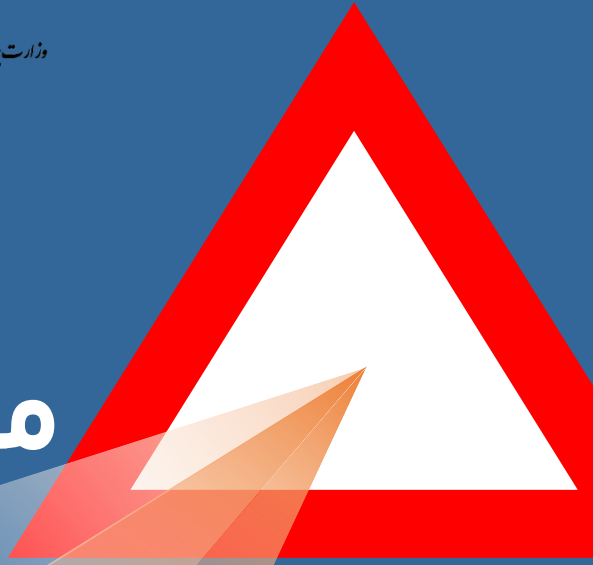


حدود مجاز مواجهه شغلی



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

ویرایش ششم ۱۴۰۵



شابک :

شماره کتابشناسی ملی:

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 ۶]

مشخصات نشر : وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت بهداشت، مرکز سلامت محیط و کار، ۱۴۰۵
مشخصات ظاهری : ۴۰۸ ص، جدول و نمودار

یادداشت : چاپ قبلی :

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 ششم ۱۴۰۵

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

تلفن: ۸۱۴۵۴۱۴۴-۸۱۴۵۴۱۳۹-۰۲۱ ، نامبر: ۸۱۴۵۴۳۵۷-۰۲۱ ،

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

مجری طرح : دکتر فاطمه صادقی گلوردی

مؤلف : وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مرکز سلامت محیط و کار، گروه عوامل شیمیایی و سموم

نوبت چاپ : اول- ۱۴۰۵

تیراژ :

فیلم زینک:

چاپ و صحافی:

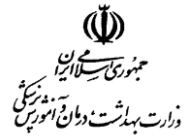
شابک :



جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

حدود مجاز مواجهه شغلی

ویرایش ششم ۱۴۰۵



بسمه تعالی

پیام وزیر

در دنیای پرشتاب و پیچیده امروز، سرمایه انسانی و به‌ویژه نیروی کار ماهر، اساسی‌ترین رکن توسعه پایدار و پیشرفت کشورها به شمار می‌رود. در این میان، تأمین سلامت جسمی، روانی و اجتماعی شاغلان از طریق ایجاد محیط کار ایمن و سالم، همواره از اولویت‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی بوده است.

امروزه به‌کارگیری هزاران ماده شیمیایی با اثرات متنوع، به همراه استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات پیشرفته صنعتی، منجر به گسترش مواجهه شاغلان با انواع عوامل زیان‌آور محیط کار شده که در صورت عدم کنترل صحیح، می‌تواند خطر بروز بیماری‌های شغلی و کاهش بهره‌وری نیروی کار را افزایش دهد. برای تضمین سلامت نیروی کار، شناسایی و ارزیابی این عوامل بر اساس معیارهای علمی نظیر "حدود مجاز مواجهه شغلی" ضروری است.

با توجه به تحولات علمی و پژوهشی مداوم در حوزه بهداشت شغلی، بازنگری و به‌روزرسانی این حدود امری اجتناب‌ناپذیر است. از این رو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی اقدام به تدوین و انتشار ویرایش ششم "حدود مجاز مواجهه شغلی" نموده است. این سند، مبنای علمی و اجرایی برای کلیه کارفرمایان، مدیران، کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و سایر متخصصان مرتبط بوده و رعایت آن در تمام واحدهای شغلی کشور الزامی است. در صورت وجود مواجهه با عوامل زیان‌آور فراتر از حدود مجاز، لازم است اقدامات اصلاحی مؤثر فنی، مهندسی، مدیریتی و نظارتی در دستور کار قرار گیرد.

در نسخه پیش رو تلاش شده تا با بهره‌گیری از تجارب جهانی، رویکردی جامع‌تر برای مقابله با عوامل نوپدید زیستی، تهدیدهای زیست‌محیطی و بیماری‌های قابل انتقال در محیط کار اتخاذ گردد.

امید است با بهره‌برداری از این مجموعه که حاصل تلاش جمعی از اساتید، پژوهشگران و کارشناسان حوزه بهداشت حرفه‌ای در کشور است، شاهد ارتقاء سطح سلامت شغلی، کاهش بیماری‌های ناشی از کار و ارتقاء بهره‌وری نیروی کار در مسیر توسعه پایدار میهن عزیزمان باشیم.

دکتر محمدرضا ظفرقندی
وزیر بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

اعضای کمیته‌های بازنگری و تدوین ویرایش ششم حدود مجاز مواجهه شغلی

سمت	نام و نام خانوادگی
مسئول طرح	مهندس محسن فرهادی، دکتر سید محمد سید مهدی
مجری طرح	دکتر فاطمه صادقی گلوردی
مسئول هماهنگی اجرا	مهندس حسین طلعتی
اعضاء کمیته های علمی	
کمیته عوامل شیمیایی	دکتر فریده گل بابایی
"	دکتر عبدالرحمن بهرامی
"	دکتر فرشید قربانی شهنا
"	دکتر مجید حبیبی محرز
"	دکتر ابوالفضل مقدسی کوچکسرائی
"	مهندس زهره کرمی
"	مهندس زهرا رحیمی
"	مهندس رضا مرادی
"	دکتر فرشید وفا
"	دکتر مریم رامین ثابت
"	دکتر رضا عزتیان
کمیته عوامل فیزیکی	دکتر رستم گلمحمدی
"	دکتر کیکاووس ازره
"	دکتر محسن علی آبادی
"	دکتر مسعود شفیعی مطلق
"	دکتر حمیدرضا حیدری
"	دکتر ابراهیم تابان
"	مهندس حمید اقتصادی
کمیته ریسک فاکتورهای ارگونومی	دکتر علیرضا چوبینه
"	دکتر عبدالحمید تاجور
"	دکتر ندا مهدوی
"	مهندس زهره روشنی
"	مهندس احسان فروش
"	مهندس امیر حسین ملا آقا بابایی

دکتر سید جمال‌الدین شاه‌طاهری	کمیته پایش بیولوژیکی و عوامل بیولوژیک
دکتر محمد جواد عصارى	"
دکتر ابوالفضل مقدسی کوچکسرائی	"
مهندس ندا بختیاری	"
مهندس مهدی علی گل	"
خانم مهندس بهبویه	همکار در گردآوری

فهرست مطالب:

پیام وزیر	۴
مستندات قانونی	۱۵
بخش اول: حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی	۲۱
مقدمه	۲۱
تعریف حدود مجاز مواجهه شغلی	۲۳
مقایسه حد مجاز مواجهه شغلی TWA و STEL با حد مجاز مواجهه شغلی سقفی (C)	۳۰
حدود مجاز مخلوط مواد شیمیایی	۳۱
تغییرات در شرایط و برنامه‌های کاری	۳۲
کاربرد حدود مجاز مواجهه برای شرایط محیطی غیر معمول	۳۲
برنامه‌های کاری غیر معمول برای مشاغل با گردش کار هفتگی	۳۳
نمادها	۳۶
شاخص بیولوژیکی واجهه (BEIs)	۳۶
سرطان‌زایی	۳۶
بخار و مواد قابل تنفس	۳۷
مواد شیمیایی با قابلیت ایجاد آسیب شنوایی	۳۷
ایجاد حساسیت	۳۸
پوست	۳۹
علائم و حروف مخفف	۴۲
روش استفاده از جدول حدود مجاز مواجهه شغلی	۴۴
فهرست الزام آور حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی محیط کار	۴۶
ضمایم حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی	۱۶۳
ضمیمه الف: سرطان‌زایی	۱۶۳
AI- سرطان‌زای تائید شده انسانی	۱۶۳

A2- مشکوک به سرطان‌زایی در انسان ۱۶۳

A3- سرطان‌زای تأیید شده برای حیوان با ارتباط ناشناخته بر انسان ۱۶۴

A4- غیرقابل طبقه بندی به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی ۱۶۴

A5- مشکوک نبودن به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی ۱۶۴

ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند

(PNOS) ۱۶۵

ضمیمه ج: معیار نمونه برداری مبتنی بر انتخاب سائز ذرات هوابرد ۱۶۶

ضمیمه د: گونه‌های گیاهی مهم تجاری مشکوک به حساسیت‌زا ۱۷۰

ضمیمه ه: معیار حد مجاز مواجهه شغلی برای مخلوط‌ها ۱۷۱

کاربرد فرمول مخلوط مواد برای حالت اثرات افزایشی ۱۷۱

محدودیت‌ها و موارد خاص ۱۷۴

مثال‌های حد مجاز مواجهه شغلی برای مخلوط‌ها ۱۷۵

ضمیمه و: حداقل محتوای اکسیژن ۱۷۷

ضمیمه ن: موادی که اسناد و TLV های آن‌ها به دلایل مختلف از جمله ناکافی بودن اطلاعات، داده

ها، گروه بندی مجدد، و غیره حذف شده‌اند. (داده‌های انفرادی برای یک دوره ۱۰ ساله باقی

خواهند ماند که از سال حذف شروع می شود) ۱۸۳

ضمیمه ی: روش محاسبه دوطرفه برای مخلوط‌های بخار حلال هیدرو کربنی تصفیه شده معین ... ۱۸۵

بخش دوم: حدود مجاز شاخص‌های زیستی مواجهه ۱۹۱

پایش زیستی (BM) ۱۹۱

ارتباط BEI با OEL ۱۹۲

جمع‌آوری نمونه ۱۹۴

مقبولیت نمونه ادرار ۱۹۵

نمادهای ملاحظات ۱۹۶

ضمانت کیفی ۱۹۷

۱۹۸.....	کاربرد BEIS.....
۲۱۹.....	بخش سوم: حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) با عوامل فیزیکی محیط کار.....
۲۱۹.....	مقدمه.....
۲۲۰.....	تعاریف.....
۲۲۱.....	آکوستیک.....
۲۲۱.....	مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین.....
۲۲۲.....	فراصوت.....
۲۲۴.....	حد مجاز مواجهه شغلی با صدا.....
۲۲۷.....	نکات مهم در ارزیابی صدا.....
۲۲۷.....	مواجهه شاغلین بخشهای اداری.....
۲۲۸.....	صدای منقطع.....
۲۲۹.....	نکات مهم در اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با صدا.....
۲۳۰.....	صدای ضربه ای یا کوبه ای.....
۲۳۴.....	ارتعاش.....
۲۳۴.....	ارتعاش انسانی.....
۲۳۴.....	ارتعاش دست - بازو.....
۲۳۴.....	ملاحظات اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست - بازو (HAV).....
۲۳۵.....	اندازه گیری مواجهه با ارتعاش دست - بازو.....
۲۳۵.....	ملاحظات کلی.....
۲۳۶.....	تجهیزات اندازه گیری ارتعاش دست - بازو.....
۲۳۶.....	دریافت کننده ارتعاش.....
۲۳۶.....	محل نصب و جهت دهی شتاب سنج.....
۲۳۸.....	کمیت تعیین بزرگی و شبکه توزین فرکانسی.....

- ۲۳۸ تعیین مدت زمان اندازه گیری
- ۲۳۸ ارتعاش چند محوره
- ۲۴۰ تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه
- ۲۴۰ حدود مجاز مواجهه با ارتعاش دست - بازو
- ۲۴۵ حد اقدام
- ۲۴۷ ارتعاش دست - بازو از نوع پیوسته، منقطع، ضربهای یا کوبهای
- ۲۴۹ ضمیمه ۱- نکات تکمیلی
- ۲۵۲ ضمیمه ۲- مثال‌های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه
- ۲۵۶ ارتعاش تمام بدن
- ۲۵۶ ملاحظات اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن (WBV)
- ۲۵۷ ملاحظات کلی مربوط به ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن
- ۲۵۸ تعیین روش ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن (فاکتور قله)
- ۲۵۹ روش‌های ارزیابی مواجهه
- ۲۵۹ الف- روش ارزیابی پایه با استفاده از ریشه میانگین مربعات شتاب وزن یافته
- ۲۵۹ ب- روش استفاده از مقدار دوز ارتعاش (VDV)
- ۲۶۰ حدود مجاز مواجهه با ارتعاش تمام بدن
- ۲۶۴ ترکیب محورها
- ۲۶۵ تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه
- ۲۶۶ محل اندازه گیری و نصب شتاب سنج
- ۲۶۶ مدت زمان اندازه گیری
- ۲۶۷ ضمیمه ۱- نکات تکمیلی
- ۲۶۹ ضمیمه ۲- مثال‌های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه
- ۲۷۷ **روشنایی**
- ۲۷۹ روشنایی اضطراری

- جنبه های سلامت شغلی مربوط به منابع نوری مصنوعی جدید ۲۸۲
- الف - تنش های گرمایی در محیط کار ۲۸۶**
- کلیات ۲۸۶
- ارزیابی تنش و فشار ناشی از مواجهه با گرما ۲۸۸
- فرایند ارزیابی ۲۸۸
- تعیین محل یا ایستگاه اندازه گیری ۲۸۹
- تعیین تعداد اندازه گیری مورد نیاز ۲۸۹
- تعیین زمان اندازه گیری ۲۹۰
- سنجش شاخص WBGT ۲۹۱
- نکات مهم و کلیدی در اندازه گیری و ارزیابی تنش گرمایی ۲۹۲
- اندازه گیری عوامل محیطی ۲۹۲
- اعمال اصلاحات لازم (اثر لباس و متابولیسم) ۲۹۵
- مدیریت مواجهات مستمر و مواجهات بیش از ۸ ساعت با گرما ۳۰۴
- انجام پایش فیزیولوژیک فشار گرمایی ۳۰۴
- کنترل و مدیریت تنش گرمایی ۳۰۷
- برنامه اجرایی مدیریت تنش گرمایی ۳۰۸
- تأمین آب و نمک جبرانی ۳۱۰
- سایر ملاحظات ۳۱۱
- ب - تنش سرمایی در محیط کار ۳۱۴**
- پیشگیری از هیپوترمی یا سرمازدگی ۳۱۷
- پیشگیری از یخ زدگی ۳۲۲
- مواجهه حاد با آب سرد ۳۲۷
- لباس هوای سرد ۳۲۸
- برنامه کار - استراحت توأم با گرم شدن بدن ۳۳۰

- ۳۳۳.....توصیه‌هایی برای محیط کار خاص.....
- ۳۳۳.....ضرورت پایش محیط کار.....
- ۳۳۴.....ملاحظات پزشکی.....
- ۳۳۶.....**پرتوها**.....
- ۳۳۷.....**بخش چهارم: حدود مجاز در ارگونومی**.....
- ۳۳۷.....آسیب‌های اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار (WMSDs).....
- ۳۳۸.....راهبردهای کنترل.....
- ۳۳۹.....عوامل غیر شغلی.....
- ۳۴۰.....ارزیابی ریسک بروز اختلالات اسکلتی - عضلانی.....
- ۳۴۷.....ارزیابی بار کار جسمانی.....
- ۳۴۸.....فعالیت دست.....
- ۳۵۲.....روند انجام کار.....
- ۳۵۲.....در نظر گرفتن عوامل دیگر.....
- ۳۵۳.....ارزیابی خستگی موضعی اندام فوقانی.....
- ۳۵۴.....الگوهای بارکاری.....
- ۳۵۷.....کار بالاتر از سطح شانه.....
- ۳۶۱.....دستورالعمل‌های کاربران.....
- ۳۶۳.....**بخش پنجم: عوامل بیولوژیکی**.....
- ۳۶۹.....استراتژی ارزیابی مواجهه با بیوآژنوسول ها.....
- ۳۷۱.....بررسی‌های بهداشتی.....
- ۳۷۱.....تعیین ویژگی محل.....
- ۳۷۱.....قاعده مهندسی فرضیه.....
- ۳۷۲.....نمونه برداری.....

- ۳۷۳.....آنالیز داده‌ها و آزمون فرضیه.....
- ۳۷۳.....روش‌های اندازه‌گیری بیواثرسول‌ها.....
- ۳۷۹.....مباحث آماری.....
- ۳۷۹.....حدود پایین تشخیص (LODs).....
- ۳۷۹.....حدود تعیین مقدار.....
- ۳۸۰.....حد بالا‌های تشخیص (upper limits of detection).....

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 سازمان‌ها موظف به رعایت ضوابط مربوطه می‌باشند.

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 برنامه‌های بهداشتی مخصوصاً در زمینه بهداشت محیط، کنترل و نظارت بهداشتی بر سموم و مواد شیمیایی، مبارزه با بیماری‌ها، بهداشت خانواده و مدارس، آموزش بهداشت عمومی، بهداشت کار و شاغلین با تأکید بر اولویت مراقبت‌های بهداشتی اولیه، به‌ویژه بهداشت مادران و کودکان با همکاری و هماهنگی دستگاه‌های ذی‌ربط.

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

خدمات بهداشتی، درمانی، بهزیستی و دارویی.

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

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

ج) بند ۱۶: تعیین ضوابط مربوط به ارزیابی، نظارت و کنترل بر برنامه‌ها و خدمات واحدها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی، بهداشتی - درمانی و بهزیستی و انجام این امور بر اساس استانداردهای مربوطه.

ماده ۱۰ آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح ماده ۷۶ قانون تأمین اجتماعی

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

ماده ۸۵ قانون کار

برای صیانت نیروی انسانی و منابع مادی کشور رعایت دستورالعمل‌هایی که از طریق شورای عالی حفاظت فنی (جهت تأمین حفاظت فنی) و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (جهت جلوگیری از بیماری‌های حرفه‌ای و تأمین بهداشت کار و کارگر و محیط کار) تدوین می‌شود، برای کلیه کارگاه‌ها، 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. 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 مواجهه 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. با توجه 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 (OELs) در ایران مربوط به سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۲، ۱۳۹۱، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ بوده و اینک ویرایش ششم آن در سال ۱۴۰۵ ارائه می‌گردد.

به منظور تدوین ویرایش ششم در گام نخست، به روز رسانی ویرایش پنجم بر مبنای ویرایش TLV-2026 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

1 Occupational Exposure Limits

و نشانگرهای زیستی، عوامل بیولوژیکی، عوامل فیزیکی و ارگونومی بود. وظیفه اعضاء کمیته بررسی مستندات داخلی و بین‌المللی و ارائه نقطه نظرات در خصوص حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل زیان‌آور فیزیکی، شیمیایی و ریسک فاکتورهای ارگونومی ترجمه شده و انطباق آن با شرایط کشور از نظر داشتن قابلیت اجرا و مقررات جاری بوده است. اعضای کارگروه‌های مذکور شامل اعضای 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 این موضوع، رویکردی کاملاً پژوهش محور داشت. تجربیات کشورهای پیشرو و سازمان‌های فراملیتی نیز به‌طور مطلق منطبق و متکی بر پژوهش‌های خود آنان نیست بلکه با بهره‌گیری از نتایج کار محققین در سراسر دنیا و تجربیات میدانی و اجرایی و با در نظر گرفتن ملاحظات بومی، حدود مجاز مواجهه را برای عوامل زیان‌آور تدوین و منتشر می‌کنند. منبع اصلی در ویرایش‌های قبلی و اخیر کتاب حدود مجاز مواجهه کشور اکتباسی و با محوریت راهنمای حدود مجاز مواجهه از انتشارات ACGIH بوده است. این راهنما صراحت دارد که در حدود مجاز تعیین شده 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: اکتباس، 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 پنجم، انتشار سال ۱۴۰۰
- استفاده از فهرست آخرین حدود مجاز شغلی سازمان‌های: OSHA, NIOSH, ACGIH
- استانداردهای اتحادیه اروپا و حدود مجاز کشورهای ژاپن
- استفاده از منابع علمی جدید، به روز و معتبر بین‌المللی و نتایج آخرین مطالعات در کشورهای دیگر

- بهره‌گیری از یافته‌ها و مدل‌های میدانی حاصل از مطالعات کاربردی 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 متاثر از مسئولیت‌های مشترک با سازمان‌های بین‌المللی و بین‌دولت‌ها

کتاب حاضر تحت عنوان "حدود مجاز مواجهه شغلی" می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای سالم‌سازی 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 به‌دقت مطالعه و در موارد ضروری با متخصصین مربوطه مشورت گردد. 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 لحاظ خواهد شد. رعایت حدود مجاز اعلام شده در این کتاب برآوردی از وضعیتی است که در آن شرایط اختلال فیزیولوژیک یا بیماری مشهودی برای عموم شاغلین در محدوده‌های اعلام شده حادث نگردد. لذا، 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 تعیین شده 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 پیگیری‌های 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 بلافصل 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.

مهندس محسن فرهادی
رییس مرکز سلامت محیط و کار

بخش اول: حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی

مقدمه

در این فصل حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی به همراه مطالب تکمیلی مفید جهت بیان بهتر واژه‌های اختصاصی و تعاریف و کاربرد هر یک از آن‌ها ارائه می‌شود. حد مجاز مواجهه بایستی توسط کارشناسان و متخصصان بهداشت حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. این حدود باهدف ارزیابی و سطح کنترل مخاطرات محیط‌های کاری 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 طولانی‌مدت استفاده کرد. 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. این موضوع به این معنا نیست که از لحظه‌ای که مواجهه با مواد شیمیایی بیشتر از حدود مجاز مواجهه می‌شود، اثرات بیماری‌زایی مواد شیمیایی شروع می‌گردد. به دلایل مختلف از جمله تفاوت در حساسیت و آسیب‌پذیری افراد، ممکن است بخش کوچکی از شاغلین در اثر مواجهه با مقادیر معادل و حتی کمتر از حد تعیین شده دچار عوارض جزئی، بیماری یا عارضه جدی و تشدید یا پیشرفت عوارض و بیماری‌های قبلی شوند. در این موارد، متخصصین طب کار بایستی این گروه از افراد را شناسایی و تحت مراقبت ویژه قرار دهند. بنابراین هرچند ملاحظات کافی برای تدوین این حدود مجاز اعمال شده است، اما باید در نظر داشت که حدود تعیین شده مرز قطعی بین محیط کار سالم و پتانسیل مواجهه شغلی با مواد شیمیایی نیست و همواره باید جانب احتیاط را مراعات کرد. لذا، فارغ از مقادیر ارائه شده به عنوان حدود مجاز مواجهه شغلی اکیدا توصیه می‌گردد که بر اساس عقل و منطق، 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 ژنتیکی، سن، عادات فردی، استعمال سیگار، مواد مخدر، آلودگی هوا، درمان‌های دارویی و مواجهه‌های قبلی با مواد شیمیایی را نام برد. استعمال دخانیات می‌تواند بدن را در مواجهه با مواد شیمیایی تضعیف کرده و منجر به 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 ذکر شده است. بر این اساس مبنای تعیین حد مجاز شغلی برای مواد شیمیایی مختلف متفاوت است. همچنین، در تعیین آن برای برخی مواد، پیشگیری از بیماری یا عارضه‌ای خاص موردنظر بوده و در مواردی نیز حالاتی نظیر: تحریک، تخدیر، آزاردهندگی و تنش‌زایی مینا و پایه تعیین حد مجاز مواجهه شغلی قرار گرفته است. در ویرایش ششم کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی، ۲۷ ماده شیمیایی به فهرست قبلی اضافه شده است که برگرفته از حدود مجاز مواجهه برخی از سازمان‌های معتبر و 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. با توجه به الزامات قانونی دو جدول حدود الزام آور و حدود توصیه شده با هم ادغام گردیده 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 برد 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، عموم 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 برد این مواد بر حسب قسمت در میلیون (PPM) یا میلی‌گرم بر متر مکعب (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 برد آن ارتباطی نداشته باشد. به‌عبارت‌دیگر، OELs مرز مشخصی برای قضاوت درباره محیط‌های کاری سالم و ناسالم نبوده و نقطه‌ای را نشان نمی‌دهد که این مواد در آن باعث اختلال در سلامتی کارکنان می‌شوند.

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

1 Occupational Exposure Limits

حساسیت بیش از حد به یک ماده شیمیایی ممکن است در اثر عوامل مختلفی مانند: سن، جنسیت، خصوصیات ژنتیکی (استعداد ابتلا به یک بیماری و پلی مورفیسم)، 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 شیمیایی 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 به مواجهه 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)، حد مجاز سقفی^۳ (C) و حد مجاز سطح^۴ (SL). برای اکثر مواد شیمیایی، حد متوسط وزنی - زمانی به تنهایی یا همراه با حد مجاز مواجهه کوتاه مدت یا سقف ارائه شده است. برای برخی از مواد شیمیایی (مانند گازهای محرک) نیز فقط حد مجاز مواجهه‌ی

1 Time - Weighted Average (TWA)

2 Short - Term Exposure Limit (STEL)

3 Ceiling (C)

4 Surface Limit (SL)

کوتاه‌مدت (STEL) یا حد مجاز مواجهه‌ی سقفی (C) کاربرد دارد. اگر میزان مواجهه شاغلین از هر یک از این چهار حد تجاوز کند، احتمال آسیب‌رسانی ناشی از مواجهه با عامل شیمیایی وجود خواهد داشت.

حد مجاز مواجهه شغلی متوسط وزنی-زمانی (OEL-TWA): متوسط وزنی-زمانی

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 روزانه 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. همچنین، در این مدت با همان مواد شیمیایی یا عوامل تشدید کننده اثرات آن‌ها مواجهه نداشته باشند. فرض بر این است که مکانسیم‌های دفاعی بدن می‌توانند سموم حاصل از ۸ ساعت مواجهه شغلی را دفع یا به وسیله مکانسیم‌های 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 می‌باشد و بایستی متوسط غلظت روزانه با حدود تعیین شده مورد مقایسه قرار گیرد.

حد مجاز مواجهه کوتاه مدت (OEL-STEL): حد مجاز مواجهه‌ی کوتاه مدت عبارت

است از حد مجاز مواجهه بر مبنای میانگین وزنی - زمانی ۱۵ دقیقه‌ای با یک ماده شیمیایی که در هیچ دوره ۱۵ دقیقه‌ای از یک نوبت کاری نباید غلظت آن ماده از این حد بیشتر باشد. حتی اگر میانگین مواجهه‌ی ۸ ساعته شاغلین کمتر از OEL-TWA آن ماده باشد. OEL-STEL غلظتی از یک ماده‌ی شیمیایی است که کارگران می‌توانند برای کوتاه‌مدت با غلظت‌های کمتر از آن به‌طور مداوم مواجهه داشته باشند بدون آنکه عوارض زیر را ایجاد کند:

(۱) تحریک

(۲) آسیب‌های بافتی مزمن یا غیرقابل 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 حادثه ساز مختل سازد و یا کارایی وی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

در صورتی که میانگین وزنی-زمانی روزانه‌ی مواجهه‌ی 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 به حساب 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 مواجهه‌ی 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 فاصله‌ی بین دو دوره ۱۵ دقیقه‌ای کمتر از ۶۰ دقیقه نباشد. در صورتی که اثرات بیولوژیکی مشاهده شده‌ی 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): حد مجاز مواجهه شغلی سقفی عبارت است از غلظتی از ماده‌ی شیمیایی که مواجهه شغلی بیشتر از آن غلظت حتی برای یک لحظه نیز مجاز نیست. اگر سنجش لحظه‌ای غلظت ماده‌ی شیمیایی (برای مقایسه با OEL-C) امکان‌پذیر نباشد، نمونه‌برداری باید در حداقل زمانی کافی انجام شود تا مواجهه‌ی 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 کرد. این اعتقاد وجود دارد که حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی که مبتنی بر تحریکات فیزیکی تعیین شده‌اند، نباید کم‌اهمیت‌تر از حدود مجاز مواجهه‌ی 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 ی حدود مجاز مواجهه ی شغلی هوابرد، به ویژه در خصوص موادی مورد استفاده قرار می گیرد که عوارض پوستی (با نماد Skin)، حساسیت زایی پوستی (با نماد DSEN) یا حساسیت زایی تنفسی (با نماد RSEN) ایجاد می کنند، تا بتوان معیارهای کمی را جهت ایجاد غلظت های قابل قبول بر روی سطوح، برحسب $mg/100cm^2$ فراهم کرد. برای اثرات سیستمی که دارای نماد پوست (Skin) هستند، OEL-SL اغلب با میزان دوزی که توسط OEL-TWA برای مدت زمان ۸ ساعت 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 ی کمیته ی تعیین حدود آستانه ی مجاز مواجهه ی شغلی، در صورت وجود داده های تایید کننده، باید ملاحظات را در خصوص OEL-STEL در نظر گرفت. برای

1 Peak Exposures

بسیاری از موادی که OEL-TWA دارند، OEL-STEL وجود ندارد. با این وجود، مواجهه‌های بیشینه-ی کوتاه مدت که بالاتر از OEL-TWA هستند، باید به شکل مؤثری کنترل شوند، حتی اگر OEL-TWA، ۸ ساعته به دست آمده در محیط کار، پایین تر 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 نتیجه‌ی مواجهه‌های قله‌ای زودگذر در طول نوبت کاری ایجاد شود جلوگیری کند.

از آنجایی که عوارض مذکور ممکن است چند بار در طول متوسط وزنی-زمانی ۸ ساعته اتفاق بیفتند، شرط احتیاط آن است که مواجهه‌های بیشینه محدود شوند (حتی اگر هنوز مستند نشده باشند).

بنابراین برای آن دسته از موادی که OEL-STEL ندارند، حدود مجاز مواجهه‌ی کوتاه مدت پیش فرض 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 یک ساعته 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 بیشینه در مقادیر بالاتر از OEL-TWA مشابه OEL-STEL است و هر دوی آنها بیانگر محدودیت تماس ۱۵ دقیقه‌ای هستند. هدف مورد نظر یکپارچه سازی این رویکردها برای به حداقل رساندن چندگانگی در فرآیند انتخاب و استفاده از راهنماهای مختلف و نیز حصول اطمینان از حفاظت کارگران می‌باشد.

با وجود آن که 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 کرد. در این توزیع شاخص تمایل مرکزی عبارت از آنتی لگاریتم میانگین لگاریتم مقادیر نمونه‌ها 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 $68/26\%$ مقادیر نمونه ها، بین sdg/mg و $sdg \times mg$ قرار می گیرند.

راهنمای مواجهه‌های بیشینه (که قبلاً با عنوان محدوده‌های نوسان از آن یاد می‌شد) منحصراً بر اساس ملاحظات آماری تدوین شده است. برای مثال اگر مقادیر حدود مجاز مواجهه‌ی کوتاه مدت برای فرآیندی که به خوبی کنترل شده دارای انحراف معیار هندسی ۲ باشد، ۵٪ از کل مقادیر فراتر از $3/13$ برابر میانگین هندسی خواهند بود.

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

هنگامی که نمونه‌های اولیه نشان دهنده‌ی مواجهه‌های بیشینه‌ی بیش از مقادیر پیشنهاد شده هستند، ارزیابی‌های دقیق‌تری نیاز خواهد داشت. مخصوصاً این مسئله وقتی جدی‌تر می‌شود که از برنامه کاری غیرمعمول استفاده می‌شود. قاعده‌ای که در اصطلاح به "قانون ۳ در ۵" معروف شده است، همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، باید به‌عنوان یک قاعده‌ی 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 به‌دست آمده از محیط کار مشخص و اثرات بهداشتی ماده‌ی مورد نظر را اصلاح کرد. لازم است به تاثیرات مقدار ماده و نیمه عمر حذف برای ماده خاص و ترکیبات مشابه توجه شود. همچنین باید به برنامه‌های کاری غیرمعمول توجه ویژه‌ای شود و اینکه آیا موارد مرتبط با مواجهه‌های بیشینه باید درباره‌ی 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 آموزش‌دیده 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 بیشینه 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 درباره‌ی وجود یا عدم وجود یک وضعیت مخاطره‌آمیز باید کلیه موارد فوق را مد نظر قرار داد.

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 کنترل می‌شوند که نباید از آن تجاوز کرد. بنابراین واضح است که شیوه‌ی 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 چرخه‌ی 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. این در حالی است که میزان OEL-TWA به طور 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 نمایند.

لذا باید توجه داشت که روش نمونه‌گیری برای تعیین انواع حدود مجاز متفاوت است. به عنوان مثال برای تعیین حد مواجهه شغلی سقفی می‌توان از یک نمونه‌گیری کوتاه مدت و مختصر استفاده کرد 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 شده‌ی 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 شفافیت بیشتر در ضمیمه‌ی (ه) ارائه شده است.

تغییرات در شرایط و برنامه‌های کاری

کاربرد حدود مجاز مواجهه برای شرایط محیطی غیرمعمول

زمانی که شرایط دما و فشار محیط کار شاغلی 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 مقایسه‌ی 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 بر حسب جرم بر حجم (mg/m^3)، بدون تصحیح شرایط دما و فشار تعیین شود.
 (۲) در صورتی که غلظت مواجهه بر حسب واحد mg/m^3 نبود تبدیل واحد انجام شود. برای تبدیل OEL به میلی‌گرم بر مترمکعب (یا سایر واحدهای جرم بر حجم) حجم یک مول از گاز ۲۴/۴۵ لیتر لحاظ شود.

(۳) جهت مقایسه غلظت اندازه‌گیری شده با OEL مورد نظر 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 دُز جذب شده با فشار نسبی ترکیب استنشاق شده 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 گروه از شاغلین را مانند شاغلینی حفاظت کرد که با برنامه‌ی زمان‌بندی کاری معمول کار می‌کنند. 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 باشد. در نتیجه علیرغم اینکه ممکن است در هیچ‌یک از این مشاغل مواجهه بیشتر از حد مجاز نباشد، مجموع مواجهه‌های فرد بیش از حد مجاز مواجهه گردد. مدل‌های ریاضی متعددی برای تحلیل و تنظیم برنامه‌های زمان‌بندی کاری غیرمعمول ارائه شده‌اند. برحسب اصول سم‌شناسی، هدف کلی آن‌ها تعیین دُزی است که بتوان اطمینان حاصل کرد که پیشینه‌ی (پیک) مواجهه روزانه یا هفتگی با یک آلاینده از آنچه که در طی یک نوبت کاری معمولی (۸ ساعت در روز / ۵ روز در هفته) باید باشد، 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 (به‌عنوان 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). در این شرایط باید حدود نوسان یا OEL-STEL برای جلوگیری از کاربرد نامناسب این مدل برای نوبت کاری‌ها یا دوره‌های مواجهه‌ی بسیار کوتاه‌مدت، 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 نیمه‌عمر بیولوژیکی هر ماده دارد و در مورد برخی از مدل‌ها حتی به داده‌های اضافی نیز نیاز خواهد بود.

مدل دیگری توسط دانشگاه مونترال و موسسه تحقیقات سلامت و ایمنی کار (IRSST) توسعه یافته است. در این مدل برای محاسبه حدود مواجهه شغلی تعدیل شده از روش هابر (Haber) استفاده

شده است. نتایج حاصل از این روش بسیار نزدیک به نتایجی است که از مدل فارماکو کنتیک (PBRP) به دست می آید که مدلی مبتنی بر فیزیولوژی می باشد.

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

واحدهای OELs

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

گاز: حالتی از ماده است که مولکول‌های آن آزادانه در فضایی که در آن محبوس شده‌اند (مانند سیلندر / مخزن) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار ۷۶۰ میلی متر جیوه حرکت می کند. 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 مایع یا جامد است. مقدار بخار متصاعد شده از ماده شیمیایی، به صورت فشار بخار بیان می شود 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 می روند عبارت‌اند از گردوغبار، میست، مه، فیر، دود و مه دود. آئروسول‌ها با رفتار آئرو دینامیکی و محل رسوب در دستگاه تنفسی انسان متمایز می شوند.

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

حدود مجاز گازها و بخارات معمولاً برحسب قسمت در میلیون حجمی^۱ (ppm) آلاینده در هوا یا ممکن است برحسب میلی گرم در مترمکعب بیان شود. برای سهولت کاربران، وزن مولکولی هر یک از ترکیبات شیمیایی برای تبدیل واحد آنها، در جداول حدود مجاز مواجهه 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/m³ گازها و بخارات در شرایط NTP عبارت است از:

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

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.

1 parts per million

نمادها

شاخص بیولوژیکی واجهه^۱ (BEIs)

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

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

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

BEIP: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (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.

سرطان‌زایی^۲

سرطان‌زا عاملی است که باعث ایجاد یک تومور خوش‌خیم یا بدخیم می‌شود. شواهد سرطان‌زایی از مطالعه‌های سم‌شناسی، اپیدمیولوژی و مکانیکی حاصل می‌شود. نمادهای مختلف توسط سازمان‌ها و مراکز علمی معتبر برای نشان دادن قابلیت سرطان‌زایی عوامل مختلف ارائه شده است. در این بخش از نمادهای ارائه شده توسط مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا^۳ (ACGIH) که با حرف A همراه با اعداد ۱ تا ۵ استفاده شده است که نشانگر درجه سرطان‌زایی مواد می‌باشد. طبقه‌بندی و تعاریف مربوط به نمادهای مختلف سرطان‌زایی در ضمیمه الف به‌طور مفصل ارائه شده است.

1 Biological Exposure Indices

2 Carcinogenicity

3 American Conference of Governmental Industrial Hygienist

بخار و مواد قابل تنفس^۱ (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 دُز در غلظت OEL-TWA داشته باشد. هنگام تعیین IFV، نسبت غلظت بخار اشباع^۲ (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.

مواد شیمیایی با قابلیت ایجاد آسیب شنوایی

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

نماد OTO مخصوص مواد شیمیایی است که براساس شواهد به دست آمده از مطالعات حیوانی یا انسانی می‌توانند اثرات نامطلوبی را بر ساختار آناتومیکی یا عملکرد شنیداری بگذارند، که این مسئله معمولاً به شکل تغییر دائمی در آستانه‌ی شنوایی یا مشکلات ایجاد شده در پردازش صداها بروز می‌کند. به نظر می‌رسد که اثرات مواجهه‌ی توأم برخی از مواد با سروصدا به شکل هم‌افزایی است، درحالی‌که برخی دیگر اثرات سروصدا را تقویت می‌کنند.

1 Inhalable Fraction and Vapor

2 Saturated Vapor Concentration

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 مواجهه‌ی هم‌زمان با مقادیر بیش‌ازحد مواد شیمیایی و سروصدا که برای جلوگیری از اختلالات شنوایی لازم هستند را نیز در نظر گرفته است.

به بیان دقیق‌تر، ممکن است لازم باشد تا شاغلینی که در معرض این عوامل هستند، حتی زمانی که مواجهه با سروصدا از حدود 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 وسیله‌ی داده‌های انسانی یا حیوانات تایید 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، تاثیر مهمی در تعیین OEL داشته است 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 مواجهه شغلی یک ماده استفاده شود. برای موادی که مبنای تعیین حد مجاز آن‌ها، حساسیت‌زایی می‌باشد، به معنای آن است که انتظار می‌رود با رعایت این حد، واکنش‌های آلرژیک و حساسیت در عموم شاغلین در مواجهه با آن ماده رخ ندهد. این حدود مجاز برای حفاظت از شاغلینی در نظر گرفته نمی‌شود که قبلاً به آن ماده حساسیت پیدا کرده‌اند.

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 هیچ یک 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 در این خصوص وجود داشته باشد که نمی‌توان در این خصوص با قطعیت اظهار نظر کرد.

حساسیت‌زایی اغلب از طریق یک مکانیسم ایمنولوژی 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 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) شود. این واکنش‌ها ممکن است حیات یک فرد را تهدید کند. همچنین، 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 و پوستی باید از طریق اقدامات کنترلی فرآیند یا حفاظت فردی کاهش یابد. آموزش افرادی که با این مواد کار می‌کنند بخصوص آموزش در مورد اثرات بالقوه بهداشتی آن‌ها، روش‌های حمل ایمن آن‌ها و اطلاعات مربوط به شرایط اضطراری نیز ضروری است.

پوست

نماد پوست برای موادی به کار می‌رود که سهم قابل‌توجهی از جذب آن‌ها از طریق جلدی، غشاهای مخاطی و چشم‌ها در اثر مواجهه با بخارات، مایعات و جامدات صورت می‌گیرد. 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 می‌باشد مبنی بر اینکه ممکن است حتی در شرایطی که مواجهه‌های هوارد کمتر از حد مجاز است، مواجهه بیش از حد مجاز به دنبال مواجهه غیر تنفسی 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 افزایش دهد که قابلیت ورود جلدی آن به طور معمول کم است.

برخی از مواد می‌توانند به عنوان یک حامل عمل کنند به طوری که 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 یا مخلوط‌ها می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای 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 به طور 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. به طور 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 (1000 mg/kg 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 خوردگی 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 طولانی مدت 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 شود. فصل شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه، حاوی تعدادی از شاخص‌های بیولوژیکی پذیرفته شده است و به عنوان ابزار تکمیلی در هنگام ارزیابی تماس کلی کارگر با ماده شیمیایی مورد نظر به کار می‌رود. مشاهده نماد پوست برای ماده شیمیایی مورد نظر، هشدار می‌دهد که نشان می‌دهد برای تعیین قطعی میزان مواجهه، نمونه‌برداری از هوا به تنهایی 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)

ALARA: میزان مواجهه در حداقل ممکن حفظ شود

C: حد مجاز سقفی

D: خفگی آور ساده

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

EX: خطر انفجار: این ماده جنگی قابل اشتعال است یا در صورتی که میزان مواجهه از حد آستانه مجاز فراتر رود، میزان مواجهه ممکن است به حدی برسد که به ۱۰ درصد حد پایین انفجار (LEL) نزدیک شود.

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

I: شامل ترکیبات استتارات فلزات سمی نیست.

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

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

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

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

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

R: ذرات قابل استنشاق (ضمیمه ج)

T: ذرات توراسیک (ضمیمه ج)

V: بخار و آئروسل

B: به بخش مقدمه ی شاخص های بیولوژیکی مراجعه شود.

BEI: موادی که برای آن‌ها شاخص یا شاخص‌های بیولوژیکی ارائه شده است.

BEIC: به شاخص بیولوژیکی مواجهه با آفت‌کش‌های مهارکننده استیل‌کولین‌استراز مراجعه شود.

BEIM: به شاخص بیولوژیکی مواجهه با موادی مراجعه شود که می‌توانند تولید متهموگلوبین را در بدن افزایش دهند.

