگ گردد. جدول ۳ مقدار زمانی را نشان می دهد که 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 سرمزدگی 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 به جز دست ها، پاها و سر معمولاً ضایعات سرمزدگی در سایر اندام ها همراه با افت دمای عمقی بدن است. شاغلین سالمند و کارکنان مبتلا به بیماری های عروقی نیازمند محافظت و مراقبت در مقابل ضایعات ناشی از سرما می باشند. پوشیدن لباس های اضافی (عایق سرما) و یا کاهش زمان مواجهه با سرما از جمله تدابیر احتیاطی است که باید مدنظر باشد. تدابیر احتیاطی اتخاذ شده تابع وضع جسمی شاغلین است و باید با مشورت و راهنمایی یک پزشک مطلع به مسائل استرس سرما و وضعیت درمانی فرد اتخاذ گردد. وجود پناهگاه مطمئن و گرم برای استراحت در وقفه های کاری، لباس یدکی خشک برای تعویض به موقع هنگام خیس شدن لباس شاغلین و همچنین امکانات تغذیه گرم، وسایل کمک های 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.

تغییرات فیزیولوژیکی	درجه حرارت		مرحله
	°C	°F	
	۳۷/۰	۹۸/۶	درجه حرارت طبیعی بدن (Normothermia)
حداکثر لرز، افزایش فشار خون	۳۵/۰	۹۵/۰	کاهش دمای اندک (Mild Hypothermia)
فراموشی، اختلال در تکلم، درک ضعیف، اختلال رفتار	۳۴/۰	۹۳/۲	
عدم تعادل، بی حسی، بی علائگی	۳۳/۰	۹۱/۴	
لجبازی	۳۲/۰	۸۹/۶	کاهش دمای متوسط (Moderate Hypothermia)
توقف لرز، گشاد شدن مردمک ها	۳۱/۰	۸۷/۸	
آریتمی قلبی، کاهش برون ده قلبی	۳۰/۰	۸۶/۰	
عدم هوشیاری	۲۹/۰	۸۴/۲	
احتمال فیبریلاسیون بطنی، کاهش تنفس	۲۸/۰	۸۲/۴	کاهش دمای شدید (Severe Hypothermia)
از دست دادن رفلکس ها و حرکات ارادی	۲۷/۰	۸۰/۶	
بر هم خوردگی تعادل اسید- باز، عدم پاسخ به درد	۲۶/۰	۷۸/۸	
کاهش جریان خون به مغز	۲۵/۰	۷۷/۰	
افت فشار خون، کندی ضربان قلب	۲۴/۰	۷۵/۲	
عدم رفلکس قرنیه، عدم رفلکس	۲۳/۰	۷۳/۴	
عدم رسم موج در الکتروانسفالوگرافی ^۱	۱۹/۰	۶۶/۲	
فقدان فعالیت الکتریکی قلب ^۲	۱۸/۰	۶۴/۴	
پایین ترین حد اتفاقی کاهش دما که نوزاد امکان بهبودی دارد.	۱۵/۲	۵۹/۲	
پایین ترین حد اتفاقی کاهش دما که فرد بالغ امکان بهبودی دارد.	۱۳/۷	۵۶/۷	

1 Electroencephalographic silence

2 Asystole

جدول ۲- شدت فعالیت برای فعالیتهای انتخاب شده در فضای باز اکتباسی از ACGIH2020

کار سنگین ۶۰۰ وات (۶ مت)	کار متوسط ۴۵۰ وات (۵-۴ مت)	کار سبک ۲۵۰ وات (۳-۲ مت)	کار نشسته ۱۰۰ وات (۱ مت)
راه رفتن روی سطح سخت با سرعت تقریبی ۵/۵ کیلومتر در ساعت و حمل بار ۴۰ پوند (تقریباً 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 استفاده می شود.	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 (تقریباً ۱۸ کیلوگرم)، جابجایی کیسه های ۵۰ کیلوگرمی؛ بیل زدن	قدم زدن در سطح صاف با سرعت ۳ تا ۴ کیلومتر در ساعت، برف روبی	خواب، نشستن در حالت آرام

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. (ACGIH2020)

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^۱

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

1 Snowshoeing

2 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 سرمای 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:

$$\text{Wind Chill Index (}^{\circ}\text{F)} = 35.74 + 0.6215 - 35.75(V^{0.16}) + 0.4275 T (V^{0.16})$$

وقتی دما بر حسب درجه سانتیگراد (°C) و سرعت باد بر حسب کیلومتر بر ساعت (km/h) باشد:

$$\text{Wind Chill Index (}^{\circ}\text{C)} = 13.12 + 0.6215T - 11.37(V^{0.16}) + 0.3965 T (V^{0.16})$$

T = Air Temperature

V = Wind Speed

1 Wooden

2 Wind Chill Temperature (TWC) Index

جدول ۴- شاخص دمای خنک کنندگی باد

سرعت باد (m/s)		دمای هوا (°C)											
		5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
(km/h)	(m/s)	دمای خنک کنندگی باد (°C)											
5	1.4	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	2.8	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	4.2	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	5.6	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	6.9	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
30	8.3	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	9.7	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	11.1	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	12.5	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	13.9	-1	-8	-15	-22	-29	-36	-42	-49	-56	-63	-69	-76
55	15.3	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	16.7	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	18.1	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	19.4	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
75	20.8	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	22.2	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

تکته: 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

جدول ۵- زمان بر حسب دقیقه تا بروز یخ زدگی گونه در ۵٪ مستعدترین پرسنل نظامی ارتش آمریکا اقتباس از: ACGIH2021

سرعت باد		دمای هوا												
m/s	mph*	(°C)	-12	-15	-18	-21	-23	-26	-29	-32	-34	-37	-40	-43
		(°F)	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
2	5	>120	>120	>120	>120	31	22	17	14	12	11	9	8	
4	10	>120	>120	>120	28	19	15	12	10	9	7	7	6	
7	15	>120	>120	33	20	15	12	9	8	7	6	5	4	
9	20	>120	>120	23	16	12	9	8	8	6	5	4	4	
11	25	>120	42	19	13	10	8	7	6	5	4	4	3	
13	30	>120	28	16	12	9	7	6	5	4	4	3	3	
16	35	>120	23	14	10	8	6	5	4	4	3	3	3	
18	40	>120	20	13	9	7	6	5	4	3	3	2	2	
20	45	>120	18	12	8	7	5	4	4	3	3	2	2	
22	50	>120	16	11	8	6	5	4	3	3	2	2	2	

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 (تقریباً 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 در معرض سرما را نشان می دهد (جداول ۴ و ۵). پوست صورت از این جهت انتخاب شده است که معمولاً 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 (۱۹/۴ درجه فارنهایت) در محیط کار افراد وجود دارد باید توسط سرپرستان هشدارهای لازم به کارگران برای جلوگیری از تماس اتفاقی با پوست برهنه داده شود.