BEIP: به شاخص بیولوژیکی مواجهه با هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) مراجعه شود.

DSEN: حساسیت زایی پوستی

MW: وزن ملکولی

NOS: جزئیات بیشتری در مورد آن‌ها ذکر نشده است.

Nq: غیر کمی

Ns: ماده ای که ویژگی مشخص و دقیقی ندارد.

OTO: ماده ای که باعث آسیب به شنوایی و گوش می‌شود.

POP: داده‌ها براساس اندازه‌گیری در یک جمعیت عمومی به دست آمده است.

RSEN: حساسیت تنفسی

SEN: حساسیت

Skin: خطر جذب پوستی

SL: حداکثر مقدار مجاز یک ماده شیمیایی روی سطوح

Sq: نیمه کمی

STEL: حد تماس کوتاه مدت

TWA: میانگین وزنی - زمانی ۸ ساعته

ppm: قسمت در میلیون گاز یا بخار در هوای آلوده در شرایط ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۷۶۰ میلی

متر جیوه

mg/m³: میلی گرم از ماده در هر متر مکعب هوا

μm: میکرومتر

روش استفاده از جدول حدود مجاز مواجهه شغلی

در ویرایش حاضر جدول حدود مجاز مواجهه شغلی سعی شده است با ساختاربندی ساده و حذف مطالب تکراری و دارای اهمیت کمتر، امکان استفاده از آن برای کاربران تسهیل و تسریع گردد. چیدمان مواد شیمیایی بر اساس حروف الفبای انگلیسی مشهورترین نام آنها است. در ضمن سعی شده برخی از اسامی مترادف مشهور مواد شیمیایی نیز در ستون نام مواد شیمیایی اضافه شود. در صورت مشکوک بودن به نام فارسی یک ترکیب با کنترل معادل انگلیسی و وزن مولکولی ارائه شده در ستون بعدی، می توان از صحیح بودن نام ماده شیمیایی اطمینان حاصل کرد. در ستون اول این جدول که شماره گذاری ردیفی مواد شیمیایی است می تواند در تدوین گزارش ها و دعوی 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 کرد که برخی از آنها همراه با علامت یا حرف مخفف خاصی هستند که معانی هریک از آنها 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 مواجهه 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 است. چنانچه از عدم وجود شماره مذکور اطمینان حاصل شود، به منزله عدم وجود حد مواجهه شغلی برای ماده مذکور در این

کتاب خواهد بود. بدیهی است در صورت عدم وجود حد مواجهه شغلی برای یک ماده، ارزیابی میزان مواجهه فردی با آن کاربردی نخواهد داشت.

در ضمن، شماره ثبت چکیده نامه شیمی (CAS Number) یک کد عددی است که مختص یک ماده شیمیایی است. این کد عددی دارای سه بخش است که بخش اول آن (سمت چپ) شامل تا ۷ عدد، بخش دوم شامل دو عدد و بخش سوم محتوی یک عدد و در مجموع حداکثر تا ۱۰ عدد است. اختصاص کد عددی برای هر ماده شیمیایی برای غلبه بر مشکلات سایر روش‌های نام‌گذاری مواد شیمیایی است. اختصاص این کدها توسط سرویس چکیده نامه شیمی انجام می‌شود که بخشی از انجمن شیمی آمریکا است. کلیه مواد آلی، غیر آلی، مواد معدنی، ایزوتوپ‌ها، آلیاژها، پلیمرها و مواد غیر ساختار پذیر مشمول دریافت این کد می‌شوند.

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

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۰٫۳ mg/m ³	۱۸۳/۱۶	اسفات Acephate [30560-19-1]; [115096-11-2]	۱
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم	A2	C ۲۵ ppm	-	۴۴/۰۵	استالدهید Acetaldehyde [75-07-0]	۲
سرطان و آسیب کبدی	A3	-	۱ ppm ^(IFV)	۵۹/۰۷	استامید Acetamide [60-35-5]	۳
کبد چرب؛ اختلال در رشد عصبی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و سیستم ایمنی؛ آسیب سیستم تولید مثل مردان؛	A4	-	۰٫۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۲۲/۶۸	استامپرید Acetamiprid [135410-20-7]	۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تأثیر بر عملکرد روی	-	۱۵ ppm C ۴۰ ppm	۱۰ ppm	۶۰/۰۵	اسید استیک Acetic acid [64-19-7]	۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A4	۳ ppm	۱ ppm	۱۰۲/۰۹	انیدرید استیک Acetic anhydride [108-24-7]	۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛	BEI ؛A4	۵۰۰ ppm	۲۵۰ ppm	۵۸/۰۸	استون Acetone [67-64-1]	۷

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۸	استون سیانو هیدرین Acetone cyanohydrin [75-86-5], as CN	۸۵/۱۰	-	C ۵ mg/m ³	پوست	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس؛ سردرد؛ هیوکسی و سیانوز
۹	استونتریل Acetonitrile [75-05-8]	۴۱/۰۵	۲۰ ppm	۴۰ ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس
۱۰	استوفنون Acetophenone [98-86-2]	۱۲۰/۱۵	۱۰ ppm	-	-	سقط جنین، تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱۱	۲- استیل آمینو فلورن 2-Acetyl amino flourene [53-96-3]	۲۲۳/۲۷	۱ ppm	-	-	تحریک و سوزش چشم
۱۲	استیلین Acetylene [74-86-2]	۲۶/۰۴	خفگی آور ساده (D)		خفگی	
۱۳	۱،۱،۱،۲-تترا برومو اتان 1,1,1,2-Tetrabromoethane [79-27-6]	۳۴۵/۷۰	۱/۰ ppm	-	-	تحریک و سوزش چشم، ادم ریوی، آسیب کبدی
	اسید استیل سالیسیلیک (آسپیرین) Acetylsalicylic acid [50-78-2]	۱۸۰/۱۵	۰/۳ mg/m ³	-	پوست؛ A4؛ RSEN؛ OTO	خورنریزی؛ حساسیت سیستم تنفسی
۱۴	آکرولئین Acrolein [107-02-8]	۵۶/۰۶	-	C ۰/۰۵ ppm	پوست؛ A3	سوزش چشم

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اختلال سیستم اعصاب مرکزی و محیطی؛ سرطانزا	پوست؛ A2؛ BEI؛ DSEN	-	۰/۰۳ mg/m ³ (IFV)	۷۱/۰۸	آکریل آمید Acrylamide [79-06-1]	۱۵
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی	پوست؛ A4	-	۲ ppm	۷۲/۰۶	اسید آکرلیک Acrylic acid [79-10-7]	۱۶
-	A4	۰/۰۵ mg/m ³ (R)	۰/۰۵ mg/m ³ (R)	-	پلیمر آکرلیک اسید Acrylic acid polymer	۱۷
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی	پوست؛ A3	-	۲ ppm	۵۳/۰۵	آکریلونتریل Acrylonitrile [107-13-1]	۱۸
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب خودکار	-	-	۵ mg/m ³	۱۴۶/۱۴	اسید آدیپیک Adipic acid [124-04-9]	۱۹
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی	پوست	-	۲ ppm	۱۰۸/۱۰	آدیپونتریل Adiponitrile [111-69-3]	۲۰
-	A1	-	۰/۰۰۰۰۰۵۱ mg/m ³	-	آفلاتوکسین ها Aflatoxines [1402-68-2]	۲۱
هموسیدروزیس (کبد، طحال، کلیه)	DSEN؛ A3	-	۱ mg/m ³ (IFV)	۲۶۹/۸	آلاکلر Alachlor [15972-60-8]	۲۲
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEIc	-	۰/۰۰۵ mg/m ³ (IFV)	۱۹۰/۲۶	آلدیکارب Aldicarb [116-06-3]	۲۳

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی	پوست؛ A3	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۳۶۴/۹۳	آلدرین Aldrin [309-00-2]	۲۴
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم	پوست؛ A4	-	۰/۵ ppm	۵۸/۰۸	آلیل الکل Allyl alcohol [107-18-6]	۲۵
-	پوست	۶ ppm	۲ ppm	۵۷/۰۹	آلیل آمین Allylamine [107-11-9]	۲۶
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم	پوست؛ A4	۰/۲ ppm	۰/۱ ppm	۱۲۰/۹۹	آلیل برمید Allyl bromide [106-95-6]	۲۷
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم؛ آسیب‌های کبدی و کلیوی	پوست؛ A3	۲ ppm	۱ ppm	۷۶/۵۰	آلیل کلرید Allyl chloride [107-05-1]	۲۸
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ درماتیت سوزش چشم و پوست	A4	-	۱ ppm	۱۱۴/۱۴	آلیل گلیسیدیل اتر Allyl glycidyl Ether [106-92-3]	۲۹
آسیب کبدی	پوست	-	۱ ppm	۱۲۶/۱۵	آلیل مت‌اکریلیت Allyl methacrylate [96-05-9]	۳۰
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم	DSEN	-	۰/۵ ppm	۱۴۸/۱۶	آلیل پروپیل دی سولفید Allyl propyl disulfide [2179-59-1]	۳۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
پنوموکونیوزیس؛ تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی؛ سمیت عصبی	A4	-	۱ mg/m ^{3(R)}	۲۶/۹۸ متفاوت	فلز آلومینیوم و ترکیبات نامحلول آن Aluminum metal [7429-90-5] and insoluble compounds	۳۲
-	-	۰/۸ f/ml	۰/۸ f/ml	-	فیبرهای سیلیکات آلومینیوم Aluminosilicate fibres [142844-00-6]	۳۳
-	پوست	۲ppm	۱ ppm	۸۹/۱۴	۲-آمینو بوتانول 2-Aminobutanol [96-20-8]	۳۴
سرطان کبد و مثانه	پوست؛ A1	-	۰/۰۰۱ ppm	۱۶۹/۲۴	۴-آمینو دی فنیل 4-Amino diphenyl [92-67-1]	۳۵
-	-	۲۴ mg/m ^{3(l)}	۶ mg/m ^{3(l)}	۲۲۳/۲۵	۲-آمینو نفتالن-۱ - سولفونیک اسید 2-Aminonaphthalene-1-sulfonic acid [81-16-3]	۳۶
-	-	-	۰/۵ mg/m ³	۲۳۱/۲۹	آمینوفنازون Aminophenazone [58-15-1]	۳۷
-	-	-	۱ mg/m ³	۱۰۹/۱۳	۳-آمینو فنول 3-Aminophenol [591-27-5]	۳۸
-	-	-	۱ mg/m ³	۱۰۹/۱۳	۴-آمینو فنول 4-Aminophenol [123-30-8]	۳۹

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۰	۲- آمینو پیریدین 2-Aminopyridine [504-29-0]	۹۴/۱۲	۰/۵ ppm	-	-	سردرد؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سرگیجه
۴۱	آمیتروپول Amitrol [61-82-5]	۸۴/۰۸	۰/۲ mg/m ³	-	A3	اثرات تیروئیدی
۴۲	آمونیاک Ammonia [7664-41-7]	۱۷/۰۳	۲۵ ppm	۳۵ ppm	-	آسیب چشم؛ تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی
۴۳	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
۴۴	آمونیم دی کرمات (به عنوان کروم) Ammonium dichromate [7789-09-5]	۲۵۲/۰۷	۰/۰۲ mg/m ³⁽¹⁾	۰/۰۸ mg/m ³⁽¹⁾	-	-
۴۵	آمونیم هگزا فلوروسیلیکات Ammonium hexafluorosilicate [16919-19-0]	۱۷۸/۱۵	۰/۲ mg/m ³	-	-	-
۴۶	پرفلورو اکتانوات آمونیوم Ammonium Perfluorooctanoate [3825-26-1]	۴۳۱/۱۰	۰/۰۱ mg/m ³	-	پوست؛ A3	آسیب کبدی
۴۷	سولفامات آمونیوم Ammonium sulfamate [7773-06-0]	۱۱۴/۱۳	۱۰ mg/m ³	-	-	-
۴۸	آمپی سیلین Ampicillin [69-53-4]	۳۴۹/۴۰	۰/۱ mg/m ³	-	A4	-

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۹	ترت- آمیل متیل اتر tert-Amyl methyl Ether (TAME) [994-05-8]	۱۰۲/۲	-	۲۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب جنینی
۵۰	آنالگین Analgin [68-89-3]	۳۵۱/۴	-	۰/۵ mg/m ³	-	-
۵۱	آنیلین Aniline [62-53-3]	۹۳/۱۳	-	۲ ppm	BEI؛ پوست؛ A3	مت هموگلوبینی
۵۲	آنسیدین Anisidine	۱۲۳/۱۵	-	۰/۵ mg/m ³	پوست؛ A3؛ BEI _M	مت هموگلوبینی
	۰/۵ mg/m ³			پوست؛ A4؛ BEI _M		مت هموگلوبینی
۵۳	آنتیمون 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
۵۴	هیدرید آنتیمون Antimony hydride [7803-52-3]	۱۲۴/۷۸	-	۰/۰۰۵ ppm	-	همولیز؛ اثرات هماتولوژیک
۵۵	تری اکسید آنتیمون ‡ Antimony trioxide [1309-64-4]	۲۹۱/۵	-	۰/۰۲ mg/m ³⁽¹⁾	A2	پنوموکنیوزیس

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA	
۵۶	آنتو؛ (آلفا) نفتیل تیو کاربامید، α -Naphthyl thio carbamide (ANTU) [86-88-4]	۲۰۲/۲۷	-	۰/۳ mg/m ³	اثرات تیروئیدی؛ تهوع
۵۷	آرگون Argon [7440-37-1]	۳۹/۹۵	خفگی آور ساده (D) ضمیمه و را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن		خفگی
۵۸	الیاف قابل تنفس پارا آرامید p-Aramid respirable fibres [26125-61-1]	-	-	۰/۵ f/ml	-
۵۹	آرسنیک و ترکیبات معدنی Arsenic [7440-38-2] and inorganic compounds, as As	۷۴/۹۲ متفاوت	-	۰/۰۱ mg/m ³	سرطان ریه
۶۰	آرسین Arsine [7784-42-1]	۷۷/۹۵	-	۰/۰۰۵ ppm	اختلال سیستم اعصاب و عروق محیطی؛ اختلال کلیوی و کبدی
۶۱	تمام اشکال آزبست Asbestos [1332-21-4], all forms	-	-	۰/۱ f/cc ^(F)	پنومو کونیوزیس؛ سرطان ریه؛ مزوتلیوم
۶۲	آسپارتیک اسید Aspartic acid [56-84-8]	۱۳۳/۱۱	-	۱۰ mg/m ³	-
۶۳	دمه آسفالت (قیر) بر حسب آتروسول محلول در بنزن Asphalt (Bitumen) fume [8052-42-4], as benzene-soluble aerosol	-	-	۰/۵ mg/m ³	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
۶۴	آترازین Atrazine [1912-24-9]	۲۱۵/۶۹	-	۲ mg/m ³ (I)	اثر بر سیستم های خونساز، تولید مثل و رشد و نمو

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۶۵	اورامین Auramine [492-80-8]	۲۶۷/۳۷	۰/۰۸ mg/m ³ (I)	۰/۳۲ g/m ³ (I)	A3؛ پوست	-
۶۶	متیل آزینفوس Azinphos-methyl [86-50-0]	۳۱۷/۳۴	۰/۲ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ DSEN A4؛ BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۶۷	آزو دی کرین آمید Azodicarbonamide [123-77-3]	۱۱۶/۰۸	۱ mg/m ³	۳ mg/m ³	-	حساسیت
۶۸	باریم و ترکیبات محلول آن Barium [7440-39-3] and soluble compounds, as Ba	۱۳۷/۳۰	۰/۵ mg/m ³	-	A4	سوزش پوست؛ چشم و دستگاه گوارش؛ تونوس عضلات
۶۹	سولفات باریم Barium sulfate [7727-43-7]	۲۳۳/۴۳	۵ mg/m ³ (I)(E)	-	-	پنومو کونیوزیس
۷۰	بندیوکارب Bendiocarb [22781-23-3]	۲۲۳/۲۰	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ A4 BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۱	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
۷۲	غبار بنتونیت Bentonite [1302-78-9] dust Sodium bentonite [85049-30-5]	۳۶۰/۳۱	۶ mg/m ³	-	-	-

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	۲۰ mg/m ³	۵ mg/m ³	۱۰۶/۱۲	بنزالدهید Benzaldehyde [100-52-7]	۷۳
سرطان پوست	A2،BEI _p	-	۰/۱ mg/m ³	۲۲۸/۳۰	بنزو (آلفا) آنتراسن Benz[α]anthracene [56-55-3]	۷۴
آسیب کبدی؛ بازدارنده آنزیم کولین استراز	A4 BEI _c	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۳۹۷/۵	بنسولید Bensulide [741-58-2]	۷۵
سندرم میلودیسپلاستیک،سرطان خون،اثرات هماتولوژیک، اثرات کروموزومی	BEI؛ پوست؛ A1	-	۰/۲ ppm	۷۸/۱۱	بنزن Benzene [71-43-2]	۷۶
سرطان مثانه	پوست؛ A1	-	۰/۰۰۱ ppm	۱۸۴/۲۳	بنزیدین Benzidine [92-87-5]	۷۷
سرطان	A2،BEI _p	-	ALARA	۲۵۲/۳۰	بنزو (بتا) فلورانتن Benzo[b]fluoranthene [205-99-2]	۷۸
سرطان	A2،BEI _p	۰/۰۲ mg/m ³	۰/۰۰۵ mg/m ³	۲۵۲/۳۰	بنزو (آلفا) پیرن Bebzo[a]pyrene [50-32-8]	۷۹

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	پوست	-	۲۰ mg/m ³	۱۳۵/۱۹	بنزو تیازول Benzothiazole [95-16-9]	۸۰
سوزش چشم؛ سوزش قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی؛	پوست؛ A5	-	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	۱۲۲/۱۲	بنزوئیک اسید و بنزوات‌های الکالی Benzoic acid [65-85-0]	۸۱
آسیب ریه	پوست؛ A5	-	۲/۵ mg/m ³ (I)	۱۴۴/۱۰	بنزوات سدیم Sodium benzoate, as benzoate [532-32-1]	
عوارض کلیوی	پوست؛ A5	-	۲/۵ mg/m ³ (I)	۱۶۰/۲۱	پتاسیم بنزوات Potassium benzoate, as benzoate [582-25-2]	
سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم؛ عوارض چشمی	DSEN; A4	-	۰/۱ ppm SL ۰/۰۰۵ mg/100 cm ²	۱۰۸/۰۹	بنزو کوئینون Benzoquinone [106-51-4]	۸۲
سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست	پوست؛ A2	C ۰/۱ ppm	-	۱۹۵/۵۰	بنزو تری کلرید Benzotrichloride [98-07-7]	۸۳
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم	A4	C ۰/۵ ppm	-	۱۴۰/۵۷	کلرید بنزوئیل Benzoyl chloride [98-88-4]	۸۴
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و پوست	A4	-	۵ mg/m ³	۲۴۲/۲۲	پراکسید بنزوئیل Benzoyl Peroxide [94-36-0]	۸۵
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی	A4	-	۱۰ ppm	۱۵۰/۱۸	استات بنزیل Benzyl acetate [140-11-4]	۸۶

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۵ mg/m ³	۱۰۸/۱۴	بنزیل الکل Benzyl alcohol [100-51-6]	۸۷
-	-	-	۵ mg/m ³	۳۱۲/۳۶	بنزیل بوتیل فتالات Benzyl butyl phthalate [85-68-7]	۸۸
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی، چشم و پوست	A3	-	۱ ppm	۱۲۶/۵۸	کلرید بنزیل Benzyl chloride [100-44-7]	۸۹
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	۳۷۲/۴۸	بنزیل پنی سیلین Benzylpenicillin [61-33-6]	۹۰
حساسیت بریلیم؛ بیماری مزمن ناشی از بریلیم (بریلیوزیس)	A1 پوست؛ DSEN RSEN	-	۰/۰۰۰۰۵ mg/m ³⁽¹⁾	۹/۰۱	بریلیم 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	۹۱
عملکرد ریوی	-	-	۰/۲ ppm	۱۵۴/۲۰	بی فنیل Biphenyl [92-52-4]	۹۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب ریوی	A4	-	۱۰ mg/m ³	۸۰۰/۸۳	بیسموت تلورید Bismuth Telluride [1304-82-1]	۹۳
	A4	-	۵ mg/m ³		Undoped, as Bi ₂ Te ₃ ترکیب غیر منقوط Se-doped as Bi ₂ Te ₃ ترکیب منقوط با سلنیم	
-	A4	۵ mg/m ^{3(l)}	۲ mg/m ^{3(l)}	۲۲۸/۲۹	بیس فنول آ Bisphenol A [80-05-7]	۹۴
-	-	۶ mg/m ³	۲ mg/m ³	۶۱/۸	بوریک اسید Boric acid [10043-35-3]; [11113-50-1]	۹۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	۶ mg/m ^{3 (l)}	۲ mg/m ^{3 (l)}	متفاوت	ترکیبات بورات؛ معدنی Borate compounds, inorganic [1303-96-4]; [1330-43-4]; [10043-35-3]; [12179-04-3]	۹۶
تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم	-	-	۱۰ mg/m ³	۶۹/۶۴	اکسید بور Boron oxide [1303-86-2]	۹۷
تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی	-	C · N ppm	-	۲۵۰/۵۷	تری برمید بور Boron tribromide [10294-33-4]	۹۸
تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی	-	C · N ppm	-	۱۱۷/۲۰	تری کلرید بور Boron trichloride [10294-34-5]	۹۹

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۱۰۰	تری فلورید بور Boron trifluoride [7637-07-2]	۶۷/۸۲	۰/۸ ppm	C ۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
۱۰۱	اثر تری فلورید بور Boron trifluoride ethers [109-63-7]; [353-42-4] as BF ₃	متفاوت	۰/۸ ppm	C ۰/۷ ppm	-	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
۱۰۲	بوورین Boverin [63428-82-0]	-	۰/۳ mg/m ³	-	-	-
۱۰۳	بروماسیل Bromacil [314-40-9]	۲۶۱/۱۱	۱۰ mg/m ³	-	A3	اثرات تیروئیدی
۱۰۴	بروم Bromine [7726-95-6]	۱۵۹/۸۱	۰/۸ ppm	۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی؛ آسیب ریوی
۱۰۵	پنتا فلورید بروم Bromine pentafluoride [7789-30-2]	۱۷۴/۹۲	۰/۸ ppm	-	-	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
۱۰۶	بروموform Bromoform [75-25-2]	۲۵۲/۷۳	۰/۵ ppm	-	A3	آسیب کبدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱۰۷	۱- بروم پروپان 1- Bromopropane [106-94-5]	۱۲۲/۹۹	۰/۸ ppm	-	A3	سیستم اعصاب مرکزی، نوروپاتی محیطی، تاثیرات خونی، تاثیرات سمی بر رشد و تولید مثل
۱۰۸	بوپروفیزین Buprofezin [69327-76-0]	۳۰۵/۴	۰/۵mg/m ³ (IFV)	-	DSEN; A4	اثرات کبدی و تیروئیدی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۱۰۹	۱-بوتادین 1,3-Butadiene [106-99-0]	۵۴/۰۹	۱ ppm	۵ ppm	BEI, A2	سرطان
۱۱۰	ایزومرهای بوتان Butane, isomers [75-28-5]; [106-97-8]	۵۸/۱۲	-	۱۰۰۰ ppm (EX)		اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱۱۱	ان-بوتانول n-Butanol [71-36-3]	۷۴/۱۲	۲۰ ppm	C ۵۰ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱۱۲	بوتانول نوع دوم sec-Butanol [78-92-2]	۷۴/۱۲	۱۰۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱۱۳	بوتانول نوع سوم tert-Butanol [75-65-0]	۷۴/۱۲	۱۰۰ ppm	۱۵۰ ppm	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱۱۴	۲-بوتانون اگزیم 2-Butanone oxime [96-29-7]	۸۷/۱۲	۰/۳ ppm	۲/۴ ppm	پوست	-
۱۱۵	۲-بوتنال 2-Butenal [4170-30-3]	۷۰/۰۹	۲ ppm	-	-	-
۱۱۶	بوتن، همه ایزومرها 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

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A3؛BEI	-	۲۰ ppm	۱۱۸/۱۷	۲- بوتوکسی اتانول 2-Butoxyethanol (EGBE) [111-76-2]	۱۱۷
همولیز	A3	-	۲۰ ppm	۱۶۰/۲	۲- بوتوکسی اتیل استات 2-Butoxyethyl acetate [112-07-2]	۱۱۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	۱۵۰ ppm	۵۰ ppm	۱۱۶/۱۶	همه ایزومرهای بوتیل استات Butyl acetates,all isomers [105-46-4]; [110-19-0]; [123-86-4]; [540-88-5]	۱۱۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۲ mg/m ³ (IFV)	۲۲۰/۳۴	هیدروکسی تولوئن بوتیل دار Butylated hydroxytoluene [128-37-0]	۱۲۰
محرک	A4؛DSEN	-	۲ ppm	۱۲۸/۱۷	بوتیل آکریلات نرمال n-Butyl acrylate [141-32-2]	۱۲۱
-	A4	-	۱۰ ppm	۱۴۲/۲۰	ان- بوتیل مت آکریلات n-Butyl methacrylate [97-88-1]	۱۲۲
سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست	C ۵ ppm	-	۷۳/۱۴	بوتیل آمین نرمال n-Butylamine [109-73-9]	۱۲۳
آسیب سیستم تولید مثل	پوست؛ DSEN	-	۳ ppm	۱۳۰/۲۱	بوتیل گلیسیدیل اتر نرمال n-Butyl glycidyl ether (BGE) [2426-08-6]	۱۲۴
سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۵ ppm	۱۴۶/۱۹	بوتیل لاکتات نرمال n-Butyl lactate [138-22-7]	۱۲۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۰/۵ ppm	۹۰/۱۹	بوتیل مرکاپتان نرمال n-Butyl mercaptan [109-79-5]	۱۲۶
تحریک قسمت تحتانی تنفسی، پوست و چشم	پوست	-	۵ ppm	۱۵۰/۲۲	ارتو بوتیل فنول نوع دوم o-sec Butylphenol [89-72-5]	۱۲۷
تحریک قسمت تحتانی تنفسی و چشم؛ تهوع	-	-	۱ ppm	۱۴۸/۱۸	پارا بوتیل تولوئن نوع سوم p-tert-Butyl toluene [98-51-1]	۱۲۸
-	-	-	۸ ppm	۶۹/۱۱	ان- بوتیرو نیتریل n-Butyronitrile [109-74-0]	۱۲۹
آسیب بیضه، اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تأثیر بر سیستم تولید مثل	پوست	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۱۷۸/۲۰	۴ بوتیل بنزوئیک اسید نوع سوم 4-tert-Butylbenzoic acid [98-73-7]	۱۳۰
تحریک قسمت تحتانی تنفسی و پوست	پوست	C ۰/۱ mg/m ³	-	۲۳۰/۲۲	بوتیل کرومات نوع سوم tert-Butyl chromates, as CrO ₃ [1189-85-1]	۱۳۱
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی سیستم تنفسی و چشم، سرطان نازال(بینی)	A2	-	۰/۱ ppm	۹۰/۱۲	بوتیل هیدروپروکساید نوع سوم tert-Butyl hydroperoxide [75-91-2]	۱۳۲
آسیب‌های کلیوی	A2؛ BEI	-	۰/۰۱ mg/m ³	۱۱۲/۴۰	کادمیوم و ترکیباتش Cadmium [7440-43-9] and compounds, as Cd	۱۳۳
	A2؛ BEI	-	۰/۰۰۲ mg/m ³ (R)	متفاوت		

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
بازدارنده کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEIc	-	۰/۰۰۱ mg/m ³ (FV)	۲۷۰/۴۰	کادوسافوس Cadusafos [95465-99-9]	۱۳۴
سرطان ریه	A2	-	۰/۰۰۱ mg/m ³	۱۵۶/۰۹	کرومات کلسیم Calcium chromate [13765-19-0]	۱۳۵
-	A4	-	۰/۵ mg/m ³	۱۹۴/۱۹	کافئین Caffeine [58-08-2]	۱۳۶
-	-	۰/۰۴ mg/m ³ (I)	۰/۰۱ mg/m ³ (I)	۳۹۸/۰۷	آرسنات کلسیم Calcium arsenate [7778-44-1]	۱۳۷
-	-	-	۴ mg/m ³ (R)	۱۰۰/۰۹	کربنات کلسیم Calcium carbonate [471-34-1]	۱۳۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A4	-	۰/۵ mg/m ³	۸۰/۱۱	سیانامید کلسیم Calcium cyanamide [156-62-7]	۱۳۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	-	۵ mg/m ³	۷۴/۱۰	هیدروکسید کلسیم Calcium hydroxide [1305-62-0]	۱۴۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۲ mg/m ³	۵۶/۰۸	اکسید کلسیم Calcium oxide [1305-78-8]	۱۴۱
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۱۰ mg/m ³ (E)	-	سیلیکات کلسیم؛ غیر فیبروزی مصنوعی Calcium silicate Synthetic nonfibrous [1344-95-2]	۱۴۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
پنوموکونیوزیس؛ عملکرد روی	A4	-	۱ mg/m ³ (LE)	-	سیلیکات کلسیم؛ به صورت طبیعی به شکل ولاستونیت وجود دارد Calcium silicate ,naturally occurring as wollastonite [13983-17-0]	۱۴۳
پاره شدن تیغه بینی	-	-	۱۰ mg/m ³ (I)	۱۳۶/۱۴	سولفات کلسیم Calcium sulfate [7778-18-9]; [10034-76-1]; [10101-41-4]; [13397-24-5]	۱۴۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ فقدان حس شامه	A4	۳ ppm	۲ ppm	۱۵۲/۲۳	کافور، مصنوعی Camphor, synthetic [76-22-2]	۱۴۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A5	-	۵ mg/m ³ (IFV)	۱۱۳/۱۶	کاپرولاکتام Caprolactam [105-60-2]	۱۴۶
آسیبهای کبد و کلیه؛ آسیب پوست و سیستم تنفسی	A3؛DSEN؛RSEN	-	۰٫۱ mg/m ³ (IFV) SL ۰٫۲ mg/100 cm ²	۳۴۹/۱۰	کاپتافول Captafol [2425-06-1]	۱۴۷
سوزش پوست	A3؛DSEN	-	۵ mg/m ³ (I)	۳۰۰/۶۰	کاپتان Captan [133-06-2]	۱۴۸
-	-	-	۰٫۰۰۳ mg/m ³	۲۶۲/۲۲	کاربادوکس Carbadox [6804-07-5]	۱۴۹

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۱۵۰	کارباریل Carbaryl [63-25-2]	۲۰۱/۲۰	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ BEIc A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ آسیب سیستم تولید مثل مردان؛ آسیب جنینی
۱۵۱	کاربندازیم Carbendazim [10605-21-7]	۱۹۱/۱۹	۱۰ mg/m ³	۴۰ mg/m ³	-	-
۱۵۲	کاربو کرومن Carbocromen [804-10-4]	۳۶۱/۴۳	۰/۳ mg/m ³	-	-	-
۱۵۳	کاربوفوران Carbofuran [1563-66-2]	۲۲۱/۳۰	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	-	BEIc؛ A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۱۵۴	دوده Carbon black [1333-86-4]	-	۳ mg/m ³ (1)	-	A3	برونشیت
۱۵۵	دی اکسید کربن Carbon dioxide [124-38-9]	۴۴/۰۱	۵۰۰۰ ppm	۳۰۰۰۰ ppm	-	خفگی
۱۵۶	دی سولفید کربن Carbon disulfide [75-15-0]	۷۶/۱۴	۱ ppm	-	پوست؛ A4؛ BEI	اختلال سیستم اعصاب محیطی
۱۵۷	مونوکسید کربن Carbon monoxide [630-08-0]	۲۸/۰۱	۲۵ ppm	-	BEI	کربو کسی هموگلوبین
۱۵۸	تترابرمید کربن Carbon tetrabromide [558-13-4]	۳۳۱/۶۵	۰/۱ ppm	۰/۳ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست؛ آسیب کبدی
۱۵۹	تتراکلرید کربن Carbon tetrachloride [56-23-5]	۱۵۳/۸۴	۵ ppm	۱۰ ppm	پوست؛ A2	آسیب کبدی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آسیب استخوانی	-	۵ ppm	۲ ppm	۶۶/۰۱	فلوئورید کربونیل Carbonyl fluoride [353-50-4]	۱۶۰
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۵ ppm	۶۰/۰۸	سولفید کربونیل Carbonyl sulfide[463-58-1]	۱۶۱
آسیب کبدی؛ تأثیر بر پورفیرین	A4	-	۱ mg/m ^{3(l)}	۴۱۲/۲۰	اتیل کارفترازون Carfentrazone – ethyl [128639-02-1]	۱۶۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ درماتیت	پوست؛ A3	-	۵ ppm	۱۱۰/۱۱	کاتکول Catechol [120-80-9]	۱۶۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۱۰ mg/m ³	نامشخص	سلولز Cellulose [9004-34-6]	۱۶۴
-	-	-	۰/۳ mg/m ³	۴۱۵/۴۲	سفالوسپورین C Cephalosporin C [61-24-5]	۱۶۵
-	-	-	۰/۳ mg/m ³	۵۷۴/۷۵	سفالوسپورین P Cephalosporin P [13258-72-5]	
-	A3	-	۰/۵ f/ml	-	الیاف سرامیک Ceramic fibres	۱۶۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و پوست	-	-	۲ mg/m ³	۱۴۹/۹۲	هیدروکسید سزیم Cesium hydroxide [21351-79-1]	۱۶۷
آسیب کبدی	پوست؛ A3	-	۰/۵ mg/m ^{3(IFV)}	۴۰۹/۸۰	کلردان Chlordane [57-74-9]	۱۶۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تشنج سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی	پوست؛ A3	۱ mg/m ³	۰/۵ mg/m ³	۴۱۴/۰۰	کامفن کلره Chlorinated camphene [8001-35-2]	۱۶۹
جوش آکنه مانند؛ آسیب کبدی	-	-	۰/۵ mg/m ³	۳۷۷/۰۰	ارتو دی فنیل اکساید کلره Chlorinated diphenyl oxide [31242-93-0]	۱۷۰
تحریک دستگاه تنفسی و ادم ریوی	A4	۰/۴ ppm	۰/۱ ppm	۷۰/۹۱	کلر Chlorine [7782-50-5]	۱۷۱
تحریک دستگاه تنفسی؛ ادم ریوی	-	C ۰/۱ ppm	-	۶۷/۴۶	دی اکسید کلر Chlorine dioxide [10049-04-4]	۱۷۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و آسیب ریوی	-	C ۰/۱ ppm	-	۹۲/۴۶	تری فلورید کلر Chlorine trifluoride [7790-91-2]	۱۷۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	C ۱ ppm	-	۷۸/۵۰	کلرواستالدئید Chloroacetaldehyde [107-20-0]	۱۷۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست	C ۱ ppm	-	۹۲/۵۳	کلرواستون Chloroacetone [78-95-5]	۱۷۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	A4	--	۰/۰۵ ppm	۱۵۴/۵۹	۲- کلرواستوفنون 2-Chloroaceto phenone [532-27-4]	۱۷۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	پوست	۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	۱۱۲/۹۵	کلرواستیل کلراید Chloroacetyl chloride [79-04-9]	۱۷۷

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۱۷۸	۴- کلرو آنیلین 4-Chloroaniline [106-47-8]	۱۲۷/۵۷	-	۰/۰۴ ppm	A3؛ پوست	-
۱۷۹	کلرو بنزن Chlorobenzene [108-90-7]	۱۱۲/۵۶	-	۱۰ ppm	A3؛ BEI	آسیب‌های کبدی
۱۸۰	بنزیلیدن مالونونیتریل ارتو کلرو o-Chlorobenzylidene malononitrile [2698-41-1]	۱۸۸/۶۲	-	-	A4؛ پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت پوستی
۱۸۱	کلرو برمومتان Chlorobromomethane [74-97-5]	۱۲۹/۳۹	-	۲۰۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی
۱۸۲	کلرو دی فلورو متان Chlorodifluoromethane [75-45-6]	۸۶/۴۷	-	۱۰۰۰ ppm	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ خفگی؛ حساسیت قلبی
۱۸۳	۱- کلرو-۲-دی نیترو بنزن 1-Chloro-2,4-dinitrobenzene [97-00-7]	۲۰۲/۵۵	-	۰/۰۵ mg/m ³	-	-
۱۸۴	کلرو دی فنیل (۴۲٪ کلر) Chlorodiphenyl (42% chlorine) [53469-21-9]	۲۶۶/۵۰	-	۱ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی تحریک چشمی کلرانه
۱۸۵	کلرو دی فنیل (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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۱۸۶	کلروفرم Chloroform [67-66-3]	۱۱۹/۳۸	۱۰ ppm	-	A3	آسیب کبدی؛ آسیب‌های جنینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱۸۷	بیس (کلرومتیل) اتر bis (Chloromethyl) ether [542-88-1]	۱۱۴/۹۶	۰/۰۰۱ ppm	-	A1	سرطان ریه
۱۸۸	کلرو متیل متیل اتر Chloromethyl methyl ether [107-30-2]	۸۰/۵۰	۰/۰۰۵ mg/m ³	-	A2	سرطان ریه
۱۸۹	۱-کلرو-۱-نیتروپروپان 1-Chloro-1-nitropropane [600-25-9]	۱۲۳/۵۴	۲ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم؛ ادم ریوی
۱۹۰	۱-کلرو-۴-نیتروبنزن 1-Chloro-4-nitrobenzene [100-00-5]	۱۵۷/۵۵	۱ mg/m ³	۲ mg/m ³	پوست	-
۱۹۱	کلرو پنتا فلورو اتان Chloropenta fluoroethane [76-15-3]	۱۵۴/۴۷	۱۰۰۰ ppm	-	-	حساسیت قلبی
۱۹۲	کلروپیکرین Chloropicrin [76-06-2]	۱۶۴/۳۹	۰/۱ ppm	-	A4	تحریک چشم، ادم ریوی
۱۹۳	۳-کلروفنول و نمک‌های آن به صورت کلروفنول 3-Chlorophenol [108-43-0] and salts as chlorophenol	۱۲۸/۵۶	۰/۵ mg/m ³	۱ mg/m ³	A3	
۱۹۴	۱-کلرو-۲-پروپانول و ۲-کلرو-۱-پروپانول 1-Chloro-2-propanol [127-00-4] 2-Chloro-1-propanol [78-89-7]	۹۴/۵۴	۱ ppm	-	پوست؛ A4	آسیب کبدی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۱۹۵	بتا-کلروپرن β-Chloroprene [126-99-8]	۸۸/۵۴	۱ ppm	-	پوست؛ A2	سرطان ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱۹۶	۲-کلروپروپانینیک اسید 2-Chloropropionic acid [598-78-7]	۱۰۸/۵۳	۰/۱ ppm	-	پوست	آسیب سیستم تولید مثل مردان
۱۹۷	ارتوکلرو استایرن o-Chlorostyrene [2039-87-4]	۱۳۸/۶۰	۵۰ ppm	۷۵ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ نوروپاتی
۱۹۸	کلروتترا سایکلین Chlorotetracycline [57-62-5]	۴۷۸/۸۸	۰/۱ mg/m ³	-	-	-
۱۹۹	ارتو کلرو تولوئن o-Chlorotoluene [95-49-8]	۱۲۶/۵۹	۵۰ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
۲۰۰	کلرو تری فلورو متان Chlorotrifluoromethane [75-69-4]	۱۰۴/۴۶	۱۰۰۰ ppm	۲۰۰۰ ppm	-	-
۲۰۱	کلروپیریفوس Chlorpyrifos [2921-88-2]	۳۵۰/۵۷	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	-	پوست؛ A4 BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۰۲	کرومات حاصل از فرآوری سنگ معدنی کرومیت Chromite [1308-31-2] ore processing (Chromate), as Cr	-	۰/۰۵ mg/m ³	-	A1	سرطان ریه

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک دستگاه تنفسی	-	-	۰/۵ mg/m ^{3(l)}	متفاوت	کروم و ترکیبات معدنی آن Chromium [7440-47-3] & inorganic compounds, as Cr	۲۰۳
تحریک دستگاه تنفسی و آسم	A4 RSEN؛DSEN	-	۰/۰۰۳ mg/m ^{3(l)}	متفاوت	کرم فلزی Metallic chromium as Cr(0) ترکیبات کروم سه ظرفیتی و ترکیبات محلول در آب Trivalent chromium compounds, as Cr(III) Water- soluble compounds	
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه و سینوسها، آسم	A1 پوست RSEN؛DSEN	۰/۰۰۰۵ mg/m ^{3(l)}	۰/۰۰۰۲ mg/m ^{3(l)}	متفاوت	ترکیبات کروم شش ظرفیتی و محلول در آب Hexavalent chromium compounds, as Cr(VI) Water- soluble compound	
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه و سینوسها، آسم	BEI؛ A1؛ پوست؛ DSEN؛RSEN	۰/۰۰۰۲۵ ppm ^(IFV)	۰/۰۰۰۱ ppm ^(IFV)	متفاوت	کرومیل کلراید Chromyl chloride [14977-61-8], as Cr (VI)	
سرطان	A3؛BEI _p	-	۰/۲ mg/m ³	۲۲۸/۳۰	کرایزن Chrysene [218-01-9]	۲۰۴
-	A2	-	۰/۰۰۰۰۵ mg/m ³	۳۰۰/۰۱	سیس پلاتین Cisplatin [15663-27-1]	۲۰۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اثر روی وزن بدن؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی	DSEN، پوست A4	-	۵ ppm ^(IFV)	۱۵۲/۲۴	سیترال Citral [5392-40-5]	۲۰۶
اثر موتاژنیک	A4	-	۳ mg/m ³ (IFV)	۱۹۲/۰۶	کلوپیدال Clopidol [2971-90-6]	۲۰۷
اختلال در رشد سیستم عصبی مردان و زنان؛ اختلالات عصبی رفتاری؛ اثر بر وزن بدن	A4	-	۰/۱ mg/m ³ (I)	۲۴۹/۶۷	کلوتیانیدین Clothianidin [210880-92-5]	۲۰۸
آسیب ریوی و فیروز ریه	A4	-	۰/۴ mg/m ³ (R)	-	غبار ذغال سنگ Coal dust آنتراسیت Anthracite [8029-10-5]	۲۰۹
آسیب ریوی و فیروز ریه	A4	-	۰/۹ mg/m ³ (R)	-	بیتومینوس یا لیگنیت Bituminous or Lignite [308062-82-0]	
سرطان	A1؛BEIp	-	۰/۲ mg/m ³	-	مواد فرار قیر قطران ذغال سنگ به صورت آئروسول محلول در بنزن Coal tar pitch volatiles [65996-93-2] as benzene soluble aerosol	۲۱۰

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسم؛ عملکرد ریوی؛	DSEN؛ A3؛ RSEN BEI	-	۰/۰۲ mg/m ³	۵۸/۹۳ متفاوت	کبالت و ترکیبات معدنی آن Cobalt [7440-48-4] and inorganic Compounds; as Co	۲۱۱
ادم ریوی، آسیب طحال	-	-	۰/۱ mg/m ³	۳۴۱/۹۴	کربونیل کبالت Cobalt carbonyl [10210-68-1], as Co	۲۱۲
آسیب ریوی؛ ادم ریوی	-	-	۰/۱ mg/m ³	۱۷۱/۹۸	هیدروکربونیل کبالت Cobalt hydrocarbonyl [16842-03-8], as Co	۲۱۳
محرک؛ اثرات گوارشی؛ تب دمه فلزی	-	-	۰/۲ mg/m ³	۶۳/۵۵	مس Copper [7440-50-8] Fume دمه	۲۱۴
	-	-	۱ mg/m ³		غبار و میست ها Dust and mist as Cu	
-	-	-	۰/۵ mg/m ³	۲۲۱/۶	فسفید مس Copper phosphide [12019-57-7]	۲۱۵
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	۳۳۷/۷۷	سالیسیلات مس Copper salicylate [20936-31-6]	۲۱۶
-	-	-	۱ mg/m ³	۳۶۰/۴۴	کورتیزون Cortisone [53-06-5]	۲۱۷

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA	
۲۱۸	غبار پنبه خام Cotton dust, raw, untreated	-	-	۰/۱ mg/m ³ (T)	برونشیت؛ بیسینوزیس؛ عملکرد ربوی
۲۱۹	کومافوس Coumaphos [56-72-4]	۳۶۲/۸	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	بازدارنده آنزیم کولین استراز پوست
۲۲۰	همه ایزومرهای کروزول Cresol, all isomers [95-48-7]; [106-44-5]; [108-39-4]; [1319-77-3]	۱۰۸/۱۴	-	۲۰ mg/m ³ (IFV)	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲۲۱	کروتون آلدهید Crotonaldehyde [4170-30-3]	۷۰/۰۹	C ۰/۳ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۲۲	کروفومات Crufomate [299-86-5]	۲۹۱/۷۱	-	۵ mg/m ³	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۲۳	کومن † Cumene [98-82-8]	۱۲۰/۱۹	-	۵ ppm	تومور خوش خیم قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال عصبی
۲۲۴	کلرید مسی Cuprous chloride [7758-89-6]	۹۸/۹۹۹	-	۰/۵ mg/m ³	-
۲۲۵	سیانامید Cyanamide [420-04-2]	۴۲/۰۴	-	۲ mg/m ³	تحریک چشمی و پوستی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۲۲۶	سیانازین Cyanazine [21725-46-2]	۲۴۰/۷۰	-	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	A3	تأثیر بر وزن بدن، سیستم اعصاب مرکزی، تراژونیک
۲۲۷	اتیل و متیل سیانواکریلیت 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
۲۲۸	سیانوژن Cyanogen [460-19-5]	۵۲/۰۴	-	-	C ۵ ppm	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۲۹	برمید سیانوژن Cyanogen bromide [506-68-3]	۱۰۵/۹۲	-	-	C ۰/۳ ppm	تحریک دستگاه تنفسی و چشم؛ ادم ریوی
۲۳۰	کلرید سیانوژن Cyanogen Chloride [506-77-4]	۶۱/۴۸	-	-	C ۰/۳ ppm	ادم ریوی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
۲۳۱	سیکلو هگزان Cyclohexane [110-82-7]	۸۴/۱۶	-	۱۰۰ ppm	BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۳۲	سیکلو هگزان اتیول Cyclohexanethiol [1569-69-3]	۱۱۶/۲۲	-	-	۰/۵ ppm	-
۲۳۳	سیکلو هگزانول Cyclohexanol [108-93-0]	۱۰۰/۱۶	-	۵۰ ppm	پوست؛ BEI	آسیب سیستم اعصاب مرکزی و تحریک چشم

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست؛ A3؛ BEI	۵۰ ppm	۲۰ ppm	۹۸/۱۴	سیکلو هگزانون Cyclohexanone [108-94-1]	۲۳۴
تاثیر کبدی	-	-	۲۰ ppm	۸۲/۱۴	سیکلو هگزین Cyclohexene [110-83-8]	۲۳۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A4	-	۱۰ ppm	۹۹/۱۷	سیکلو هگزیل آمین Cyclohexylamine [108-91-8]	۲۳۶
آسیب کبدی	پوست؛ A4	-	۰/۵ mg/m ³	۲۲۲/۲۶	سیکلونیت Cyclonite [121-82-4]	۲۳۷
آسیب سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۱۰۰۰ ppm ^(EX)	۷۰/۱۳	سیکلو پنتان † Cyclopentane [287-92-3]	۲۳۸
-	-	۵۰ ppm	۲۵ ppm	۸۴/۱۲	سیکلو پنتانون Cyclopentanone [120-92-3]	۲۳۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تأثیر روی وزن بدن؛ اثرات کلیوی	A4	-	۵ mg/m ³	۳۸۵/۱۶	سی هگزاتین Cyhexatin [13121-70-5]	۲۴۰
اثرات خونی؛ تأثیر روی وزن بدن	A4	-	۲ mg/m ³	۱۶۶/۱۹	سیرومازین Cyromazine [66215-27-8]	۲۴۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۲ mg/m ³	۱۲۱/۱۶	سیستئین Cysteine [52-90-4]	۲۴۲
-	A3	-	۰/۰۰۰۹ mg/m ³	۱۸۲/۱۸	داکاربازین Dacarbazine [4342-03-4]	۲۴۳
-	-	۹۰ ppm	۴۵ ppm	۱۴۲/۲۹	دکان نرمال n-Decane [124-18-5]	۲۴۴
تأثیر تیروئیدی؛ آسیب لوله های کلیوی	A4	-	۱۰ mg/m ³ (I)	۲۲۱/۰۴	۴-۲ دیکلرو فئوکسیاستیک اسید 2,4-D[94-75-7]	۲۴۵
اثرات کبدی	A3	-	۱ mg/m ³	۳۵۴/۵۰	دود DDT[50-29-3]	۲۴۶
تشنج سیستم اعصاب مرکزی؛ کاهش قوه ادراکی	پوست	۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	۱۲۲/۳۱	دکابوران Decaborane[17702-41-9]	۲۴۷
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ BEIc	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۵۸/۳۴	دمتون Demeton [8065-48-3]	۲۴۸
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ BEIc؛ DSEN، A4	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۳۰/۳۰	اس-متیل-دمتون Demeton-S-methyl [919-86-8]	۲۴۹
اثر بر سیستم اعصاب مرکزی؛ کاهش قوه ادراکی	-	-	۱۰۰ ppm	۱۶۸/۰۴	دیس فلوران Desflurane [57041-67-5]	۲۵۰

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم- آسیب به سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۱۰ ppm	۱۱۶/۱۶	الکل دی استون Diacetone alcohol [123-42-2]	۲۵۱
آسیب ریه	DSEN, A3	۰/۰۲ ppm	۰/۰۱ ppm	۸۶/۱۰	دی استیل Diacetyl [431-03-8]	۲۵۲
-	-	-	۵ mg/m ³	۲۴۶/۲۶	دی آلایل فتالات Diallyl phthalate [131-17-9]	۲۵۳
-	-	-	۳ ppm (موقت)	۱۱۴/۱۹	۱ و ۲- دی آمینو سیکلوهگزان 1,2-Diaminocyclohexane [694-83-7]	۲۵۴
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ BEIc A4	-	۰/۰۱ mg/m ³ (IFV)	۳۰۴/۳۶	دیازینون Diazinon [333-41-5]	۲۵۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A2	-	۰/۲ ppm	۴۲/۰۴	دیازومتان Diazomethane [334-88-3]	۲۵۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و سردرد	-	-	۰/۱ ppm	۲۷/۶۹	دی بوران Diborane [19287-45-7]	۲۵۷
-	A3	-	۰/۰۰۱ ppm	۲۳۶/۳۳	۱ و ۲- دی برم-۳- کلرو پروپان 1,2-Dibromo-3-chloropropane [96-12-8]	۲۵۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست؛ BEIc	-	۰/۵ ppm	۱۷۳/۲۹	۲-ان-دی بوتیل آمینو اتانول 2-N-Dibutylamino ethanol [102-81-8]	۲۵۹
بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	پوست؛ BEIc	-	۰/۳ ppm	۲۸۶/۲۶	دی بوتیل فنیل فسفات Dibutyl phenyl phosphate [2528-36-1]	۲۶۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و ممانه	پوست	-	۵ mg/m ³ (IFV)	۲۱۰/۲۱	دی بوتیل فسفات Dibutyl phosphate [107-66-4]	۲۶۱
آسیب بیضه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	-	۵ mg/m ³	۲۷۸/۳۴	دی بوتیل فتالات Dibutyl phthalate [84-74-2]	۲۶۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب بیضه	پوست؛ A3	-	۰/۵ ppm	۱۲۸/۹۵	اسید دی کلرواستیک Dichloroacetic acid [79-43-6]	۲۶۳
تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب محیطی	A3	C ۰/۱ ppm	-	۹۴/۹۳	دی کلرو استیلن Dichloroacetylene [7572-29-4]	۲۶۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبدی	A4	۵۰ ppm	۲۵ ppm	۱۴۷/۰۱	ارتو دی کلرو بنزن o-Dichlorobenzene [95-50-1]	۲۶۵
تحریک و سوزش چشم و آسیب کلوی	A3	-	۱۰ ppm	۱۴۷/۰۱	پارا دی کلرو بنزن p-Dichlorobenzene [106-46-7]	۲۶۶

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۲۶۷	۳ و ۳- دی کلرو بنزیدین 3,3-Dichloro benzidine [91-94-1]	۲۵۳/۱۳	۰/۰۳ mg/m ³	۰/۱۲ mg/m ³	A3	پوست؛ سرطان مثانه و تحریک چشم
۲۶۸	۱ و ۴- دی کلرو - ۲- بوتن 1,4-Dichloro-2-butene [764-41-0]	۱۲۴/۹۹	۰/۰۰۵ ppm	-	A2	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۶۹	دی کلرو دی فلوئورو متان Dichlorodifluoro methane [75-71-8]	۱۲۰/۹۱	۱۰۰۰ ppm	-	A4	حساسیت های قلبی
۲۷۰	۱ و ۳- دی کلرو - ۵ و ۵- دی متیل هیدانتوئین 1,3-Dichloro-5,5- dimethyl hydantoin [118-52-5]	۱۹۷/۰۳	۰/۲ mg/m ³	۰/۴ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲۷۱	۱ و ۱- دی کلرو اتان 1,1- Dichloroethane [75-34-3]	۹۸/۹۷	۱۰۰ ppm	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کلیوی و کبدی
۲۷۲	۱ و ۲- دی کلرو اتیلن؛ 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
۲۷۳	دی کلرو اتیل اتر Dichloroethyl ether [111-44-4]	۱۴۳/۰۲	۵ ppm	۱۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع
۲۷۴	دی کلرو فلوئورو متان Dichlorofluoromethane [75-43-4]	۱۰۲/۹۲	۱۰ ppm	-	-	آسیب کبدی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۲۷۵	دی کلرو متان Dichloromethane [75-09-2]	۸۴/۹۳	-	۵۰ ppm	BEI ؛ A3	کربوکسی هموگلوبینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۲۷۶	۱و۱-دی کلرو-۱-نیترو اتان 1,1- Dichloro-1- nitroethane [594-72-9]	۱۴۳/۹۶	-	۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲۷۷	۱و۳-دی کلرو پروپن 1,3-Dichloropropene [542-75-6]	۱۱۰/۹۸	-	۱ ppm	پوست؛ A3	آسیب‌های کلیوی
۲۷۸	۲و۲-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
۲۷۹	دی کلرو تترا فلورو اتان Dichlorotetrafluoro ethane [76-14-2]	۱۷۰/۹۳	-	۱۰۰۰ ppm	A4	تأثیر بر عملکرد ریوی
۲۸۰	۲و۴-دی کلرو تولوئن 2,4-Dichlorotoluene [95-73-8]	۱۶۱/۰۳	۲۰ ppm	۵ ppm	پوست	-
۲۸۱	دی کلرووس Dichlorvos [62-73-7]	۲۲۰/۹۸	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4؛ BEI ؛DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۸۲	دی کروتوفوس Dicrotophos [141-66-2]	۲۳۷/۲۱	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4؛ BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۸۳	دی سیکلو هگزیل فتالات Dicyclohexyl phthalate [84-61-7]	۳۳۰/۴۲	-	۵ mg/m ³	-	-

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۵ mg/m ³	۳۶۲/۵۰	دی هپتیل فتالات (کلیه ایزومرها) Diheptyl phthalate (all isomers) [3648-21-3]	۲۸۴
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۱ ppm	۰/۵ ppm	۱۳۲/۲۱	دی سیکلو پنتادین و شامل سیکلو پنتادین Dicyclopentadiene [77-73-6] including Cyclopentadiene[542-92-7]	۲۸۵
آسیب کبدی	-	-	۱۰ mg/m ³	۱۸۶/۰۳	دی سیکلو پنتادیل آهن Dicyclopentadienyl iron as Fe [102-54-5]	۲۸۶
آسیب کبدی؛ اثرات سیستم تولید مثل؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست؛ A3	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۳۸۰/۹۳	دیلدین Dieldrin [60-57-1]	۲۸۷
درماتیت	پوست؛ A3	-	۱۰۰ mg/m ³ (IFV)	متفاوت	سوخت دیزل به صورت هیدروکربن های کل Diesel fuel [68334-30-5]; [68476-30-2]; [68476-31-3]; [68476-34-6] as total Hydrocarbons	۲۸۸
آسیب کبدی و کلیوی	پوست؛ A3	-	۱ mg/m ³ (IFV)	۱۰۵/۱۴	دی اتانول آمین Diethanolamine [111-42-2]	۲۸۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و پوست	پوست؛ A4	۱۵ ppm	۵ ppm	۷۳/۱۴	دی اتیل آمین Diethylamine [109-89-7]	۲۹۰

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تشنج سیستم اعصاب مرکزی	پوست	-	۲ ppm	۱۱۷/۱۹	۲- دی اتیل آمینو اتانول 2-Diethylaminoethanol [100-37-8]	۲۹۱
هماتولوژی؛ اثرات کبدی و کلیوی	-	-	۱۰ ppm (IFV)	۱۶۲/۲۳	دی اتیلن گلیکول مونوبوتیل اتر Diethylene glycol monobutyl ether [112-34-5]	۲۹۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست	-	۱ ppm	۱۰۳/۱۷	دی اتیلن تری آمین Diethylene triamine [111-40-0]	۲۹۳
اثر بر سیستم تولید مثل مردان؛ اثرات جهش زایی (تراژونیک)	A3؛ پوست	-	۰/۱ mg/m ³	۳۹۰/۵۴	دی (۲- اتیل هگزیل) فتالات † Di(2- ethylhexyl) phthalate [117-81-7]	۲۹۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۲ ppm	۸۹/۱۴	ان، ان- دی اتیل هیدروکسیل آمین N,N-Diethylhydroxylamine [3710-84-7]	۲۹۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۳۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	۸۶/۱۳	دی اتیل کتون Diethyl ketone [96-22-0]	۲۹۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۵ mg/m ³	۲۲۲/۲۳	دی اتیل فتالات Diethyl phthalate [84-66-2]	۲۹۷

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
سرطان زائی، سوزش پوست	A2	-	۰/۰۵ ppm	۱۵۴/۱۸	دی اتیل سولفات Diethyl sulphate [64-67-5]	۲۹۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات کبدی	-	-	۱۰۰ ppm	۲۰۹/۸۳	دی فلورو دی برومو متان Difluorodibromomethan [75-61-6]	۲۹۹
تحریک و سوزش پوست و چشم؛ اثرات سیستم تولید مثل در مردان	A4	-	۰/۰۱ ppm	۱۳۰/۱۴	دی گلیسیدیل اتر Diglycidyl ether [2238-07-5]	۳۰۰
-	-	-	۵ mg/m ³	۲۷۸/۳۵	دی ایزو بوتیل فتالات Diisobutyl phthalate [84-69-5]	۳۰۱
-	-	۰/۰۱ ppm	۰/۰۰۵ ppm	۲۰۳/۲۸	دی ایزو پروپیل فنیل ایزو سیانات 2,6-Diisopropylphenyl Isocyanate [28178-42-9]	۳۰۲
-	-	-	۵ mg/m ³	۴۴۶/۶۶	دی ایزو دسیل فتالات Diisodecyl phthalate [26761-40-0]	۳۰۳
-	-	-	۵ mg/m ³	۴۱۸/۶۱	دی ایزو نونیل فتالات Diisononyl phthalate [28553-12-0]	۳۰۴

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	-	۲۵ ppm	۱۴۲/۲۳	دی ایزو بوتیل کتون Diisobutyl ketone [108-83-8]	۳۰۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی	پوست	-	۵ ppm	۱۰۱/۱۹	دی ایزو پروپیل آمین Diisopropylamine [108-18-9]	۳۰۶
اثرات کبدی؛ اختلالات مجرای صفراوی	A3؛ DSEN	-	۰/۲ mg/m ³ (IFV)	۲۷۵/۸	دی متان آمید Dimethenamid-P [163515-14-8]	۳۰۷
آسیب کبدی و آسیب جنینی، تولید مثل، کلیه، اثر تراژونیک	A3 پوست؛ BEI	-	۱۰ ppm	۸۷/۱۲	دی متیل استامید Dimethyl acetamide [127-19-5]	۳۰۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و دستگاه گوارش	A4؛ DSEN	۱۵ ppm	۵ ppm	۴۵/۰۸	دی متیل آمین Dimethylamine [124-40-3]	۳۰۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست	پوست	۰/۱۵ ppm	۰/۰۵ ppm	۱۶۰/۲۶	بیس (۲-دی متیل آمینو اتیل) اتر Bis (2-Dimethyl aminoethyl) ether (DMAEE) [3033-62-3]	۳۱۰
مت همو گلوبینی	A4 پوست؛ BEI _M	۱۰ ppm	۵ ppm	۱۲۱/۱۸	آنیلین دی متیل Dimethylaniline [121-69-7]	۳۱۱
سرطان بینی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A2 پوست؛	-	۰/۰۰۵ ppm	۱۰۷/۵۴	دی متیل کاربامیل کلراید Dimethyl carbamoyl chloride [79-44-7]	۳۱۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست	-	۰/۵ ppm	۹۴/۲	دی متیل دی سولفید Dimethyl disulfide [624-92-0]	۳۱۳
-	-	۵۰۰ ppm	۴۰۰ ppm	۴۶/۰۷	دی متیل اتر Dimethyl ether [115-10-6]	۳۱۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سردرد	-	۱/۵ ppm	۰/۵ ppm	۱۰۴/۲۰	دی متیل اتوکسی سیلان Dimethylethoxysilane [14857-34-2]	۳۱۵
آسیب کبدی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست؛ A3 BEI	-	۵ ppm	۷۳/۱۰	دی متیل فرمامید Dimethylformamide [68-12-2]	۳۱۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرطان بینی	پوست؛ A3	-	۰/۰۱ ppm	۶۰/۱۲	۱-او-دی متیل هیدرازین 1,1-Dimethyl hydrazine [57-14-7]	۳۱۷
تأثیر بر سیستم خون و وزن بدن	A3؛ DSEN	-	۱ ppm ^(IFV)	متفاوت	همه ایزومرهای دی متیل فنل 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]	۳۱۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	-	۵ mg/m ³	۱۹۴/۱۹	دی متیل فتالات Dimethylphthalate [131-11-3]	۳۱۹

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
سوزش پوست و چشم	A3 پوست؛	-	۰/۱ ppm	۱۲۶/۱۰	دی متیل سولفات Dimethyl sulfate [77-78-1]	۳۲۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۱۰ ppm	۶۲/۱۴	دی متیل سولفید Dimethyl sulfide [75-18-3]	۳۲۱
مت هموگلوبینی، آسیب چشم	پوست BEIm	-	۰/۱۵ ppm ^(IFV)	۱۶۸/۱۱	کلیه ایزومرهای دی نیترو بنزن Dinitrobenzene, all isomers [99-65-0]; [100-25-4]; [528-29-0]; [25154-54-5]	۳۲۲
متابولیسم پایه	پوست	-	۰/۲ mg/m ³ (IFV)	۱۹۸/۱۳	دی نیترو - ارتو - کروزل Dinitro-o-cresol [534-52-1]	۳۲۳
آسیب کبدی	A4	-	۱ mg/m ³	۲۲۵/۱۶	۳و۵- دی نیترو - ارتو - تولوآمید 3,5-Dinitro-o-toluamide [148-01-6]	۳۲۴
اختلالات قلبی؛ اثرات سیستم تولید مثل	A3 پوست؛ BEIm	-	۰/۲ mg/m ³	۱۸۲/۱۵	دی نیترو تولوئن Ditnitrotoluene [25321-14-6]	۳۲۵
آسیب کبدی	A3 پوست؛	-	۲۰ ppm	۸۸/۱۰	او۴- دی اکسان 1,4-Dioxane [123-91-1]	۳۲۶
بازدارنده آنزیم کولین استراز	A4 پوست؛ BEIc	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۴۵۶/۵۴	دی اکساتیون Dioxathion [78-34-2]	۳۲۷
اثرات خونی	-	-	۲۰ ppm	۷۴/۰۸	او۳- دی اکسولان 1,3-Dioxolane [646-06-0]	۳۲۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب کبدی و کلیوی؛ اثرات خونی	A4	-	۱۰ mg/m ³	۱۶۹/۲۴	دی فنیل آمین Diphenylamine [122-39-4]	۳۲۹
-	-	۲ mg/m ³	۱ mg/m ³	۱۴۱/۹۵	پنتا اکسید دی فسفر Diphosphorus pentoxide [1314-56-3]	۳۳۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۵۰ ppm	۱۱۴/۸۰	دی پروپیل کتون Dipropyl ketone [123-19-3]	۳۳۱
آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۵۰ ppm	۱۴۸/۲۰	دی پروپیلن گلیکول متیل اتر Dipropylene glycol methyl ether (DPGME) [13429-07-7]; [13588-28-8]; [20324-32-7]; [34590-94-8]; [55956-21-3]	۳۳۲
تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آب مروارید	پوست؛ A4	-	۰/۵ mg/m ³ (L)	متفاوت	دی کوات Diquat [85-00-7]; [2764-72-9]; [6385-62-2], as the cation	۳۳۳
تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آب مروارید	پوست؛ A4	-	۰/۱ mg/m ³ (R)			
اتساع عروق و سردرد، حالت تهوع	A4	-	۲ mg/m ³	۲۹۶/۵۴	دی سولفیرام Disulfiram [97-77-8]	۳۳۴
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEI _C	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۷۴/۳۸	دی سولفتون Disulfoton [298-04-4]	۳۳۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۱۰ mg/m ³	۲۳۳/۱۰	دیورون Diuron [330-54-1]	۳۳۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۱۰ ppm	۱۳۰/۱۹	دی وینیل بنزن Divinybenzene [1321-74-0]	۳۳۷
آسیب ریه و قسمت فوقانی تنفسی	A3؛ DSEN	-	۰/۵ ppm	۱۳۰/۲۰	دی وینیل بنزن - اتیل استایرن Divinylbenzene-ethyl styrene mixtures, as total divinylbenzene isomers [69011-19-4]; [7525-62-4]; [108-57-6]; [105-06-6]	۳۳۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	DSEN	-	۰/۱ ppm	۲۰۲/۴	دودسیل مرکاپتان Dodecyl mercaptan [112-55-0]	۳۳۹
تحریک قسمت تحتانی تنفسی و آسیب کبدی و کلیوی	A4 پوست؛	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۴۰۶/۹۵	اندو سولفان Endosulfan [115-29-7]	۳۴۰
اختلال در عملکرد تنفسی، تحریک سیستم تنفسی تحتانی	A4	-	۹۰ EU/m ³ (I)	بسته به نوع گونه متغییر می باشد	اندوتوکسین ها Endotoxins [67924-63-4]	۳۴۱
آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی و سردرد	A4 پوست؛	-	۰/۱ mg/m ³	۳۸۰/۹۳	اندترین Endrin [72-20-8]	۳۴۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی - آسیب به جنین و جفت	A4	-	۵۰ ppm	۱۸۴/۵۰	انفلوران Enflurane [13838-16-9]	۳۴۳
آسیب سیستم تنفسی	پوست؛ DSEN؛ A2	-	۰/۱ ppm	۹۲/۵۳	ایپیکلورو هیدرین Epichlorohydrin [106-89-8]	۳۴۴
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEI _c	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۳۲۳/۳۱	ای پی ان EPN [2104-64-5]	۳۴۵
خفگی	-	-	۱۰۰۰ ppm	۳۰/۰۷	اتان Ethane [74-84-0]	۳۴۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A3	۱۰۰۰ ppm	-	۴۶/۰۷	اتانول Ethanol [64-17-5]	۳۴۷
تحریک و سوزش پوست و چشم	-	۶ ppm	۳ ppm	۶۱/۰۸	اتانول آمین Ethanolamine [141-43-5]	۳۴۸
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEI _c	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۳۸۴/۴۸	ایتیون Ethion [563-12-2]	۳۴۹
-	پوست	-	۱ ppm	۱۹۲/۷	۲- اتیل هگزیل کلروفرمات 2-Ethylhexyl chloroformate [110-80-5]	۳۵۰
آسیب سیستم تولید مثل در مردان؛ آسیب جنینی	پوست؛ BEI	-	۵ ppm	۹۰/۱۲	۲- اتوکسی اتانول 2-Ethoxyethanol [110-80-5]	۳۵۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب سیستم تولید مثل مردان	پوست؛ BEI	-	۵ ppm	۱۳۲/۱۶	۲- اتوکسی اتیل استات 2-Ethoxyethyl acetate [111-15-9]	۳۵۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	-	۴۰۰ ppm	۸۸/۱۰	اتیل استات Ethyl acetate [141-78-6]	۳۵۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال گوارشی و سیستم اعصاب مرکزی؛ حساسیت پوستی	A4	۱۵ ppm	۵ ppm	۱۰۰/۱۱	اتیل آکریلات Ethyl acrylate [140-88-5]	۳۵۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	پوست	۱۵ ppm	۵ ppm	۴۵/۰۸	اتیل آمین Ethyl amine [75-04-7]	۳۵۵
ایجاد سمیت اعصاب	-	-	۱۰ ppm	۱۲۸/۲۱	اتیل آمیل کتون Ethyl amyl ketone [541-85-5]	۳۵۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و آسیب کلیوی (نفروپاتی)؛ اختلال بخش حلزونی گوش میانی	BEI؛ A3 OTO	-	۲۰ ppm	۱۰۶/۱۶	اتیل بنزن Ethyl benzene [100-41-4]	۳۵۷
آسیب کبدی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست؛ A3	-	۵ ppm	۱۰۸/۹۸	اتیل بروماید Ethyl bromide [74-96-4]	۳۵۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A4	-	۲۵ ppm	۱۰۲/۱۸	اتیل ترت- بوتیل اتر Ethyl tert-butyl ether [637-92-3]	۳۵۹
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سوزش پوست و چشم	-	۷۵ ppm	۵۰ ppm	۱۱۴/۱۹	اتیل بوتیل کتون Ethyl butyl ketone [106-35-4]	۳۶۰
آسیب کبدی	A3 پوست؛	-	۱۰۰ ppm	۶۴/۵۲	اتیل کلراید Ethyl chloride [75-00-3]	۳۶۱
-	-	-	۱ ppm	۱۰۸/۵۲	اتیل کلروفرمات Ethyl chloroformate [541-41-3]	۳۶۲
خفگی	A4	-	۲۰۰ ppm	۲۸/۰۵	اتیلن Ethylene [74-85-1]	۳۶۳
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی	A4 پوست؛	C ۱ ppm	-	۸۰/۵۲	اتیلن کلرو هیدرین Ethylene chlorohydrin [107-07-3]	۳۶۴
-	A4 پوست؛	-	۱۰ ppm	۶۰/۱۰	اتیلن دی آمین Ethylene diamine [107-15-3]	۳۶۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	پوست؛ A3	۰/۴ ppm	۰/۸ ppm	۱۸۷/۸۸	اتیلن دی بروماید Ethylene dibromide [106-93-4]	۳۶۶
آسیب کبدی؛ تهوع	A4	-	۱۰ ppm	۹۸/۹۶	اتیلن دی کلرید Ethylene dichloride [107-06-2]	۳۶۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	۵۰ ppm ^(v) mg/m ³ (LH) ۱۰	۲۵ ppm ^(v)	۶۲/۰۷	اتیلن گلیکول Ethylene glycol [107-21-1]	۳۶۸
تاثیرات خونی؛ آسیب سیستم تولید مثل در مردان؛ آسیب جنینی	پوست	-	۰/۵ ppm	۹۰/۱۲	اتیلن گلیکول دی متیل اتر Ethylene glycol dimethyl ether [110-71-4]	۳۶۹
اتساع عروق و سردرد؛ افت فشار؛ بیماری عروق مغزی و قلبی	پوست	۰/۰۱ ppm	SL ۰/۰۲ mg/100 cm ²	۱۵۲/۰۶	اتیلن گلیکول دی نترات ‡ Ethylene glycol dinitrate [628-96-6]	۳۷۰
سرطان؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A2، پوست؛ BEI	-	۱ ppm	۴۴/۰۵	اتیلن اکساید Ethylene oxide [75-21-8]	۳۷۱
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی	پوست؛ A3	۰/۸ ppm	۰/۰۵ ppm	۴۳/۰۸	اتیلن ایمین Ethylene imine [151-56-4]	۳۷۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اختلال سیستم اعصاب مرکزی تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	۵۰۰ ppm	۴۰۰ ppm	۷۴/۱۲	اتیل اتر Ethyl ether [60-29-7]	۳۷۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	۱۰۰ ppm	-	۷۴/۰۸	اتیل فرمات Ethyl formate [109-94-4]	۳۷۴
اثرات ناقص الحلقه زایی	-	-	۵ mg/m ³ (IFV)	۱۴۴/۲۴	۲- اتیل هگزانویک اسید 2-Ethylhexanoic acid [149-57-5]	۳۷۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A3	-	۵ ppm	۱۳۰/۲۳	۲- اتیل ۱- هگزانول 2-Ethyl-1-hexanol [104-76-7]	۳۷۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	۴ ppm	۲ ppm	۱۲۰/۱۹	اتیلیدن نوربورنن Ethylidene norbornene [16219-75-3]	۳۷۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست، DSEN	۰/۰۶ ppm	۰/۰۲ ppm	۷۱/۱	اتیل ایزوسیانات Ethyl isocyanate [109-90-0]	۳۷۸
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۰/۵ ppm	۶۲/۱۳	اتیل مرکاپتان Ethyl mercaptan [75-08-1]	۳۷۹

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب چشمی	پوست	-	۵ ppm	۱۱۵/۱۸	اتیل مورفولین نرمال N-Ethylmorpholine [100-74-3]	۳۸۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی؛ آسیب کلیوی	-	-	۱۰ ppm	۲۰۸/۳۰	اتیل سیلیکات یا تترا اتوکسی سیلان Ethyl silicate [78-10-4]	۳۸۱
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEIc	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۳۰۳/۴۰	فنامیفوز Fenimiphos [22224-92-6]	۳۸۲
آسیب کبد و ریه	A3	-	۱ mg/m ³ (l)	۳۰۱/۳	فنوکسی کارب Fenoxycarb [72490-01-8]	۳۸۳
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEIc	-	۰/۰۱ mg/m ³ (IFV)	۳۰۸/۳۵	فن سولفو تیان Fensulfothian [115-90-2]	۳۸۴
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ افسردگی	پوست؛ A4	۰/۰۰۰۲ mg/m ³ (l)	۰/۰۰۰۱ mg/m ³ (l) SL ۰/۰۰۱ mg/100 cm2	۳۳۶/۵ ۵۲۸/۶	فتانیل و فتانیل سیترات Fentanyl [437-38-7] and Fentanyl citrate [990-73-8], as Fentanyl	۳۸۵
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEIc	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۷۸/۳۴	فنتیون Fenthion [55-38-9]	۳۸۶
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست	-	۱ ppm	۲۷۷/۲۳	فنیتراتیون Fenitrothion [122-14-5]	۳۸۷
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست	-	۵ mg/m ³	۲۰۷/۲۷	فنوبو کارب Fenobucarb [3766-81-2]	۳۸۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اختلال سیستم اعصاب مرکزی تأثیر روی وزن بدن آسیب طحال	A4	-	۵ mg/m ^{3(l)}	۴۱۶/۵۰	فربام Ferbam [14484-64-1]	۳۸۹
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم	-	۳ mg/m ³	۱ mg/m ³	-	غبار فرو وانادیوم Ferrovandium dust [12604-58-9]	۳۹۰
آسم؛ برونشیت؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	RSEN	-	۰/۵ mg/m ^{3(l)}	-	غبار آرد Flour dust	۳۹۱
آسیب کبدی و کلیوی	A3	-	۱ mg/m ^{3(l)}	۲۴۸/۲۰	فلودیوکسونیل Fludioxonil [131341-86-1]	۳۹۲
آسیب استخوانی فلوروزیس	BEI؛ A4	-	۲/۵ mg/m ³	متفاوت	فلوریدها Fluorides, as F	۳۹۳
تحریک چشم و فلوروزیس	-	C ۰/۵ ppm	۰/۱ ppm	۳۸	فلورین Fluorine [7782-41-4], as F	۳۹۴
آسیب کبدی؛ تأثیر روی وزن بدن	DSEN؛ A3	-	۱ mg/m ^{3(l)}	۲۹۶/۶۰	فولپت Folpet [133-07-3]	۳۹۵
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4 BEI _C	-	۰/۱ mg/m ^{3 (IFV)}	۲۴۶/۳۲	فونوفوس Fonofos [944-22-9]	۳۹۶

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم؛ سرطان قسمت فوقانی تنفسی	A1؛ RSEN؛ DSEN	۰/۳ ppm	۰/۱ ppm	۳۰/۰۳	فرم آلدئید Formaldehyde [50-00-0]	۳۹۷
تاثیرات خونی، سرطان کبد، افزایش سمیت	پوست؛ A3	-	۱ ppm	۴۵/۰۴	فرمامید Formamide [75-12-7]	۳۹۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۵ ppm	۴۶/۰۲	اسید فرمیک Formic acid [64-18-6]	۳۹۹
-	-	-	۱۰ mg/m ³	۲۷۱/۹۱	فتالید Fthalide [27355-22-2]	۴۰۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست؛ A3؛ BEI	-	۰/۲ ppm	۹۶/۰۸	فورفورال Furfural [98-01-1]	۴۰۱
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و تحریک چشم	A3؛ پوست	-	۰/۲ ppm	۹۸/۱۰	فورفوریل الکل Furfuryl alcohol [98-00-0]	۴۰۲
تحریک قسمت تحتانی تنفسی	A3	-	۰/۰۰۰۳ mg/m ³ (R)	۱۴۴/۶۴	گالیم آرسنید Gallium arsenide [1303-00-0]	۴۰۳

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A3	۴۸۰ mg/m ³	۲۴۰ mg/m ³	متفاوت	بنزین (به عنوان سوخت موتور حاوی بیش از ۰/۱ درصد بنزن) Gasoline [86290-81-5] As fuel for combustion engines. This mixture is carcinogenic if the benzene content is > 0,1%.	۴۰۴
اثرات خونی	-	-	۰/۲ ppm	۷۶/۶۳	تتراهیدرید ژرمانیوم Germanium tetrahydride [7782-65-2]	۴۰۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A4؛ RSEN؛ DSEN	C ۰/۰۵ ppm	-	۱۰۰/۱۱	گلو تار آلدئید (فعال و غیر فعال) Glutaraldehyde [111-30-8], activated and unactivated	۴۰۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۱۰ mg/m ³	۹۲/۰۹	میسث گلیسرین Glycerin mist [56-81-5]	۴۰۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست	A3	-	۲ ppm	۷۴/۰۸	گلیسیدول Glycidol [556-52-5]	۴۰۸
تخریب قسمت تحتانی تنفسی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی	پوست؛ A2؛ DSEN	-	۰/۰۱ ppm	۱۴۲/۱۵	گلای سیدیل متاکریلات Glycidyl methacrylate [106-91-2]	۴۰۹

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۱۰	گلای اکزال Glyoxal [107-22-2]	۵۸/۰۴	-	$0.1 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	DSEN؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ متاپلازی حنجره
۴۱۱	گلای فوسات Glyphosate [1071-83-6]	۱۶۹/۰۷	-	$5 \text{ mg/m}^3 \text{ (I)}$	A4	اثر روی وزن بدن؛ آسیب کبدی؛ آب مروارید
۴۱۲	گردغبار غلات (جو دو سر؛ گندم) Grain dust (oat, wheat, barley)	نامشخص	-	4 mg/m^3	-	برونشیت؛ اثرات ریوی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۱۳	گرافیت (همه اشکال جز فیبر گرافیت) Graphite (all forms except graphite fibres) [7782-42-5]	-	-	$2 \text{ mg/m}^3 \text{ (R)}$	-	پنومو کونیوزیس
۴۱۴	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
۴۱۵	هالوتان Halothane [151-67-7]	۱۹۷/۳۹	-	۵ ppm	A4	آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اتساع عروق
۴۱۶	فلزات سخت حاوی کبالت و کاربید تنگستن Hard metals containing Cobalt [7440-48-4] and Tungsten carbide [12070-12-1], as Co	-	-	$0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ (T)}$	RSEN؛ A2	التهاب ریه
۴۱۷	هلیوم Helium [7440-59-7]	۴	ضمیمه و را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D)		-	خفگی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۱۸	هپتاکلر و هپتاکلر اپوکسید Heptachlor [76-44-8] and Heptachlor epoxide [1024-57-3]	۳۷۳/۳۲ ۳۸۹/۴۰	-	۰/۰۵ mg/m ³	پوست ؛ 43	آسیب کبدی
۴۱۹	کلیه ایزومرهای هپتان Heptane, straight and branched isomers [108-08-7] ; [142-82-5] ; [464-06-2]; [562-49-2] ; [565-59-3]; [589-34-4]; [590-35-2] ; [591-76-4] ;[31394-54-4] ; [617-78-7]	۱۰۰/۲۰	۴۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	OTO	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه؛ آسیب گوش داخلی
۴۲۰	هگزوکلرو بنزن Hexachlorobenzene [118-74-1]	۲۸۴/۷۸	-	۰/۰۰۲ mg/m ³	پوست ؛ 43	اثرات پورفیرین؛ آسیب پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۴۲۱	هگزاکلرو بوتادین Hexachlorobutadiene [87-68-3]	۲۶۰/۷۶	-	۰/۰۲ ppm	پوست ؛ 43	آسیب کلیوی
۴۲۲	هگزاکلرو سیکلو پنتادین Hexachlorocyclopentadiene [77-47-4]	۲۷۲/۷۵	-	۰/۰۱ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۲۳	هگزاکلرو اتان Hexachloroethane [67-72-1]	۲۳۶/۷۴	-	۱ ppm	پوست ؛ 43	آسیب کلیوی و کبدی
۴۲۴	هگزاکلرو نفتالن Hexachloro Naphthalene [1335-87-1]	۳۳۴/۷۴	-	۰/۲ mg/m ³	پوست	آسیب کبدی و جوشهای شبه آکنه
۴۲۵	هگزاکلرو فلوئورو استون Hexafluoroacetone [684-16-2]	۱۶۶/۰۲	-	۰/۱ ppm	پوست	آسیب بیضه؛ آسیب کلیوی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب کلیوی	-	-	۰/۱ ppm	۱۵۰/۰۲	هگزا فلئورو پروپیلن Hexafluoropropylene [116-15-4]	۴۲۶
حساسیت؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ پوست و چشم	RSEN	C ۰/۰۰۵ mg/m ³ (IFV)	-	۱۵۴/۱۷	هگزا هیدروفتالیک انیدرید؛ کلیه ایزومرها Hexahydrophthalic anhydride, all isomers [85-42-7]; [13149-00-3]; [14166-21-3]	۴۲۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت سیستم تنفسی	BEI		۰/۰۰۵ ppm	۱۶۸/۲۲	هگزا متیلن دی ایزوسیانات Hexamethylene diisocyanate [822-06-0]	۴۲۸
حساسیت پوستی	A4؛ DSEN	-	۱ mg/m ³ (IFV)	۱۴۰/۱۹	هگزامتیلن تترامین Hexamethylenetetramine [100-97-0]	۴۲۹
سرطان قسمت فوقانی تنفسی	پوست؛ 43	-	-	۱۷۹/۲۰	هگزا متیل فسفر آمید Hexamethyl phosphoramidate [680-31-9]	۴۳۰
اختلال سیستم اعصاب مرکزی و نوروپاتی محیطی؛ تحریک چشمی	پوست؛ BEI	-	۵۰ ppm	۸۶/۱۸	هگزان نورمال n-Hexane [110-54-3]	۴۳۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
نوروباتی محیطی	پوست ؛ 43	-	۱۰۰ ppm	-	هگزان(هگزان تجاری حاوی کمتر از ۵۴٪ هگزان نرمال و الباقی ایزومرهای شاخه دارهگزان) Hexane (Commercial, <54% n-Hexane) and Branched Hexane Isomers. Hexane (Commercial, <54% n-Hexane) [Varies, including [64742-49-0], [64742-89-8]	۴۳۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A3	-	۲۰۰ ppm	۸۶/۱۸	ایزومرهای شاخه دار هگزان Branched Hexane Isomers [75-83-2], [107-83-5], 96-14-0] [79-29-8],	۴۳۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست	-	-	۰/۵ ppm	۱۱۶/۲۱	۱و۶- هگزان دی آمین 1,6-Hexanediamine [124-09-4]	۴۳۴
اثرات خونی، آسیب کبدی	A4	-	۳ mg/m ³ (l)	۲۵۲/۳۰	هگزازینون Hexazinone [51235-04-2]	۴۳۵
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۵۰ ppm	۸۴/۱۶	۱- هگزن 1-Hexene [592-41-6]	۴۳۶
اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	۵۰ ppm	۲۰ ppm	۱۴۴/۲۱	هگزیل استات نوع دوم sec-Hexyl acetate [108-84-9]	۴۳۷