اگر دمای هوا ۱۷/۵- درجه سانتیگراد (۵/۰ 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 شوند که بدون برداشتن دستکشان 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.

به منظور حفظ تداوم فعالیت های دستی دقیق و پیشگیری از حوادث، لازم است دست ها به طور ویژه ای به شرح زیر حفاظت شوند:

الف- اگر کارهای ظریف دستی با دست های بدون دستکش برای مدت بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در محیطی زیر ۱۶ درجه سانتی گراد (۶۰/۸ °F) انجام می شود، برای گرم نگه داشتن دست ها باید پیش بینی های ویژه انجام گیرد، بدین منظور جریان هوای گرم و بخاری های تابشی یا صفحات تماسی گرم کننده ممکن است به کار رود. در دمای کمتر از ۱- درجه سانتی گراد (۳۰/۲ °F) دسته های فلزی ابزار آلات و اهرم های کنترل باید با مواد عایق حرارتی روکش شوند.

ب- اگر دمای هوا برای کارهای نشسته به پایین تر از ۱۶ °C (۶۰/۸ °F)، در کارهای سبک به ۴ °C (۳۹/۲) و برای کار متوسط ۷- درجه سانتیگراد (۱۹/۴ درجه فارنهایت) کاهش باید و کارهای دستی ظریف دقیق و ماهرانه مورد نیاز 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 تأثیر 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. عموماً دمای عمقی بدن در آب ۵ درجه در ۱ ساعت مواجهه، در آب ۱۰ درجه در زمان ۲ ساعت مواجهه، 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 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 باید اطمینان 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 هر نوع 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. پاها 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. مثلاً 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 4°C ($39/2^{\circ}\text{F}$) 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 در نتیجه خاصیت خنک کنندگی مواد تبخیر شونده حاصل می شود. باید احتیاطات لازم برای پرهیز از خیس شدن لباس یا دستکش با مایعات

مذکور را به عمل آورند. به خصوص به اثرات حاد پاشیدن مایعات سرمازا^۱ یا مایعاتی که نقطه جوش آن‌ها مختصری بالاتر از درجه حرارت متعارف است باید توجه کافی بشود.

برنامه کار - استراحت توأم با گرم شدن بدن

جدول ۶ تعیین کننده 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 -7°C ($19/4^{\circ}\text{F}$) و یا درجه حرارت معادل سرما باد آن به طور مداوم انجام می شود 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، خواب آلودگی، تحریک پذیری و گیجی مراجعت فوری به پناهگاه ضروری است. پس از ورود به پناهگاه باید لباس را از تن خارج و بقیه لباس ها 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 می دهد، اما ممکن است استعداد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما به جهت تغییرات قابل ملاحظه در جریان خون انتهای اندام ها 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 -12°C ($10/4^{\circ}\text{F}$) 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 لباس های زیرین میزان کار نباید سنگین باشد، در صورت انجام کار سنگین باید امکان استراحت در پناهگاه های گرم و فرصت تعویض لباس های مرطوب با لباس های خشک فراهم گردد.
- ۳- در روزهای اولیه اشتغال و قبل از هماهنگ شدن فرد با رفتارهای مناسب در شرایط جوی سرد محیط کار نباید از شاغلین به طور تمام وقت استفاده کرد.
- ۴- باید حتی المقدور از لباس های سبک، کم حجم و مناسب استفاده گردد تا مانع کار راحت نشود.
- ۵- برنامه کار باید به گونه ای تنظیم شود که نشستن بی حرکت برای مدت طولانی به حداقل کاهش یابد. صندلی های با نشیمنگاه فلزی بدون عایق نبایستی استفاده کرد. کارگر باید در برابر جریان های شدید هوا به طور مناسب حفاظت شود.

۶- نکات ایمنی و بهداشت مربوطه باید به افراد آموزش داده شود. حداقل برنامه‌های آموزشی شامل دستورالعمل‌های زیر است:

الف - تمرینات استفاده از لباس‌های مخصوص

ب - عادات صحیح خوردن و آشامیدن

ج - شناسایی سرمازدگی قریب‌الوقوع

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

ه - 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 تدوین شده است. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد، به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل در ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین‌تر خواهد بود. به‌طور مثال در صورتی که فرد در دمای -۱۵- درجه سانتی‌گراد و جریان هوای آرام به مدت حداکثر ۵۰ دقیقه مواجهه داشته است تکرار مواجهه وی در دوره ۴ ساعته در صورتی مجاز است که حداقل ۳۰ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نموده باشد. در صورتی که همین کارگر در دمای مذکور و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه مشغول 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) معادل حرکت آرام پرچم

- سرعت باد ۱۰ مایل در ساعت (۱۰ mph) معادل پرچم کاملاً باز شده 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

جدول ۶- حدود مجاز مواجهه شغلی با سرما (برای یک دوره ۴ ساعته کار)

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

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

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

*** در شرایط پایین تر از این مرحله کارهای غیر اضطراری باید متوقف شود. در موارد اضطراری مواجهه کوتاه مدت ۱۰ دقیقه ای برای یک بار 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) تجاوز کند، دسترسی به هدف فوق به وسیله دستگاه‌های توزیع هوا که به طرز خاصی طراحی شده‌اند امکان پذیر است.
- ۲- به افرادی که در مواجهه با جریان هوای موجود در سردخانه هستند می‌بایست لباس حفاظتی مخصوص بادگیر داده شود.
- ۳- در مواردی که کار در محیط سرد انجام می‌شود و فرد در مواجهه با مواد سمی و همچنین در معرض ارتعاش است باید احتیاط‌های ویژه مبذول گردد، از جمله ممکن است کاهش حد مجاز شغلی به یک مرحله پایین تر 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 خیره کننده برف و یخ که می‌تواند موجب خیرگی و ورم ملتحمه گردد، به کار

گرفته شود. در مواردی که زمین پوشیده از برف است و بالقوه می تواند موجب آزارهای چشمی شود، پاک سازی محوطه کار از برف مزاحم توصیه می شود.

ضرورت های پایش محیط کار

وقتی دمای محیط کار کمتر از ۱۶ درجه سانتی گراد ($60/8^{\circ}\text{F}$) است می بایست نسبت به نصب دستگاه مناسب برای اندازه گیری دمای محیط در محل کار اقدام نمود. با چنین تدبیری نگهداری وضعیت دمای محیط کار در راستای توصیه های حد مجاز شغلی میسر است.

هر زمان که دمای هوا در محل کار به کمتر از ۱- درجه سانتی گراد ($30/2^{\circ}\text{F}$) رسید، باید حداقل هر چهار ساعت یک بار اندازه گیری دما به وسیله دماسنج خشک انجام و ثبت گردد.

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

در وضعیت کار در فضای باز، هر زمان که دمای هوا کمتر از ۱- درجه سانتی گراد ($30/2^{\circ}\text{F}$) است، میزان دمای هوا و سرعت باد باید اندازه گیری و ثبت گردد.

در کلیه مواردی که اندازه گیری 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 سانتی گراد ($19/4^{\circ}\text{F}$) 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 می کنند و یا میزان تحمل کار در سرما را کاهش می دهند، باید از کار در درجات ۱- درجه سانتی گراد ($30/2^{\circ}\text{F}$) و کمتر معاف گردند.

شاغلینی که معمولاً در درجات کمتر از ۲۴- درجه سانتی گراد ($11/2^{\circ}\text{F}$) همراه با سرعت باد کمتر از پنج مایل در ساعت و یا هوای کمتر از ۱۸- درجه سانتی گراد ($0/0^{\circ}\text{F}$) همراه با سرعت باد بیشتر از ۵ مایل در ساعت در مواجهه هستند، باید گواهی پزشکی دال بر مناسب بودن برای چنین مواجهه ای را داشته باشند. مصدومی که در دمای انجماد یا زیر صفر می ماند نیاز به توجه ویژه دارد، زیرا فرد مصدوم مستعد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما است. پیش بینی های مخصوص برای پیشگیری از بروز عوارض کاهش دما و انجماد نسوج آسیب دیده لازم است، مضافاً اینکه کمک های 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 38:2012–2029 (2006).
- National Weather Service: Windchill Temperature Index. NOAA, National Weather Service, Office of Climate, Water, and Weather Services (2001).
- US Department of the Army: Prevention and management of cold-weather injuries. Technical Bulletin Medical 508, (TB MED 508). Falls Church, VA (2005).
- Xu X; Tikuisis P: Thermoregulatory modeling for cold stress. Compr Physiol 4:1057–1081 (2014).
- International Organization for Standardization (ISO 7933): Ergonomics of the thermal environment–Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. ISO, Geneva (2004).
- Malchaire JB; Piette A; Kampmann B; et al.: Development and validation of the predicted heat strain model. Ann Occup Hyg. 45(2):123–35 (2001).

پرتوها

از آنجا که دفتر حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی وظیفه تعیین حدود پرتوگیری 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=48461>

۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۱۰، حدود پرتوگیری از تابش های لیزری در محدوده طول موج های ۱۸۰ نانومتر تا ۱۰۰۰ میکرون است.

<http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=46403>

۳- ضوابط کار در میدان مغناطیسی مستقیم یا میدان های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده (شماره ۴۷)

<https://nrpd.ir/portal/home/?48286/%D8%AC%D8%B3%D8%AA%D8%AC%D9%88%DB%8C-%D8%B6%D9%88%D8%A7%D8%A8%D8%B7-%D9%88-%D9%85%D9%82%D8%B1%D8%B1%D8%A7%D8%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 به گونه‌ای طراحی شوند که با توانایی‌های کارگر منطبق باشند.

آسیب‌های اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار (WMSDs)

یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشت شغلی، آسیب‌های اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار است که با به کارگیری 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^۱ (CTDs)، آسیب‌های ناشی از حرکات تکراری (RMIs) و آسیب‌های ناشی از تنش‌های تکراری^۲ (RSIs). برخی از این آسیب‌ها دارای علائم تشخیصی اختصاصی هستند مثل سندرم تونل کارپال^۳ (CTS). سایر آسیب‌های اسکلتی - عضلانی ممکن است به صورت 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 روزه روزه فزونی گرفته و با فعالیت‌های شغلی یا زندگی روزانه فرد تداخل می‌کنند، نباید به عنوان نتیجه طبیعی کار در نظر گرفته شوند.

1 Work-related Musculoskeletal Disorders

2 Cumulative Trauma Disorders

3 Repetitive Stress Injuries

4 Carpal Tunnel Syndrome

راهنماهای کنترل

با به کارگیری برنامه جامع ارگونومیک می توان 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 به عنوان شرکت کنندگان فعال که به طور کامل از محیط کار آگاهی دارند
- مراقبت های بهداشتی مناسب برای کارگرانی که دچار اختلالات اسکلتی عضلانی شده اند
- هنگامی که ریسک اختلالات اسکلتی عضلانی تشخیص داده می شود، باید فعالیت های برنامه ریزی شده عمومی اجرا شود، که شامل موارد زیر است:

- آموزش کارگران، سرپرستان، مهندسان و مدیران
 - گزارش اولیه علائم توسط کارگران
 - نظارت و ارزیابی مستمر آسیب، داده های بهداشتی و پزشکی
- برنامه ریزی برای اقدامات کنترلی در هر شغل به نوع MSDs بستگی دارد. این اقدامات شامل کنترل های مهندسی و مدیریتی است. حفاظت های فردی ممکن است در موارد خاص مناسب باشند. در کنترل مهندسی که به منظور حذف یا کاهش ریسک فاکتورهای شغلی به کار گرفته می شوند، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

- به کارگیری روش های مهندسی کار نظیر انجام مطالعه کار- زمان و آنالیز حرکت جهت حذف اعمال فشارهای بیش از حد و حرکات غیر ضروری.
- به کارگیری وسایل مکانیکی کمکی جهت محدود نمودن یا کاهش اعمال نیروی لازم برای نگه داشتن ابزار و اشیای مورد استفاده در حین کار.
- انتخاب یا طراحی ابزارهایی که میزان نیروی مورد نیاز و زمان در دست داشتن را کاهش داده و باعث بهبود وضعیت بدن شود.
- طراحی ایستگاه های کار قابل تنظیم به منظور بهبود وضعیت بدن در نواحی مختلف بدن.
- اجرای برنامه های کنترل کیفیت و نگهداشت تجهیزات به منظور کاهش میزان اعمال نیرو به ویژه در فعالیت های غیر مفید.