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	۵۰ ppm ^(V) ۱۰ mg/m ^{3(LH)}	۲۵ ppm ^(V)	۱۱۸/۱۸	هگزیلن گلیکول Hexylene glycol [107-41-5]	۴۳۸
-	-	-	۵ mg/m ³	۱۵۵/۱۵۵	هیستیدین Histidine [71-00-1]	۴۳۹
سرطان قسمت فوقانی تنفسی	پوست؛ 43	-	۰/۰۱ ppm	۳۲/۰۵	هیدرازین Hydrazine [302-01-2]	۴۴۰
-	-	۰/۲ ppm	۰/۱ ppm	۴۳/۰۳	هیدرازوئیک اسید (به صورت بخار) Hydrazoic acid [7782-79-8] (as vapour)	۴۴۱
خفگی	خفگی آور ساده (D)			۱/۰۱	هیدروژن Hydrogen [1333-74-0]	۴۴۲
آسیب کبدی	-	-	۰/۵ ppm	۲۴۱/۰۰	ترفنیل های هیدروژنه (غیر تابشی) Hydrogenated terphenyls (nonirradiated) [61788-32-7]	۴۴۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	C ۲ ppm	-	۸۰/۹۲	برومید هیدروژن Hydrogen bromide [10035-10-6]	۴۴۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	C ۲ ppm	-	۳۶/۴۷	کلرید هیدروژن Hydrogen chloride [7647-01-0]	۴۴۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تهوع؛ سردرد؛ اثرات تیروئیدی	پوست	C ۴/۷ ppm	-	۲۷/۰۳	سیانید هیدروژن و نمک‌های سیانید Hydrogen cyanide and cyanide salts, as CN	۴۴۶
	پوست	C ۵ mg/m ³	-	متفاوت	سیانید هیدروژن Hydrogen cyanide [74-90-8] نمک‌های سیانید Cyanide salts [143-33-9; 151-50-8; 592-01-8]	
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحتانی، پوست و چشم؛ فلوروزیس	پوست؛ BEI	C ۲ ppm	۰/۵ ppm	۲۰/۰۱	فلوئورید هیدروژن Hydrogen fluoride [7664-39-3], as F	۴۴۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، پوست و چشم	A3	-	۱ ppm	۳۴/۰۲	پروکسید هیدروژن Hydrogen peroxide [7722-84-1]	۴۴۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع	-	-	۰/۰۵ ppm	۸۰/۹۸	سلنید هیدروژن Hydrogen selenide [7783-07-5], as Se	۴۴۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۵ ppm	۱ ppm	۳۴/۰۸	سولفید هیدروژن Hydrogen sulfide [7783-06-4]	۴۵۰

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۵۱	هیدروکینون Hydroquinone [123-31-9]	۱۱۰/۱۱	-	۱ mg/m ³	A3 ؛ DSEN	تحریک و آسیب چشم
۴۵۲	۲- هیدروکسی پروپیل آکریلات 2-Hydroxypropyl acrylate [999-61-1]	۱۳۰/۱۴	-	۰/۵ ppm	DSEN ؛ پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۴۵۳	Bهیگرو میسین Hygromycin B [31282-04-9]	۵۲۷/۵۳	-	۰/۰۰۱ mg/m ³	-	-
۴۵۴	ایموزوسولفورون Imazosulfuron [122548-33-8]	۴۱۲/۸۰	-	۱۰ mg/m ^{3(l)}	A4	هیپرتروفی کبد و تیروئید
۴۵۵	ایمیداکلوپرید Imidacloprid [138261-41-3]	۲۵۵/۶۶	-	۰/۰۰۵ mg/m ^{3(l)}	A4	آسیب به سیستم تولید مثلی جنس مذکر؛ اثر بر وزن بدن ؛ اختلال در عملکرد تولید مثل؛ اختلال در رشد عصبی
۴۵۶	ایندن Indene [95-13-6]	۱۱۶/۱۵	-	۵ ppm	-	آسیب کبدی
۴۵۷	ایندیم و ترکیبات آن Indium [7440-74-6] & compounds, as In	۱۱۴/۸۲	-	۰/۱ mg/m ³	BEI	ادم ریه؛ پنوموکونیوزیس؛ فرسایش دندان؛ ضعف و بیقراری
۴۵۸	ایندیم تین اکساید Indium tin oxide [50926-11-9], as In	متفاوت	-	mg/m ^{3 (R)} ۰/۰۰۰۱	A3 ؛ DSEN BEI	فیروز روی؛ تأثیر بر عملکرد روی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
کم کاری تیروئید؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ کم کاری تیروئید تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4؛ پوست	-	۰/۰۰۱ ppm ^(IFV)	۲۵۳/۸۰	Iodine [7553-56-2] Iodides, as I	۴۵۹
آسیب تیروئید؛ اثر روی جنین	A4؛ پوست	-	۰/۰۰۱ ppm ^(IFV)	۳۹۳/۷۳	Iodoform [75-47-8] as elemental Iodine	۴۶۰
پنوموکنیوزیس	A4	-	۵ mg/m ³ (R)	۱۵۹/۷۰	اکسید آهن Iron oxide (Fe ₂ O ₃) [1309-37-1]	۴۶۱
ادم ریه؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۰/۲ ppm	۰/۱ ppm	۱۹۵/۹۰	پنتا کربونیل آهن Iron pentacarbonyl [13463-40-6], as Fe	۴۶۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست	-	-	۱ mg/m ³	متفاوت	نمک های محلول آهن مثل سولفات؛ کلرید؛ نیترات و ... Iron salts, soluble, as Fe	۴۶۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	۱۲۵ ppm	۱۰۰ ppm	۸۸/۱۵	الکل ایزوآمیل یا الکل ایزوپنتیل Isoamyl alcohol [123-51-3]	۴۶۴
تحریک پوست و چشم	-	-	۵۰ ppm	۷۴/۱۲	ایزوبوتانول Isobutanol [78-83-1]	۴۶۵

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۶۶	ایزو بوتیل نیتريت Isobutyl nitrite [542-56-3]	۱۰۳/۱۲	-	C ۱ ppm	BEIM ؛ A3	اتساع عروق خونی؛ مت همو گلوبینی
۴۶۷	ایزو بوتیرو نیتريت Isobutyronitrile [78-82-0]	۶۹/۱۱	۸ ppm	-	-	-
۴۶۸	ایزوفلوران Isoflurane [26675-46-7]	۱۸۴/۴۹	۵۰ ppm	-	A4	تاثیر روی جنین و جفت؛ اثر روی وزن بدن مادر؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اختلالات شناختی
۴۶۹	الکل ایزواکتیل Isooctyl alcohol [26952-21-6]	۱۳۰/۲۳	۵۰ ppm	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۷۰	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
۴۷۱	ایزوفورون دی ایزوسیانات Isophorone diisocyanate [4098-71-9]	۲۲۲/۳۰	۰/۰۰۵ ppm	-	-	حساسیت سیستم تنفسی
۴۷۲	۲- ایزو پروپوکسی اتانول 2-Isopropoxy ethanol [109-59-1]	۱۰۴/۱۵	۲۵ ppm	-	پوست	اثرات خونی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۱۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	۱۰۲/۱۳	ایزو پروپیل استات Isopropyl acetate [108-21-4]	۴۷۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحریک و آسیب چشمی	پوست	۵ ppm	۲ ppm	۵۹/۱۱	ایزوپروپیل آمین Isopropylamine [75-31-0]	۴۷۴
-	-	-	۱ ppm	۱۲۲/۵۵	ایزوپروپیل کلروفرمات Isopropyl chloroformate [108-23-6]	۴۷۵
مت هموگلوبینی	پوست؛ BEI _M	-	۲ ppm	۱۳۵/۲۱	ایزوپروپیل آنیلین نرمال N-Isopropylaniline [768-52-5]	۴۷۶
آسیب به جفت و جنین، اثر بر وزن بدن	A4	-	۲۰ ppm	۱۰۲/۱۷	ایزو پروپیل اتر Isopropyl ether [108-20-3]	۴۷۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ درماتیت	-	۷۵ ppm	۵۰ ppm	۱۱۶/۱۸	ایزو پروپیل گلاسیدیل اتر Isopropyl glycidyl ether (IGE) [4016-14-2]	۴۷۸
-	-	-	۵ mg/m ³	۲۹۰/۴	ایزوپروتیولان Isoprothiolane [50512-35-1]	۴۷۹
-	-	-	۰/۲ mg/m ³	۲۳۶/۱۳۶	ایزو سربید دی نترات Isosorbide dinitrate [87-33-2]	۴۸۰

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	۴۲ mg/m ³ (IFV)	۲۱ mg/m ³ (IFV)	-	ایزو تری دکان - ۱ - ال Isotridecan-1-ol [27458-92-0]	۴۸۱
پنوموکونیوزیس	A4	-	۲ mg/m ³ (E,R)	-	کائولن Kaolin [1332-58-7]	۴۸۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A3 ؛ پوست	-	۲۰۰ mg/m ³ (P)	متفاوت	کروزن / سوخت های جت بر حسب بخار هیدروکربن کل Kerosene [8008-20-6; 64742-81-0] /Jet fuels, as total hydrocarbon vapor	۴۸۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، آسیب ریه و ادم ریوی	-	C ۰/۰۵ ppm	-	۴۲/۰۴	کتن ‡ Ketene [463-51-4]	۴۸۴
اختلالات سیستم اعصاب محیطی و مرکزی؛ اثرات خونی	BEI ؛ A3	-	۰/۰۵ mg/m ³	۲۰۷/۲۰ متفاوت	سرب و ترکیبات معدنی آن Lead [7439-92-1] and inorganic compounds as Pb	۴۸۵
سرطان ریه و سینوس ها، آسم، تحریک سیستم تنفسی	BEI ؛ A1 ؛ RSEN ؛ DSEN	۰/۰۰۰۵ mg/m ³ (I)	۰/۰۰۰۲ mg/m ³ (I)	۳۲۳/۲۲	کرومات سرب؛ به عنوان کروم Lead chromate [7758-97-6], as Cr(VI)	۴۸۶
-	A2	-	۱ mg/m ³	۳۲۳/۱۳	لوو مایستین (کلر آمفنیکول) Levomycetin [56-75-7]	۴۸۷
-	-	-	۱۰ mg/m ³	۱۰۰/۰۸۶	سنگ آهک Limestone [471-34-1]	۴۸۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	A4؛ پوست	۲۰ ppm	۵ ppm	۱۳۶/۲۴	D-Limonene [5989-27-5] D- لیمونن	۴۸۹
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	۴۰۶/۵۳۸	Lincomycin [154-21-2] لینکو مایسین	۴۹۰
آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست؛ A3	-	۰/۵ mg/m ³	۲۹۰/۸۵	Lindane [58-89-9] لیندان	۴۹۱
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ پوست و چشم	-	C ۰/۰۵ mg/m ³⁽⁴⁾	-	۷/۹۵	Lithium hydride [7580-67-8] هیدرید لیتیم	۴۹۲
-	-	۱ mg/m ³	-	۲۳/۹۵	Lithium hydroxide [1310-65-2] هیدروکسید لیتیم	۴۹۳
خفگی	-	-	۱۰۰۰ ppm	-	Liquified petroleum gas [68476-85-7] گاز مایع (L.P.G)	۴۹۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تب بخارات فلزی	A4	-	۱۰ mg/m ³⁽⁴⁾	۴۰/۳۲	Magnesium oxide [1309-48-4] اکسید منیزیم	۴۹۵
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEIc	-	۱ mg/m ^{3 (IFV)}	۳۳۰/۳۶	Malathion [121-75-5] مالاتیون	۴۹۶
حساسیت سیستم تنفسی	DSEN؛ A4 RSEN	-	mg/m ^{3 (IFV)} ۰/۰۱	۹۸/۰۶	Maleic anhydride [108-31-6] مالئیک انیدرید	۴۹۷
-	-	-	۳ ppm	۶۶/۰۶	Malononitrile [109-77-3] مالونونتریل	۴۹۸

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۴۹۹	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(l)}	A4 -	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۵۰۰	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
۵۰۱	سنگ مرمر Marble [308068-21-5]	-	-	۱۰ mg/m ^{3(l)}	-	-
۵۰۲	مپرونیل Mepronil [55814-41-0]	۲۶۹/۳۴	-	۵ mg/m ³	-	-
۵۰۳	جیوه، ترکیبات آلکیل Mercury [7439-97-6], alkyl compounds, as Hg	متغیر	۰/۰۳ mg/m ³	۰/۰۱ mg/m ³	پوست	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و محیطی؛ آسیب کلیوی
۵۰۴	جیوه، همه اشکال بجز آلکیل، به عنوان جیوه Mercury [7439-97-6], all forms except alkyl, as Hg	۲۰۰/۵۹ متغیر	-	۰/۱ mg/m ³	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی
	ترکیبات آریل Aryl compounds اشکال معدنی و عنصری Elemental and inorganic forms	متغیر	-	۰/۰۲۵ mg/m ³	پوست؛ A4؛ BEI	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کلیوی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اثر بر وزن بدن، تحریک چشم و التهاب قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۱ ppm	۹۸/۱۴	مزیتیل اکساید Mesityl oxide [141-79-7]	۵۰۵
-	A4	-	۱ mg/m ³	۸۵/۱۰	مت آکریل آمید Methacrylamide [79-39-0]	۵۰۶
تحریک پوست و چشم	-	-	۲۰ ppm	۸۶/۰۹	اسید مت آکرلیک Methacrylic acid [79-41-4]	۵۰۷
خفگی	-	-	۱۰۰۰ ppm	۱۶/۰۴	متان Methane [74-82-8]	۵۰۸
سردرد و آسیب چشم؛ سرگیجه؛ تهوع	پوست؛ BEIc	۲۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	۳۲/۰۴	متانول Methanol [67-56-1]	۵۰۹
بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ اثرات سیستم تولید مثل؛ اثرات خونی	A4؛ پوست؛ BEIc	-	۰/۲ mg/m ³ (IFV)	۱۶۲/۲۰	متومیل Methomyl [16752-77-5]	۵۱۰
آسیب کبدی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A4	-	۱۰ mg/m ³	۳۴۵/۶۵	متوکسی کلر Methoxychlor [72-43-5]	۵۱۱
اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل	پوست؛ BEI	-	۰/۸ ppm	۷۶/۰۹	۲- متوکسی اتانول 2-Methoxyethanol (EGME) [109-86-4]	۵۱۲
-	پوست	-	۱۰ ppm	۱۲۰/۱۵	۲- (۲- متوکسی اتوکسی) اتانول 2-(2-Methoxy ethoxy) ethanol [111-77-3]	۵۱۳

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل	پوست؛ BEI	-	۰/۱ ppm	۱۱۸/۱۳	۲- متوکسی اتیل استات 2-Methoxyethyl acetate (EGMEA) [110-49-6]	۵۱۴
-	-	۲ ppm	-	۱۶۴/۹۶۶	متوکسی فلوران Methoxyfluran [76-38-0]	۵۱۵
سوزش چشم؛ آسیب پوست	-	-	۵ mg/m ³	۱۲۴/۱۵	۴- متوکسی فنول ۴- Methoxyphenol [150-76-5]	۵۱۶
سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A4	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	۹۰/۱۲	۱- متوکسی - ۲- پروپانول 1-Methoxy-2-propanol [107-98-2]	۵۱۷
-	پوست	۴۰ ppm	۲۰ ppm	۱۳۲/۱۶	۲- متوکسی پروپیل استات 2-Methoxypropyl acetate [70657-70-4]	۵۱۸
سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب عصب چشم	-	۲۵۰ ppm	۲۰۰ ppm	۷۴/۰۸	متیل استات Methyl acetate [79-20-9]	۵۱۹
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۱۰۰۰ ppm ^(EX)	۴۰/۰۷	متیل استیلن Methyl acetylene [74-99-7]	۵۲۰
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۱۲۵۰ ppm ^(EX)	۱۰۰۰ ppm ^(EX)	۴۰/۰۷	مخلوط متیل استیلن پروپادین Methyl acetylene-propadiene mixture [59355-75-8]	۵۲۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست؛ آسیب چشم	پوست؛ A4؛ DSEN	-	۲ ppm	۸۶/۰۹	متیل آکریلات Methyl acrylate [96-33-3]	۵۲۲
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سوزش چشم و پوست	پوست؛ A4	-	۱ ppm	۶۷/۰۹	متیل آکریلونیتریل Methyl acrylonitrile [126-98-7]	۵۲۳
سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۱۰۰۰ ppm	۷۶/۱۰	متیلال Methylal [109-87-5]	۵۲۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	۱۵ ppm	۵ ppm	۳۱/۰۶	متیل آمین Methyl amine [74-89-5]	۵۲۵
اثر بر وزن بدن پس از مواجهات تنفسی مکرر، تحریک چشمی و پوست	-	-	۵۰ ppm	۱۱۴/۱۸	متیل ان-آمیل کتون Methyl n-amyl ketone [110-43-0]	۵۲۶
مت همو گلوبینی و اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست؛ BEIm	-	۰/۵ ppm	۱۰۷/۱۵	متیل آنیلین نرمال N-Methyl aniline [100-61-8]	۵۲۷
کلاستوزنیک	-	-	۱۰ ppm	۷۰/۱۳	۲-متیل ۲-بوتن 2-Methyl-2-butene [513-35-9]	۵۲۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست	A4	-	۱ ppm	۹۴/۹۵	متیل بروماید Methyl bromide [74-83-9]	۵۲۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کلیوی	A3	-	۵۰ ppm	۸۸/۱۷	متیل ترت بوتیل اتر Methyl-tert-butyl ether [1634-04-4]	۵۳۰
نوروباتی محیطی؛ آسیب بیضه	پوست	۱۰ ppm	۵ ppm	۱۰۰/۱۶	متیل ان- بوتیل کتون Methyl n-butyl ketone [591-78-6]	۵۳۱
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کلیوی و کبدی؛ آسیب بیضه؛ اثرات ناقص الخلقه - زایی	A4	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	۵۰/۴۹	متیل کلرید Methyl chloride [74-87-3]	۵۳۲
اختلال سیستم اعصاب مرکزی و آسیب کبدی	BEI ؛ A4	۴۵۰ ppm	۳۵۰ ppm	۱۳۳/۴۲	متیل کلروفرم Methyl chloroform [71-55-6]	۵۳۳
آسیب کلیوی	-	-	۱۰۰ ppm	۹۸/۱۹	متیل سیکلو هگزان Methyl cyclohexane [108-87-2]	۵۳۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشمی	-	-	۵۰ ppm	۱۱۴/۱۹	متیل سیکلو هگزانول Methyl cyclohexanol [25639-42-3]	۵۳۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب کبدی، آسیب سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۲۰ ppm	۱۱۲/۱۷	۲- متیل سیکلو هگزانون و ایزومرها 2 - Methylcyclohexanone all isomers [583-60-8; 589-92-4; 591-24-2; 1331-22-2]	۵۳۶
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب ریه؛ اثرات کبدی و کلیوی	پوست	-	۰/۲ mg/m ³	۲۱۸/۱۰	۲- متیل سیکلو پنتادینیل منگنز تری کربونیل 2-Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl [12108-13-3], as Mn	۵۳۷
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ BEIc	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۳۰/۳۰	متیل دمتون Methyl demeton [8022-00-2]	۵۳۸
حساسیت های سیستم تولید مثل	-	-	۰/۰۰۵ ppm	۲۵۰/۲۶	متیلن بیس فنیل ایزوسیانات Methylene bisphenyl isocyanate (MDI) [101-68-8]	۵۳۹
مت هموگلوبینی؛ سرطان مثانه	پوست؛ A2؛ BEI	-	۰/۰۱ ppm ^(IFV)	۲۶۷/۱۷	۴و۴- متیلن بیس (۲- کلرو آنیلین) 4,4-Methylene bis (2-Chloroaniline) [101-14-4]	۵۴۰
حساسیت سیستم تنفسی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی	-	-	۰/۰۰۵ ppm	۲۶۲/۳۵	متیلن بیس (۴- سیکلو هگزایل ایزوسیانات) Methylene bis (4-cyclohexylisocyanate) [5124-30-1]	۵۴۱
آسیب کبدی	پوست؛ A3	-	۰/۱ ppm	۱۹۸/۲۶	۴و۴- متیلن دی آنیلین 4,4- Methylene dianiline [101-77-9]	۵۴۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب به جفت و جنین؛ سرگیجه؛ سردرد	پوست؛ BEI	۱۵۰ ppm	۷۵ ppm	۷۲/۱۱	متیل اتیل کتون Methyl ethyl ketone (MEK) [78-93-3]	۵۴۳
تحریک پوست و چشم؛ آسیب کبدی و کلیوی	-	C ۰/۲ ppm	-	۱۷۶/۲۴	متیل اتیل کتون پروکساید Methyl ethyl ketone proxide [1338-23-4]	۵۴۴
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی و چشم	پوست	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	۶۰/۰۵	متیل فرمات Methyl formate [107-31-3]	۵۴۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرطان ریه؛ آسیب کبدی	پوست؛ A3	-	۰/۰۱ ppm	۴۶/۰۷	متیل هیدرازین Methyl hydrazine [60-34-4]	۵۴۶
آسیب چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست	-	۲ ppm	۱۴۱/۹۵	متیل یدید یا یدومتان Methyl iodide [74-88-4]	۵۴۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی و کلیوی	-	۵۰ ppm	۲۰ ppm	۱۱۴/۲۰	متیل ایزو آمیل کتون یا هگزانون Methyl isoamyl ketone [110-12-3]	۵۴۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرگیجه، سردرد	-	۴۰ ppm	۲۰ ppm	۱۰۲/۱۸	متیل ایزوبوتیل کاربینول Methyl isobutyl carbinol [108-11-2]	۵۴۹

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرگیجه و سردرد	BEI ؛ A3	۷۵ ppm	۲۰ ppm	۱۰۰/۱۶	متیل ایزو بوتیل کتون Methyl isobutyl ketone [108-10-1]	۵۵۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	پوست ؛ DSEN	۰/۰۶ ppm	۰/۰۲ ppm	۵۷/۰۵	متیل ایزوسیانات Methyl isocyanate [624-83-9]	۵۵۱
آسیب جنین؛ ایجاد سمیت در نوزاد	-	-	۲۰ ppm	۸۶/۱۴	متیل ایزو پروپیل کتون Methyl isopropyl ketone [563-80-4]	۵۵۲
آسیب کبدی	-	-	۰/۵ ppm	۴۸/۱۱	متیل مرکاپتان Methyl mercaptan [74-93-1]	۵۵۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اثرات روی وزن؛ ادم ریه	DSEN ؛ A4	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	۱۰۰/۱۳	متیل مت آکریلات Methyl methacrylate [80-62-6]	۵۵۴
تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ آسیب ریه و کبد	پوست ؛ A4	-	۰/۰۵ ppm SL ۳ mg/100 cm ²	۱۴۲/۲	متیل نفتالین - همه ایزومرها Methylnaphthalene, all isomers [1321-94-4; 90-12-0; 91-57-6]	۵۵۵
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست ؛ A4 ؛ BEI _C	-	۰/۰۲ mg/m ³ (IFV)	۲۶۳/۲	متیل پاراتیون Methyl parathion [298-00-0]	۵۵۶
واکنش ریوی؛ تحریک چشم	-	۱۵۰ ppm	-	۸۶/۱۷	متیل پروپیل کتون Methyl propyl ketone [107-87-9]	۵۵۷

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی آسیب چشم	-	-	۱ ppm	۱۵۲/۲۲	متیل سیلیکات Methyl silicate [681-84-5]	۵۵۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی آسیب کلیوی؛ آسیب تولیدمثل در زنان	A3	-	۱۰ ppm	۱۱۸/۱۸	آلفا- متیل استایرن یا ۲-فنیل پروپن α -Methyl styrene [98-83-9]	۵۵۹
واکنش به حساسیت	پوست ؛ DSEN RSEN ؛	۰/۳ ppb	۰/۰۷ ppb SL ۰/۷ mg/100 cm ²	۱۶۶/۷	ایزومرهای متیل تترا هیدروفتالیک انهدرید Methyltetrahydrophthalic anhydride isomers [3425-89-6]; [5333-84-6]; [11070-44-3]; [19438-63-2]; [19438-64-3]; [26590-20-5]; [42498-58-8]	۵۶۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی ؛ لکوپنی	-	C ۰/۰۱ ppm	-	۷۰/۱۰	متیل وینیل کتون Methyl vinyl ketone [78-94-4]	۵۶۱
آسیب کبدی؛ کاهش وزن بدن	A4	-	۱ mg/m ³ (d)	۲۱۴/۲۸	متری بوزین Metribuzin [21087-64-9]	۵۶۲
-	A3	-	۰/۰۰۰۱۲ mg/m ³	۱۷۱/۱۵	مترونیدازول Metronidazole [443-48-1]	۵۶۳
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست ؛ A4 ؛ BEIc	-	۰/۰۱ mg/m ³ (IFV)	۲۲۴/۱۶	موین فوس Mevinphos [7786-34-7]	۵۶۴

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
پنوموکنیوزیس	-	-	۰/۱ mg/m ³ (R)	-	میکا Mica [12001-26-2]	۵۶۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۵ mg/m ³ (L)	متفاوت	روغن معدنی به استثناء سیالات فلز کاری خالص Mineral oil, excluding metal working fluids	۵۶۶
	A2	-	(L)		Pure, highly & severely refined با تصفیه خوب با تصفیه متوسط و ضعیف Poorly & mildly refined	
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A3	-	۰/۵ mg/m ³ (R)	۹۵/۹۵	مولیبدن Molybdenum [7439-98-7], as Mo	۵۶۷
	-	-	۱۰ mg/m ³ (L)		Soluble compounds ترکیبات محلول	
	-	-	۳ mg/m ³ (R)		Metal and insoluble compounds ترکیبات نامحلول و فلزی	
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	پوست؛ A4	-	۰/۵ ppm ^(IFV)	۹۴/۵	اسید مونو کلرو استیک Monochloroacetic acid [79-11-8]	۵۶۸
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEIc	-	mg/m ³ (IFV) ۰/۰۵	۲۲۳/۱۶	مونوکروتوفوس Monocrotophos [6923-22-4]	۵۶۹
آسیب به جفت و جنین؛ آسیب کبدی؛ تراژدیک	پوست	-	۱ ppm	۵۹/۰۷	مونومتیل فرمامید Monomethylformamide [123-39-7]	۵۷۰

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۵۷۱	مورفولین Morpholine [110-91-8]	۸۷/۱۲	-	۲۰ ppm	پوست ؛ A4	آسیب چشم ؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۵۷۲	نالد Naled [300-76-5]	۳۸۰/۷۹	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	پوست ؛ A4 ؛ BEIc ؛ DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۵۷۳	نفتالین Naphthalene [91-20-3]	۱۲۸/۱۹	-	۱۰ ppm	پوست ؛ A3 ؛ BEI	اثرات خونی ؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم ؛ آسیب چشم
۵۷۴	دی ایزو سیانات نفتالین Naphthalene diisocyanate (NDI) [25551-28-4]	-	-	۰/۰۴ mg/m ³	A4	-
۵۷۵	بتا- نفتیل آمین β-Naphthylamine [91-59-8]	۱۴۳/۱۸	-	۰/۰۰۵ mg/m ³	A1	سرطان مثانه
۵۷۶	گاز طبیعی Natural gas [8006-14-2]	-	ضمیمه و را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن (D , EX)			خفگی
۵۷۷	لاتکس لاستیک طبیعی به عنوان پروتئین های حسایت زای قابل استنشاق Natural rubber latex [9006-04-6] as inhalable allergenic proteins	متفاوت	-	mg/m ³ (I) ۰/۰۰۰۱	پوست ؛ DSEN ؛ RSEN ؛	حساسیت های سیستم تنفسی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
خفگی		خفگی آور ساده (D)، ضمیمه و را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن		۲۰/۱۸	Neon [7440-01-9]	۵۷۸
درماتیت؛ پنوموکنیوزیس	BEI ؛ A5	-	۱/۵ mg/m ³ (1)	۵۸/۷۱	Nickel I [7440-02-0], as Ni	۵۷۹
آسیب ریه؛ سرطان بینی	BEI ؛ A4	-	۰/۱ mg/m ³ (1)	متفاوت	عنصر نیکل Elemental [7440-02-0]	
سرطان ریه	BEI ؛ A1	-	۰/۲ mg/m ³ (1)	متفاوت	ترکیبات معدنی محلول Soluble inorganic compounds (NOS)	
سرطان ریه	BEI ؛ A1	-	۰/۱ mg/m ³ (1)	۲۴۰/۱۹	ترکیبات معدنی نا محلول Insoluble inorganic compounds (NOS) ترکیبات گوگرد دار نیکل Nickel subsulfide [12035-72-2]	
تحریک ریوی	A3	C۰/۰۵ ppm	-	۱۷۰/۷۳	نیکل کربونیل Nickel carbonyl [13463-39-3], as Ni	۵۸۰
-	A3	۲ mg/m ³ (1)	۰/۵ mg/m ³ (1)	۷۴/۶۹	اکسید نیکل Nickel oxide e [1313-99-1], as Ni	۵۸۱
آسیب گوارشی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اختلالات قلبی عروقی	پوست	-	۰/۵ mg/m ³	۱۶۲/۲۳	نیکوتین Nicotine [54-11-5]	۵۸۲

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب کبدی	A4	۲۰ mg/m ³ (IFV)	۱۰ mg/m ³ (IFV)	۲۳۰/۹۳	نیتراپایرین Nitrapyrin [1929-82-4]	۵۸۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ فرسایش دندان	-	۴ ppm	۲ ppm	۶۳/۰۲	اسید نیتریک Nitric acid [7697-37-2]	۵۸۴
هیپوکسیا/سیانوزیس؛ ایجاد نیتروزیل - هموگلوبین؛ تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفس	BEIM	-	۲۵ ppm	۳۰/۰۱	اکسید نیتریک Nitric oxide [10102-43-9]	۵۸۵
مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی؛ سوزش چشم	پوست؛ A4؛ BEIM	-	۳ mg/m ³	۱۳۸/۱۲	پارا نیترو آنیلین p-Nitroaniline [100-01-6]	۵۸۶
مت هموگلوبینی	پوست؛ A3؛ BEIM	-	۱ ppm	۱۲۳/۱۱	نیترو بنزن Nitrobenzene [98-95-3]	۵۸۷
مت هموگلوبینی	پوست؛ A3؛ BEIM	-	۰/۱ ppm	۱۵۷/۵۶	پارا نیترو کلرو بنزن p-Nitrochloro benzene [100-00-5]	۵۸۸
سرطان مثانه	پوست؛ A2	-	ALARA	۱۹۹/۲۰	۴- نیترو دی فنیل 4-Nitrodiphenyl [92-93-3]	۵۸۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ آسیب کبدی	-	-	۱۰۰ ppm	۷۵/۰۷	نیترو اتان Nitroethane [79-24-3]	۵۹۰

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۰/۵ mg/m ³	۲۳۸/۱۵۷	۱- (۵-نیترو فور فوریلیدین) آمینو] هیدانتوئین 1-[(5-Nitrofurfurylidene)amino]hydantoin [67-20-9]	۵۹۱
-	-	-	۰/۵ mg/m ³	۲۲۵/۱۶	۳- (۵-نیترو فوریلیدین) آمینو] -۲-کسازولیدون 3-[(5-Nitrofurylidene)amino]-2-oxazolidone [67-45-8]	۵۹۲
خفگی	خفگی آور ساده (D)، ضمیمه و را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن			۱۴/۰۱	نیتروژن Nitrogen [7727-37-9]	۵۹۳
تحریک قسمت تحتانی تنفسی	A4	-	۰/۲ ppm	۴۶/۰۱	دی اکسید نیتروژن Nitrogen dioxide [10102-44-0]	۵۹۴
مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی و کلیوی	BEI _M	-	۱۰ ppm	۷۱/۰۰	تری فلوروئید نیتروژن Nitrogen trifluoride [7783-54-2]	۵۹۵
اتساع عروق	پوست	-	۰/۰۵ ppm	۲۷۷/۰۹	نیترو گلیسرین یا نیترو گلیکول Nitroglycerin [55-63-0]	۵۹۶
آسیب تیروئیدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه	A3	-	۲۰ ppm	۶۱/۰۴	نیترو متان Nitromethane [75-52-5]	۵۹۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبد	A4	-	۲۵ ppm	۸۹/۰۹	۱- نیترو پروپان 1-Nitropropane [108-03-2]	۵۹۸

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA	
۵۹۹	۲- نیترو پروپان 2-Nitropropane [79-46-9]	۸۹/۰۹	-	۱۰ ppm	آسیب کبدی؛ سرطان کبد
۶۰۰	ان- نیترو سودیمتیل آمین N-Nitrosodimethyl amine [62-75-9]	۷۴/۰۸	۰/۰۱ mg/m ³	۰/۰۰۲۵ mg/m ³	آسیب کبدی؛ سرطان کبدی و کلیوی
۶۰۱	نیترو تولوئن، کلیه ایزومرها Nitrotoluene, all isomers [88-72-2]; [99-08-1]; [99-99-0]	۱۳۷/۱۳	-	۲ ppm	مت هموگلوبینی
۶۰۲	۵- نیترو- ارتو- تولوئیدین 5-Nitro-o-toluidine [99-55-8]	۱۵۲/۱۶	-	۱ mg/m ³ (IFV)	آسیب کبدی
۶۰۳	ان- نیتروسو اتیل فنیل آمین N-Nitrosoethylphenylamine [612-64-6]	۱۵۰/۱۸	-	۰/۰۰۰۲ mg/m ³	-
۶۰۴	ان نیترو سو متیل اتیل آمین N-Nitrosomethylethylamine [10595-95-6]	۸۸/۱۳	-	۰/۰۰۲۵ mg/m ³	-
۶۰۵	اکسید نیتروز Nitrous oxide [10024-97-2]	۴۴/۰۲	-	۵۰ ppm	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی؛ اثرات جینی
۶۰۶	نونان، کلیه ایزومرها Nonane, all isomers [111-84-2]	۱۲۸/۲۶	-	۲۰۰ ppm	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۶۰۷	۱- نونان اتیول 1-Nonanethiol [1455-21-6]	۱۶۰/۳۲	۰/۵ ppm	-	-

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب کبدی	پوست	۰/۳ mg/m ³	۰/۱ mg/m ³	۴۰۳/۷۴	اکتا کلرو نفتالن Octachloro naphthalene [2234-13-1]	۶۰۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۳۰۰ ppm	۱۱۴/۲۲	اکتان، کلیه ایزومرها Octane [111-65-9], all isomers	۶۰۹
-	-	-	۱ mg/m ³	-	میست روغن، سیالات فلز کاری Oil mist, metal working fluids	۶۱۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سوزش چشم و پوست	-	۰/۰۰۰۶ ppm	۰/۰۰۰۲ ppm	۲۵۴/۲۰	تتروکسید اوسمیوم Osmium tetroxide [20816-12-0], as Os	۶۱۱
-	-	-	۰/۰۵ mg/m ³	۴۰۱/۴۳۶	اکزاسیلین Oxacillin [66-79-5]	۶۱۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	۲ mg/m ³	۱ mg/m ³	۹۰/۰۴ ۱۲۶/۰۰	اسید اکزالیک آنیدروس و دهیدرات Oxalic acid, anhydrous [144-62-7] and dehydrate [6153-56-6]	۶۱۳
اثرات ناقص الخلقه زایی	-	-	۰/۱ mg/m ³⁽¹⁾	۳۵۸/۴۰	پارا، پارا-اگززی بیس (بنزن سولفونیل هیدرازید) p,p- Oxybis (benzene sulfonyl hydrazide) [80-51-3]	۶۱۴
سردرد؛ ادم ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	C ۰/۰۵ppm	-	۵۴	دی فلورید اکسیژن Oxygen difluoride [7783-41-7]	۶۱۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
عملکرد واکنشی ریوی	A4	-	۰/۰۵ ppm	۴۸	Ozone [10028-15-6] ازن	۶۱۶
	A4	-	۰/۰۸ ppm		Heavy work کار سنگین	
	A4	-	۰/۱ ppm		Moderate work کار متوسط	
	A4	-	۰/۲ ppm		Light work کار سبک بار کار سنگین، متوسط یا سبک (کمتر از ۲ ساعت) (Light moderate or light workloads (≤2 hours))	
-	-	-	۱۰ mg/m ³	۱۵۱/۱۷	Paracetamol [103-90-2] پارا استامول	۶۱۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ تهوع	-	-	۲ mg/m ³	-	Paraffin wax fume [8002-74-2] دمه واکس پارافین	۶۱۸
آسیب ریوی، تحریک قسمت فوقانی	پوست؛ A4	-	۰/۰۵ mg/m ^{3(l)}	۲۵۷/۱۸	Paraquat [4685-14-7], as cation پارا کوآت به صورت کاتیون	۶۱۹
-	پوست	۰/۱ mg/m ^{3(l)}	۰/۱ mg/m ^{3(l)}	۲۵۷/۱۶	Paraquat dichloride (ISO) [1910-42-5] پارا کوآت دی کلرید	۶۲۰
-	پوست	۰/۲ mg/m ^{3(l)}	۰/۱ mg/m ^{3(l)}	۴۰۸/۴۸	Paraquat dimethylsulfate [2074-50-2] پارا کوآت دی متیل سولفات	۶۲۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ BEIc؛ A3	-	$0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$ SL 0.05 $\text{mg}/100 \text{ cm}^2$	۲۹۱/۲۷	پاراتیون Parathion [56-38-2]	۶۲۲
-	-	ضمیمه ب را مشاهده کنید		-	ذرات (نامحلول یا کم محلول) که در جای دیگر مشخص نشده اند Particles (insoluble or poorly soluble) not otherwise specified	۶۲۳
-	-	-	0.1 mg/m^3	۲۴۳/۲۶	پنی سیلین Penicillin [1406-05-9]	۶۲۴
-	-	-	0.3 mg/m^3	۳۵۸/۳۹	ان پنی سیلین Penicillin N [525-94-0]	۶۲۵
-	-	-	0.1 mg/m^3	-	پنی سیلیوم، غبار قابل استنشاق Penicillium, inhalable dust	۶۲۶
سم سیستم اعصاب مرکزی	پوست	C 0.01 ppm	-	۶۳/۱۷	پنتا بوران Pentaborane [19624-22-7]	۶۲۷
آسیب کبدی؛ کلرآکنه	پوست	-	$0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	۳۰۰/۴۰	پنتا کلرو نفتالین Pentachloronaphthalene [1321-64-8]	۶۲۸
آسیب کبدی	A4	-	$0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	۲۹۵/۳۶	پنتا کلرو نیترو بنزن Pentachloronitrobenzene [82-68-8]	۶۲۹

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی	پوست؛ A3؛ BEI	۱ mg/m ³ (IFV)	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	۲۶۶/۳۵	پنتاکلروفنول Pentachlorophenol [87-86-5]	۶۳۰
اختلالات گوارشی	-	-	۱۰ mg/m ³	۱۳۶/۱۵	پنتا آریتریول Pentaerythriol [115-77-5]	۶۳۱
تخدیر، نوروپاتی (آسیب اعصاب) محیطی	-	-	۱۰۰۰ ppm	۷۲/۱۵	پنتان، کلیه ایزومرها Pentane, all isomers [78-78-4]; [109-66-0]; [463-82-1]	۶۳۲
سمیت اعصاب و اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست	-	۲۵ ppm	۱۰۰/۱۲	۲و۴-پنتان دی ان 2,4-pentanedione [123-54-6]	۶۳۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	۱۰۰ ppm	۵۰ ppm	۱۳۰/۲۰	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]	۶۳۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	A4	۰/۴ ppm (IFV)	-	۷۶/۰۵	پراستیک اسید Peracetic acid [79-21-0]	۶۳۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	-	۰/۱ ppm	۱۸۵/۸۷	پر کلرو متیل مرکاپتان Perchloromethyl mercaptan [594-42-3]	۶۳۶
مت هموگلوبینی؛ فلونورزیس	-	-	۰/۵ ppm	۱۰۲/۴۶	فلوئورید پر کلرید Perchloryl fluoride [7616-94-6]	۶۳۷

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۰/۰۰۵ mg/m ³	۴۱۴/۰۷	اسید پرفلوئورو اوکتانویک Perfluorooctanoic acid [335-67-1]	۶۳۸
اثرات خونی	-	-	۱۰۰ ppm	۲۴۶/۱	پرفلوئورو بوتیل اتیلن Perfluorobutyl ethylene [19430-93-4]	۶۳۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثرات خونی	-	C ۰/۰۱ ppm	-	۲۰۰/۰۴	پرفلوئورو ایزو بوتیلن Perfluoroisobutylene [382-21-8]	۶۴۰
-	-	-	۱۰ mg/m ³	-	پرلیت Perlite [93763-70-3]	۶۴۱
تحریک پوست	-	-	۰/۱ mg/m ³	متفاوت	پرسولفات ها به صورت پرسولفات Persulfates, as Persulfate [7727-21-1]; [7727-54-0]; [7775-27-1]	۶۴۲
-	-	-	۳/۵ mg/m ³	-	کک نفتی Petroleum coke [64741-79-3]	۶۴۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست؛ A4؛ BEI	-	۵ ppm	۹۴/۱۱	فنول Phenol [108-95-2]	۶۴۴
اثرات کبدی؛ حساسیت چشم به نور؛ سمیت استخوان و طحال؛ کم خونی	پوست؛ DSEN؛ A4؛	-	۰/۵ mg/m ³⁽¹⁾	۱۹۹/۲۶	فنتیازین Phenothiazine [92-84-2]	۶۴۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
سرطان	A4	-	۰/۰۲ mg/m ³	۲۱۹/۲۹	ان- فنیل - بتا- نفتیل آمین N-Phenyl-beta-naphthylamine [135-88-6]	۶۴۶
آسیب کبدی و تحریک پوستی	A4	-	۰/۱ mg/m ³	۱۰۸/۰۵	متا فنیلین دی آمین m-Phenylene diamine [108-45-2]	۶۴۷
کم خونی	A3	-	۰/۱ mg/m ³	۱۰۸/۰۵	ار تو فنیلین دی آمین o-Phenylene diamine [95-54-5]	۶۴۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و حساسیت پوستی	A4	-	۰/۱ mg/m ³	۱۰۸/۰۵	پارا فنیلین دی آمین p-Phenylene diamine [106-50-3]	۶۴۹
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ تهوع	-	۲ ppm ^(V)	۱ ppm ^(V)	۱۷۰/۲۰	فنیل اتر، بخار Phenyl ether [101-84-8], Vapor	۶۵۰
آسیب جنین	پوست	-	۰/۵ ppm	۱۲۲/۲	فنیل اتیل الکل Phenylethyl alcohol [60-12-8]	۶۵۱
آسیب بیضه	پوست ؛ A3 ؛ DSEN	-	۰/۱ ppm	۱۵۰/۱۷	فنیل گلیسیدیل اتر Phenyl glycidyl ether [122-60-1]	۶۵۲
آنمی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست	پوست ؛ A3	-	۰/۱ ppm	۱۰۸/۱۴	فنیل هیدرازین Phenylhydrazine [100-63-0]	۶۵۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	پوست ؛ RSEN ؛ DSEN ؛	۰/۰۱۵ ppm	۰/۰۰۵ ppm	۱۱۹/۱۰	فنیل ایزوسیانات Phenyl isocyanate [103-71-9]	۶۵۴