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 نوبت کاری در یک شغل سخت مشغول به کار نباشد)

از آنجایی که 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:

آرتروز روماتوئید

اختلالات غدد درون‌ریز

ترومای حاد

چاقی

بارداری

سن

جنسیت

میزان آمادگی جسمانی

آسیب‌های قلبی

دیابت

فعالیت‌های تفریحی / اوقات فراغت

حد مجاز توصیه شده 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 (از جمله شانه‌ها، گردن، کمر و اندام‌های انتهایی) رخ دهد، اما تمرکز این OEL بر روی اختلالات دست، مچ و ساعد است.

OEL نشان داده شده 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 گرفته شده 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.

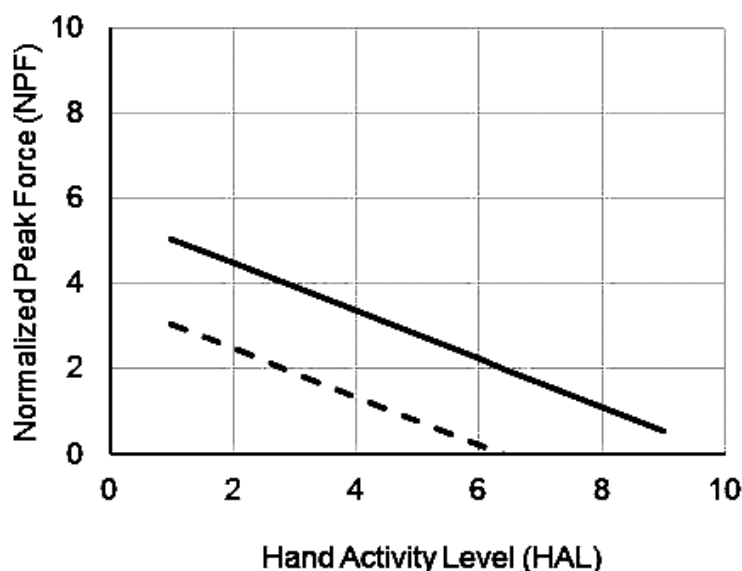
HAL بر اساس فرکانس به‌کارگیری دست و چرخه کار (توزیع کار و دوره‌های استراحت) است. HAL را می‌توان توسط ناظران آموزش‌دیده بر اساس فرکانس کار، وقفه‌های استراحت و سرعت حرکت با استفاده از مقیاس درجه‌بندی شده شکل ۲، تعیین نمود. فقط به‌کارگیری دست بیش از ۱۰٪ از نیروی ویژه وضعیت بدنی باید در نظر گرفته شود. HAL همچنین می‌تواند بر اساس مطالعات تجربی از رتبه‌بندی کارشناسان، فرکانس به‌کارگیری دست و چرخه کار محاسبه شود.

$(100\% \times (\text{زمان استراحت} + \text{زمان به‌کارگیری}) / \text{زمان به‌کارگیری})$

HAL بر اساس فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

$$HAL = 6.56 \ln D \left[\frac{F^{1.31}}{1 + 3.18 F^{1.31}} \right]$$

D) چرخه وظیفه [%] و F: فرکانس اعمال نیروی دست [ثانیه/تعداد به کارگیری 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 طور کلی 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 قابل اجرا (مردان، بانوان، جوانان، کارگران اداره، کارگران کارخانه و غیره) است:

$$10 \times (\text{نیروی مرجع ویژه وضعیت بدنی} / \text{نیروی حداکثر}) = \text{NPF} \text{ (نیروی حداکثر نرمال شده)}$$


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 می تواند 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 بزرگ تر از ۱۰ درصد نیروی ویژه وضعیت بدنی است)

چرخه وظیفه (%)					دوره زمانی (اعمال نیرو/ثانیه)	فرکانس (ثانیه/اعمال نیرو)
۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۰-۲۰		
—	—	—	۱	۱	۸	۰/۱۲۵
—	—	۳	۲	۲	۴	۰/۲۵
۵	۵	۵	۴	۳	۲	۰/۵
۷	۷	۶	۵	۴	۱	۱
۸	۸	۷	۶	—	۰/۵	۲

نکته:

۱. مقادیر HAL را به نزدیک ترین عدد کامل گرد کنید.

۲. از شکل ۲ برای به دست آوردن مقادیر HAL خارج از مقادیر لیست شده در جدول استفاده کنید.

PF و NPF می‌توانند توسط یک ناظر آموزش‌دیده با استفاده از درجه‌بندی تخمین زده شوند، که در این درجه‌بندی کارگران از یک مقیاس بزرگ 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 تکرار شونده 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، در OEL در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان مثال، 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 قابل توجهی 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 یک OEL که همه کارگران را در همه موقعیت‌ها بدون تأثیر زیاد بر میزان کار محافظت کند، وجود ندارد. بنابراین، یک حد عمل تعیین شده 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 به‌طور کلی 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.

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 ضرب در 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 به دست آمده 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 داده شده 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:

$$\text{OEL: NPF} = 5.6 - 0.56 \times \text{HAL}$$

$$\text{Action Limit: NPF} = 3.6 - 0.56 \times \text{HAL}$$

یا تعریف هم ارز خطوط:

$$\text{NPF}_{\text{OEL}} = 0.56 (10 - \text{HAL})$$

$$\text{NPF}_{\text{AL}} = \text{NPF}_{\text{OEL}} - 2$$

(۲) شاخص نیروی حداکثر:

یک مقدار بیشتر از ۱ به این معنی است که حد مربوطه از حد مجاز بیشتر است:

$$\text{PFI}_{\text{OEL}} = \text{NPF} / \text{NPF}_{\text{TLV}}$$

$$\text{PFI}_{\text{AL}} = \text{NPF} / \text{NPF}_{\text{AL}}$$

ارزیابی بار کار جسمانی

ارزیابی بار کار جسمانی که بر فرد وارد می شود به طریق زیر انجام شود:

۱. ابتدا ضربان قلب فرد در حالت استراحت (RHR) اندازه گیری شود. این کار می تواند از طریق

اندازه گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس متر در حالتی که فرد نشسته و حداقل

تا نیم ساعت قبل هیچ گونه فعالیت جسمانی نداشته است سنجش شود.

۲. حداکثر ضربان قلب فرد (MHR) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردد:

$$\text{MHR} = 220 - \text{سن}$$

۳. حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک نوبت کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول

زیر محاسبه شود:

$$\text{MWHR} = (\text{MHR} / 3) + \text{RHR}$$

۴. ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه از طریق اندازه گیری ضربان نبض و یا با استفاده از

دستگاه پالس متر سنجش شود. چنانچه شدت فعالیت جسمانی در زمان های مختلف از

نوبت کار متفاوت است، لازم است میانگین ضربان قلب در طول نوبت کار از طریق اندازه-

گیری مداوم آن محاسبه شود.

۵. میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به دست آمده است با MWHR

حاصل از مرحله ۳ با یکدیگر مقایسه شوند. چنانچه:

- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به دست آمده است کمتر از MWHR حاصل از مرحله ۳ باشد، شرایط مطلوب ارزیابی می گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نیست.
 - میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به دست آمده است بیشتر از MWHR حاصل از مرحله ۳ باشد، شرایط نامطلوب ارزیابی می گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین است.
- تلاش های زیادی برای طبقه بندی 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- تقسیم بندی 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 فوق العاده 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 روش های 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 سنجش ها مقدار خطا و سطح اطمینان اعلام شود.

روش های ارزیابی

RULA

روش RULA برای ارزیابی سریع شدت فشار وضعیتی در اندام فوقانی طراحی و ارائه شده است و به ویژه برای کارهای استاتیک (ایستا) کاربرد دارد. این روش که به وسیله Mc Atamney و Corlett در

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/>

REBA¹

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 Hignett و McAtamney در ۱۹۹۵ ارائه شده است، ابتدا وضعیت بدن یا فعالیتی که باید ارزیابی شود انتخاب می‌گردد، آنگاه با استفاده از دیاگرام‌های طراحی شده، 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 پیشنهاد شده 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%206.xls>

۱ QEC

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 در زمینه‌ی مدت زمان انجام کار، حداکثر وزن بار، اعمال نیرو به وسیله‌ی دست، ارتعاش، نیاز دیداری وظیفه و سرانجام دریافت و قضاوت کارگر نسبت به کار گردآوری می‌شود. بزرگی هریک از موارد ارزیابی شده به صورت 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%20Calculation%20Tool%20Template.xls>

۲ ROSA

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 Z412) تدوین شده 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 به منظور 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.

1 Quick Exposure Check

2 Rapid Office Strain Assessment

در لینک مقابل صفحه اصلی این روش در دسترس است: <http://leadergonomics.com/rosa>

معیارهای حدود توصیه شده

- به منظور ارزیابی مشاغل و فعالیت‌های استاتیک از روش RULA استفاده می‌شود. چنانچه نتیجه ارزیابی سطح ۴ را نشان دهد به مفهوم مواجهه بیش از حد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.
- به منظور ارزیابی مشاغل و فعالیت‌های استاتیک/دینامیک از روش REBA استفاده می‌شود. چنانچه نتیجه ارزیابی سطح ۴ را نشان دهد به مفهوم مواجهه بیش از حد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.
- به منظور 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 بیش از حد توصیه شده است که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.
- به منظور 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 بیش از حد 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 به طور مکرر و روزهای متعددی 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 به منظور 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، مفصلی 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 آسیب دیدگی قرار دهد در حالی که 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 آسیب دیدگی 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^۱ 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 مدت زمان استمرار فعالیت بلند کردن بار در طول یک نوبت کاری، یک عدد را انتخاب کنید و دور آن دایره بکشید.

نکته: در شرایطی که فرکانس بلند کردن بار کمتر از یک بار 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.

۵- اعدادی که از مراحل ۲، ۳ و ۴ به دست آمده 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)؟

جمع‌بندی:

اگر بلی، شرایط مطلوب ارزیابی می‌شود □ **اگر خیر،** شرایط غیرمجاز و نیازمند اصلاح ارزیابی می‌شود □

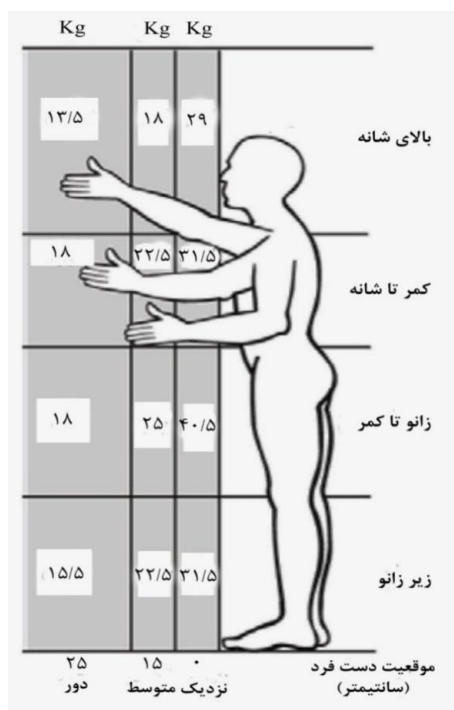
ملاحظه مهم: اگر فعالیت بلند کردن بار شامل بلند کردن بار با وزن‌های مختلف بوده و یا از نواحی گوناگونی در جلو بدن بلند می‌شوند، مراحل ۱ تا ۵ را برای شرایط زیر محاسبه نموده و ملاک ارزیابی قرار دهید:

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 نشان دهنده فرکانس بلند کردن بار و مدت زمانی که در طول نوبت کار، فرد به بلند کردن بار می پردازد

مدت زمان استمرار فعالیت بلند کردن بار در یک نوبت کاری			فرکانس بلند کردن بار (تعداد در دقیقه)
یک ساعت و کمتر	یک تا ۲ ساعت	۲ ساعت و بیشتر	
۱	۰/۹۵	۰/۸۵	یک بار در ۲ تا ۵ دقیقه
۰/۹۵	۰/۹	۰/۷۵	یک بار در دقیقه
۰/۹	۰/۸۵	۰/۶۵	۲ تا ۳ بار در دقیقه
۰/۸۵	۰/۷	۰/۴۵	۴ تا ۵ بار در دقیقه
۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۶ تا ۷ بار در دقیقه
۰/۶	۰/۳۵	۰/۱۵	۸ تا ۹ بار در دقیقه
۰/۳	۰/۲	۰/۰	۱۰ و بیشتر از آن در دقیقه

ارزیابی فعالیت های هل دادن، کشیدن و حمل بار

جداول Snook در شرکت Liberty Mutual Insurance تهیه شده اند و با بهره گیری از تجربیات کنترل شده و ارزیابی های روان شناختی برای تعیین درصد جمعیت شاغلین صنعتی که به لحاظ جسمی قادر به بلند کردن، پایین آوردن، هل دادن، کشیدن و حمل بار هستند، مورد استفاده قرار می گیرند. این جداول به تفکیک جنسیت و برای صدک های مختلف (مثل ۹۰ و ۷۵ و ۵۰ و ۲۵ و ۱۰) می باشند.