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۶۵۵	فنیل مرکاپتان Phenyl mercaptan [108-98-5]	۱۱۰/۱۸	-	۰/۱ ppm	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ تحریک چشم و پوست
۶۵۶	فنیل فسفین Phenylphosphine [638-21-1]	۱۱۰/۱۰	-	C ۰/۰۵ ppm	-	درماتیت؛ اثر روی خون و بیضه
۶۵۷	فورات Phorate [298-02-2]	۲۶۰/۴۰	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	پوست؛ A4 BEIc؛	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۶۵۸	فسژن † Phosgene [75-44-5]	۹۸/۹۲	-	C ۰/۰۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ ادم ریه؛ آمفیزم ریه
۶۵۹	فسفین Phosphine [7803-51-2]	۳۴/۰۰	-	C ۰/۱۵ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ ادم ریه
۶۶۰	اسید فسفریک Phosphoric acid [7664-38-2]	۹۸/۰۰	-	۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
۶۶۱	فسفر (زرد) Phosphorus(yellow) [12185-10-3]	۱۲۳/۹۲	-	۰/۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی؛ مشکلات گوارشی، آسیب کبدی
۶۶۲	اکسی کلرید فسفر Phosphorus oxychloride [10025-87-3]	۱۵۳/۳۵	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۶۶۳	پنتا کلرید فسفر Phosphorus pentachloride [10026-13-8]	۲۰۸/۲۴	-	۰/۱ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۶۶۴	پنتا سولفید فسفر Phosphorus pentasulfide [1314-80-3]	۲۲۲/۲۹	-	۱ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۶۶۵	تری کلرید فسفر Phosphorus trichloride [7719-12-2]	۱۳۷/۳۵	-	۰/۲ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
۶۶۶	اورتو فتال آلدهید O - phthalaldehyde [643-79-8]	۱۳۴/۱۰	پوست ؛ DSEN ؛ RSEN ؛	SL ۰/۰۲۵ mg/100 cm ²	C ۰/۱ ppb ^(V)	چشم، آسم، واکنش به حساسیت، آنافیلاکسی
۶۶۷	انیدرید فتالیک Phthalic anhydride [85-44-9]	۱۴۸/۱۱	پوست ؛ A4 ؛ RSEN ؛ DSEN	mg/m ³ (IFV) ۰/۰۰۲ SL ۰/۰۵ mg/100 cm ²	۰/۰۰۵ mg/m ³ (IFV)	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست؛ آسم
۶۶۸	متا فتالودی نیتریل m-Phthlodinitrile [626-17-5]	۱۲۸/۱۴	-	۵ mg/m ³ (IFV)	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
۶۶۹	ارتوفتالودی نیتریل O-Phthalodinitrile [91-15-6]	۱۲۸/۱۳	-	۱ mg/m ³ (IFV)	-	تشنج سیستم اعصاب مرکزی؛ اثر روی وزن بدن
۶۷۰	پیکلورام Picloram [1918-02-1]	۲۴۱/۴۸	A4	۱۰ mg/m ³	-	آسیب کبدی و کلیوی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۶۷۱	اسید پیکریک Picric acid [88-89-1]	۲۲۹/۱۱	-	۰/۱ mg/m ³	-	حساسیت های پوستی؛ درماتیت؛ تحریک چشم
۶۷۲	پیندون Pindone [83-26-1]	۲۳۰/۲۵	-	۰/۱ mg/m ³	-	انعقاد
۶۷۳	پی پریدین Piperidine [110-89-4]	۸۵/۱۵	-	۱ ppm	پوست	-
۶۷۴	دی هیدروکلرید پی پرازین Piperazine dihydrochloride [142-64-3]	۱۵۹/۰۵	-	۵ mg/m ³	-	سوزش پوست و چشم؛ حساسیت پوستی؛ آسم
۶۷۵	پی پرازین و نمک های آن، به صورت پیپرازین Piperazine and salts [110-85-0], as piperazine	۸۶/۱۴	-	۰/۰۳ ppm ^(IFV)	؛ DSEN A4 ؛ RSEN	حساسیت سیستم تنفسی، آسم
۶۷۶	پلاتین Platium [7440-06-4]	۱۹۵/۰۹	-	۱ mg/m ³	-	-
	فلز Metal نمکهای محلول، به صورت پلاتین Soluble salts, as Pt	متفاوت	-	۰/۰۰۲ mg/m ³	-	آسم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۶۷۷	پلی کلرینتد بی فنیل ها Polychlorinated biphenyls (PCBs) [1336-36-3]	۳۷۵/۷	-	۰/۰۱ mg/m ³	A1 ؛ پوست	-

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	A4	-	۱ mg/m ³	-	پلی تترا فلورو اتیلن، محصولات پیرولیز Polytetrafluoroethylene [9002-84-0], pyrolysis products	۶۷۸
پنوموکونیوزیس؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ تغییر عملکرد ریوی	A4	-	۱ mg/m ³ (R)	متفاوت	پلی وینیل کلراید Polyvinyl chloride (PVC) [9002-86-2]	۶۷۹
عملکرد ریوی؛ علائم تنفسی؛ آسم	A4	-	۱ mg/m ³ (E,R)	-	سیمان پرتلند Portland cement [65997-15-1]	۶۸۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	C ۲ mg/m ³	-	۵۶/۱۰	هیدروکسید پتاسیم Potassium hydroxide [1310-58-3]	۶۸۱
-	-	-	۱۰ mg/m ³	-	گردوغبار طیور Poultry dust	۶۸۲
کاهش وزن بدن	A4	-	۰/۵ mg/m ³ (I)	۲۲۵/۲۹	پرومتون Prometon [1610-18-0]	۶۸۳
آسیب کبدی و کلیوی؛ سم استخوانی و جنینی	A4	-	۱ mg/m ³ (I)	۲۴۱/۳۷	پرومترین Prometryn [7287-19-6]	۶۸۴
خفگی	-	۴۰۰۰ ppm	۱۰۰۰ ppm	۴۴/۱۰	پروپان Propane [74-98-6]	۶۸۵

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	۰/۳ ppm	-	۷۶/۱۶	۱- پروپان اتیول 1-Propanethiol [107-03-9]	۶۸۶
سرطان	A3	-	۰/۰۰۷ mg/m ³	۱۲۲/۱۴	پروپان سولتون Propane sultone [1120-71-4]	۶۸۷
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A4	-	۱۰۰ ppm	۶۰/۰۹	ان- پروپانول (ان- پروپیل الکل) n- Propanol (n- Propyl alcohol) [71-23-8]	۶۸۸
تحریک قسمت فوقانی تنفس و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	BEI ؛ A4	۴۰۰ ppm	۲۰۰ ppm	۶۰/۰۹	۲- پروپانول یا ایزوپروپانول 2-Propanol [67-63-0]	۶۸۹
تحریک پوست؛ آسیب کبدی و کلیوی	پوست	-	۱ ppm	۵۶/۰۶	الکل پروپارژیل Propargyl alcohol [107-19-7]	۶۹۰
سرطان پوست؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A3	-	۰/۵ ppm	۷۲/۰۶	بتا- پروپیول استون β-Propiolactone [57-57-8]	۶۹۱
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۲۰ ppm	۵۸/۱	پروپیون آلدهید Propionaldehyde [123-38-6]	۶۹۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	-	۱۰ ppm	۷۴/۰۸	اسید پروپیونیک Propionic acid [79-09-4]	۶۹۳

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسیب به سیستم اعصاب مرکزی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تحریک چشم، سقط جنین	پوست	C ۱۰ ppm	-	۵۵/۰۸	Propionitrile [107-12-0]	۶۹۴
بازدارنده آنزیم کولین استراز	BEI _C ؛ A3	-	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	۲۰۹/۲۴	Propoxur [114-26-1]	۶۹۵
-	-	۶ mg/m ³	۲ mg/m ³	۲۵۹/۳۴	Propranolol [525-66-6]	۶۹۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و چشم	-	۱۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	۱۰۲/۱۳	Propyl acetate isomers [108-21-4]; [109-60-4]	۶۹۷
خفگی و تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۵۰۰ ppm	۴۲/۰۸	Propylene [115-07-1]	۶۹۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اثر روی وزن بدن	DSEN؛ A4	-	۱۰ ppm	۱۱۲/۹۹	Propylene dichloride [78-87-5]	۶۹۹
سر درد؛ اتساع عروق؛ افت فشار خون؛ بیماری عروق مغزی و قلبی	پوست؛ BEI _M	۰/۰۱ ppm	SL ۰/۰۲ mg/100 cm ²	۱۶۶/۰۹	Propylene glycol dinitrate [6423-43-4]	۷۰۰

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	پوست	۲۰۰ ppm	۵۰ ppm	۱۰۴/۱۷	پروپیلین گلایکول اتیل اتر Propylene glycol ethyl ether [1569-02-4]	۷۰۱
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	DSEN ؛ A3	-	۲ ppm	۵۸/۰۸	اکسید پروپیلین Propylene oxide [75-56-9]	۷۰۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب کلیوی	پوست ؛ A3	۰/۴ ppm	۰/۲ ppm	۵۷/۰۹	پروپیلین ایمین Propylene imine [75-55-8]	۷۰۳
کم خونی؛ بیماری خونی	BEI _M	-	۵ ppm	۱۰۵/۰۹	ان- پروپیل نیترات n-Propyl nitrate [627-13-4]	۷۰۴
آسیب کبدی؛ تحریک قسمت تنفسی تحتانی	A4	-	۵ mg/m ³	۳۴۵ (میانگین)	پیرتروم Pyrethrum [8003-34-7]	۷۰۵
تحریک پوست؛ آسیب کبدی و کلیوی	A3	-	۱ ppm	۷۹/۱۰	پیریدین Pyridine [110-86-1]	۷۰۶
-	پوست	-	۰/۲ mg/m ³	۳۴۰/۳۳	پیریدافنتیون Pyridaphenthion [119-12-0]	۷۰۷
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	۱۲۹/۱۶	کینولین Quinoline [91-22-5]	۷۰۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
آسم، تحریک تنفسی و چشم، حساسیت پوستی و تنفسی	RSEN؛ DSEN	-	۰/۰۰۱ mg/m ³ (^l)	-	اسیدهای رزین و اسیدهای رزین کلی Resin acids, as total Resin acids [8050-09-7]	۷۰۹
سوزش چشم و پوست	A4	۲۰ ppm	۱۰ ppm	۱۱۰/۱۱	رزورسینول Resorcinol [108-46-3]	۷۱۰
فلزات: تحریک قسمت فوقانی تنفسی نامحلول ها: تحریک قسمت تنفسی تحتانی آسم	A4 A4	- -	۱ mg/m ³ ۰/۰۱ mg/m ³	۱۰۲/۹۱ متفاوت متفاوت	رودیوم Rhodium [7440-16-6] ترکیبات نامحلول و فلزی Metal and insoluble compounds ترکیبات محلول Soluble compounds	۷۱۱
-	-	-	۱mg/m ³	۳۷۶/۳۶	ریبوفلاوین Riboflavin [83-88-5]	۷۱۲
بازدارنده آنزیم کولین استراز	BEIc؛ A4	-	۵ mg/m ³ (IFV)	۳۲۱/۵۷	رونل Ronnel [299-84-3]	۷۱۳
حساسیت پوستی درمانیت؛ آسم	DSEN؛ RSEN	-	۰/۰۰۱ mg/m ³ (^l)	نامشخص	‡ آلاینده‌های حاصل از تجزیه حرارتی روزین در زمان لحیم کاری (کولوفونی) Rosin core solder thermal decomposition Products colophony) [8050-09-7]	۷۱۴

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۷۱۵	روتونون (تجاری) Rotenone (commercial) [83-79-4]	۳۹۱/۴۱	-	۵ mg/m ³	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۱۶	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
۷۱۷	هگزا فلوراید سلنیم Selenium hexafluoride [7783-79-1], as Se	۱۹۲/۹۶	-	۰/۰۵ ppm	-	ادم ریوی
۷۱۸	سزون Sesone [136-78-7]	۳۰۹/۱۳	-	۱۰ mg/m ³	A4	تحریک سیستم گوارشی
۷۱۹	سوفلوران Sevoflurane [28523-86-6]	۲۰۰/۰۵	-	۵۰ ppm	-	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۲۰	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
۷۲۱	سیلیس بی شکل Silica amorphous [112926-00-8]; [7631-86-9]	۶۰/۰۹	-	۲/۴ mg/m ³ (R) ۶ mg/m ³ (I)	-	-

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	-	-	۰/۳ mg/m ^{3(R)}	۷۸/۱۰	اسید سیلیسیک Silicic acid [1343-98-2]	۷۲۲
تخریب ریه؛	-	-	۱۰ mg/m ^{3 (L,E)}	۴۰/۱۰	کاربید سیلیکون Silicon carbide [409-21-2]	۷۲۳
فیروز ریه؛ سرطان	A2	-	۳ mg/m ^{3 (R,E)}		غیر الیافی Non-fibrous	
			۰/۱ f/cc ^(F)		الیافی (شامل الیاف سیلیسی شکل) Fibrous (including whiskers)	
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	۵ ppm	۳۲/۱۲	تترا هیدرید سیلیکون Silicon tetrahydride [7803-62-5]	۷۲۴
آرژیری (تجمع رنگدانه ها در بافتها)	-	-	۰/۱ mg/m ³	۱۰۷/۸۷	نقره و ترکیبات Silver [7440-22-4], and compounds	۷۲۵
	-	-	۰/۰۱ mg/m ³	متفاوت	فلزی، غبار و دمه Metal, dust & fume	
					ترکیبات محلول، به صورت نقره Soluble compounds as Ag	
اثرات خونی	A3	-	۰/۵ mg/m ^{3 (I)}	۲۰/۶۰	سیمازین Simazine [122-34-9]	۷۲۶

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اختلال قلبی و آسیب ریوی	A4	۰/۲۹ mg/m ³ C	-	۶۵/۰۲	Sodium azide [26628-22-8] آزید سدیم	۷۲۷
	A4	C ۰/۱۱ ppm	-		As Sodium azide به صورت آزید سدیم As Hydrozoic acid vapor به صورت بخار اسید هیدرا زوئیک	
-	-	۶ mg/m ³ (L) ۳ mg/m ³ (R)	-	۳۷۹/۳	Soapstone سنگ صابون	۷۲۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، پوست و چشم	A4	-	۵ mg/m ³	۱۰۴/۰۷	Sodium bisulfite [7631-90-5] بی سولفیت سدیم	۷۲۹
اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی؛ تهوع	پوست	-	۰/۰۵ mg/m ³	۱۰۰/۰۲	Sodium fluoroacetate [62-74-8] فلوئورو استات سدیم	۷۳۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	C ۲ mg/m ³	-	۴۰/۰۱	Sodium hydroxide [1310-73-2] هیدروکسید سدیم	۷۳۱
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۵ mg/m ³	۱۹۰/۱۳	Sodium metabisulfite [7681-57-4] متا بی سولفیت سدیم	۷۳۲
-	-	-	۵ mg/m ³	-	Softwood dust غبار چوب نرم	۷۳۳
-	-	-	۲ mg/m ³	۳۳۲/۳۵	Spectinomycin [1695-77-8] اسپکتینومایسین	۷۳۴

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
درماتیت	A4	-	۱۰ mg/m ³	-	نشاسته Starch [9005-25-8]	۷۳۵
تحریک قسمت تحتانی تنفسی	A4	-	۱۰ mg/m ³ (L) ۳ mg/m ³ (R)	متفاوت	استئارات ها Stearates [57-11-4]; [557-04-0]; [557-05-1]; [822-16-2]	۷۳۶
تحریک پوست و چشم؛ آسیب کلیوی؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۱۰۰ ppm	۱۴۰/۰۰	حلال استودارد Stoddard solvent [8052-41-3]	۷۳۷
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	۵۸۱/۵۷	استرپتو مایسین Streptomycin [57-92-1]	۷۳۸
سرطان	A2	۰/۰۰۱ mg/m ³	۰/۰۰۰۵ mg/m ³	۲۰۳/۶۱	کرومات استرونیوم Strontium chromate [7789-06-2], as Cr	۷۳۹
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۰/۱۵ mg/m ³	۳۳۴/۴۰	استرکنین Strychnine [57-24-9]	۷۴۰
اختلال سیستم اعصاب مرکزی و شنوایی، تحریک قسمت فوقانی سیستم تنفسی، نورپاتی محیطی، اختلال بینایی	A3؛ OTO BEI	۲۰ ppm	۱۰ ppm	۱۰۴/۱۵	استایرن Styrene [100-42-5]	۷۴۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، تغییرات خونی	DSEN؛ پوست؛ A3	-	۱ ppm	۱۲۰/۱۵	اکسید استایرن Styrene oxide [96-09-3]	۷۴۲
آسم؛ پوست، تحریک قسمت تحتانی و فوقانی تنفسی	-	C ۰/۰۰۰۰۶ mg/m ³	-	-	سوبتیلیزین ها به صورت آنزیم فعال بلوری Subtilisins [1395-21-7]; [9014-01-1] as crystalline active enzyme	۷۴۳
فرسایش دندان	A4	-	۱۰ mg/m ³	۳۴۲/۳۰	سوکروز Sucrose [57-50-1]	۷۴۴
-	-	-	۱ mg/m ³	۲۱۵/۳۲	سولفاکاربامید Sulfacarbamide [547-44-4]	۷۴۵
-	-	-	۱ mg/m ³	۲۱۴/۲۴	سولفاگوانیدین Sulfaguanidine [57-67-0]	۷۴۶
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	-	سولفالن Sulfalene [152-47-6]	۷۴۷
-	-	۰/۱ mg/m ³	-	۲۸۰/۳	سولفا متوکسی دیازین Sulfamethoxydiazine [651-06-9]	۷۴۸
-	-	-	۰/۱ mg/m ³	۲۸۰/۳	سولفا متوکسی پیریدازین Sulfamethoxypyridazine [80-35-3]	۷۴۹
-	-	-	۱ mg/m ³	۱۷۲/۲	سولفانیل آمید Sulfanilamide [63-74-1]	۷۵۰
-	-	-	۰/۵ mg/m ³	۲۵۵/۳۲	سولفا تیازول Sulfathiazol [72-14-0]	۷۵۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
اثرات خونی	A4	-	۵ mg/m ³ (IFV)	۳۶۴/۳۸	متیل سولفو متورون Sulfometuron methyl [74222-97-2]	۷۵۲
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEIc	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۳۲۲/۳۰	سولفو تپ Sulfotepp (TEDP) [3689-24-5]	۷۵۳
آسیب کبدی و بیضه	A3	-	۰/۱ mg/m ³ (I)	۲۷۷/۳۰	سولفاکسافلور Sulfoxaflo [946578-00-3]	۷۵۴
واکنش ریوی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی	A4	۰/۲۵ ppm	-	۶۴/۰۷	دی اکسید سولفور Sulfur dioxide [7446-09-5]	۷۵۵
خفگی	-	-	۱۰۰۰ ppm	۱۴۶/۰۷	هگزا فلورید گوگرد Sulfur hexafluoride [2551-62-4]	۷۵۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست	-	C ۱ ppm	-	۱۳۵/۰۳	سولفور مونوکلرید Sulfur monochloride [10025-67-9]	۷۵۷
آسیب ریه	-	C ۰/۰۰۱ ppm	-	۲۵۴/۱۱	پنتا فلورید گوگرد Sulfur pentafluoride [5714-22-7]	۷۵۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب ریه	-	C ۰/۱ ppm	-	۱۰۸/۰۷	تترا فلورید گوگرد Sulfur tetrafluoride [7783-60-0]	۷۵۹
واکنش ریوی	A2 ^(M)	-	۰/۲ mg/m ³ (T)	۹۸/۰۸	اسیدسولفوریک Sulfuric acid [7664-93-9]	۷۶۰
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	۱۰ ppm	۵ ppm	۱۰۲/۰۷	سولفوریل فلورید Sulfonyl fluoride [2699-79-8]	۷۶۱

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	A4	-	۱ mg/m ³	۲۷۸/۳	سولفا متازین Sulphamethazine [57-68-1]	۷۶۲
-	-	-	۶ mg/m ³	۳۲/۰۶۵	سولفور Sulphur [7704-34-9]	۷۶۳
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست ؛ A4 ؛ BEIc	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۳۲۲/۴۳	سولپروفوس Sulprofos [35400-43-2]	۷۶۴
اختلال سیستم اعصاب محیطی	A4	-	۱۰ mg/m ³	۲۵۵/۴۹	۲ و ۴-تری کلرو فنوکسی استیک اسید 2,4,5-Trichloro phenoxy acetic acid [93-76-5]	۷۶۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۱ f/cc ^(F) ۵ mg/m ^{3(l)}	-	الیاف های شیشه مصنوعی Synthetic vitreous fibers	۷۶۶
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-		-	فایبر گلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	
تحریک پوست و غشای مخاطی	A3	-	۱ f/cc ^(F)	-	فایبر گلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	
تحریک پوست و غشای مخاطی	A3	-	۱ f/cc ^(F)	-	(Glass Wool fibers) الیاف پشم شیشه	
تحریک پوست و غشای مخاطی	A3	-	۱ f/cc ^(F)	-	(Rock wool fibers) الیاف پشم سنگ	
		-		-	(Slag wool fibers) الیاف پشم سرباره	
تحریک پوست و غشای مخاطی	A3	-	۱ f/cc ^(F)	-	فایبر گلاسهای خاص (Special purpose glass fibers)	
فیروز ریه، اختلال در عملکرد ریه	A2	-	۰/۲ f/cc ^(F)	-	الیاف نسوز سرامیکی (Refractory Ceramic fibers)	

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
فیروز ریه، اختلال در عملکرد ریه	A4	-	$2 \text{ mg/m}^3 \text{ (E,R)}$	-	Talc [14807-96-6] تالک	۷۶۷
	A1	-	حد مجاز آزیست (K)	-	فقد آزیست دارای آزیست containing no asbestos fibres containing asbestos fibres	
بوی بد دهان	-	-	0.1 mg/m^3	۱۲۷/۶	تلوریم و ترکیباتش به صورت تلوریم به استثناء تلورید هیدروژن Tellurium [13494-80-9] and compounds, as Te, excluding hydrogen telluride	۷۶۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	-	0.02 ppm	۲۴۱/۶۱	هگزا فلورید تلوریم Tellurium hexafluoride [7783-80-4], as Te	۷۶۹
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEI _C	-	$1 \text{ mg/m}^3 \text{ (I)}$	۴۶۶/۴۶	تمفوس Temephos [3383-96-8]	۷۷۰
بازدارنده آنزیم کولین استراز	پوست؛ A4؛ BEI _C	-	$0.01 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	۲۸۸/۴۵	تربوفوس Terbufos [13071-79-9]	۷۷۱
-	-	۵۰ ppm	۲۵ ppm	-	ترپن ها Terpenes	۷۷۲
-	-	-	10 mg/m^3	۱۶۶/۱۳	اسید ترفتالیک Terephthalic acid [100-21-0]	۷۷۳

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	-	C ۵ mg/m ³	-	۲۳۰/۳۱	ترفنیل ها (ایزومرهای P, M, O) Terphenyls (o-, m-, p- isomers) [26140-60-3]	۷۷۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ ادم ریه؛ آسیب کبدی	-	-	۰/۱ ppm	۳۴۵/۷۰	او او ۲ و ۲- تترا بروماتان 1,1,2,2,-Tetra bromoethane [79-27-6]	۷۷۵
آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۱۰۰ ppm	۲۰۳/۸۳	او او ۱ و ۲- تترا کلرو- ۲ و ۲- فلوئورو اتان 1,1,1,2-Tetra chloro- 2, 2 difluoroethane [76-11-9]	۷۷۶
آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی	-	-	۵۰ ppm	۲۰۳/۸۳	او او ۲ و ۲- تترا کلرو- ۱ و ۲- فلوئورو اتان 1,1,2,2-Tetrachloro-1,2-difluoroethane [76-12-0]	۷۷۷
آسیب کبدی	A3 پوست؛	-	۱ ppm	۱۶۷/۸۶	او او ۲ و ۲- تترا کلرو اتان 1,1,2,2-Tetra chloroethane [79-34-5]	۷۷۸
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	BEI ؛ A3	۱۰۰ ppm	۲۵ ppm	۱۶۵/۸۰	تترا کلرو اتیلن یا پر کلرو اتیلن Tetrachloroethylene [127-18-4]	۷۷۹
آسیب کبدی	-	-	۲ mg/m ³	۲۶۵/۹۶	تترا کلرو نفتالن Tetrachloronaphthalene [1335-88-2]	۷۸۰

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۷۸۱	تتراکلرووینفوس Tetrachlorvinphos [22248-79-9; 22350-76-1; 961-11-5]	۳۶۵/۹۶		$0.5 \text{ mg/m}^3^{(1)}$	پوست ؛ A3 ؛ DSEN ؛ BEI _c	اثرات کبدی و کلیوی؛ بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ اثر روی تیروئید
۷۸۲	تتراکلرو فنول (کلیه ایزومرها) و نمک های آن Tetrachlorophenol (all isomers) [25167-83-3] and salts	۲۳۱/۸۹		$0.5 \text{ mg/m}^3^{(1)}$	A3	-
۷۸۳	تتراسیکلین Tetracycline [60-54-8]	۴۴۴/۴۳		0.1 mg/m^3	-	-
۷۸۴	تترا اتیل سرب Tetraethyl lead [78-00-2], as Pb	۳۲۳/۴۵		0.1 mg/m^3	پوست ؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۸۵	تترا اتیل پیرو فسفات Tetraethyl pyrophosphate [107-49-3]	۲۹۰/۲۰		$0.01 \text{ mg/m}^3 \text{ (IFV)}$	پوست ؛ BEI _c	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۸۶	تترافلورو اتیلن Tetrafluoroethylene [116-14-3]	۱۰۰/۲۰		۲ ppm	A3	آسیب کبدی و کلیوی، سرطان کبد و کلیه
۷۸۷	او او او ۲ - تترا فلورو اتان 1,1,1,2-tetra fluoroethane [811-97-2]	۱۰۲/۰۳		۱۰۰۰ ppm	-	-
۷۸۸	تترا هیدرو فوران Tetrahydrofuran [109-99-9]	۷۲/۱۰		۵۰ ppm	پوست ؛ A3 ؛ BEI	آسیب کلیه، تحریک دستگاه تنفس فوقانی، اختلال سیستم اعصاب مرکزی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۷۸۹	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	-	۲ mg/m ³	A4 ؛ DSEN	اثرات کبدی
			-	۲ mg/m ³	A4 ؛ DSEN	
۷۹۰	تترا متیل سرب Tetramethyl lead [75-74-1], as Pb	۲۶۷/۳۳	-	۰/۱۵ mg/m ³	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۹۱	تترا متیل سوکسینو نیتریل Tetramethyl succinonitrile [3333-52-6]	۱۳۶/۲۰	-	۰/۵ ppm ^(IFV)	پوست	هیپوگلیسمی؛ تشنج
۷۹۲	تترا نیترو متان Tetranitromethane [509-14-8]	۱۹۶/۰۴	-	۰/۰۰۵ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سرطان قسمت فوقانی تنفسی
۷۹۳	تتریل Tetryl [479-45-8]	۲۸۷/۱۵	-	۱/۵ mg/m ³	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۷۹۴	تالیوم و ترکیباتش، به صورت تالیوم Thallium [7440-28-0] and compounds, as Tl	۲۰۴/۳۷ متفاوت	-	۰/۰۲ mg/m ^{3(l)}	پوست	نوروپاتی محیطی؛ آسیب گوارشی

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
-	A4	-	۱ mg/m ³	۱۸۰/۱۶	تئوبرمین Theobromine [83-67-0]	۷۹۵
-	A۴	-	۰/۵ mg/m ³	۱۸۰/۱۶	تئوفیلین Theophylline [58-55-9]	۷۹۶
-	-	-	۱۰ mg/ m ³⁽¹⁾	۲۰۱/۲۵	تیابندازول Thiabendazole [148-79-8]	۷۹۷
آسیب کبدی و تیروئیدی؛ تأثیر بر سیستم اعصاب مرکزی؛ سرطان	A3 پوست؛	-	۰/۲ mg/m ³⁽¹⁾	۲۵۲/۷۲	تیاکلوپرید Thiacloprid [111988-49-9]	۷۹۸
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	A4	-	۱ mg/m ³	۳۵۸/۵۲	۴و۴-تیوبیس (۶-ترت-بوتیل-متا-کروزول) 4,4'-Thiobis (6-tert-butyl-m-cresol) [96-69-5]	۷۹۹
بازدارنده آنزیم کولین استراز	A3 ؛ DSEN	-	۰/۱ mg/m ^{3(IFV)}	۳۵۴/۵۰	تیودیکارب Thiodicarb [59669-26-0]	۸۰۰
-	-	-	۲ mg/m ³	۹۲/۱۱	تیوگلیکولات ها Thioglycolates [68-11-1]	۸۰۱
تحریک سیستم تنفسی و چشم	DSEN ؛ پوست	-	۱ ppm	۹۲/۱۲	اسید تیوگلیکولیک Thioglycolic acid [68-11-1]	۸۰۲
تحریک قسمت فوقانی تنفسی	-	C ۰/۲ ppm	-	۱۱۸/۹۸	کلرید تیونیل Thionyl chloride [7719-09-7]	۸۰۳

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تأثیر در وزن بدن؛ اثرات خونی	A4 ؛ DSEN	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	۲۴۰/۴۴	تیرام Thiram [137-26-8]	۸۰۴
پنوموکونیوزیس	-	-	۲ mg/m ³	۱۱۸/۶۹ متفاوت	قلع و ترکیبات معدنی بجز هیدرید قلع و اکسید قلع ایندیوم؛ به صورت قلع Tin [7440-31-5] & inorganic compounds [18282-10-5]; [21651-19-4], excluding tin hydride and Indium tin oxide as Sn	۸۰۵
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم، سردرد، تهوع، اثر روی سیستم اعصاب مرکزی و سیستم ایمنی	A4 ؛ پوست	۰/۲ mg/m ³	۰/۱ mg/m ³	متفاوت	قلع، ترکیبات آلی Tin [7440-31-5], Organic compounds	۸۰۶
تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ پنوموکونیوز	A3	-	۰/۲ mg/m ³ (R)	۷۹/۹۰	‡ دی اکسید تیتانیم Titanium dioxide [13463-67-7] Nanoscale particles Finescale particles	۸۰۷
	A3	-	۲/۵ mg/m ³ (R)	۷۹/۹۰		
تحریک قسمت تحتانی تنفسی؛ تخریب قسمت تحتانی تنفسی	A4	C ۰/۵ ppm	-	۱۸۹/۶۸	تتراکلرید تیتانیوم Titanium tetrachloride, as HCl [7550-45-0]	۸۰۸

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۸۰۹	ارتو تولیدین o-Tolidine [119-93-7]	۲۱۲/۲۸	۰/۰۰۳ ppm	۰/۰۱۲ ppm	A3 ؛	سوزش چشم؛ مئانه و کلیه؛ سرطان مئانه؛ مت هموگلوبینی
۸۱۰	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
۸۱۱	تولوئن -۲و۴- یا ۲و۶- 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	۰/۰۰۱ ppm ^(IFV)	ppm ^(IFV) ۰/۰۰۵	DSEN ؛ RSEN ؛ پوست A3 ؛ BEI ؛	آسم، حساسیت های تنفسی و چشمی
۸۱۲	پارا تولوئن سولفونیل کلراید p-Toluenesulphonyl chloride [98-59-9]	۱۹۰/۶۵	-	۵ mg/m ³	-	-
۸۱۳	متا تولوئیدین m-Toluidine [108-44-1]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	-	A4 ؛ BEI _M	سوزش چشم ؛ مئانه و کلیه؛ مت هموگلوبینی
۸۱۴	ارتو تولوئیدین o-Toluidine [95-53-4]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	-	A3 ؛ BEI _M	مت هموگلوبینی، حساسیت پوست و چشم و کلیه و مئانه
۸۱۵	پارا تولوئیدین p-Toluidine [106-49-0]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	-	A3 ؛ BEI _M	مت هموگلوبینی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۸۱۶	تری بوتیل فسفات Tributyl phosphate [126-73-8]	۲۶۶/۳۱	-	۵ ppm ^(IFV)	BEIM ؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و مثانه
۸۱۷	تری بوتیل تین بنزوات Tributyltin benzoate [4342-36-3]	۴۱۱/۱۷	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	-	-
۸۱۸	تری بوتیل تین فلورید Tributyltin fluoride [1983-10-4]	۳۰۹/۰۵	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	-	-
۸۱۹	تری بوتیل تین مت آکریلات Tributyltin methacrylate [2155-70-6]	۳۷۵/۱۷	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	-	-
۸۲۰	تری کلروفون Trichlorfon [52-68-6]	۲۵۷/۴۴	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	A4 ؛ DSEN ؛ BEIc	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۸۲۱	اسید تری کلرو استیک Trichloroacetic acid [76-03-9]	۱۶۳/۳۹	-	۰/۵ ppm	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۸۲۲	۱،۲،۴-تری کلرو بنزن 1,2,4-Trichlorobenzene [120-82-1]	۱۸۱/۴۶	C ۵ ppm	-	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۸۲۳	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
۸۲۴	تری کلرو اتیلن Trichloroethylene [79-01-6]	۱۳۱/۴۰	-	۱۰ ppm	BEI ؛ A2	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سمیت کلیوی؛ کاهش قوه ادراک

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
حساسیت های قلبی عروقی	A4	C ۱۰۰۰ ppm	-	۱۳۷/۳۸	تری کلرو فلئورو متان Trichlorofluoro methane [75-69-4]	۸۲۵
آسیب کبدی؛ جوشهای شبه آکنه	پوست	-	۵ mg/m ³	۲۳۱/۵۱	تری کلرو نفتالن Trichloronaphthalene [1321-65-9]	۸۲۶
سرطان	A2	-	۰/۰۰۵ ppm	۱۴۷/۴۳	۱و۲و۳-تری کلرو پروپان 1,2,3-Trichloropropane [96-18-4]	۸۲۷
اختلال سیستم اعصاب مرکزی	A4	۱۲۵۰ ppm	۱۰۰۰ ppm	۱۸۷/۴۰	۱و۱و۲-تری کلرو-۱و۲و۲-تری فلئورو اتان 1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane [76-13-1]	۸۲۸
اثرات خونی	A3؛ پوست	-	۱ mg/m ³	۲۸۹/۵۴	تری کلوزان Triclosan [3380-34-5]	۸۲۹
-	-	-	۳ mg/m ³	۱۸۹/۲۴	تری سیکل آزول Tricyclazole [41814-78-2]	۸۳۰
سوزش پوست و چشم	-	-	۵ mg/m ³	۱۴۹/۲۲	تری اتانول آمین Triethanolamine [102-71-6]	۸۳۱
اختلالات بصری و تحریک قسمت فوقانی تنفسی	پوست؛ A4	۱ ppm	۰/۵ ppm	۱۰۱/۱۹	تری اتیل آمین Triethylamine [121-44-8]	۸۳۲
اثر بر وزن بدن، محرک چشم	-	-	۱۰ mg/m ³ (IFV)	۱۵۰/۱۷	تری اتیلن گلیکول Triethylene glycol [112-27-6]	۸۳۳

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			STEL/C	TWA		
۸۳۴	تری فلومیزول Triflumizole [68694-11-1]	۳۴۵/۷۵	-	۱ mg/m ³ (D)	DSEN ؛ A4	تغییرات کبدی
۸۳۵	تری فلئوبرو متان Trifluobromo methane [75-63-8]	۱۴۸/۹۲	-	۱۰۰۰ ppm	-	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی
۸۳۶	۱،۳،۵-تری گلیسیدیل-اس-تری آزینتریون 1,3,5-Triglycidyl-S-Triazinetrione [2451-62-9]	۲۹۷/۲۵	-	۰/۰۵ mg/m ³	-	آسیب‌های تولید مثل در مردان
۸۳۷	تری ملیتیک آنیدرید Trimellitic anhydride [552-30-7]	۱۹۲/۱۲	۰/۰۰۲ mg/m ³ (IFV)	۰/۰۰۰۵ mg/m ³ (IFV)	RSEN ؛ DSEN ؛	حساسیت های سیستم تنفسی
۸۳۸	تری متاکریزیل فسفات Trimetacresyl phosphate [563-04-2]	۳۶۸/۳۶	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	-	آسیب به غدد فوق کلیوی، آسیب به سیستم تولید مثل زنان
۸۳۹	تری متیلول پروپان Trimethylolpropane [77-99-6]	۱۳۴/۱۷	-	۰/۵ mg/m ³ (IFV)	-	سمیت عصبی، اختلال رشد عصبی
۸۴۰	تری پاراکریزیل فسفات Triparacresyl phosphate [78-32-0]	۳۶۸/۳۶	-	۰/۰۵ mg/m ³ (IFV)	-	آسیب به غدد فوق کلیوی، آسیب به سیستم تولید مثل زنان

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ حساسیت چشم و پوست	-	۱۵ ppm	۵ ppm	۵۹/۱۱	تری متیل آمین Trimethyl amine [75-50-3]	۸۴۱
اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی	*A4 برای ۲ و ۴- تری متیل بنزن	-	۱۰ ppm	۱۲۰/۱۹	تری متیل بنزن (مخلوط ایزومرها) Trimethyl benzene (mixed Isomers) [25551-13-7; 526-73-8, 95-63-6, 108-67-8]	۸۴۲
تحریک چشم؛ بازدارنده آنزیم کولین استراز	BEI _C	-	۲ ppm	۱۲۴/۰۸	تری متیل فسفیت Trimethyl phosphite [121-45-9]	۸۴۳
مت همو گلوبینی؛ آسیب کبدی؛ آب مروارید	BEI _M ؛ پوست	-	۰/۱ mg/m ³ (IFV)	۲۲۷/۱۳	۲ و ۴-تری نیترو تولوئن 2,4,6-Trinitro toluene (TNT) [118-96-7]	۸۴۴
بازدارنده آنزیم کولین استراز، مسمومیت سیستم عصبی	BEI _C ؛ پوست	-	۰/۰۲ mg/m ³ (IFV)	۳۶۸/۳۷	تری اورتوکرسیل فسفات Triorthocresyl phosphate [78-30-8]	۸۴۵
بازدارنده آنزیم کولین استراز	BEI _M ؛ A4	-	۳ mg/m ³	۳۲۶/۲۸	تری فنیل فسفات Triphenyl phosphate [115-86-6]	۸۴۶
اختلالات ریوی	-	-	۳ mg/m ³ (R)	۱۸۳/۸۴ متفاوت	تنگستن و ترکیباتش، بدون حضور کبالت Tungsten [7440-33-7], and compounds, In the absence of Cobalt, as W	۸۴۷

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک ریه	DSEN ؛ A4	-	۲۰ ppm	۱۳۶/۰۰ متفاوت	ترپنتین و مونوترپن های منتخب Turpentine [8006-64-2] and selected Monoterpenes [80-56-8]; [127-91-3]; [13466-78-9]	۸۴۸
آسیب کلیوی	BEI ؛ A1	۰/۶ mg/m ³	۰/۲ mg/m ³	۲۳۸/۰۳ متفاوت	اورانیوم طبیعی ترکیبات محلول و نامحلول آن به صورت Uranium(natural) [7440-61-1] Soluble and insoluble	۸۴۹
-	-	۱۰ mg/m ³	۵ mg/m ³	۶۰/۰۶	اوره Urea [57-13-6]	۸۵۰
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ پوست	-	-	۵۰ ppm	۸۶/۱۳	ان-والر آلدئید n-Valer aldehyde [110-62-3]	۸۵۱
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی	A3	-	۰/۰۵ mg/m ³ (1)	۱۸۱/۸۸	پنتوکسید وانادیوم Vanadium pentoxide [1314-62-1] as V	۸۵۲
اثرات تنفسی	-	-	۱۰ mg/m ³	متغیر	مست روغن های نباتی Vegetable oils mist [68956-68-3]	۸۵۳
-	-	-	۳ mg/m ³	-	غبار ورمیکولیت Vermiculite dust [1318-00-9]	۸۵۴
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم	A3	۱۵ ppm	۱۰ ppm	۸۶/۰۹	استات وینیل Vinyl acetate [108-05-4]	۸۵۵
سرطان کبد	A2	-	۰/۵ ppm	۱۰۶/۹۶	بروماید وینیل Vinyl bromide [593-60-2]	۸۵۶

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
سرطان ریه؛ آسیب کبدی	A1	-	۱ ppm	۶۲/۵۰	کلرید وینیل Vinyl chloride [75-01-4]	۸۵۷
آسیب‌های تولید مثل در مردان و زنان	A3	-	۰/۱ ppm	۱۰۸/۱۸	۴- وینیل سیکلوهگزان 4- Vinyl cyclohexene [100-40-3]	۸۵۸
آسیب‌های سیستم تولید مثل در مردان و زنان	پوست؛ A3	-	۰/۱ ppm	۱۴۰/۱۸	وینیل سیکلوهگزان دی اکسید Vinyl cyclohexene dioxide [106-87-6]	۸۵۹
سرطان کبد و آسیب کبدی	A2	-	۱ ppm	۴۶/۰۵	فلورید وینیل Vinyl fluoride [75-02-5]	۸۶۰
آسیب کبدی	A3	-	۰/۰۵ ppm	۱۱۱/۱۶	ان- وینیل -۲- پیرولیدون N-Vinyl-2-pyrrolidone [88-12-0]	۸۶۱
آسیب کبدی و کلیوی	A4	-	۵ ppm	۹۶/۹۵	کلرید وینیلیدن Vinylidene chloride [75-35-4]	۸۶۲
آسیب کبدی	A4	-	۵۰۰ ppm	۶۴/۰۴	فلوئورید وینیلیدن Vinylidene fluoride [75-38-7]	۸۶۳
تحریک قسمت فوقانی تنفسی و آسیب ریه	A4	-	۱۰ ppm	۱۱۸/۱۸	وینیل تولوئن Vinyl toluene [25013-15-4]	۸۶۴

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
خون ریزی، ناقص الخلقه زایی	پوست	-	۰/۰۱ mg/m ^{3(D)}	۳۰۸/۳۲	وارفارین Warfarin [81-81-2]	۸۶۵
-	پوست	-	۰/۰۲ mg/m ^{3(D)}	۳۰۳/۳	وارفارین سدیم Warfarin sodium [129-06-6]	۸۶۶
-	-	-	۳ mg/m ³	۴۰۵/۶۱	غبار آرد گندم Wheat flour dust	۸۶۷
آسم عملکرد ریوی، تحریک قسمت فوقانی و تحتانی سیستم تنفسی	A4 ؛ DSEN RSEN - A1 A2 A4	- - - - -	۰/۵ mg/m ^{3(D)} ۱ mg/m ^{3 (D)} - - -	نامشخص	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	۸۶۸

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم؛ اثرات خونی؛ برای پارازایلن و ترکیبات حاوی آن	BEI؛ A4 OTO	-	۲۰ ppm	۱۰۶/۱۶	‡گزین (ایزومرهای ارتو، متا و پارا) Xylene [1330-20-7] (all isomers) [95-47-6]; [106-42-3]; [108-38-3]	۸۶۹
تحریک چشم؛ پوست، حساسیت گوارشی	پوست	C ۰/۰۱۸ ppm	-	۱۳۶/۲۰	متا گزین آلفا و آلفا دی آمین m-Xylene α, α-diamine [1477-55-0]	۸۷۰
آسیب کبدی؛ مت هموگلوبینی	پوست؛ A3؛ BEIm	-	۰/۵ ppm (IFV)	۱۲۱/۱۷	گزینیدین (مخلوط ایزومرها) Xylidine (mixed isomers) [1300-73-8]	۸۷۱
فیروز ریه	-	-	۱ mg/m ³	۸۸/۹۱	ایتروم و ترکیبات آن Yttrium [7440-65-5] and Compounds, as Y	۸۷۲
تحریک قسمت فوقانی و تحتانی تنفسی	-	۲ mg/m ³	۱ mg/m ³	۱۳۶/۲۹	دمه کلرید روی Zinc chloride fume [7646-85-7]	۸۷۳
سرطان بینی	A1	-	۰/۰۱ mg/m ³	متفاوت	کرومات روی Zinc chromates [13530-65-9] , as Cr [11103-86-9] ; [37300-23-5]	۸۷۴
-	-	۲۰ mg/m ³ (L)	۱۰ mg/m ³ (L) ۴ mg/m ³ (R)	۶۳۲/۳۵	دی استنارات روی یا استنارات روی Zinc stearate [557-05-1]	۸۷۵
تب دمه فلزی	-	۱۰ mg/m ³ (R)	۲ mg/m ³ (R)	۸۱/۳۷	اکسید روی Zinc oxide [1314-13-2]	۸۷۶

مبنای تعیین حد مجاز مواجهه	نمادها	حد مجاز مواجهه شغلی		وزن ملکولی	نام علمی ماده شیمیایی	ردیف
		STEL/C	TWA			
تحریک تنفسی	A4	۱۰ mg/m ³	۵ mg/m ³	۹۱/۲۲	زیر کونیوم و ترکیباتش Zirconium [7440-67-7] and compounds, as Zr	۸۷۷

ضمایم حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی

ضمیمه الف: سرطان‌زایی

امروزه جامعه به مواد شیمیایی و فرآیندهای صنعتی که باعث سرطان یا افزایش ریسک ابتلا به سرطان می‌شوند توجه و حساسیت روزافزونی دارد. روش‌های بسیار پیچیده‌ی ارزیابی بیولوژیکی و استفاده از مدل‌های پیچیده‌ی ریاضی جهت تعیین سطح ریسک سرطان‌زایی عوامل مختلف در شاغلین، منجر به این شده است که برای انتخاب یک ماده یا فرآیند 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 اپیدمیولوژیکی ماده شیمیایی برای انسان سرطان‌زا است.