مطالعات نشان داده است که میزان صدمات، شدت و هزینه ناشی از این صدمات با صدک های جمعیتی که قادر به انجام کار هستند رابطه دارد، به طوری که هرچه صدک های بالاتری از جمعیت سازگار با انجام کار مورد نظر باشند، میزان شدت و هزینه های صدمات کمتر خواهد بود. در این کتاب فقط آن دسته از جداول اسنوک^۱ که جهت ارزیابی فعالیت های هل دادن، کشیدن و حمل بار استفاده می شوند، آورده شده اند که با شماره های ۳ تا ۷ مشخص شده اند.

جهت محاسبات برخط جداول اسنوک می توانید به لینک زیر مراجعه نمایید:

https://libertymmhtables.libertymutual.com/CM_LMTablesWeb/taskSelection.do?action=initTaskSelection

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 نوبت کاری ۸ ساعته تجاوز نمایند.
- بعضی از وزن‌ها ممکن است از حدود فیزیولوژیک توصیه‌شده در طول یک نوبت کاری ۸ ساعته تجاوز نمایند. این موارد به‌صورت اعداد کج و پررنگ در جداول نشان داده شده‌اند.
- 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	۳۳	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)

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***													
۱۴۴	۹۰	۱۶	۱۸	۱۹	۱۹	۲۰	۲۱	۲۵	۱۵	۱۶	۱۹	۱۹	۲۴		
	۷۵	۲۱	۲۳	۲۵	۲۵	۲۶	۲۷	۳۲	۱۹	۲۱	۲۵	۲۵	۳۱		
	۵۰	۲۶	۲۹	۳۱	۳۱	۳۳	۳۳	۴۰	۲۴	۲۷	۳۱	۳۱	۳۸		
	۲۵	۳۱	۳۵	۳۷	۳۷	۴۰	۴۰	۴۸	۲۸	۳۲	۳۷	۳۷	۴۶		
	۱۰	۳۶	۴۰	۴۳	۴۳	۴۵	۴۶	۵۵	۳۲	۳۷	۴۲	۴۲	۵۳		
۹۵	۹۰	۱۸	۲۱	۲۲	۲۲	۲۳	۲۴	۲۸	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۷		
	۷۵	۲۴	۲۷	۲۸	۲۸	۳۰	۳۰	۳۶	۲۱	۲۴	۲۸	۲۸	۳۵		
	۵۰	۲۹	۳۳	۳۵	۳۵	۳۷	۳۸	۴۵	۲۷	۳۰	۳۵	۳۵	۴۴		
	۲۵	۳۵	۴۰	۴۲	۴۲	۴۵	۴۵	۵۴	۳۲	۳۶	۴۲	۴۲	۵۲		
	۱۰	۴۰	۴۶	۴۹	۴۹	۵۲	۵۲	۶۲	۳۷	۴۱	۴۸	۴۸	۶۰		
۶۴	۹۰	۱۵	۱۷	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۴	۱۴	۱۶	۱۹	۱۹	۲۳		
	۷۵	۱۹	۲۱	۲۴	۲۴	۲۶	۲۶	۳۱	۱۸	۲۱	۲۴	۲۴	۳۰		
	۵۰	۲۳	۲۷	۳۰	۳۰	۳۲	۳۳	۳۹	۲۳	۲۶	۳۰	۳۰	۳۷		
	۲۵	۲۸	۳۲	۳۶	۳۶	۳۹	۳۹	۴۷	۲۸	۳۱	۳۶	۳۶	۴۵		
	۱۰	۳۲	۳۷	۴۲	۴۲	۴۴	۴۵	۵۴	۳۲	۳۶	۴۱	۴۱	۵۲		
نیروی پیوسته****															
۱۴۴	۹۰	۸	۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶	۸	۱۰	۱۲	۱۳	۱۶		
	۷۵	۱۱	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸	۱۸	۲۲	۱۱	۱۳	۱۶	۱۸	۲۱		
	۵۰	۱۴	۱۷	۲۰	۲۰	۲۳	۲۴	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳	۲۸		
	۲۵	۱۷	۲۰	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۴	۱۸	۲۱	۲۵	۲۹	۳۴		
	۱۰	۲۰	۲۴	۲۸	۲۹	۳۳	۳۴	۴۰	۲۱	۲۵	۲۹	۳۳	۳۹		
۹۵	۹۰	۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۳	۱۶	۸	۱۰	۱۲	۱۳	۱۶		
	۷۵	۱۱	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸	۱۸	۲۱	۱۱	۱۳	۱۶	۱۸	۲۱		
	۵۰	۱۴	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳	۲۳	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷		
	۲۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۴	۱۸	۲۱	۲۵	۲۸	۳۳		
	۱۰	۲۰	۲۵	۲۸	۲۹	۳۲	۳۳	۴۰	۲۱	۲۵	۲۹	۳۳	۳۹		
۶۴	۹۰	۸	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۵	۸	۹	۱۱	۱۳	۱۵		
	۷۵	۱۱	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۷	۲۱	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰		
	۵۰	۱۴	۱۷	۱۹	۱۹	۲۲	۲۲	۲۷	۱۴	۱۶	۱۹	۲۲	۲۶		
	۲۵	۱۸	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۳۳	۱۷	۲۰	۲۴	۲۷	۳۲		
	۱۰	۲۱	۲۵	۲۷	۲۸	۳۱	۳۲	۳۸	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۳۷		

* 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	
۶۴	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	
۶۴	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	۷	۸	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۷	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	۷	۷	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۷	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	۷	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	۶	۶	۶	۷	۷	۹	۵	۶	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	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۵	۲۱	
	۱۰	۱۴	۱۷	۱۸	۱۸	۲۰	۲۲	۲۷	۱۵	۱۷	۱۷	۱۸	۲۵	
۸۹	۹۰	۵	۶	۶	۷	۷	۸	۱۰	۵	۶	۶	۷	۹	
	۷۵	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۴	۸	۹	۹	۱۰	۱۳	
	۵۰	۹	۱۱	۱۲	۱۲	۱۴	۱۵	۱۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷	
	۲۵	۱۲	۱۴	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۴	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	۲۲	
	۱۰	۱۴	۱۷	۱۹	۱۹	۲۱	۲۳	۲۸	۱۶	۱۸	۱۸	۱۹	۲۶	
۵۷	۹۰	۵	۶	۶	۶	۷	۷	۹	۵	۶	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	۱۴	۱۵	۱۵	۱۷	۱۸	۲۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۵	۲۰	
	۱۰	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۶	۱۵	۱۶	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 نگه داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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	۴	۴	۴	۶
	۷۵	۷	۸	۸	۸	۱۱	۶	۶	۶	۹
	۵۰	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۵	۸	۸	۹	۱۲
	۲۵	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۵
	۱۰	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۲۲	۱۳	۱۳	۱۳	۱۷
۸۹	۹۰	۵	۶	۶	۶	۸	۴	۴	۵	۶
	۷۵	۷	۸	۸	۹	۱۲	۶	۶	۷	۹
	۵۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶	۸	۹	۹	۱۲
	۲۵	۱۳	۱۴	۱۴	۱۵	۲۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۵
	۱۰	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۲۴	۱۳	۱۳	۱۴	۱۸
۵۷	۹۰	۵	۵	۵	۶	۷	۴	۴	۴	۶
	۷۵	۷	۷	۸	۸	۱۱	۶	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	۱۶	۱۶	۲۲	۱۳	۱۳	۱۳	۱۷