A2- مشکوک به سرطان‌زایی در انسان

کفایت اطلاعات کیفی مربوط به سرطان‌زایی ماده‌ی 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 انجام شده 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 دُز نسبتاً زیاد با یک روش (ها)، محل (های) اثر، سوابق و سازوکارهایی به اثبات رسیده است که ممکن است چندان مرتبط با مواجهه شاغلین نباشد. 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 اینکه مواجهه تحت شرایط غیر معمول، و از راه‌های ورود غیرمحمول و مقادیر مواجهه غیر معمول باشد.

A4- غیر قابل طبقه بندی 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 گیرند. مطالعه‌های انجام شده بر روی بافت زنده و بر روی حیوانات آزمایشگاهی، شواهدی از سرطان‌زایی این مواد را طوری که به توان 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. مطالعات اپیدمیولوژی موجود در خصوص این مواد دارای جامعیت لازم، پیگیری مناسب برنامه پژوهشی و با سوابق مواجهه شغلی قابل اطمینان در دُزهای زیاد بوده است. اطلاعات به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری این پژوهش‌ها نشانگر عدم افزایش ریسک سرطان‌زایی انسانی در اثر مواجهه با این عوامل است 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 نگه داشته شود. کارگرانی که با سرطان‌زاهای گروه A1 بدون حد مجاز مشخص، مواجهه دارند می‌بایست تا حد ممکن به منظور 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 به کمترین حد ممکن یا حداقل به کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی (OEL) برسد.

ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند (PNOS)^۱

هدف کمیته تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل شیمیایی، تعیین OEL برای کلیه موادی است که شواهدی در خصوص اثرات بهداشتی در غلظت‌های هوابرد مشخص در محیط‌های کاری داشته باشند. زمانی که 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 مواجهه شغلی یکسان هستند مگر آنکه مطالعه‌ها و پژوهش‌های آتی، اطلاعات کافی جهت تعیین حد مجاز مواجهه شغلی مستقل برای یک ذره را ارائه کند. در این صورت، آن ذره از لیست خارج و بر اساس حد مجاز مواجهه شغلی 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 نداده، پرتوهای یون‌ساز تابش نکند، باعث حساسیت‌زایی ایمنولوژی نشده یا باعث اثرات سمی به جز التهاب یا مکانیسم باقی ماندن اضافه بار 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^۲ هوابرد آن‌ها در مقادیر کمتر از 3 mg/m^3 و غلظت ذرات قابل تنفس^۳ آن‌ها کمتر از 10 mg/m^3 حفظ شود تا زمانی که حدود مجاز اختصاصی برای آن‌ها تعیین شود.

1 Particulates (insoluble or poorly soluble) Not Otherwise Specified

2 Respirable

3 Inhalable

ضمیمه ج: معیار نمونه برداری مبتنی بر انتخاب سائز ذرات هوا برد

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 شغلی ذرات سیلیس آزاد کریستالی در ابعاد و اندازه معینی پیشنهاد گردیده است. زیرا، از سال‌های قبل مشخص شده است که ارتباط معناداری 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 به‌صورت ذره در محیط کار منتشر می‌گردند:

- برای هر ماده شیمیایی که بر سلامت انسان مؤثر است اندازه ذرات نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.
- غلظت جرمی ذرات در هر سائز در حد مجاز مواجهه شغلی مجاز تأثیر گذار است.

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

حد مجاز مواجهه شغلی 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 شغلی 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 شغلی 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.

1 Inhalable Particulate Matter

2 Thoracic Particulate Matter

3 Respirable Particulate Matter

بیان کمی ذرات این سه گروه طبق روابط زیر است:

الف) توده ذرات قابل تنفس

توده ذرات قابل تنفس شامل ذراتی می شود که بدون در نظر گرفتن موقعیت نمونه بردار نسبت به مسیر جریان باد، بر اساس راندمان جمع آوری زیر به دام می افتند:

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

برای ذراتی که $0.05 < d_{ae} \leq 100 \mu m$ باشد.

که در رابطه فوق، $IPM(d_{ae})$ ، بازده جمع آوری و d_{ae} قطر آئرودینامیکی ذرات بر حسب میکرومتر است.

۰/۰۵ میکرون بیانگر کمترین قطر آئرودینامیکی ذرات جمع آوری شده توسط کسکد ایمپکتورهای چند مرحله ای می باشد.

ب) توده ذرات توراسیکی

توده ذرات توراسیکی متشکل از ذراتی است که بازده جمع آوری و به دام افتادن آن ها طبق معادله ذیل می باشد:

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

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

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

ln: لگاریتم طبیعی

$$\Gamma = 11/64 \mu m$$

$$\Sigma = 1/5$$

ج- توده ذرات قابل استنشاق

توده ذرات قابل استنشاق متشکل از ذراتی است که بازده جمع‌آوری و به دام افتادن آنها طبق معادله ذیل می‌باشد:

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

که $F(x)$ همان مفهوم اشاره شده در بخش قبلی است اما $\Gamma = 4/25 \mu m$ و $\Sigma = 1/5$ است.

مهم‌ترین تغییر اعمال‌شده مربوط به این بخش از ذرات افزایش قطر میانه از $3/5$ به 4 میکرومتر است. این مطلب با پروتکل سازمان بین‌المللی استاندارد و کمیته تدوین استانداردهای اروپا (ISO/CEN) تطابق دارد. بازده جمع‌آوری سایزهای مختلف ذرات با کسر جرمی هر یک در جداول زیر ارائه شده است:

جدول ج-۱: ذرات قابل تنفس

بازده جمع‌آوری ذرات قابل تنفس (%)	قطر آئرودینامیکی ذره (μm)
۱۰۰	کوچکتر از ۰/۰۵
۹۷	۱
۹۴	۲
۸۷	۵
۷۷	۱۰
۶۵	۲۰
۵۸	۳۰
۵۴/۵	۴۰
۵۲/۵	۵۰
۵۰	۱۰۰

جدول ج - ۲: ذرات توراسیک

بازده جمع آوری ذرات توراسیک (%)	قطر آئرودینامیکی ذره (μm)
۱۰۰	کوچکتر از ۰/۰۵
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 آئرودینامیکی ذره (μm)
۱۰۰	کوچکتر از ۰/۰۵
۹۷	۱
۹۱	۲
۷۴	۳
۵۰	۴
۳۰	۵
۱۷	۶
۹	۷
۵	۸
۱	۱۰

ضمیمه د: گونه‌های گیاهی مهم تجاری مشکوک به حساسیت‌زا

نام تجاری	نام انگلیسی
درختان نرم	SOFTWOODS
سرخ چوب کالیفرنیا	California redwood
صنوبر سفید شرقی	Eastern white cedar
کاج	Pine
صنوبر قرمز غربی	Western red cedar
درختان سخت	HARDWOODS
زبان گنجشک	Ash
صنوبر لرزان/سپیدار/چوب پنبه	Aspen/Poplar/Cottonwood
راش	Beech
بلوط	Oak
درختان گرمسیری	TROPICAL WOODS
ابروکانا	Abirucana
گور خر آفریقایی	African zebra
آنتاریس	Antiaris
کابووا	Cabreuva
صنوبر لبنان	Cedar of Lebanon
گردوی آمریکای مرکزی	Central American walnut
کو کابولا	Cocabolla
آبنوس آفریقایی	African ebony
فرنام	Fernam bouc
اقایای هندراس	Honduras rosewood
لارو یا کامبالا	Iroko or kambala
کزات	Kejaat
کتیبه	Kotibe
لیمبا	Limba
ماهون	Mahogany (African)
ماکور	Makore

ادامه ضمیمه د: گونه‌های گیاهی مهم تجاری مشکوک به حساسیت‌زا

نام انگلیسی	نام تجاری
Mansonia/Beté	مانسونیا
Nara	نارا
Obeche/African maple/Samba	سامبا
Okume	اوکیوم
Palisander/Brazilian rosewood/ Tulip wood/Jakaranda	اقاقیای برزیلی/لاله وحشی/جاکاراندا
Pau marfim	مارفیم
Ramin	رامین
Soapbark dust	گرد و غبار درخت صابون
Spindle tree wood Tanganyike aningre	درخت دوکی شکل اینگره تانگانیک

ضمیمه ۵: 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 هم زمان 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 شغلی که نشانگر مبنای تعیین حد مجاز مواجهه شغلی است می‌تواند به کاربر در خصوص احتمال اثرات افزایشی مخلوطی از مواد، هشدار دهد. مواد با مبنای

تعیین OEL مشابه احتمالا اثرات افزایشی داشته و حد مجاز مواجهه شغلی تک تک آن‌ها باید کمتر از مقدار ارائه شده در جدول در نظر گرفته شود.

توجه داشته باشید که این ستون، اثرات زیان آور ماده‌ی مورد نظر را ذکر نمی‌کند، بلکه فقط اثر(های) نامطلوب که بر اساس آن‌ها حد آستانه تعیین شده است را فهرست می‌کند. برای اطلاعات مورد نیاز در مورد اثرات سمی موادی، که ممکن است در هنگام ارزیابی مواجهه با مخلوط به کار روند، مستندات 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 مورد توجه 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 مواجهه شغلی 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 آن ماده شیمیایی است. در انتهای این بخش مثالی در خصوص استفاده از این معادله ارائه شده است. 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 می‌رود. 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 سم‌شناسی مشابه، OEL یکسان نداشته باشند، استفاده از انواع مقادیر حدود مواجهه شغلی امکان‌پذیر خواهد بود. در جدول زیر انواع حالات ممکن از ترکیب انواع OELs ارائه شده است که با فرمول اثر افزایشی قابل محاسبه خواهد بود. وقتی ماده‌ای با یک حد STEL یا C با ماده‌ای با OEL-TWA ولی بدون STEL مخلوط شود، مقایسه حد کوتاه‌مدت با مواجهه‌های بیشینه

[مواجهه با مقادیر حداکثری] کاربردی^۱ ممکن است مناسب تر باشد. مواجهه‌های بیشینه معادل ۵ برابر حد OEL-TWA آن ماده خواهد بود.

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

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

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

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

$$OEL - STEL : T_{1STEL}$$

$$OEL - TWA : T_2$$

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

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

1 applicable peak exposure

محدودیت‌ها و موارد خاص

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

استثناء دیگر هنگامی رخ می‌دهد که گمان می‌رود مخلوط مواد دارای اثر سینرژیک یا تشدید می‌باشند. 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 می‌باشند به تنهایی الزاماً زیان‌آور نیستند. اثرات تشدید می‌دهنده شیمیایی می‌تواند از راه‌های استنشاق، مثلاً نوشیدن الکل هم‌زمان با استنشاق مواد خواب‌آور (تری کلرواتیلن) باشد. اثرات تشدید می‌دهنده مخصوصاً در غلظت‌های خیلی زیاد نمایان می‌شود و احتمال بروز آن در غلظت‌های پایین کمتر است.

رابطه اثرات افزایشی برای مخلوطی از چند عامل به کار می‌رود. این روابط را نباید برای مخلوط‌هایی که اجزاء آن واکنش‌های بسیار متفاوتی دارند به کار برد، مانند اسید سیانیدریک (HCN) و دی‌اکسید گوگرد (SO₂). در چنین مواردی باید فرمول اثرات مستقل مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این رابطه برای مخلوط‌های پیچیده با اجزاء زیاد (مثل بنزین، خروجی دیزل، محصولات تجزیه حرارتی، خاکستر و ...) نباید مورد استفاده قرار گیرد.

لازم به ذکر است که در مخلوط مواد سرطان‌زا در دسته‌های A1, A2, یا A3 باید دقت کرد. صرف نظر از کاربرد فرمول مخلوط، باید از مواجهه با مخلوط مواد سرطان‌زا اجتناب شود 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 معرفی شده است که از طریق سایت این مرکز قابل دسترسی

است. رابطه اثر افزایشی برای مخلوط‌هایی با تعداد قابل قبول بکار می‌رود. عوامل برای مخلوط‌های پیچیده با بسیاری از اجزای سازنده (به‌عنوان 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 کوتاه‌مدت آن پایش شده است. نتایج پایش در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۵-۲ نتایج پایش

نتایج مواجهه کوتاه‌مدت (OEL-STEL)	نتایج پایش کل نوبت کاری (OEL-TWA)	عامل شیمیایی
۳۲۵ ppm (۵۰۰ ppm)	۸۰ ppm (۲۵۰ ppm)	استون
۷/۵ ppm (۵۰ ppm)	۲ ppm (۲۰ ppm)	سیکلو هگزانون
۱۱۰ ppm (۱۵۰ ppm)	۳۴ ppm (۷۵ ppm)	متیل اتیل کتون

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:

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

$$\frac{80}{250} + \frac{2}{20} + \frac{34}{75} = 0.32 + 0.10 + 0.45 = 0.87$$

میزان مواجهه کل نوبت کاری کمتر از حد مجاز است.

آنالیز مواجهه کوتاه‌مدت به روش زیر انجام می‌شود:

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

$$\frac{325}{500} + \frac{7.5}{50} + \frac{110}{150} = 0.65 + 0.15 + 0.73 = 1.53$$

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

مثال ب- اثرات مستقل:

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

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

مثال: هوایی حاوی غلظت سرب معادل 0.04 mg/m^3 (سرب با $OEL = 0.5$) و معادل mg/m^3 اسیدسولفوریک ($OEL=0.2$) 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 و: حداقل محتوای اکسیژن^۱

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

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 آناتومیکی، دی‌اکسید کربن و بخار آب، سطح فشار جزئی اکسیژن آلوئولی ۶۰ تور برابر است با فشار جزئی اکسیژن ۱۲۰ تور در هوای اطراف.

NIOSH فشار نسبی اکسیژن آلوئولی ۶۰ تور را به عنوان حد فیزیولوژیک تعیین کرده و محیطی که فشار جزئی اکسیژن در آن کمتر از ۱۳۲ تور باشد را به عنوان محیطی که کمبود اکسیژن دارد، در نظر گرفته است. وجود حداقل ۱۹/۵ درصد اکسیژن در سطح دریا (فشار جزئی ۱۴۸ تور، هوای خشک) برای اغلب اعمال کاری، یک حاشیه ایمنی مناسب (مقدار کافی از اکسیژن) را فراهم می‌آورد. به

1 Minimal Oxygen Content

2 kinetic

هرحال، با افزایش ارتفاع و بخار آب و کم شدن فشار هوا، این حاشیه ایمن به طور معناداری کاهش پیدا می کند، 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 می رود 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 و-۱ نشان داده شده است. هیچ گونه اثرات فیزیولوژیک به واسطه نقصان اکسیژن در افراد بزرگسال و سالم در فشار جزئی اکسیژن بیشتر از ۱۳۲ تور یا در ارتفاع کمتر از ۵۰۰۰ فوت انتظار نمی رود.

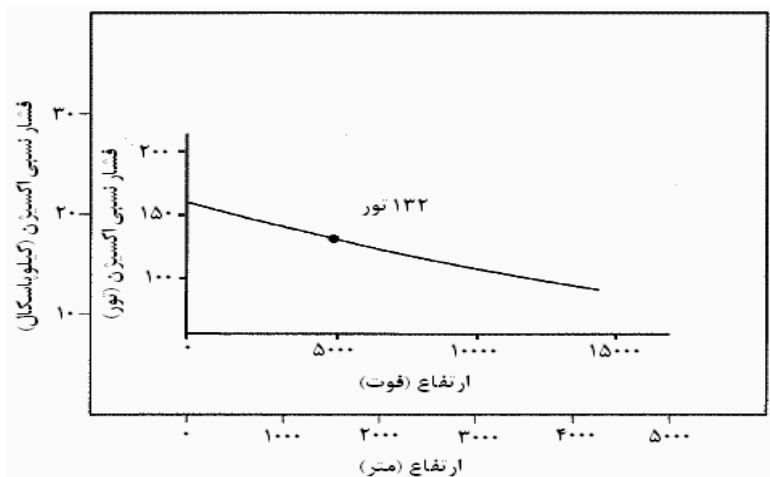
برخی ضایعات تطابق با تاریکی در ارتفاعات بیش از ۵۰۰۰ فوت گزارش شده است. در فشار جزئی اکسیژن کمتر از ۱۲۰ تور (معادل ارتفاع حدود ۷۰۰۰ فوت یا ۵۰۰۰ فوت که برای بخار آب و عبور وقایع آب و هوایی کم فشار در نظر گرفته می شود) علائم در کارگران تطابق نیافته شامل افزایش تهویه ریوی و بازده قلبی، عدم هماهنگی و از دست 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 و-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 و-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 شناسایی منشا انتشارشان 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 در نظر گرفته شود که PO_2 اتمسفر ممکن است کمتر از ۱۲۰ تور باشد.



شکل و-۱ نمودار فشار نسبی اکسیژن (PO_2) (بر حسب تور و کیلو پاسکال) با افزایش ارتفاع (بر حسب فوت و متر)، که فشار جزئی اکسیژن پیشنهادی ۱۳۲ تور را نشان می دهد.

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

تأثیر فیزیولوژیک مقادیر PO_2	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا ^۲ (درصد)	PO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن ^۲ (کیلو پاسکال)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک ^۱ (کیلو پاسکال)	ارتفاع فوت (متر)
-	۲۰/۹	۱۵۹ (۲۱/۲)	۷۶۰ (۱۰/۱)	۰ (۰)
-	۲۰/۱	۱۵۳ (۲۰/۴)	۷۳۱ (۹۷/۴)	(۳۰۵) ۱۰۰۰
-	۱۹/۳	۱۴۷ (۱۹/۶)	۷۰۴ (۹۳/۸)	(۶۱۰) ۲۰۰۰
-	۱۸/۷	۱۴۲ (۱۸/۹)	۶۷۷ (۹۰/۳)	(۹۱۴) ۳۰۰۰
-	۱۸	۱۳۷ (۱۸/۳)	۶۵۲ (۸۶/۹)	(۱۲۱۹) ۴۰۰۰
هیچ اثری در بزرگ سالان سالم ندارد.	۱۷/۲	۱۳۱ (۱۷/۵)	۶۲۷ (۸۳/۶)	(۱۵۲۴) ۵۰۰۰
از دست دادن سازگاری با تاریکی می تواند در ارتفاعات بالای ۵۰۰۰ فوت اتفاق افتد.	۱۶/۶	۱۲۶ (۱۶/۸)	۶۰۳ (۸۰/۴)	(۱۸۲۹) ۶۰۰۰

تأثیر فیزیولوژیک مقادیر PO_2 ^۴	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریای ^۳ (درصد)	PO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن ^۲ (کیلو پاسکال)	فشار بارومتريک تور، هوای خشک ^۱ (کیلو پاسکال)	ارتفاع فوت (متر)
افزایش تهویه ریوی و برون ده قلبی، عدم تعادل، افت دقت و قدرت تفکر	۱۶	۱۲۱ (۱۶/۱)	۵۸۰ (۷۷/۳)	(۲۱۳۴) ۷۰۰۰
قرار گرفتن سریع در ارتفاع بالاتر از ۸۰۰۰ فوت ممکن است باعث بیماری ارتفاع بالا (آلکالوز تنفسی، سردرد، تهوع و استفراغ) در افراد تطابق نیافته شود. صعود سریع ریسک ادم ریوی و مغزی در ارتفاع بالا را افزایش می دهد.	۱۵/۴	۱۱۷ (۱۵/۶)	۵۵۹ (۷۴/۵)	(۲۴۳۸) ۸۰۰۰
-	۱۴/۷	۱۱۲ (۱۴/۹)	۵۳۷ (۷۱/۶)	(۲۷۴۳) ۹۰۰۰
-	۱۴/۲	۱۰۸ (۱۴/۴)	۵۱۷ (۶۸/۹)	(۳۰۴۸) ۱۰۰۰۰

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتريک تور، هوای خشک ^۱ (کیلو پاسکال)	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
۱۱۰۰۰ (۳۳۵۳)	۴۹۸ (۶۶/۴)	۱۰۴ (۱۳/۹)	۱۳/۷	خستگی غیرنرمال در اعمال نیرو، عدم تعادل، قضاوت ضعیف، آشفتگی عصبی
۱۲۰۰۰ (۳۶۵۸)	۴۷۹ (۶۳/۸)	۱۰۰ (۱۳/۳)	۱۳/۲	-
۱۳۰۰۰ (۳۹۶۲)	۴۶۱ (۶۱/۵)	۹۸ (۱۲/۹)	۱۲/۸	-
۱۴۰۰۰ (۴۲۶۷)	۴۴۳ (۵۹/۱)	۹۳ (۱۲/۴)	۱۲/۲	نارسایی در تنفس، قضاوت و هماهنگی خیلی ضعیف، بینایی ضعیف

$$P_{re:Sealevel} = 760 \times e^{-(altitude \text{ in } ft / 25970)}$$

۱- از این رابطه محاسبه می‌گردد:

$$PO_2 = 0.20948 \times 760 \times e^{-(altitude \text{ in } ft / 25970)}$$

۲- از این رابطه محاسبه می‌گردد:

$$P_{\%O_2} = 20.948 \times 760 \times e^{-(altitude \text{ in } ft / 25970)}$$

۳- از این رابطه محاسبه می‌گردد:

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 ن: موادی که اسناد و TLV های آنها به دلایل مختلف از جمله ناکافی بودن اطلاعات، داده‌ها، گروه بندی مجدد، و غیره حذف شده اند. (داده‌های انفرادی برای یک دوره ۱۰ ساله باقی خواهند ماند که از سال حذف شروع می شود)

نام ماده	سال حذف	علت
استیلین [۲-۸۶-۷۴]	۲۰۱۵	ضمیمه و را مشاهده کنید: حداقل محتوای اکسیژن
آرگون [۱-۳۷-۷۴۴۰]	۲۰۱۴	ضمیمه و را مشاهده کنید: حداقل محتوای اکسیژن
ان- بوتیل استات [۴-۸۶-۱۲۳]	۲۰۱۶	تمام ایزومرهای بوتیل استات را مشاهده کنید
بوتیل استات نوع دوم [۴-۴۶-۱۰۵]	۲۰۱۶	تمام ایزومرهای بوتیل استات را مشاهده کنید
بوتیل استات نوع سوم [۵-۸۸-۵۴۰]	۲۰۱۶	تمام ایزومرهای بوتیل استات را مشاهده کنید
کرومات حاصل از فرآوری سنگ معدنی کرومیت	۲۰۱۸	کروم و ترکیبات معدنی آن را مشاهده کنید
کلراید کرومیل [۸-۶۱-۱۴۹۷۷]	۲۰۱۸	کروم و ترکیبات معدنی آن را مشاهده کنید
سیکلوپنتادین [۷-۹۲-۵۴۲]	۲۰۱۹	دی سیکلوپنتادین شامل سیکلوپنتادین را مشاهده کنید
اتیل سیانو آکریلات [۰-۸۵-۷۰۸۵]	۲۰۱۸	سیانو آکریلات، اتیل و متیل را مشاهده کنید
هلیم [۷-۵۹-۷۴۴۰]	۲۰۱۴	ضمیمه و را مشاهده کنید: حداقل محتوای اکسیژن
هیدروژن [۰-۷۴-۱۳۳۳]	۲۰۱۴	ضمیمه و را مشاهده کنید: حداقل محتوای اکسیژن
استات ایزوبوتیل [۰-۱۹-۱۱۰]	۲۰۱۶	تمام ایزومرهای استات بوتیل را مشاهده کنید
استات ایزوپروپیل [۴-۲۱-۱۰۸]	۲۰۱۸	ایزومرهای استات پروپیل را مشاهده کنید
متیل ۲-سیانو آکریلات [۳-۰۵-۱۳۷]	۲۰۱۸	سیانو آکریلات، اتیل و متیل را مشاهده کنید

ادامه ضمیمه ن: موادی که اسناد و TLV های آنها به دلایل مختلف از جمله ناکافی بودن اطلاعات، داده‌ها، گروه بندی مجدد، و غیره حذف شده اند. (داده‌های انفرادی برای یک دوره ۱۰ ساله باقی خواهند ماند که از سال حذف شروع می شود)

نام ماده	سال حذف	علت
نتون [۷۴۴۰-۰۱-۹]	۲۰۱۴	ضمیمه و را مشاهده کنید: حداقل محتوای اکسیژن
نیتروژن [۷۷۲۷-۳۷-۹]	۲۰۱۴	ضمیمه و را مشاهده کنید: حداقل محتوای اکسیژن
نونان [۱۱۱-۸۴-۲]، تمام ایزومرها	۲۰۱۲	نونان را مشاهده کنید
ان- استات پروپیل [۱۰۹-۶۰-۴]	۲۰۱۸	ایزومرهای استات پروپیل را مشاهده کنید
آلاینده های حاصل از تجزیه حرارتی روزین در زمان لحیم کاری (کولوفونی) [۸۰۵۰-۰۹-۷]	۲۰۲۱	اسیدهای رزین را مشاهده کنید

ضمیمه ی: روش محاسبه دوطرفه برای مخلوط‌های بخار حلال هیدروکربنی تصفیه شده معین^۱

فرآیند 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 ویژه شان تولید می‌شوند. این مخلوط می‌تواند شامل ۲۰۰ ترکیب بوده و دربردارنده هیدروکربن‌های آلیفاتیک (آلکان‌ها)، سیکلوآلیفاتیک (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 OEL تعیین می‌شود که شواهد زیادی در مورد آن‌ها وجود داشته باشد. 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 نمی‌شود بلکه یک OEL راهنما به عنوان مثال، (GGV mixture) بر اساس ترکیب یک مخلوط پیچیده خاص محاسبه می‌کند.

دو جنبه RCP عبارت‌اند از: متدولوژی و مقادیر راهنمای گروهی^۲ (GGVS). فرمول RCP یک OEL مشخص را بر اساس نسبت جرم مخلوط، GGVS و در جایی که کاربرد داشته باشد OEL ماده خالص، محاسبه می‌کند.

مقادیر راهنمای گروهی بر اساس ملاحظات شیمیایی و سم شناسی مشابه دسته بندی شده‌اند. دو نمونه از GGVS منتشر شده در جدول (ی-۱) نشان داده شده است به نحوی که، GGVS از ستون B یا C و OEL از ستون D به دست می‌آید.

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

2 Group Guidance Values

جدول ی-۱ مقادیر راهنمای گروهی

D ACGIH Unique TLVs و ترکیبات با اثرات بحرانی متفاوت ^۱	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) نروپاتی محیطی ان-هگزان	۱۸۰۰	۱۵۰۰	آلکان های C5 تا C6
هپتان، همه ایزومرها (۱۶۴۰) اکتان، همه ایزومرها (۱۴۰۱)	۱۲۰۰	۱۵۰۰	آلکان های C7 تا C8
سیکلوپنتان (۱۷۲۰) سیکلو هگزان (۳۵۰)	۱۸۰۰	۱۵۰۰	سیکلو آلکان های C5 تا C6
زایلن، همه ایزومرها (۴۳۴) اتیل بنزن (۴۳۴) مشکلات بصری و تولید مثلی	۵۰۰	۲۰۰	آروماتیکهای C7 تا C8
ان-نونان	۱۲۰۰	۱۲۰۰	آلکان های C9 تا C15
	۸۰۰	۱۲۰۰	سیکلو آلکان های C15 تا C9
تری متیل بنزن، ایزومرها (۱۲۳) کومن اثرات خونی نفتالین، آسیب ریوی متیل نفتالین، آسیب کبدی ایندن	۵۰۰	۱۰۰	آروماتیکهای C9 تا C15

۱ به محدودیت شماره ۲ رجوع کنید. این ترکیبات دارای اثرات حیاتی (مبنای TLV) فراتر از موارد مورد استفاده برای مخلوط RCP هستند. آن‌ها همچنین معمولاً به طور قابل توجهی کمتر از GGV توصیه شده برای گروه هیدروکربنی هستند. با این وجود در مخلوط به مقدار قابل توجهی وجود دارند. ترکیبات آن‌ها باید به صورت جداگانه شناسایی و نظارت شوند تا اطمینان حاصل شود که از حد مجازشان فراتر نروند.

ACGIH این روش را برای مخلوط‌هایی که اثرات سمی افزایشی دارند (اثر سم‌شناسی مشابه بر روی یک ارگان یا سیستم هدف)، به کار می‌برد. اثرات سم‌شناسی اصلی حلال‌های 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 آن گروه از حلال‌های هیدروکربنی به کار می‌رود که شامل آلفاتیکیک‌های اشباع‌شده (نرمال، ایزو آلکان‌ها و سیکلو آلکان‌ها) و آروماتیکیک‌ها با تعداد کربن C5-C15 هستند که از مواد نفتی به دست می‌آیند و دارای نقطه جوش $329-350^\circ\text{C}$ می‌باشند. برای مواد نفتی مشتق از سوخت‌ها، روغن‌های روان‌کننده یا مخلوط حلال‌ها به کار نمی‌رود. همچنین برای هیدروکربن‌هایی که سمیت آن‌ها به طور 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 کرد. هنگامی که مخلوط شامل مقدار مشخصی از یک ماده است که یک OEL دارد یا در مواردی که استفاده از OEL باعث کمتر شدن GGV-TWAmixture شود، همان مقادیر مشخص OEL باید در RCP وارد شود (ستون D جدول ی-۱). هنگامی که مخلوط به‌تنهایی یک OEL مشخص دارد، برای آن مقدار از روش‌های این ضمیمه استفاده نمی‌شود.

مواجهات حد مجاز سقفی که بیشتر از GGV-TWAmixture محاسبه شده می‌باشد باید از طریق روش‌های ارائه شده در مقدمه OEL مدیریت گردد. رابطه محاسبه دوطرفه مخلوط عبارت است از:

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

GGV_{mixture}: OEL-TWA محاسبه شده برای مخلوط

GGV_a: مقدار راهنما (یا OEL) برای گروه (یا ماده)

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

GGV_n: مقدار راهنما (یا OEL) برای n تعداد گروه (یا ماده)

F_n: کسر جرم مایع n 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 محاسبه شده باید به نزدیک‌ترین عدد گرد شود. برای گزارش مقادیر محاسبه شده زیر ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه شده بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۵۰ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه شده بیش از ۶۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند.

محدودیت‌ها

برای محاسبه فرمول، باید در ترکیب مخلوط، جزئیات درصد جرم گروه‌های جدولی-۱ مشخص باشد.

این فرمول برای حلال‌هایی که شامل بنزن یا ان-هگزان یا متیل نفتالین که OEL آن‌ها کمتر از GGV است و خواص سم‌شناسی مشخصی دارند، به کار نمی‌رود. در صورت حضور هریک از این مواد در مخلوط، این مواد باید به تنهایی با استفاده از روش ضمیمه اندازه‌گیری و ارزیابی شوند.

استفاده از GGV/RMF برای مخلوط‌هایی که شناخته شده هستند و اجزای آن دارای فعل و انفعالات سمی مشخصی هستند که در سطح یا کمتر از GGV ظاهر می‌شوند، می‌بایست ملاحظات بیشتری انجام داد.

استفاده از فرمول متقابل باید محدود به کاربردهایی باشد که در آن نقطه جوش حلال‌ها در مخلوط نسبتاً کم است. به عبارتی در محدوده کمتر از ۴۵ درجه سانتیگراد باشد (یعنی فشار بخار تقریباً یک برابر). این روش نباید برای موقعیت‌هایی که ترکیب مایع از ترکیب بخار متفاوت است، به کار رود. در

غیر این صورت در این فرمول F_n می‌تواند با کسر جرم بخار (درصد وزنی بخار) برای هر گروه در مخلوط هیدروکربنی بر اساس غلظت‌های خاص هوابردهای اندازه‌گیری شده، جایگزین شود. مقادیر راهنمای گروهی فقط برای بخارات به کار می‌رود و برای میست‌ها یا آئروسول‌ها به کار نمی‌رود. روش GGV/RMF برای مخلوط اولفین‌ها یا دیگر ترکیبات غیراشباع یا هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک به کار نمی‌رود.

روش GGV/RMF برای بنزن به کار نمی‌رود. بنزن بطور معمول در فاز مایع حلال‌های هیدروکربنی تصفیه شده بالاتر از $0.01\% \text{ v/v}$ یافت نمی‌شود. اما در هر شرایطی بنزن باید بطور جداگانه ارزیابی گردد تا اطمینان حاصل شود غلظت هوابرد آن از حد مجاز مواجهه شغلی فراتر نرود.

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 C۷ - C۸، سیکلوآلکان‌ها
۱۲۰۰	٪۴۰	آلکان‌های C۹ - C۱۰، سیکلوآلکان‌ها
۲۰۰	٪۹	آروماتیک‌های C۷ - C۸
۷۵	٪۶	تولوئن

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

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

تولوئن (بخشی از آروماتیک C7,8) از زمانی که نتایج متفاوت در $GGV_{mixture}$ ایجاد کرده است، به عنوان OEL به جای GGV افزوده شده است.

منابع:

- 1- Silverthorn DE. Human physiology: an integrated approach. 2nd ed. 2001; Hoboken (NJ): Prentice-Hall.
- 2- Guyton AC. Textbook of medical physiology. 8th ed. 1991; Philadelphia (PA): WB Saunders.
- 3- US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). A guide to industrial respiratory protection. DHEW (NIOSH) Pub No 76-198. 1976; Cincinnati (OH): NIOSH.
- 4- US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Working in confined spaces. DHHS (NIOSH) Pub No 80-106. 1979; Cincinnati (OH): NIOSH.
- 5- US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): NIOSH Respirator Decision Logic. DHHS Pub No 87-108. 1987; Cincinnati (OH): NIOSH.
- 6- McManus N. Safety and health in confined spaces. 1999; Boca Raton (FL): Lewis Publishers.
- 7- Farmer TH. Occupational hygiene limits for hydrocarbon solvents. Ann Occup Hyg .1995; 40:237-242
- 8- UK Health and Safety Executive (HSE). Occupational exposure limits. EH40/2000.2000; Buxton (GB): HSE.
- 9- McKee RH, Medeiros AM, Daughtrey WC. A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. J Occ Env Hyg. 2005; 2:524-542.
- 10- European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC). Occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Special Report No 13. Brussels (BE): ECETOC; 1997.
- 11- Hollins DM, Kerger BD, Unice KM, et al. Airborne benzene exposures from cleaning metal surfaces with small volumes of petroleum solvents. Int J Hyg Environ Health. 2013; 216(3):324-332.

بخش دوم: حدود مجاز شاخص‌های زیستی مواجهه^۱

مقدمه

پایش زیستی^۲ (BM)

پایش زیستی (BM) با اندازه‌گیری غلظت یک ماده شیمیایی یا متابولیت (های) آن در ماتریکس‌های زیستی، امکان ارزیابی مواجهه و ریسک بهداشتی کارگران با مواد شیمیایی موجود در محیط کار را فراهم می‌کند. پایش زیستی از طریق اندازه‌گیری نشانگرهای^۳ مناسب در نمونه‌های زیستی (ادرار، خون و هوای بازدم)، در زمان‌های مشخص انجام می‌شود. BM مکملی جهت ارزیابی مواجهه از طریق نمونه‌برداری هوا بوده و با شناخت به موقع اثرات برگشت‌پذیر، نقش مهمی در کاهش ریسک‌های موثر بر سلامت کارگران دارد. انجام برنامه‌های BM که مستلزم به‌کارگیری یک سازوکار اصولی و منظم مبتنی بر مقررات، طی یک دوره زمانی طولانی است، متخصصین بهداشت حرفه‌ای را در انجام امور زیر یاری می‌کند:

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

شاخص زیستی مواجهه (BEI) عموماً معرف غلظتی است که در کمتر از آن، کارگران نباید اثرات نامطلوب بر سلامتی را تجربه کنند. عوامل قابل اندازه‌گیری که به عنوان BEI پیشنهاد شده می‌تواند خود ماده شیمیایی، یک یا چند متابولیت یا یک تغییر بیوشیمیایی مشخص و برگشت‌پذیر ناشی از ماده شیمیایی باشد. هرچند BEI جهت سنجش اثرات زیان‌آور یا تشخیص بیماری‌ها توصیه نشده، اما

1 Biological Exposure Indices
2 Biological Monitoring
3 Biomarkers
4 Body burden

متخصصین بهداشت حرفه‌ای را جهت شناسایی و تعیین مقدار مواد شیمیایی که علاوه بر استنشاق، از طریق پوست یا گوارش جذب شده‌اند، یاری می‌کند.

BEI معمولاً جهت طراحی، انجام و تفسیر BM در مواجهات شغلی استفاده می‌گردد. کاربرد این شاخص بستگی به میزان دانش و تجربه کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و مستندات موجود در خصوص حدود مجاز شغلی^۱ (OEL) و BEI دارد. برای اطلاع از زمان آخرین تغییرات و به‌روزرسانی انجام شده در خصوص هر ماده می‌توان مطابق با فهرست الفبایی به سال ذکر شده بعد از شماره CAS مربوط به آن ماده شیمیایی مراجعه کرد. BEI مقادیر راهنما برای ارزیابی نتایج BM بوده و نشان‌دهنده سطوحی از عوامل قابل اندازه‌گیری در نمونه‌های زیستی جمع‌آوری شده از کارگران سالمی می‌باشد که در محیط کار خود از طریق استنشاق با سطوحی از مواد شیمیایی در محدوده میانگین وزنی-زمانی^۲ حدود مجاز شغلی (TWA-OEL) مواجهه دارند. همچنین، مقادیر BEI برخی از مواد شیمیایی، از مقادیر OEL مبتنی بر اثرات غیرسیستمیک (مانند سوزش یا اختلال تنفسی) تعیین می‌گردد که در این گونه موارد، BM به دلیل جذب بالقوه قابل توجه از طریق راه ورودی اضافی (معمولاً پوست) حائز اهمیت است. در برخی از موارد، BEI اثر آلاینده‌ها بر سلامتی را بهتر از سطوح هوا پیش‌بینی می‌کنند. قابل ذکر است که برخی از BEIs بر اساس مواجهه جمعیت‌های عمومی با سطوح زیست محیطی آلاینده‌ها تعیین می‌شوند.