** درصد جمعیت صنعتی

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

*** 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							۷/۶ 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***													
۱۴۴	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
	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
۹۵	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
	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
۶۴	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
	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****															
۱۴۴	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
	۵۰	۱۳	۱۶	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۸	۱۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳
	۲۵	۱۵	۲۰	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
۹۵	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
	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
۶۴	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
	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

** درصد جمعیت صنعتی

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

*** 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		
۶۴	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	۱۲	۱۳	۱۶	۱۸	۲۱		
	۵۰	۱۴	۱۷	۱۹	۱۹	۲۲	۲۳	۲۷	۱۴	۱۷	۱۹	۲۲	۲۶		
	۲۵	۱۷	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷	۳۲		
	۱۰	۱۹	۲۳	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۷	۱۹	۲۳	۲۷	۳۱	۳۶		
۶۴	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		

** درصد جمعیت صنعتی

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

*** نیروی اولیه مورد نیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد نیاز برای نگه داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۵-ج- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای مردان (کیلو گرم)

ارتفاع*	درصد**	۴۵/۷ متر کشیدن یک بار کشیدن در هر					۶۱ متر کشیدن یک بار 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 (سانتی متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگه داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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	۳۳	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	۷	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	۱۲	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	۷	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	۱۵	۱۶	۱۸	۲۲
	۲۵	۱۲	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۳۰	۱۴	۱۶	۱۸	۱۸	۲۰	۲۲	۲۷
	۱۰	۱۴	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۲۸	۳۵	۱۶	۱۸	۲۱	۲۱	۲۳	۲۵	۳۱
۵۷	۹۰	۵	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۷	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	۱۹	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 مورد نیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد نیاز برای نگه داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیک ۸ ساعته می‌باشند.

جدول ۶-ب- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای زنان (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***													
۱۳۵	۹۰	۱۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷		
	۷۵	۱۲	۱۴	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۰	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰		
	۵۰	۱۴	۱۶	۱۹	۱۹	۲۱	۲۲	۲۴	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۴		
	۲۵	۱۶	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۲۷	۱۹	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷		
	۱۰	۱۸	۲۱	۲۴	۲۵	۲۷	۲۹	۳۰	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۳۱		
۸۹	۹۰	۱۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸		
	۷۵	۱۲	۱۵	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱		
	۵۰	۱۴	۱۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵		
	۲۵	۱۶	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۲۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۵	۲۹		
	۱۰	۱۸	۲۲	۲۵	۲۶	۲۹	۳۰	۳۲	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸	۳۲		
۵۷	۹۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۵	۱۷	۱۸	۱۹	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۹		
	۷۵	۱۳	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲		
	۵۰	۱۵	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶		
	۲۵	۱۷	۲۱	۲۳	۲۴	۲۷	۲۸	۳۰	۲۱	۲۳	۲۵	۲۷	۳۰		
	۱۰	۱۹	۲۳	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۴		
نیروی پیوسته****															
۱۳۵	۹۰	۶	۷	۷	۸	۸	۹	۱۱	۶	۷	۷	۸	۱۰		
	۷۵	۷	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۵	۸	۹	۱۰	۱۰	۱۴		
	۵۰	۹	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۵	۱۹	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷		
	۲۵	۱۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۳	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	۲۱		
	۱۰	۱۳	۱۶	۱۸	۱۸	۲۰	۲۲	۲۷	۱۵	۱۷	۱۷	۱۸	۲۵		
۸۹	۹۰	۵	۶	۷	۷	۸	۹	۱۱	۶	۷	۷	۷	۱۰		
	۷۵	۷	۸	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۸	۹	۹	۱۰	۱۳		
	۵۰	۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۸	۱۰	۱۲	۱۲	۱۳	۱۷		
	۲۵	۱۱	۱۳	۱۵	۱۵	۱۷	۱۸	۲۲	۱۲	۱۴	۱۵	۱۵	۲۱		
	۱۰	۱۳	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۶	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۴		
۵۷	۹۰	۵	۶	۷	۷	۸	۹	۱۰	۶	۶	۶	۷	۹		
	۷۵	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۹	۱۲		
	۵۰	۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۷	۹	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶		
	۲۵	۱۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۶	۱۷	۲۱	۱۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۹		
	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۴	۱۳	۱۵	۱۶	۱۶	۲۲		

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی *** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در

شروع حرکت **** نیروی پیوسته موردنیاز برای نگاه‌داشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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 یک بار کشیدن در هر					۶۱ متر کشیدن یک بار 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	۱۳	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	۱۳	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	۱۳	۱۳	۱۷	۹	۱۰	۱۰	۱۳
	۱۰	۱۲	۱۴	۱۴	۱۵	۲۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۶

** درصد جمعیت صنعتی

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

*** نیروی اولیه مورد نیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد نیاز برای نگهداشتن بار در ادامه حرکت

- اعدادی که به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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 به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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**	۴/۳ 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	۲۴	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	۱۴	۱۵	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۸
	۱۰	۱۶	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 به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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 به صورت کج و پررنگ نشان داده شده‌اند 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. 42, No. 19, pp. 1351-1355), 1998.
- Mc Atamney, L., & Corlett, E. N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied ergonomics, 24(2), 91-99, 1993.
- 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, 45-51, 1995.
- Middlesworth M, A step-by-step guide to the WISHA lifting calculator, Available 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, 43(1), 98-108, 2012.
- Snook, S. H., & Ciriello, V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. Ergonomics, 34(9), 1197-1213, 1991.

بخش پنجم: عوامل بیولوژیکی

عوامل بیولوژیکی شامل باکتری ها، قارچ ها، ویروس ها، آراکنیدها (عنکبوتیان)، جلبک ها و انگل ها می باشند. اصطلاح «عامل بیولوژیکی» به ماده ای با منشأ بیولوژیک اطلاق می شود 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).