ارتباط BEI با OEL

BEI معرف جذب بالقوه یک ماده شیمیایی توسط فرد از همه راه‌های مواجهه می‌باشد. در برخی موارد، BEI پیشنهاد شده با مقادیر OEL به عنوان یک سطح "ایمن" بدون اثرات بهداشتی گزارش شده مطابقت دارد. درحالی‌که در موارد دیگر، می‌تواند نشان‌دهنده ۵٪ بالاترین سطوح مشاهده شده در جمعیت‌های عمومی باشد. علاوه بر این، برخی از BEIs بدون مقدار عددی بوده و فقط تخمین‌های کیفی از میزان مواجهه ارائه می‌دهند. این BEIs برای تایید مواجهه با یک ماده شیمیایی خاص کاربرد دارد. اساس تعیین BEI در مستندات ارائه شده است. اغلب BEI با OEL ارتباط مستقیم داشته و

1 Occupational Exposure Limit

2 Time Weighted Average

هنگامی که غلظت مواد شیمیایی هوا بر د در محدوده OEL باشد، سطوح BEI قابل پیش بینی خواهد بود. در حالی که مقادیر برخی از BEIs مانند سرب از OEL به دست نیامده و با میزان پیشرفت اثرات سوء بر سلامت ارتباط دارد.

پایش هوا به منظور تعیین OEL، نشان دهنده مواجهه استنشاقی بالقوه فردی یا گروهی بوده، در حالی که BEI، معرف جذب ماده شیمیایی توسط فرد است. از این رو ممکن است بین اطلاعات به دست آمده از نتایج نمونه برداری هوا و BM تناقض مشاهده شده و دُز داخلی برای افراد در یک گروه کاری به دلایل مختلف متفاوت باشد که برخی از آن‌ها در زیر نشان داده شده است. برای درک اهمیت هر یک از این عوامل، می توان به مستندات OEL و BEI مراجعه نمود.

- احتمال وجود مواجهه از مسیرهای دیگر علاوه بر استنشاق (معمولاً پوست)، اغلب باعث عدم هماهنگی بین نمونه برداری هوا و BM می گردد. این موضوع خود دلیلی بر ضرورت انجام BM 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 هم زمان با انواع مواد شیمیایی و سایر عادات شغلی
- برنامه زمانی نمونه برداری^۱: رعایت دقیق برنامه زمانی به علت متفاوت بودن فرآیندهای توزیع، دفع و تغییرات بیوشیمیایی حاصل از مواجهه با مواد شیمیایی و توصیه جهت استفاده از BEI تنها در صورت رعایت برنامه زمانی توصیه شده است.
- فاکتورهای روش کار شامل: آلودگی ثانویه نمونه، تخریب نمونه هنگام جمع آوری، نگهداری و تجزیه، و خطا و اشتباه در انتخاب روش تجزیه

- موقعیت قرارگیری وسیله پایش هوا نسبت به منطقه تنفسی کارگر
- فاکتورهای مواجهه غیر شغلی مانند: آلاینده‌های خانگی^۱ و محیطی، آلودگی آب و غذا، بهداشت فردی، استعمال دخانیات، مصرف دارو و الکل، مواجهه با بعضی مواد شیمیایی که مصرف خانگی دارند، مواجهه با مواد شیمیایی مربوط به تفریح و سرگرمی یا موجود در سایر محیط‌های کاری
- توزیع اندازه ذرات و فراهم زیستی^۲
- میزان اثربخشی وسایل حفاظت فردی

جمع‌آوری نمونه

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

زمان نمونه‌برداری توصیه شده:

۱. قبل از شروع نوبت کاری^۳: ۱۶ ساعت بعد از خاتمه مواجهه و قبل از شروع هرگونه مواجهه در روز نمونه‌برداری
۲. قبل از آخرین نوبت کاری^۴: قبل از آخرین نوبت کاری یک هفته کاری
۳. افزایش در طول نوبت کاری^۵: نیاز به جمع‌آوری نمونه قبل و بعد از نوبت کاری
۴. در طی نوبت کاری^۶: در هر زمان پس از ۲ ساعت مواجهه
۵. پایان نوبت کاری^۷: در اسرع وقت پس از خاتمه مواجهه

1 Household

2 Bioavailability

3 Prior to shift

4 Prior to last shift

5 Increase during shift

6 During shift

7 End of shift

۶. پایان هفته کاری^۱: پس از ۴ یا ۵ روز کاری با مواجهه مداوم

۷. اختیاری/غیر بحرانی^۲: در هر زمان دلخواه در طول نوبت کاری

*مقایسه سطوح نشانگرهایی که نیمه عمر طولانی دارند با BEI مستلزم رسیدن غلظت آنها شرایط پایدار^۳ است که ممکن است هفته‌ها، ماه‌ها یا سال‌ها پس از شروع کار یک کارگر طول بکشد. بنابراین متخصصین بهداشت حرفه‌ای باید به افزایش سطوح این نشانگرها در نمونه‌های متوالی گرفته شده در اوایل دوران مواجهه یک کارگر علی‌رغم کم‌تر بودن سطوح آنها از BEI، توجه کامل داشته باشند. زیرا این وضعیت می‌تواند ناشی از توسعه بیش از حد مواجهه باشد.

مقبولیت^۴ نمونه ادرار

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

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

نمونه‌های خارج از مقادیر فوق بایستی دور ریخته شده و نمونه‌های دیگری جمع‌آوری گردد. از کارگرانی که به‌طور متوالی نمونه ادرار 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 کرد. در سایر موارد که اصلاح توصیه نشده باشد، BEI به‌صورت غلظت در ادرار گزارش می‌گردد.

1 End of the workweek

2 Discretionary/not critica

3 Stady state

4 Acceptability

نمادهای ملاحظات

"B" (زمینه^۱): در مواقعی کاربرد دارد که نشانگر موردنظر به میزانی که بر تفسیر نتیجه تاثیر گذار باشد، در نمونه‌های زیستی جمع آوری شده از افرادی که مواجهه شغلی ندارند نیز یافت شود. نماد "B" زمانی به یک نشانگر اختصاص داده می‌شود که مقادیر صدک ۹۵ مشاهده شده در یک نمونه تصادفی از مطالعات جمعیتی ملی، مانند نظرسنجی ملی بهداشت و تغذیه^۲ NHANE، از BEI مربوطه ۲۰٪ بیش تر باشد. هنگامی که داده‌های عمومی جمعیت برای انجام این ارزیابی در دسترس نباشد، کمیته BEI ممکن است اختصاص نماد "B" را بر اساس تفسیر خود از داده‌های موجود در متون علمی انجام دهد. در این گونه موارد، دلیل این نمادگذاری در مستندات مربوط به شاخص مربوطه ارائه شده است. غلظت‌های زمینه در مقادیر پیشنهادی BEI لحاظ شده است.

"Nq" (غیر کمی): بر مبنای مطالعه متون علمی موجود، لازم است برای این ترکیب نیز BM منظور شود. با این حال، به دلیل عدم وجود داده‌های کافی، در حال حاضر تعیین BEI اختصاصی مقدور نمی‌باشد.

"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): هرچند این نشانگرها به عنوان BEI کاربرد دارند، اما اندازه‌گیری آن‌ها از نظر کمی به دقت، قابل تفسیر نیست. لذا در مواقعی که انجام آزمایش کمی مقدور نباشد یا آزمایش کمی اختصاصی نبوده و اصل نشانگر مورد سؤال باشد، جهت آزمایش غربال‌گری و اثبات تشخیص، می‌توان از این شاخص‌ها استفاده نمود.

1 background

2 National Health and Nutrition Examination Survey

"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 یا از طریق بررسی متون علمی مربوط به جمعیت، از مواجهات غیر شغلی برآورد نمود. مقادیر "Pop" سلامت‌محور نبوده و هدف از آن ارائه یک راهنما برای متخصصین بهداشت حرفه‌ای در مواجهات شغلی است که در محیط‌های عمومی کاربردی ندارد. بنابراین، مقادیر اندازه‌گیری شده در سطوح "Pop" و بالاتر از آن به احتمال زیاد گویای مواجهه شغلی است.

ضمانت کیفی^۱

BM 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^۲ شامل انواع نمونه شاهد^۳ و نمونه‌های حاوی استاندارد افزوده^۴ تهیه و به آزمایشگاه ارسال نمایند. این چالش‌ها، متخصصین بهداشت حرفه‌ای را قادر می‌سازد تا با پردازش و تجزیه و تحلیل نتایج، از برآورد واقعی میزان مواجهه اطمینان حاصل کنند.

1 Quality Assurance

2 Blind

3 Blank

4 Spike

کاربرد BEIs

این شاخص‌ها 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 زیستی، معمولاً نتایج به‌دست‌آمده از یک نمونه واحد نمی‌تواند ملاک تصمیم‌گیری قرار گیرد و اقدامات اجرائی بایستی مبتنی بر جمع‌آوری نمونه‌های متعدد یا تجزیه مکرر یک نمونه باشد. با این وجود، چنانچه در برخی مواقع دلیل قانع‌کننده‌ای مبنی بر امکان رخ دادن مواجهه قابل توجهی وجود داشته باشد، تنها می‌توان با تجزیه یک نمونه حاوی غلظت بالای آلاینده، از ادامه مواجهه کارگر ممانعت کرد. هر چند، مشاهده مقادیر کم‌تر از BEI نیز، لزوماً گویای عدم وجود ریسک مؤثر بر سلامتی نمی‌باشد.

BEI 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 BEI توصیه نمی‌کند. مقادیر BEI نه خط مرزی بین سلامت و غلظت‌های خطرناک بوده و نه شاخص سمیت محسوب گردیده و بایستی توسط متخصصین بهداشت حرفه‌ای استفاده گردد. از آنجایی که هنگام تصویب BEI از اطلاعات توکسیکوکینتیک^۱ و توکسیکودینامیک^۲ نیز بهره گرفته

1 Toxicokinetic

2 Toxicodynamic

شده است، اطلاع از متابولیسم، توزیع، تجمع، دفع و اثرات مواد شیمیایی، در استفاده مؤثر از BEI مفید است.

BEI صرفاً یک راهنما جهت کنترل خطرات بهداشتی بالقوه در کارگر توصیه شده و نباید برای اهداف دیگر استفاده شود. مقادیر BEI نه تنها شاخصی از سمیت ترکیب نیست، بلکه قادر به تمایز حد فاصل بین غلظت‌های ایمن و خطرناک نیز نمی‌باشد. همچنین، جهت استفاده در جمعیت‌های عمومی و مواجهات غیر شغلی نیز مناسب نیست.

تذکر: بایستی به این موضوع توجه کرد که قبل از طراحی پروتکل‌های BM و تفسیر BEI، مراجعه به مستندات BEI امری ضروری است. علاوه بر این، در هر یک از این مستندات، مسیری که جهت تدوین هر یک از BEIs انجام گرفته ارائه شده است.

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱	استن Acetone [67-64-1] (2014)	استن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۵ mg/L	غیراختصاصی
۲	آکریلامید Acrylamide [79-06-1] (2022)	ان- (۲- کاربامویل اتیل) والین (CbEV) در خون	اختیاری	۵۰۰ pmol/g هموگلوبین*	زمینه
		اس- (۲- کاربامویل اتیل) مرکاپتوریک اسید (AAMA) در ادرار	انتهای نوبت کاری	۸۰۰ µg/g کراتینین	زمینه
*بعد از ۱۲۰ روز مواجهه شغلی با آکریلامید					
۳	آنیلین Aniline [62-53-3] (2020)	آنیلین در ادرار*	انتهای نوبت کاری	۰/۵mg/L	---
۴	آرسنیک* (و ترکیبات غیر آلی محلول*) *به استثنای ارسنید گالیم و آرسین) Arsenic (and soluble inorganic compounds)*[7440-38-2] (2023)*Excludes gallium arsenide and arsine	آرسنیک غیر آلی به‌علاوه متابولیت‌های متیله در ادرار	انتهای نوبت کاری انتهای هفته کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	مبتنی بر جمعیت

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵	بنزن Benzene [71-43-2] (1999)	اس- فنیل مرکاپتوریک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۲۵ µg/g	زمینه
		ترانس- ترانس موکونیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۵۰۰ µg/g	زمینه
۶	۱ و ۳ بوتادی ان 1,3-Butadiene [106-99-0] (2005)	۱ و ۲ دی هیدروکسی-۴-ان- (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
۷	۲- بوتوکسی اتانول 2-Butoxyethanol [111-76-2] (2006)	* بوتوکسی استیک اسید (BAA) در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۰۰ mg/g کراتینین	---
۸	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

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۹	دی سولفید کربن Carbon disulfide [75-15-0] (2008)	۲-تیواکسوتیازولیدین-۴-کربوکسیلیک اسید (TTCA) در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۵ mg/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی
۱۰	مونوکسید کربن Carbon monoxide [630-08-0] (2015)	کربوکسی هموگلوبین در خون	انتهای نوبت کاری	۳/۵٪ هموگلوبین	زمینه و غیراختصاصی
		مونوکسید کربن در هوای بازدم	انتهای نوبت کاری	۲۰ppm	زمینه و غیراختصاصی
۱۱	کلروبنزن Chlorobenzene [108-90-7] (2006)	۴-کلروکاتکول در ادرار *	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۱۰۰ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
		پاراکلروفنل در ادرار *	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۲۰ mg/g کراتینین	غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱۲	آفت‌کش‌های مهارکننده استیل کولین استراز Cholinesterase-inhibiting pesticides (2017)	فعالیت کولین استرازی در گلبول‌های قرمز	انتهای نوبت کاری	** ۷۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیر اختصاصی
		فعالیت بوتیریل کولین استراز در سرم یا پلاسما	انتهای نوبت کاری	** ۶۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیر اختصاصی
<p>** با توجه به وجود اختلافات قابل ملاحظه در مقادیر فعالیت کولین استرازی 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 آنزیم 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.</p>					
۱۳	کروم Chromium [7440-47-3] (2020)	کروم کل در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۰٫۷ µg/L	مبتنی بر جمعیت

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱۴	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 کبالت تنگستن در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	-	غیر اختصاصی، غیر کمی
۱۵	سیکلو هگزان Cyclohexane [110-82-7] (2021)	۲ و ۱-سیکلو هگزان دی ال در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۵۰ mg/g کراتینین	غیر اختصاصی
۱۶	سیکلو هگزانول Cyclohexanol [108-93-0] (2003)	۲ و ۱-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

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱۷	سیکلو هگزانون Cyclohexanone [108-94-1] (2003)	۱ و ۲-سیکلو هگزانون 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
۱۸	دی کلرومتان Dichloromethane [75-09-2] (2004)	دی کلرومتان در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۳ mg/L	نیمه کمی
۱۹	دی (۲-اتیل هگزیل) فتالات* Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) [117-81-7] (2023)	مونو (۲-اتیل هگزیل) فتالات در ادرار *	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۵ µg/g	مبتنی بر جمعیت
		مونو (۲-اتیل-۵-هیدروکسی هگزیل) فتالات در ادرار *	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۲۰ µg/g	مبتنی بر جمعیت
		مونو (۲-اتیل-۵-اوکسو هگزیل) فتالات در ادرار *	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	مبتنی بر جمعیت
		مونو (۲-اتیل-۵-کربوکسی فنیل) فتالات در ادرار *	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۲۵ µg/g	مبتنی بر جمعیت
		مونو (۲-اتیل-۵-کربوکسی متیل هگزیل) فتالات در ادرار *	انتهای نوبت کاری	غیر قابل دسترسی	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۲۰	دی متیل استامید Dimethylacetamide [127-19-5] (2022)	ان- متیل استامید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	کراتینین ۳۰ mg/g	---
۲۱	دی متیل فورمامید Dimethylformamide [68-12-2] (2016)	ان- متیل فورمامید کل در ادرار**	انتهای نوبت کاری	۳۰ mg/L	---
		ان- استیل - اس - (ان- متیل کاربامویل) سیستئین در ادرار	ابتدای آخرین نوبت کاری هفته	۳۰ mg/L	---
**ان- متیل فورمامید کل به‌عنوان نماینده ای از مجموع ان- متیل فورمامید و ان- (هیدروکسی متیل) - ان- متیل فورمامید					
۲۲	۲- اتوکسی اتانول و ۲- اتوکسی اتیل استات 2-Ethoxyethanol (EGEE) [110-80-5] and 2-Ethoxyethyl acetate (EGEEA) [111-15-9] (2022)	۲- اتوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۴۰ mg/g کراتینین	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۲۳	ایتیل بنزن* Ethyl benzene [100-41-4] (2023)	مجموع ماندلیک اسید و فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱۵۰ mg/g کراتینین	غیر اختصاصی
۲۴	اکسید اتیلن Ethylene oxide [75-21-8] (2018)	ان-۲-هیدروکسی اتیل) والین (HEV) متصل شده به گلیول‌های قرمز	اختیاری	۵۰۰۰pmol HEV/g گلوبین**	غیر اختصاصی
		اس-۲-هیدروکسی اتیل) مرکاپتوریک اسید (HEMA) در ادرار	انتهای نوبت کاری	۵ µg HEMA /g کراتینین	غیر اختصاصی و مبتنی بر جمعیت
** برای کارگرانی اعمال می‌شود که در طی ۱۲۰ روز گذشته با اکسید اتیلن مواجهه داشته باشند.					
۲۵	ان-ایتیل-۲-پیرولیدین N-Ethyl-2-pyrrolidone [2687-91-4] (2018)	۵-هیدروکسی-ان-ایتیل-۲-پیرولیدون (5-HNEP) در ادرار**	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۲۶	فلوراید‌ها Fluorides (2011)	فلوراید در ادرار	ابتدای نوبت کاری	۲ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
			انتهای نوبت کاری	۳ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۲۷	فورفورال Furfural [98-01-1] (2022)	فورونیک اسید در ادرار *	انتهای نوبت کاری	۲۰۰ mg/L	غیراختصاصی
۲۸	هگزامتیلین دی ایزوسیانات Hexamethylene diisocyanate [822-06-0] (2014)	۶ و ۱۰ هگزامتیلین دی آمین در ادرار *	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	غیراختصاصی
۲۹	ان-هگزان n-Hexane [110-54-3] (2018)	۲ و ۵-هگزان دی ان در ادرار **	انتهای نوبت کاری	۰/۵ mg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۰	ایندیوم و ترکیبات غیرآلی ایندیوم شامل اکسید روی-ایندیوم و اکسید ایندیوم Indium [7440-74-6] and Indium inorganic compounds, including Indium tin oxide and Indium oxide (2021)	ایندیوم در سرم یا پلاسما	اختیاری	۱ µg/L	---
۳۱	سرب و ترکیبات غیر آلی Lead and Inorganic compounds [7439-92-1] (2016)	سرب در خون	اختیاری	۲۰۰ µg/L	---
تذکره: به افرادی که از این BEI استفاده می‌کنند، توصیه می‌شود به کارگران خانمی که در سن فرزندآوری هستند درخصوص ریسک به دنیا آوردن کودکان در حین مواجهه با سرب بیش از مقدار رفرنس ارائه‌شده توسط CDC مشاوره‌های لازم را ارائه دهند (CDC: دستورالعمل شناسایی و مدیریت مواجهه با سرب در زنان باردار و شیرده، ۲۰۱۰).					
۳۲	جیوه عنصری Mercury, elemental [7439-97-6] (2012)	جیوه در ادرار	ابتدای نوبت کاری	کراتینین ۲۰ µg/g	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۳	متانول Methanol [67-56-1] (2004)	متانول در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱۵ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۳۴	القاء کننده‌های متهموگلوبینی Methemoglobin inducers (2020)	مت هموگلوبین در خون	در طول یا انتهای نوبت کاری	۵٪ هموگلوبین	زمینه و غیراختصاصی
۳۵	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	---
۳۶	متیل کلروفرم Methyl chloroform [71-55-6] (2021)	متیل کلروفرم در هوای بازدم	قبل از شروع نوبت کاری در آخر هفته	۲۰ ppm	---
		متیل کلروفرم در ادرار	انتهای نوبت کاری	۷۰۰ µg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۷	۴ و ۴-متیلن بیس (۲-کلروآنیلین) 4,4'-Methylene bis(2-chloroaniline) (MBOCA) [101-14-4] (2012)	* MBOCA کل در ادرار	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی
۳۸	متیل اتیل کتون Methyl ethyl ketone [78-93-3] (2012)	متیل اتیل کتون در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲ mg/L	غیر اختصاصی
۳۹	متیل ایزوبوتیل کتون Methyl isobutyl ketone [108-10-1] (2009)	متیل ایزوبوتیل کتون در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱ mg/L	---
۴۰	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	---
۴۱	نفتالین Naphthalene [91-20-3] (2012)	* ۱ نفتول + * ۲ نفتول	انتهای نوبت کاری	-	غیر اختصاصی و نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۴۲	نیکل و ترکیبات غیر آلی Nickel [7440-02-0] and inorganic compounds (2021)	نیکل در ادرار بعد از مواجهه با نیکل فلزی و ترکیبات با حلالیت ناچیز	آخرین نوبت کاری در آخر هفته	۵ µg/L	زمینه
		نیکل در ادرار بعد از مواجهه با نیکل فلزی و ترکیبات محلول	آخرین نوبت کاری در آخر هفته	۳۰ µg/L	---
۴۳	نیتروبنزن Nitrobenzene [98-95-3] (2013)	متهموگلوبین در خون	مشاهده BEI القاء کننده های متهموگلوبینی	-	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۴۴	پاراتیون Parathion [56-38-2] (2019)	پاراتیتروفنل کل در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۵ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
		فعالیت کولین استراز در گلبول‌های قرمز**	انتهای نوبت کاری	۷۰٪: فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
<p>** 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 ۳ 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.</p>					
۴۵	پنتاکلروفنل Pentachlorophenol [87-86-5] (2013)	پنتاکلروفنل در ادرار*	قبل از آخرین نوبت کاری در هفته	-	غیر کمی
۴۶	فنل Phenol [108-95-2] (2005)	فنل در ادرار*	انتهای نوبت کاری	۲۵۰ mg/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۴۷	پلاتین † *	پلاتین در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۰۱ µg/L	مبتنی بر جمعیت
	* Platinum [7440-06-4] (2024)				
۴۸	هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای 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
** تنظیم‌شده با در نظر گرفتن نسبت پیرین به بنزو (a) پیرین برای کارگرانی که در مواجهه با مخلوط PAH می‌باشند.					
۴۹	۲- پروپانول	استون در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۴۰ mg/L	زمینه و غیر اختصاصی
	2-Propanol [67-63-0] (2005)				
۵۰	استیرن	ماندلیک اسید به‌علاوه فنیل گلی‌اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۱۵۰ mg/g کراتینین	غیر اختصاصی
		استیرن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۰ µg/L	---
	Styrene [100-42-5] (2022)				

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵۱	تتراکلرواتیلن Tetrachloroethylene [127-18-4] (2008)	تتراکلرواتیلن در هوای بازدم	قبل از شروع نوبت کاری	۳ ppm	---
		تتراکلرواتیلن در خون	قبل از شروع نوبت کاری	۰/۵ mg/L	---
۵۲	تتراهیدروفوران Tetrahydrofuran [109-99-9] (2006)	تتراهیدروفوران در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲ mg/L	---
۵۳	تولوئن Toluene [108-88-3] (2009)	تولوئن در خون	قبل از آخرین نوبت کاری در هفته	۰/۰۲ mg/L	---
		تولوئن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۰/۰۳ mg/L	---
		ارتوکروزول در ادرار *	انتهای نوبت کاری	۰/۳ mg/g کراتینین	زمینه

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵۴	۲ و ۴ یا ۲ و ۶- تولوئن دی‌ایزوسیانات یا مخلوطی از 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	غیر اختصاصی
۵۵	تری کلرواتیلن Trichloroethylene [79-01-6] (2007)	تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۱۵ mg/L	غیر اختصاصی
		تری کلرواتانول در خون**	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۰/۵ mg/L	غیر اختصاصی
		تری کلرواتیلن در خون	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
		تری کلرواتیلن در هوای بازدم	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
۵۶	اورانیوم Uranium [7440-61-1] (2009)	اورانیوم در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۰۰ µg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیایی	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
۵۷	زایلن‌ها (با گرید آزمایشگاهی یا تجاری*) Xylenes (technical or commercial grade) [95-47-6]; [106-42-3]; [108-38-3]; [1330-20-7] (2023)	متیل هیپوریک اسید در ادرار**	انتهای نوبت کاری	کراتینین g/g ۰/۳	---
<p>* همان‌طور که در بخش «خواص» ذکر شده، زایلن‌های با گرید تجاری یا آزمایشگاهی از مخلوطی از ایزومرها و مقادیر قابل توجهی اتیل بنزن تشکیل شده‌اند. از آن‌جا که اتیل بنزن به عنوان مهارکننده متابولیسم زایلن‌ها به اسیدهای متیل هیپوریک شناخته می‌شود، لذا BEI فقط برای گریدهای آزمایشگاهی یا تجاری زایلن‌ها اعمال می‌شود.</p> <p>** این شاخص معرف مخلوط ایزومرهای متیل هیپوریک اسید می‌باشد.</p>					
<p>*: با انجام هیدرولیز **: بدون انجام هیدرولیز \ddagger: بازنگری شده یا اضافه شده به لیست تغییرات تحت بررسی^۱ (NIC) * این تغییرات موارد زیر را شامل می‌گردد: پیشنهاد BEI برای اولین مرتبه، پیشنهاد تغییر برای یک شاخص تصویب شد، پیشنهاد حفظ شاخص در لیست NIC و پیشنهاد لغو مستندات و BEI پذیرفته شده. در هر یک از موارد فوق الذکر، پیشنهادها باید در طول دوره‌ای که در NIC هستند، به عنوان شاخص‌های آزمایشی در نظر گرفته شوند.</p>					

منابع:

- 1- ACGIH®: Bioaerosols: Assessment and Control. JM Macher, Ed; HM Ammann, HA Burge, DK Milton, and PR Morey, Asst. Eds. ACGIH®, Cincinnati, OH (1999).
- 2- ACGIH, Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2026.
- 3- European Agency for Safety and Health at Work, Exploratory Survey of OELs for Carcinogens, Mutagens and Reprotoxic Substances at EU Member States Level. 2007.
- 4- The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2010-2011), J Occup Health. 49(4): pp 308-24 (2010).
- 5- The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2008-2009) ,50(4):pp 426-43 (2008).
- 6- The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2006-2007). J Occup Health, 46(4): pp 290-306(2006).
- 7- 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
- 8- 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، روشنایی و شرایط جوی (شامل گرما و سرما) ارائه می‌گردد. 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 بیان‌کننده مرز قطعی سلامت و خطر نمی‌باشد. اعداد ذکر شده در این کتابچه تعیین‌کننده حد مجاز مواجهه شغلی با یک عامل فیزیکی به تنهایی است و در صورتی که فرد به طور همزمان با سایر عوامل فیزیکی یا حتی شیمیایی تشدیدکننده اثرات این عوامل مواجهه داشته باشد، یا شرایط ویژه آسیب‌پذیر جسمانی (مانند برخی بیماریهای مرتبط که با این عوامل تشدید می‌شوند یا بارداری پرخطر زنان) حد مجاز به حد مراقبت (اقدام) کاهش پیدا می‌کند و مسئولین ذیربط باید بررسی‌های متناسبی برای پیشگیری از اثرات توأم، تا اطمینان از حفظ سلامت شاغلین به عمل آورند.

به واسطه تنوع عوامل فیزیکی و گستره وسیع طول موج آنها، در اندازه‌گیری و ارزشیابی این عوامل از روش‌های علمی، فنون و وسایل اندازه‌گیری گوناگونی استفاده می‌شود. به همین دلیل کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی توسط افرادی که در زمینه روش‌های اندازه‌گیری و ارزشیابی آن آموزش و تجربه کافی کسب نموده باشند بسیار حائز اهمیت است، بدیهی است به دلیل پیچیدگی موضوع هنگام کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی بایستی رایج‌ترین 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، می‌تواند در افراد حساس سبب آزار، بدتر شدن شرایط موجود، یا گاه موجب اختلال یا صدمه فیزیولوژیک در آنها گردد. هم‌چنین برخی افراد در مواجهه همزمان با تعدادی از عوامل فیزیکی در محیط کار حساسیت بیش از حدی از خود نشان می‌دهند که این امر ناشی از عوامل متعددی از جمله زمینه ژنتیک فرد، سن، عادات فردی (مثلاً استعمال دخانیات، الکل یا سایر مواد مخدر) تحت درمان با دارو یا مواجهه‌های قبلی یا همزمان می‌باشد. در مواجهه با برخی عوامل فیزیکی این گروه از کارگران

را نمی‌توان از اثرات نامطلوب ناشی از مواجهه در حد مجاز مواجهه شغلی یا حتی کمتر از آن محافظت نمود. باید این گروه کارگران با استفاده از انجام فعالیتهای خود مراقبتی و 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 بین‌المللی، 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 مهندسين بهداشت حرفه‌ای تفسیر و به کار گرفته شود. حدود تعیین شده نباید در موارد زیر به کار رود:

- ارزشیابی یا کنترل کیفیت عوامل فیزیکی در خارج از محیط کار
- 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^۴ (OEL-TWA)
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 باید 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 سایر انواع مواجهه مقادیر حدود مجاز مطابق با ANSI - S1.11-1986(R2014) و IEC 61260:2014 در جدول ۱ ارایه شده است. برای این نوع مواجهه‌ها، در مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی بیان‌شده برای فراصوت و صدا (NOISE)، جهت پیشگیری از افت شنوایی ناشی از آن محدودیت زمانی تعیین شده است. در اینجا کاهش در مقادیر حدود مواجهه شغلی مزبور، متناسب با افزایش زمان مواجهه پیش‌بینی شده است که میزان این کاهش بستگی به میزان حد مجاز و معیار کاهش مورد نظر با افزایش زمان مواجهه داشته و به‌منظور حفاظت از شنوایی افراد است.

جدول ۱- مقادیر حدود مجاز مواجهه شغلی برای مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین

حد مواجهه شغلی (OEL)	تراز فشار صوت (SPL)
۱۴۵ dB	باند‌های فرکانسی یک‌سوم اکتاو باند وزن نیافته (از ۱ تا ۱۰۰ هرتز)
۱۵۰ dB	تراز کلی فشار صوتی وزن نیافته از ۱ تا ۱۰۰ هرتز

تکته: اصوات با دامنه فرکانس پایین در ناحیه قفسه سینه می‌تواند باعث ایجاد رزونانس (تشدید) شده که در حدود ۱۰۰-۵۰ 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 ایجاد شده برطرف شده و کارگر هیچ‌گونه شکایتی نداشته باشد، کاهش داده شود.

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.

فراصوت

حدود مجاز مواجهه شنلی ارائه شده در این بخش مندرج در جدول ۲ 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 شنلی تعیین شده در این مبحث، برای فرکانس‌های فراصوت 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 شنلی صدا و برابر ۸۵ دسی‌بل تعیین گردیده است. مقادیر سقف را می‌توان با استفاده از یک دستگاه سنجش تراز صوت (صداسنج)، که در حالت اندازه‌گیری "slow" و تجزیه باند اندازه‌گیری یک سوم اکتاو تنظیم شده است، مورد سنجش قرار داد. مقادیر TWA را نیز می‌توان با یک دستگاه تراز سنج صوت از نوع یکپارچه (Integrating) و در تجزیه یک سوم اکتاو باند اندازه‌گیری نمود. کلیه دستگاه‌ها باید از حساسیت فرکانسی مناسب برخوردار بوده و با ویژگی‌های مندرج در IEC 804, ANSI S1.4-1983(R2006) مطابقت نمایند.

جدول ۲- حدود مجاز مواجهه شنلی برای فرا صوت

تراز فشارصوت در یک سوم اکتاوباند			فرکانس مرکزی یک سوم اکتاوباند (کیلوهرتز)
اندازه گیری شده در آب برحسب dB (سر فرد درون آب) (فشار مبنا ۱ میکرو پاسکال)	اندازه گیری شده در هوا برحسب dB (سر فرد درون هوا) (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)		
مقادیر سقف	هشت ساعته TWA	مقادیر سقف	
۱۶۷	۸۸*	۱۰۵*	۱۰
۱۶۷	۸۹*	۱۰۵*	۱۲/۵
۱۶۷	۹۲*	۱۰۵*	۱۶
۱۶۷	۹۴*	۱۰۵*	۲۰
۱۷۲	-	۱۱۰ ⁺	۲۵
۱۷۷	-	۱۱۵ ⁺	۳۱/۵
۱۷۷	-	۱۱۵ ⁺	۴۰
۱۷۷	-	۱۱۵ ⁺	۵۰
۱۷۷	-	۱۱۵ ⁺	۶۳
۱۷۷	-	۱۱۵ ⁺	۸۰
۱۷۷	-	۱۱۵ ⁺	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 فراسوت 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 ۱g/rms است، باید مواجهه کاهش یابد یا مواجهه مستقیم بدن با اتصالات محافظت شود (g: شتاب ثقل برابر ۹/۸۰۶۶۵ 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 ۳) 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 ارائه‌شده 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 ۳۰ سال مواجهه شنلی با صدا محافظت نماید. مقادیر حد مجاز مواجهه شنلی به‌عنوان راهنما برای کنترل مواجهه با صدا مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به حساسیت متفاوت افراد نباید به‌عنوان مرز حقیقی بین حد ایمنی و خطر تلقی گردد. باید تأکید نمود که مقادیر حد مواجهه 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 ۳ 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 کارگر طی 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

1 Noise Induced Hearing Loss

2 Action Level

3 Hearing Conservation Program

شنوایی‌سنجی در مواقعی که شاغلین در مواجهه با صدای بیش‌ازحد مراقبت (A) 82 dB قرار دارند، ضروری است. طبق این حد مجاز، قاعده ۳ دسی‌بل نیز تعیین شده است و این بدان معنا است که به ازای افزایش ۳ دسی‌بل تراز فشار صوت، زمان مجاز مواجهه نصف خواهد شد. به همین منظور برای مواجهه با تراز (A) 88 dB مدت‌زمان مجاز ۴ ساعت تعیین شده است و این معیار برای ترازهای بالاتر به همین صورت ادامه می‌یابد.

استفاده از حفاظ شنوایی برای کاهش میزان مواجهه شاغلین در محدوده بالاتر حد مجاز همواره مفید است و می‌تواند دوز مواجهه شغلی را کاهش دهد، لیکن با توجه به محدودیتها و دشواری استفاده از آن، به عنوان یک راه حل فنی و قطعی کنترل صدا مورد تایید نیست و در موارد لزوم باید بر روی سایر روشهای کنترل مدیریتی و فنی برنامه ریزی و اجرا گردد. کارایی وسایل حفاظت شنوایی باید طبق ماده ۹۰ قانون کار باید توسط آزمایشگاهها یا شرکتهای مجاز و مورد تایید وزارت بهداشت مورد آزمون معتبر علمی قرار گیرند تا از تناسب کارایی تجهیز با نیاز شاغلین و ویژگیهای صدای محیط کار اطمینان حاصل شود.

جدول ۳- حدود مجاز مواجهه شغلی با صدا

حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار صوت به dB(A) SPL-TWA** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)	حد مجاز تراز معادل فشار صوت به dB(A) SPL-TWA** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)	مدت مواجهه در روز
۷۷	۸۰	۲۴ ساعت
۷۹	۸۲	۱۶ ساعت
۸۲	۸۵	۸ ساعت
۸۵	۸۸	۴ ساعت
۸۸	۹۱	۲ ساعت
۹۱	۹۴	۱ ساعت
۹۴	۹۷	۳۰ دقیقه
۹۷	۱۰۰	۱۵ دقیقه
۱۰۰	۱۰۳	۷/۵ ^د دقیقه
۱۰۳	۱۰۶	۳/۷۵ ^د دقیقه

مدت مواجهه در روز	حد مجاز تراز معادل فشار صوت به **SPL-TWA dB(A) (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار صوت به **SPL-TWA dB(A) (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)
۱/۸۸ ^Δ دقیقه	۱۰۹	۱۰۶
۰/۹۴ ^Δ دقیقه	۱۱۲	۱۰۹
۲۸/۱۲ ^Δ ثانیه	۱۱۵	۱۱۲
۱۴/۰۶ ^Δ ثانیه	۱۱۸	۱۱۵
۷/۰۳ ^Δ ثانیه	۱۲۱	۱۱۸
۳/۵۲ ^Δ ثانیه	۱۲۴	۱۲۱
۱/۷۶ ^Δ ثانیه	۱۲۷	۱۲۴
۰/۸۸ ^Δ ثانیه	۱۳۰	۱۲۷
۰/۴۴ ^Δ ثانیه	۱۳۳	۱۳۰
۰/۲۲ ^Δ ثانیه	۱۳۶	۱۳۳
۰/۱۱ ^Δ ثانیه	۱۳۹	۱۳۶
۰/۰۸ ^Δ ثانیه	۱۴۰	۱۳۷

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

** تراز فشار صوت برحسب دسی‌بل با دستگاه صداسنج اندازه‌گیری می‌شود و دستگاه مذکور باید مطابق با ویژگی‌های مندرج در استاندارد ANSI کد 1.4.1983(R2006) و گروه ترازسنج صوت Type-S2A یا IEC 61252 and IEC 61260 , IEC.61672.Class.2 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.

⁴ در این مقادیر صدای منبع باید به روشی غیر از روش‌های کنترل مدیریتی کاهش یابد و حفاظت فردی به‌تنهایی نمی‌تواند روش کنترل تلقی گردد. همچنین توصیه می‌شود برای صداهای بیش از ۱۲۰ دسی‌بل از دوزیمتر یا صداسنج‌های پیشرفته موسوم به (Integrated) استفاده گردد. در مقادیری که حد مجاز آن به ثانیه اعلام شده است معمولاً مصداق آن مواجهه با صدای کوبه‌ای و ضربه‌ای است. مدت‌زمان مجاز مواجهه صدای T_a برحسب ساعت بر مبنای حد مجاز مواجهه شنلی 85dB(A) و قاعده 3dB بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه است.

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

نکات مهم در ارزیابی صدا

- ۱- معیار قابل پذیرش برای مقایسه و ارزیابی نتایج اندازه‌گیری صدای شغلی با حد مجاز تنها جدول ۳ می‌باشد که در برگیرنده تراز کلی معادل مواجهه فشار صوت است و هرگونه مقایسه آنالیز فرکانس با جداول غیر معتبر قابل قبول نمی‌باشد و این حدود مجاز، معیاری تحت عنوان «جدول حد مجاز بر مبنای آنالیز فرکانس» را تایید نمی‌نماید.
- ۲- آنالیز فرکانس صدا در اندازه‌گیری صدای موضعی برای افرادی که در سطح صدای بالاتر از ۸۲ dB(A) مواجهه دارند ضروری است و کاربردهای آن شامل پیش‌بینی اثرات، تعیین نوع و مشخصات حفاظ شنوایی و طراحی تدابیر کنترل صدا می‌باشد.
- ۳- استفاده از وسایل حفاظت شنوایی برای شاغلینی که با ترازهای بالاتر از حد مراقبت مواجهه دارند توصیه می‌شود تا از این طریق بتوان صدمات ناشی از مواجهه را کاهش و زمان اثرگذاری را افزایش داد، اما با توجه به مشکلات و محدودیت‌های استفاده از این وسایل، لازم است برنامه ریزی برای اجرای کنترل صدا به روشهای فنی صورت پذیرد.
- ۴- در معاینات ادواری، لازم است نتایج مواجهه هر کارگر با نتایج منحنی شنوایی سنجی مقایسه و روند اثرگذاری صدا بر شنوایی بررسی گردد.
- ۵- برای ارزیابی و وضعیت انتشار صدای محیطی و تعیین محدوده‌های خطر، اقدام، احتیاط و ایمن. ضرورت دارد که ابتدا صداسنجی محیطی طبق کتاب «راهنمای اندازه‌گیری و ارزیابی صدا و ارتعاش در محیط کار» انجام و نقشه‌های صوتی ترسیم گردد. در مرحله بعد برای کارگرانی که در محدوده‌های خطر و اقدام هستند، اندازه‌گیری موضعی صدا همراه با آنالیز فرکانس انجام گردد. لذا اکتفا به دوزیمتری کوتاه مدت به تنهایی نمی‌تواند و وضعیت مواجهه کارگر را مشخص نماید.

مواجهه شاغلین بخشهای اداری

برای شاغلینی که در محیط‌های صنعتی یا مشاغل دیگر که ویژگی وظایف آنان مستلزم فعالیت ذهنی می‌باشند، همانند اپراتورهای اتاق کنترل یا متصدیان امور بانکی، شاغلین آموزشی، آزمایشگاهی،

درمانی و سایر مشاغل دفتری^۱، هرچند حدود مجاز در این مبحث برای پیشگیری از عوارض شنوایی برای آنان به تمامی مرجعیت دارد و رعایت آن اجباری است، لیکن با توجه به فعالیت فکری آنان برای تأمین آسایش صوتی و حفظ عملکرد ذهنی، حد آسایش صوتی (تراز فشار صوت زمینه محیط) برای برای مواجهه ۸ ساعته ۷۵ dB(A) در حین انجام فعالیت شنلی تعیین گردید. لازم به ذکر است که عدد مذکور حد بالایی برای تأمین آسایش ذهنی است و توصیه می‌شود تا حد امکان تراز صدای زمینه در این محیطها کاهش یابد. تفکیک این معیار برای مشاغل و محیطهای مختلف مطابق آنچه که در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان برای فضاهاى داخلی تعیین شده است، مورد قبول می‌باشد.

صدای منقطع^۲

تراز فشار صوت باید توسط صداسنج Type S2A یا دوزیمتری تعیین گردد که حداقل با ویژگی‌های استاندارد ANSI-S1.4-1983(R2006) یا ANSI-S1.25-1991(R2007) برای دوزیمترهای فردی صدا مطابقت داشته باشد. وسایل اندازه‌گیری باید در شبکه وزن یافته A در وضعیت آهسته (SLOW) تنظیم شوند. مدت مواجهه شاغلین نباید از مقادیر مندرج در جدول ۱ تجاوز نماید. این مقادیر بدون توجه به اینکه مواجهه به صورت مداوم یا به صورت مواجهه‌های کوتاه‌مدت است، برای کل مدت مواجهه کار روزانه به کار می‌رود. وقتی مواجهه روزانه با صدا از دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت تشکیل شده باشد اثر ترکیبی آنها باید بیشتر از اثر جداگانه هر یک از مواجهه‌ها موردنظر قرار گیرد در چنین مواردی برای ارزیابی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

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 شنلی فراتر رفته است. تمام مواجهه‌های شنلی با تراز فشار صوتی ۸۰ دسی‌بل A و بیشتر به طریق فوق محاسبه می‌شود.