بیوآژوسل ها، آژوسول هایی هستند که از موجودات زنده تشکیل شده و یا از آنها مشتق شده اند و می توانند شامل ارگانیسم های زنده و غیرزنده، ویروس ها، بخش های بدن آنها، سموم و ذرات زنده و غیر زنده و پسماندهای ذره ای باشند. عوامل بیولوژیکی ماهیتی فراگیر دارند اما ممکن است در محیط ها و مواد انسان ساز تقویت یا تشدید شوند. بسیاری از این عوامل بیولوژیکی شامل یا ناشی از: فعالیت های متابولیکی یا تجزیه مواد مغذی و بسترهای زیستی (سابسترها)، اندوتوکسین ها، مایکوتوکسین ها، آنتی ژن ها، آلرژن ها و یا ترکیبات آلی فرار می باشند. انسان ها هر روزه به طور مداوم در معرض طیف وسیعی از این آلاینده ها در غلظت های 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، سابتیلیسین ها (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 نگران کننده 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 می‌شوند. ج) رشد میکروبی در محیط‌های سرپوشیده، تقویت یا ابقای رشد بیولوژیکی، منابع عوامل عفونی یا بیماری‌زا، یا ته نشین شده، انباشته یا تقویت شده، که ممکن است به صورت ذرات معلق در هوا در آیند و انسان در مواجهه با آنها قرار گیرد.

کمیته[®] ACGIH در مورد بیوآئروسل‌ها بر این نظر است که، در حال حاضر، اندازه‌گیری 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 تجمع، 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، نمونه‌گیری 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 می کنند، نتایج حاصل از بررسی بیوآئروسول های محیطی می تواند غیرقطعی و گمراه کننده باشد. تفسیر نتایج نمونه برداری بسیار ذهنی است و اغلب مبتنی بر اطلاعات علمی یا مبتنی بر شواهد نیست. با توجه به چالش های مربوط به اندازه گیری 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 باکتری ها، قارچ ها یا ویروس ها؛ ب) بیوآئروسول های 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) آلاینده های بیولوژیکی قابل سنجش (به عنوان مثال، اندوتوکسین ها، مایکوتوکسین ها، آنتی ژن ها یا ترکیبات آلی فرار میکروبی^۵).

الف - کل بیوآئروسول های قابل کشت یا قابل شمارش. بیوآئروسول های قابل کشت آن دسته از باکتری ها، ویروس ها و قارچ هایی هستند که می توان با روش های 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). بیوآئروسول های قابل شمارش نیز اسپورهای قارچی، سلول های 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 بیوآئروسول قابل کشت یا قابل شمارش وجود ندارد:

^۱ *Aspergillus fumigatus*

^۲ *Legionella pneumophila*

^۳ SARS-COV-2

^۴ *Mycobacterium tuberculosis*

^۵ MVOCs

^۶ Colony-Forming Unit

- ۶- میکروارگانسیم های قابل کشت و ذرات بیولوژیکی قابل شمارش یک موجودیت واحد را تشکیل نمی دهند (به عنوان مثال، بیوآئروسل ها در بخشهای محیطی و غیر کشاورزی به طور کلی مخلوط پیچیده ای از ذرات مختلف میکروبی، حیوانی و گیاهی هستند).
- ۷- واکنش های انسان به بیوآئروسل ها از تأثیرات بی ضرر تا بیماریهای جدی و حتی کشنده به عامل خاص در گیر 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 روش های قابل اعتماد متعددی برای جمع آوری و تجزیه و تحلیل مواد بیوآئروسل در دسترس است، با این حال، روش های مختلف جمع آوری 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 روش های 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 آبی، 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) بیوآئروسل های قابل کشت یا قابل شمارش خاص به غیر از عوامل عفونی. OELS اختصاصی برای بیوآئروسل های 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 بیوآئروسول قابل کشت یا قابل شمارش با اثرات سوء سلامتی تا حد زیادی از گزارشات موردی و ارزیابی‌های مواجهه کیفی تشکیل شده است.

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

۴- بیشتر داده‌ها در مورد غلظت‌های بیوآئروسول‌های 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 قارچ‌های قابل کشت برای نشان دادن مواجهه آنتی ژن‌های قارچی موجود در هوا استفاده می‌کنند. علاوه بر این، بیشتر اندازه‌گیری‌ها 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 بیوآئروسول در محیط‌های مختلف شغلی، غیر شغلی و زیست محیطی بسیار متفاوت است. متأسفانه، نمونه‌برداری تکرارشونده در ارزیابی‌های بیوآئروسول چندان معمول نمی‌باشد. بعلاوه، معمولاً دستگاه‌های نمونه‌گیری هوا برای نظارت بر فضای داخلی برای جمع‌آوری نمونه‌های «آنی» در فواصل زمانی نسبتاً کوتاه طراحی شده‌اند. اندازه‌گیری نمونه‌های آنی کوتاه‌مدت و کوتاه مدت ممکن است یک یا چند مرتبه از غلظت‌های متوسط دراز مدت، بالاتر (یا پایین‌تر) باشد و بعید به نظر می‌رسد مواجهه ساکنین را به طور دقیق نشان دهد. برخی از ارگانیزم‌ها و منابع به عنوان «غلظت انفجار»، غلظتی از آئروسول را آزاد می‌کنند، که فقط به ندرت با نمونه‌گیری محدود می‌توان آن را تشخیص داد. با این وجود، چنین انتشارهای اپیزودیک (منقطع) و گذرای بیوآئروسول 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 می‌توان داده‌های 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. نمونه‌برداری هوا برای تعیین TWA یا مواجهه گذرا در اکثر محیط‌ها 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 ایمن سازی، 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 مراقبت‌های 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 ریسپراتورهای تنفسی مناسب را نیز برای کاهش مواجهه کارگران با بیوآئروسل‌های عفونی به کار بگیرند.

د - سایر آلاینده‌های 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 نمی توانند موید OELS یا BEIS هیچ یک از این مواد باشند. با این حال، روش های سنجش برای برخی آنتی ژن های متداول موجود در هوا و اندوتوکسین ها به طور پیوسته در حال بهبود هستند و اعتبار این سنجش ها 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 بررسی های اپیدمیولوژیک مشاهده شده است.

بنابراین، ممکن است در آینده حدود مواجهه آلاینده های معلق در هوا، قابل آزمایش و از طریق بیولوژیک حاصل شود. علاوه بر این، تکنیک های نوآورانه مولکولی به طور فزاینده ای برای بیوآئروسول های خاص یا آلاینده های 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 (1999).