1 Office Workers

2 Intermittent Noise

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 دوزیتر و یا صداسنج از نوع یکپارچه (integrated) استفاده شود که توانایی انجام محاسبات مربوط به تراز معادل فشار صوت^۱ (Leq) را در دوره زمانی اندازه گیری داشته باشد. لذا در دستگاه دوزیتری 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 دوزیتر، دوز صدا را بیش از ۱۰۰ درصد نشان دهد، مواجهه با صدا بیش از حد مجاز است. لذا دوز بیش از ۱۰۰ درصد 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 شنلی بر اساس نتایج اندازه گیری با دستگاه صداسنج از نوع یکپارچه هنگامی معتبر است که تراز معادل صدا (Leq) از مقادیر مندرج در جدول ۱ تجاوز نماید. وقتی مواجهه روزانه با صدا شامل دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت باشد، راه دیگر برای برآورد اثر ترکیبی آنها، تبدیل مقادیر به تراز معادل فشار صوت (Leq) است که همان معدل زمانی ترازها (SPL-TWA) است. برای این کار می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

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

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، می توان آن را با توجه به زمان مرجع با جدول شماره ۳ مقایسه و در مورد مجاز یا غیرمجاز بودن مواجهه اظهار نظر نمود.

نکات مهم در اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با صدا

هرچند مشروح روشهای اندازه گیری و ارزیابی صدا در محیط کار در کتاب جداگانه ای ذیل همین حدود مجاز، منتشر شده و در دسترس می باشد، لیکن با توجه به اهمیت موضوع روند صحیح اندازه گیری و ارزیابی مواجهه شاغلین با صدا و متعاقب آن برنامه ریزی برای انجام مداخلات کنترل آن، ضرورت دارد که در هر دوره اندازه گیری، در هر محدوده مورد بررسی، ابتدا صداسنجی محیطی انجام و

1 Equivalent Sound Pressure Level

محدوده‌های چهارگانه (خطر، اقدام، احتیاط و ایمن) تعیین و در نقشه‌هایی ترسیم گردد. در محدوده‌های خطر و اقدام، لازم است صداسنجی موضعی به همراه تجزیه فرکانسی انجام گردد. در این صورت موقعیت هر فرد شاغل و مواجهه کمی و کیفی وی با نوع صدا تعیین می‌گردد. در صورتیکه لازم باشد دوزیمتری انجام شود، در اغلب موارد نیازی به دوزیمتری طولانی مدت نیست و می‌توان با رعایت ملاحظاتی که در کتاب راهنما ذکر شده برای هر دوره مواجهه یک دوزیمتری یک ساعته انجام و نتایج آن را به کل شیفت تعمیم داد. در هر دوره دوزیمتری باید کلیه فعالیت‌های تکرار شونده شاغل را شامل گردد. در غیر این صورت باید در هر شیفت کار دوزیمتری کوتاه مدت به دفعات دیگر را انجام داد تا نتایج بتواند وضعیت مواجهه شاغل را برآورد نماید.

نکته مهم در تعیین محدوده‌های چهارگانه توزیع صدای محیطی و ترسیم نقشه‌های توزیع صدا، این است که تعیین مرز بر مبنای ساعت مواجهه روزانه خواهد بود. به طور مثال در صورتیکه شاغلین یک محدوده کار دارای مدت شیفت روزانه ۱۰ ساعت باشند، مرز محدوده خطر 84 dB(A) و مرز اقدام 81 (A) خواهد بود (در هر صورت مرز ایمن تغییر نخواهد داشت).

صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای^۱

در صورت استفاده از وسایل اندازه‌گیری توصیه‌شده توسط (ANSI-S1.4-1983(R2006)، IEC-804-1990 و ANSI-S1.25-1991(R2007) صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای در هنگام سنجش صدا به‌طور خودکار اندازه‌گیری می‌شود. تنها ضابطه آن است که دامنه اندازه‌گیری موردنیاز باید بین $140-80$ دسی‌بل A و دامنه ضربه باید حداقل از 63 دسی‌بل بیشتر باشد و پاسخ زمانی دستگاه صداسنج نیز در حالت Impulse قرار گیرد. مواجهه بدون حفاظ گوش، با تراز فشار صوت بیش از 140 دسی‌بل در شبکه وزن یافته C مجاز نیست. اگر وسیله اندازه‌گیری قادر به اندازه‌گیری تراز قله در شبکه وزن یافته C نباشد آنگاه باید اندازه‌گیری تراز قله (SPL- Peak) با میزان کمتر از 140 دسی‌بل ملاک اندازه‌گیری قرار گیرد. اندازه‌گیری و اظهارنظر در مورد صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای همپوشان همانند صداهای پیوسته است. در خصوص صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای در صدای زمینه پیوسته که شامل این بند نمی‌شود، باید از قواعد صداهای نوبتی که در مبحث قبلی تشریح گردید استفاده شود.

1 Impulsive or Impact Noise

تذکره: برای صداهای ضربه‌ای بالاتر از ۱۴۰ دسی‌بل C در هر حال باید از وسیله حفاظت از شنوایی استفاده شود و برای چنین شرایطی از محافظ شنوایی (روگوشی^۱ یا توگوشی^۲) با ویژگی‌های MIL-STD-1474 C (2015) به‌تنهایی یا توأم استفاده شود.

ممکن است مواجهه با برخی از مواد شیمیایی منجر به افت شنوایی گردد. لذا انجام شنوایی‌سنجی دوره‌ای شاغلین در محیط‌هایی که علاوه بر مواجهه با صدا، امکان مواجهه با برخی مواد شیمیایی نظیر تولوئن، سیانید هیدروژن، مونوکسید کربن، استیرن، گزینن، سرب، منگنز، ان‌بوتیل‌الکل 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 در هر روز $\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$ می‌تواند از یک تجاوز نماید مشروط بر اینکه حاصل جمع ۷ روزه نسبت پیش‌گفت از ۵ بیشتر نشود و این نسبت در هر روز از ۳ بالاتر نباشد.

جدول ۳ 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 حواس‌پرتی، تنش، خستگی، کاهش عملکرد، یا سایر سازوکارها در بین کارگران بخش صنعت و خدمات گردد.

1 Ear Muffs
2 Ear Plug

منابع:

- 1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2026.
- 2- American National Standards Institute: Specification for Octave-Band and Fractional- Band Analog and Digital Filters S1.11-1986 (R1998). ANSI, New York (1998).
- 3- American National Standards Institute (ANSI): Specification for Personal Noise Dosimeters. ANSI S1.25-1991 (R2007). ANSI, New York (2007).
- 4- American National Standards Institute (ANSI): Sound Level Meters – Part 1: Specifications. ANSI S1.4-1 (2014). ANSI, New York (2014).
- 5- American National Standards Institute (ANSI): Measurement of Occupational Noise Exposure. ANSI/ASA S12.19-1996 (R2016). ANSI, New York (2016a).
- 6- 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).
- 7- 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).
- 8- 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.
- 9- European Committee for Standardization (CEN): Hearing Protectors Recommendations for Selection, Use, Care and Maintenance Guidance Document. EN 458:2004. CEN, Brussels, Belgium (2004).
- 10- International Electrotechnical Commission (IEC): Electroacoustics: Sound Level Meters –Part 1: Specifications. IEC 61672:1-2013. IEC, Geneva, Switzerland (2013).
- 11- 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 Halsä 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).

12-US Department of Defense (US DOD): Design Criteria Standard: Noise Limits (Metric). MILSTD- 1474E. US DOD, Washington, DC (2015).

13- American National Standards Institute: Specification for Sound Level Meters. ANSI S1.4-1983 (R1997). ANSI, New York (1997).

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

15- 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 جابه‌جایی مکانیکی یک جرم است که در خلال یک دوره زمانی به صورت منظم یا نامنظم تکرار می‌شود. مواجهه انسان با این نوع از انرژی مکانیکی همراه با عوارض و اختلالاتی در بدن است که برنامه‌ریزی پیشگیری، ارزیابی و کنترل این نوع مواجهه 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 منتقله به دست و بازو و ارتعاش منتقله به تمام بدن است.

ارتعاش دست - بازو

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

در مباحث ارتعاش انسانی، به دلیل اهمیت دست و خصوصاً انگشتان در انجام فعالیت شغلی از یک سو و امکان آسیب‌پذیری بیشتر آن، از سوی دیگر، سبب شده است که اندام دست در ارزیابی مواجهه شغلی به‌طور مجزا و مستقل مورد عنایت قرار گیرد. به‌طور خلاصه مراحل انجام پایش مواجهه با ارتعاش دست - بازو در دیاگرام شکل ۱ خلاصه شده است. روش انجام هر یک از مراحل نیز در ادامه به‌اختصار ارائه گردیده است.



شکل ۱ - نمودار اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست بازو

اندازه گیری مواجهه با ارتعاش دست - بازو^۱

ملاحظات کلی

در تعیین اثرات مواجهه انسان با ارتعاش منتقل از دست‌ها در شرایط واقعی کاری موارد زیر به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تعیین شده‌اند (ISO5349) :

- * طیف فرکانسی ارتعاش
- * بزرگی ارتعاش
- * مدت‌زمان مواجهه در طول روز کاری و مواجهه تجمعی در طول سالیان مواجهه

تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش دست - بازو

اندازه‌گیری ارتعاش منتقله به دست بایستی توسط یک دستگاه استاندارد ارتعاش سنج انسانی^۱، مطابق با استاندارد ISO8041 انجام گیرد. برای اطمینان از صحت عملکرد این تجهیزات بایستی قبل و بعد از استفاده آن‌ها را بررسی نمود. کالیبراسیون بایستی قابل‌ردیابی با یک استاندارد شناخته‌شده مشخص باشد و در یک آزمایشگاه معتبر انجام گردد.

دریافت‌کننده ارتعاش^۲

دریافت‌کننده ارتعاش که معمولاً شامل یک شتاب‌سنج، نگهدارنده و کابل رابطه به دستگاه ارتعاش سنج می‌باشند، بایستی قادر به تحمل محدوده‌ی خاصی از بزرگی ارتعاش بوده و همچنین بایستی دارای مشخصات ثابتی باشند. ابعاد دریافت‌کننده بایستی به شکلی باشد که اختلالی در فرایند ماشین ایجاد نکند و محل نقطه‌ی اندازه‌گیری را بتوان با استفاده از آن مشخص نمود.

نصب و اتصال شتاب‌سنج‌ها بر روی سطوح مرتعش بر شیوه ارتعاش سطوح اثرگذار خواهد بود. بزرگ‌تر بودن جرم متصل به سطح مرتعش، اثر بیشتری را در پی خواهد داشت. اگر جرم کل شتاب‌سنج یا 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 شتاب‌سنج

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 بیودینامیک باشند اما از طرفی ممکن است در نزدیکی سیستم Basicentric هم قرار گیرند که مبدأ

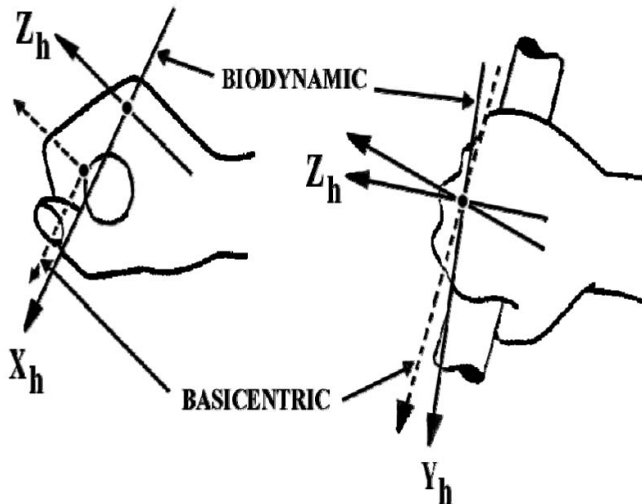
1 Human Vibration Meter

2 Vibration transducers

مختصات سیستم مزبور متناسب با شکل قطعه و دسته ابزار در محل مواجهه دست و سطح مرتعش قرار می‌گیرد.

برای اندازه‌گیری باید یک شتاب سنج کوچک و سبک برای ذخیره محتوای فرکانسی یک یا چند محور متعامد منبع ارتعاشی در محدوده فرکانسی ۵ تا ۱۵۰۰ هرتز (۶/۳ تا ۱۲۵۰ در باندهای فرکانسی یک-سوم اکتاو) نصب گردد. شتاب سنج تا حد امکان باید نزدیک به محل ورود ارتعاش به دست باشد اما باید توجه شود که مداخله جدی نیز در فرایند کاری چه از نظر ایمنی و چه از نظر عملیاتی ایجاد ننماید. اندازه‌گیری ارتعاش بایستی ترجیحاً در سه جهت به صورت هم‌زمان انجام گیرد.

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 نیرو اعمال می‌کند، انجام شود. در اکثر اندازه‌گیری‌های واقعی، شتاب‌سنج‌ها در پهلو یا بر روی دسته‌ی ابزار زیر دسته، نزدیک به مرکز دسته قرار می‌گیرند. در آداپتورهایی که بین انگشتان قرار می‌گیرند، مبدل‌ها بایستی برای به حداقل رساندن تقویت مؤلفه‌های ارتعاش دورانی، تا جایی که ممکن است روی سطح دسته ابزار قرار بگیرند.



شکل ۲- سیستم بیودینامیک دست، نمایش محورهای مؤلفه‌های شتاب

مطابق با ISO 5349-2001 و ANSI S3.34-1986(R1997)

کمیت تعیین بزرگی و شبکه توزین فرکانسی

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

اندازه‌گیری شتاب وزن یافته فرکانسی، نیاز به استفاده از تجزیه‌کننده و اعمال‌کننده وزنی فرکانسها و محدودکننده‌های باندهای فرکانسی دارد. پالایه توزین فرکانس Wh اهمیت مورد نظر فرکانس‌های متفاوت را در آسیب‌رسانی به بدن انسان به خوبی تعیین و ارائه می‌کند.

تعیین مدت زمان اندازه‌گیری

مدت زمان قابل قبول اندازه‌گیری برای هر وظیفه شغلی وابسته به ماهیت آن وظیفه است حداقل مدت زمان قابل قبول اندازه‌گیری به سیگنال دریافتی، تجهیزات که برای سنجش به کار می‌روند و خصوصیات فرایند بستگی دارد. کل زمان اندازه‌گیری (یعنی تعداد نمونه‌ها \times مدت زمان اندازه‌گیری) بایستی حداقل ۱ دقیقه باشد. تعداد نمونه‌های با مدت زمان کوتاه، نسبت به یک اندازه‌گیری طولانی مدت ارجحیت دارد. و معمولاً برای هر فرایند مواجهه توصیه می‌شود حداقل ۳ نمونه گرفته شود. اندازه‌گیری‌هایی که در مدت زمان‌های خیلی کوتاه انجام می‌گیرد (مثلاً کمتر از ۸ ثانیه)، به‌ویژه هنگامی که ارزیابی مؤلفه‌هایی با فرکانس پائین مورد نظر است، احتمالاً قابل اطمینان و معتبر نیستند.

ارتعاش چند محوره^۱

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

¹ multi - axis vibration

در این وضعیت ارزیابی مواجهه بر اساس برآیند سه محور حاصل می‌شود. این مقدار ارتعاش کلی^۱، a_{hv} نامیده می‌شود و به صورت ریشه‌ی مجموع مربعات مقادیر شتاب اندازه‌گیری شده محورهای سه‌گانه تعریف می‌شود:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvx}^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

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 می‌شوند. 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). با توجه به رابطه برآیند فوق، در هر حال برای ارزیابی مواجهه لازم است ضریبی بین ۱ تا ۱/۷ برای محور مبنای ارزیابی لحاظ شود. اندازه‌گیری در هر سه جهت انجام و برآیند آن سه محور اولویت ملاک ارزیابی می‌باشد. در صورتی که مقادیر هر سه جهت نابرابر و تا حد ۳۰٪ از مقدار شتاب جهت اصلی اختلاف داشته باشد، ضریب ۱/۷ برای جهت اصلی لحاظ می‌گردد. در غیر این صورت برآیند سه جهت طبق رابطه فوق انجام گردد.

تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه

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

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

ahw: شتاب rms وزن یافته مربوط به هر یک از بازه‌های زمانی t برای مواجهه روزانه کارگر برحسب m/s^2

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

معمولاً ارزیابی مواجهه با ارتعاش بر مبنای تعیین مقدار کل انرژی معادل ارتعاش ۸ ساعته شتاب rms وزن یافته فرکانسی انجام می‌گیرد. مقدار کل انرژی معادل ارتعاش ۸ ساعته، $A(8)$ 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 مثالهای ضمیمه ۲ را ببینید.

حدود مجاز مواجهه با ارتعاش دست - بازو

مواجهه مستمر با ارتعاش منتقله به دست می‌تواند سبب اختلال در خون‌رسانی، اکسیژن‌رسانی و تغذیه بافت، خصوصاً در نوک انگشتان شود و ادامه این اختلال میتواند به سندورم انگشت سفید ناشی از

ارتعاش^۱ VWF و بافت مردگی (قانعاریا) منجر گردد. بعلاوه ضربات مکانیکی ارتعاش دست بازو می‌تواند سبب صدمه به مفاصل دست شده و عوارض غیر قابل برگشت ایجاد نماید. مجموعه عوارض ناشی از مواجهه شغلی با این نوع ارتعاش، سندرم ارتعاش دست و بازو (HAVS) نامیده شده است که مجموعه‌ای از اختلالات اندام دست که شامل علائم و نشانه‌های عروقی، حسی عصبی و اسکلتی-عضلانی است.

در خصوص تعیین حد مجاز مواجهه شغلی حد مجاز مواجهه شغلی (OEL) برای ارتعاش دست و بازو توسط مراجع علمی و اجرایی مختلف اختلاف نظر کلی وجود دارد. ACGIH مستند به متن دستورالعمل اتحادیه اروپا EU Directive 2002/44/EC و همچنین بالتبع آنها برخی کشورها حد مجاز 5 m/s^2 را برای ۸ ساعت کار تعیین نموده‌اند که هرچند مستند به نمودار پیش بین اثرات مندرج در استاندارد ISO 5349 می‌باشد، لیکن اطمینان کافی برای پیشگیری از عوارض پایدار ایجاد نمی‌نماید. به همین دلیل، در متن دستورالعمل اتحادیه اروپا صراحتاً قید شده است که اگر مواجهه روزانه بیش از $2/5 \text{ m/s}^2$ باشد، الزاماً باید اقدامات کنترلی شروع گردد. از سوی دیگر برخی کشورهای اروپایی (آلمان، سوئد و فنلاند) حد مجاز 4 m/s^2 و برخی کشورها (ژاپن و لهستان) نیز عدد $2/8 \text{ m/s}^2$ را تعیین نموده‌اند. مطالعاتی که در دو دهه گذشته در ایران و جهان انجام و منتشر شده، بر این نکته اتفاق نظر دارند که مواجهه طولانی مدت در یک شیفت با ارتعاش بالاتر از 2 m/s^2 و کمتر از 5 m/s^2 سبب اختلالات عصبی عروقی منجر به انگشت سفید شغلی می‌گردد. شواهد علمی، به‌ویژه از مطالعات اپیدمیولوژیک (Bovenzi, 2010; Nilsson T 2017; Clemm, 2020) و مطالعات میدانی انجام شده در ایران، نشان می‌دهد که رعایت حد مجاز 5 m/s^2 برای مواجهه روزانه نمی‌تواند از آسیب‌های بلندمدت عصبی عروقی، انگشت سفید شغلی و اختلالات عضلانی-اسکلتی جلوگیری کند. به طور مثال Nilsson در مقاله‌ای که در ۲۰۱۷ منتشر شده ۵۰ مطالعه اپیدمیولوژیک را مرور کرده است، بیان می‌دارد: مواجهه‌های مزمن بالاتر از حدود $2-3 \text{ m/s}^2$ A(eq) به‌طور معناداری با افزایش خطر بروز اختلالات عصبی (کاهش آستانه حس ارتعاش، کرختی و بی‌حسی انگشتان) همراه بودند و کارگرانی

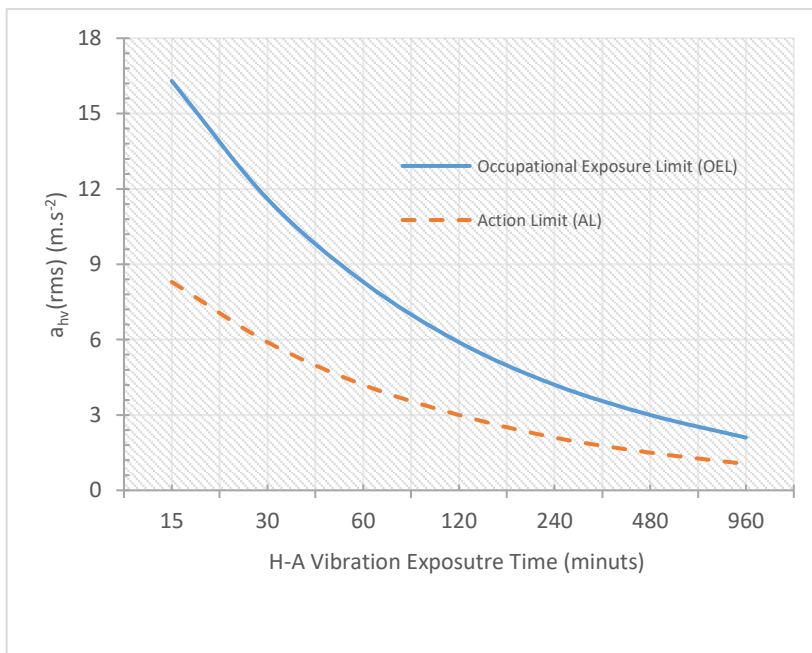
1 Vibratiob White Finger(VWF)

که به طور مداوم در معرض ارتعاش بالاتر از حدود 5 m/s^2 (eq) قرار داشتند، ۴ تا ۷ برابر بیشتر از گروه‌های شاهد در معرض بروز آسیب‌های عصبی یا عروقی بودند.

این شواهد با داده‌های کشورهای اسکانديناوی و آلمان همخوانی دارد که حدود محافظه کارانه تری این $(4/0-1/5 \text{ m/s}^2)$ اعمال کرده‌اند. نکته مهم اینکه، حد مجاز ۸ ساعته برای مواجهه با ارتعاش تمام بدن $0/87 \text{ m/s}^2$ تعیین شده است و بدیهی است که اندام انتهایی دست، مخصوصاً انگشتان آسب پذیری بیشتری نسبت به ارتعاش دارند، به همین دلیل مطالعه و ارزیابی آنها از ارتعاش تمام بدن منفک شده است و قاعدتاً باید حد مجاز پایین تری داشته باشند. برآورد جمعیت شاغلین در معرض ارتعاش دست بازو در ایران نشان می‌دهد که عمده جمعیت در مشاغل رانندگی کارگران تولیدی و کارگران بخش ساختمان سازی و کشاورزی هستند. که غیر از رانندگان در سایر مشاغل مواجهه شاغلین، اغلب مواجهه مستمر ندارند. لذا باید تعیین حد مجاز معطوف به افرادی باشد که مواجهه مستمر دارند. با توجه به عدد مواجهه مستمر رانندگان با جمعیت حدود یک میلیون نفر (زیر 1 m/s^2) و کارگران بخشهای صنعتی که با ارتعاش مواجهه متناوب با جمعیت حدود یک میلیون نفر ($10-3 \text{ m/s}^2$) و شاغلین بخشهای ساخت و ساز و کشاورزی هم که اغلب مواجهه متناوب دارند ($18-5 \text{ m/s}^2$) باید اولویت پایش معطوف به جمعیت غالب باشد. بنابراین با توجه به اینکه حدود مجاز مواجهه شغلی باید تاحد اطمینان بخشی، مواجهه با مقادیر کمتر از OEL را در پیشگیری از عوارض غیرقابل بازگشت عصبی-عروقی و بیماری انگشت سفید تضمین نماید، کمیته عوامل فیزیکی در بازنگری جدید، حد مجاز 3 m/s^2 برای یک شیفت ۸ ساعته روزانه تعیین نمود. سایر نسبت ارقام برای حد مراقبت و حد مجاز مواجهه در ساعات بیشتر و کمتر از ۸ ساعت روزانه طبق الگوی ACGIH تایید گردیده است.

حد مجاز مواجهه شغلی ارتعاش دست بازو در ایرن شامل خط توپر بالایی مندرج در شکل ۳ و همچنین در مقادیر ارایه شده در جدول ۱ نشان داده شده است، برابر با 3 m/s^2 مواجهه روزانه با ارتعاش [مقدار کل انرژی معادل ۸ ساعته] $A(8)$ می‌باشد. تصور بر این است که در این شرایط احتمالاً اکثر کارگرانی که به صورت مکرر در معرض مواجهه با این سطح از ارتعاش به میزان ۸ ساعت در روز قرار بگیرند، دچار عوارضی فراتر از مرحله ۱ گردهمایی استکهلم در سیستم طبقه بندی انگشت سفید ناشی از ارتعاش

(VWF)، (یا تحت عنوان پدیده رینود شنلی) نخواهند شد (به ارزیابی عروقی به جدول ۲ مراجعه کنید). به منظور حفظ مواجهه کارگران در زیر خط OEL نشان داده شده در شکل ۱ فرایندها یا اقدامات کنترلی ارتعاشی بایستی در نظر گرفته شوند. حقیقت این است که نمی توان یک حد مجاز مواجهه که برای همه موقعیت های کاری؛ مانند اعمال نیروی زیاد، محیط های سرد و وضعیت های غیرعادی از همه کارگران محافظت نماید را مشخص نمود.



شکل ۳ - حد مجاز و حد عمل مواجهه شنلی در بازه های زمانی تا ۸ ساعت. مستند به ISO 5349 و مستندات پژوهشی

جدول ۱. حدود مواجهه شنلی (OEL) و حدود اقدام (AL) مواجهه برای شتاب وزن یافته فرکانسی - بازو
مستند به ISO 5349 و مستندات پژوهشی

شتاب وزن یافته فرکانسی ($a_{hv} (rms)$) (m/s^2)		مدت زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (دقیقه)
حد مواجهه شنلی (OEL)	حد اقدام (AL)	
۱۶/۳	۸/۳	۰/۲۵ ساعت (۱۵ دقیقه)
۱۱/۶	۵/۹	۰/۵ ساعت (۳۰ دقیقه)
۸/۳	۴/۲	۱
۵/۹	۳/۰	۲
۴/۲	۲/۱	۴
۳/۰	۱/۵	۸
۲/۱	۱/۱	۱۶
$a_{hv} (OEL) = 3 \left(\frac{8}{T_v}\right)^{\frac{1}{2}}$		تعیین مقدار OEL در زمان مورد نظر T_v (ساعت)
$a_{hv} (AL) = 1.5 \left(\frac{8}{T_v}\right)^{\frac{1}{2}}$		تعیین مقدار AL در زمان مورد نظر T_v (ساعت)
$T_v = \frac{200}{a_{hv}^2 (OEL)}$		تعیین مدت زمان مواجهه T_v (ساعت) مطابق با OEL
$T_v = \frac{50}{a_{hv}^2 (AL)}$		تعیین مدت زمان مواجهه T_v (ساعت) مطابق با AL

* کل زمانی که ارتعاش طی یک روز کاری به صورت پیوسته یا متناوب به دست منتقل می‌شود.

** مقدار RMS مد نظر است. معمولاً ارتعاش در یک محور بیشتر از دو محور دیگر می‌باشد. اگر در یک یا چند محور میزان ارتعاش از "کل مدت مواجهه مجاز روزانه" تجاوز کند، از حد مجاز مواجهه شنلی نیز تجاوز کرده است.

حد اقدام

حد اقدام (AL) که در مقادیر ارایه شده در جدول ۱ نشان داده شده است برای مواجهه روزانه $A(A)$ با ارتعاش دست و بازو $1/5 \text{ m/s}^2$ تعیین شده است. این سطح نشان‌دهنده شرایطی است که در آن خطر بروز علائم برای اکثریت وسیعی از کارگران بسیار کم است.

محدوده بین AL و OEL ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی^۱ (HGCZ) نامیده می‌شود که نیاز به اقداماتی از قبیل موارد ذیل به منظور کنترل مواجهه دارد:

- (۱) استفاده از ابزارهای ضد ارتعاشی یا دستکش.
- (۲) آموزش کارگران و سرپرستان در مورد علائم اولیه HAVS و اهمیت گرم نگه داشتن دست و بدن کارگر و کاهش جفت شدگی ارتعاش بین دست و ابزار ارتعاشی برای به حداقل رساندن مواجهه.

(۳) اجرای منطقی و مسئولانه برنامه مراقبت بهداشتی

این حدود الزامی عمدتاً از داده‌های اپیدمیولوژیک مشاغل جنگلداری، استخراج معادن، عملیات فلزکاری و کار بر روی سنگ استخراج شده است و با توجه به اختلاف حساسیت‌های بین افراد، این مقادیر نباید به‌عنوان مرز قطعی مواجهه ایمن و نایمن شناخته شوند.

نکاتی درباره جدول ۱ و نمودار شکل ۳:

۱- در شکل ۲ شبکه سنجش وزنی مورد استفاده قرار گرفته است که بهترین وسیله برای دستیابی به مؤلفه‌های شتاب در فرکانس‌های وزن یافته می‌باشد. از آنجایی که مطالعات اخیر نشان داده‌اند شبکه وزنی فرکانسی در فرکانس‌های بالا (بیش از ۱۶ هرتز) حفاظت را به طور کامل تأمین نمی‌نماید، بنابراین باید در هنگام استفاده از ابزارآلاتی که فرکانس‌های بالا را تولید می‌نمایند جانب احتیاط را رعایت نمود.

۲- مواجهه‌های حاد با مؤلفه‌های شتاب مؤثر (rms) در فرکانس‌های وزن یافته در مقادیری بیش از حد مواجهه شغلی که به صورت گاهگاه و یا نامکرر اتفاق می‌افتد (مثلاً ۱ روز در هفته و یا چند

1 Health Guidance Caution Zone

روز در طی دو هفته) الزاماً زیان بالاتری ندارند و در این صورت استثنائاً افزایش دوز دریافتی تا ۱/۵ برابر مجاز می‌باشد.

۳- برای جلوگیری از بروز عارضه HAVS (جدول ۲) و همچنین شناخت افراد حساس به ارتعاش، باید معاینات پزشکی سالیانه و دوره‌ای در مورد کارگران در معرض ارتعاشات وارد بر دست- بازو انجام گیرد.

۴- در موارد مواجهه مداوم، برای کاهش اثرات زیان آور ناشی از ارتعاش، برنامه کار باید تعدیل شود و به صورت یک ساعت کار و ده دقیقه استراحت تنظیم گردد.

۵- کار باید با روش مناسب انجام گیرد و بدین منظور باید کارگران در خصوص استفاده از ابزارها و فرایندهای پر قدرت در حالی که عملیات در شرایط ایمن انجام می‌گیرد آموزش داده شوند تا:

- میزان نیروی مصرفی برای چنگش و گرفتن دسته ابزار به حداقل برسد.
- بدن و دستها را گرم و خشک نگهدارند.
- از استعمال دخانیات پرهیز نمایند.
- تا حد امکان از ابزارها و دستکش‌های ضد ارتعاش استفاده نمایند. به طور کلی، دستکشا برای میرایی ارتعاش مربوط به فرکانس‌های بالا تأثیر بیشتری دارند.

۶- وزن شتاب سنج دستگاه همراه با وسایلی که برای مواجهه با منبع ارتعاش بکار می‌رود باید بیش از ۲ گرم باشد و باید خطای اندازه‌گیری در محورهای سه گانه (X,Y,Z) کمتر از ۱۰٪ باشد.

۷- اندازه‌گیری ارتعاشات از نوع ضربه‌ای با جابجایی زیاد مانند آنچه که در وسایل بادی ضربه زن وجود دارد، توسط شتاب سنجهای پیزو الکتریک (با میرایی مکانیکی کم) با خطای زیاد انجام می‌گیرد. با قراردادن فیلترهای مکانیکی پایین‌گذر، بین شتاب سنج و منبع ارتعاشی برای حذف فرکانس‌های ۱۵۰۰ هرتز و یا بیشتر، می‌توان خطای سنجش در هنگام خواندن مقادیر را کاهش داد.

۸- نام سازنده و شماره نوع تمام وسایلی که برای سنجش ارتعاش بکار می‌روند و همچنین مقدار شتاب مؤثر (rms)، فرکانس وزن یافته و محور غالب و همچنین مشخصات کالیبراتور باید گزارش شود.

ارتعاش دست- بازو از نوع پیوسته، منقطع، ضربه‌ای یا کوبه‌ای^۱

اندازه‌گیری ارتعاش باید براساس روشها و وسایل اندازه‌گیری که توسط ISO5349(2001) و ANSI S3.34 -1986(R1997) توصیه شده انجام گیرد و خلاصه آن به شرح زیر است:

۱- شتاب دسته ابزار یا قطعه کار مرتعش باید در سه محور عمود بر هم و در نقطه‌ای نزدیک به محل ورود ارتعاش به دست اندازه‌گیری شود. محورهای مزبور باید ترجیحاً منطبق بر محورهای سیستم بیودینامیک باشند اما از طرفی ممکن است در نزدیکی سیستم Basicentric هم قرار گیرند که مبدأ مختصات سیستم مزبور متناسب با شکل قطعه و دسته ابزار در محل مواجهه دست و سطح مرتعش قرار می‌گیرد (شکل ۲).

۲- در هنگام اندازه‌گیری، شتاب سنج (سبک و کوچک) باید به گونه‌ای نصب شود که بتواند یک یا چند مؤلفه عمود بر هم منتشره از منبع ارتعاشی در گستره فرکانس ۵ تا ۱۵۰۰ هرتز را به دقت ثبت نماید. هر یک از مؤلفه‌های شتاب را باید در فرکانس وزن یافته^۲ ثبت نمود که این کار را با کمک وسایل اندازه‌گیری "پاسخ انسان به ارتعاش" که مجهز به شبکه فیلتری برای سنجش شتاب در فرکانس‌های مورد نظر هستند می‌توان انجام داد.

۳- ارزیابی مواجهه با ارتعاش در سه محور (X, Y, Z) باید انجام پذیرد زیرا ارتعاش یک کمیت برداری (دارای مقدار و جهت) می‌باشد. در هر امتداد، ارتعاش در مدت معمول کار با ابزار، ماشین یا قطعه کار پرتوان باید به وسیله مقدار جذر مربع میانگین شتاب (rms) مؤلفه‌ها در فرکانس وزن یافته بر حسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) یا واحدهای شتاب جاذبه (g) تعیین گردد، که بزرگترین مقدار a_k اساس و پایه ارزیابی مواجهه قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری در هر محوری که انجام گیرد، انتگرال خطی برای ارتعاشاتی که مدت آنها خیلی کوتاه و یا اساساً از نظر زمانی با یکدیگر متفاوت می‌باشند، بکار گرفته می‌شود. اگر مواجهه کلی روزانه با ارتعاش در یک امتداد معین، ترکیبی از

1 Continuous , Intermitent , Impulsive or Impact Hand – Arm vibration

2 Frequency- Weighted

چند مواجهه در شتاب‌های مؤثر (rms) مختلف باشد، در این موارد شتاب معادل در آن جهت خاص در فرکانس وزن یافته باید بر طبق رابطه زیر اندازه‌گیری شود:

$$(a_{K_{eq}}) = \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (a_{K_i})^2 T_i \right]^{\frac{1}{2}} = \sqrt{(a_{K_1})^2 T_1/T + \dots + (a_{K_n})^2 T_n/T}$$

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

در روابط فوق، T کل مدت مواجهه روزانه، a_{K_i} مؤلفه i شتاب مؤثر (rms) در فرکانس وزن یافته با مدت T_i می‌باشد. محاسبات مذکور باید توسط دستگاه‌های سنجش پاسخ انسان به ارتعاش انجام شود.

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 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	
حالت کرختی متناوب، تنها و یا همراه با حس سوزن سوزن شدن در انگشتان	یک	
کرختی متناوب و یا مداوم، کاهش ادراک حسی	دو	
کرختی متناوب و یا مداوم، کاهش تشخیص دقت و یا تقلیل مهارت انجام کارهای یدی و یا هر دو	سه	
مراحل مختلف برای هر دست به‌صورت جداگانه آزمایش می‌شود. به‌عنوان مثال: مرحله ۲ در دست چپ در دو انگشت و مرحله ۱ در دست راست در یک انگشت:		
(2L/2R/1R(1))		

ضمیمه ۱- نکات تکمیلی

اگرچه اهمیت همه فاکتورهای موثر بر اختلالات ناشی از ارتعاشات هنوز با جزئیات کافی شناخته نشده است و روش استاندارد برای گزارش برخی از فاکتورها ارائه نشده است، اما گزارش تمامی فاکتورهای موثر مانند سن، مواجهه با سرما، صدا یا دیگر مواد شیمیایی موثر بر گردش خون مثل نیکوتین، شرایط آب و هوایی معمول مواجهه، وضعیت چنگش، روش انجام کار و ... برای اینکه مجموعه‌ای مهم از تاریخچه مواجهه فراهم گردد، ضروری است.

۱- در گزارش ارزیابی ارتعاش انسانی علاوه بر مقدار $A(8)$ ، نام سازنده و مشخصات تمام وسایلی که برای اندازه‌گیری ارتعاش و کالیبراسیون به کار می‌روند، اطلاعات دیگری مانند دلیل انجام ارزیابی، محل مبدل‌ها، بزرگی شتاب در هر جهت و برای هر عملیات یا فرایند شغلی، فرایندهای شغلی، ابزارها و قطعات کاری موثر در مواجهه و دوره‌های زمانی مواجهه نیز بایستی گزارش شوند.

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

۳- 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 در فرکانس‌های بالا (بیش از ۲۰۰ هرتز) اثربخشی دارند. (تیلور و پلمیر، ۱۹۷۵؛ وسترن و تیلور، ۱۹۷۷؛ برامر، ۱۹۸۲).

۴- اندازه‌گیری ارتعاشات ضربه‌ای با جابجایی‌های زیاد و مکرر مانند آن‌هایی که توسط ابزارهای تصادفی 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 (حساسیت بین محوری کمتر از

۱۰ درصد) می‌توان از قرائت مقدار نادرست توسط دستگاه ممانعت نمود. همچنین برای شتاب-سنج‌های 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 ایده‌آل بزرگ‌تر از ۳۰ kHz باشد.

۵- برای در نظر گرفتن ریسک تغییرات محتوای فرکانسی سیگنال ارتعاشی ورودی، مقادیر هر محور باید با استفاده از یک شبکه پالایه‌ای با مشخصات تعیین‌شده در تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش بر مبنای پاسخ انسان توزین فرکانسی شوند. ثبت تمامی تغییرات فرکانسی متناسب با وزن 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 به‌صورت جداگانه وجود دارد. شبکه توزین تعریف‌شده 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. توصیه می‌شود که روش پردازش سیگنال به منظور تولید محتوای طیفی در هر محور برای شناسایی فرکانس‌های مربوط به پیک‌های اصلی شتاب به کار رود.

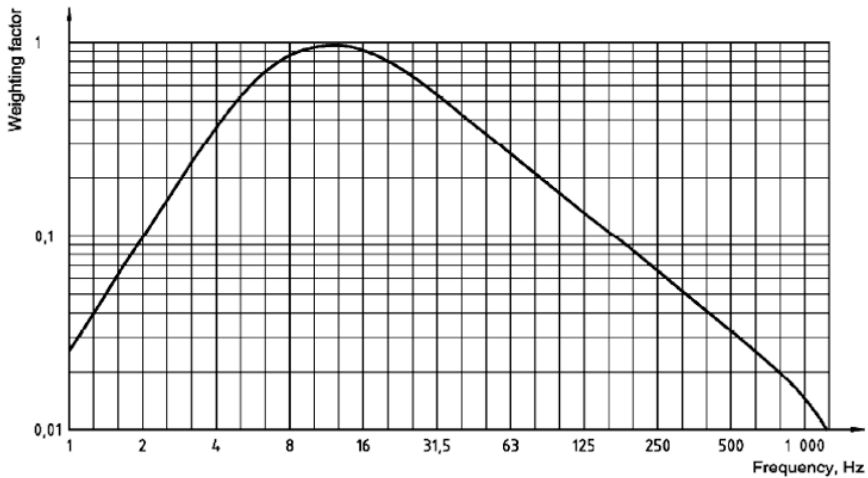
شتاب وزن یافته را می‌توان در دامنه فرکانسی یک-سوم اکتاو با استفاده از رابطه ۴ محاسبه نمود:

$$a_{hw} = [\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که:

a_{hw} شتاب rms وزن یافته فرکانسی مربوط به زمان مواجهه در هر محور موردنظر برحسب m/s^2
 W_{hi} فاکتور توزین فرکانسی ISO/ANSI مربوط به فرکانس i ام در باند $1/3$ اکتاو (شکل ۴ 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 فرکانسی ارایه شده ISO 5349 (2001a, b) و ANSI S2.70 (2006) به عنوان بهترین ضرایب 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 Hz ۱۶ 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 ۴- منحنی ضرایب توزین فرکانسی ISO (ANSI S2.70, 2006 و ISO 5349-1, 2001a)

ضمیمه ۲ - مثال‌های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه

مثال ۱: اگر مقدار کل ارتعاش برای زمان‌های مواجهه ۱ ساعت، ۳ ساعت و ۰/۵ ساعت (برای یک روز کاری ۸ ساعته) به ترتیب برابر با ۲/۵، ۳/۵ و ۱۰ متر بر مجذور ثانیه باشد آنگاه شتاب معادل ۸ ساعته معادل برابر است با:

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

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

بزرگی شتاب در سه محور را در مدت‌زمان مواجهه ۸ ساعته با استفاده از روش مجموع محورها (رابطه ۱) می‌توان محاسبه کرد:

$$a_{hv} = \sqrt{a^2_{hm_x} + a^2_{hm_y} + a^2_{hm_z}} = \sqrt{10.2^2 + 4.1^2 + 6.5^2} = 12.77 \text{ m/s}^2$$

و شتاب معادل ۸ ساعته را حال می‌توان با استفاده از رابطه ۳ به دست آورد:

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

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

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

مواجهه روزانه برابر با 3 m/s^2 بالاتر از سطح اقدام مواجهه و مرز بالای حد مجاز مواجهه قرار دارد.

مثال ۴: یک آچار برقی برای بستن پیچ چرخ‌ها در یک تعمیرگاه مکانیکی بکار می‌رود. هر وسیله نقلیه به ۲۰ پیچ چرخ نیاز دارد. اپراتور ابزار به‌طور معمول یک آچار بادی را برای هر ۵ پیچ چرخ بکار می‌برد، سپس آن را بر روی زمین قرار داده و به محل چرخ بعدی می‌رود. گزارش‌های کاری ثبت‌شده

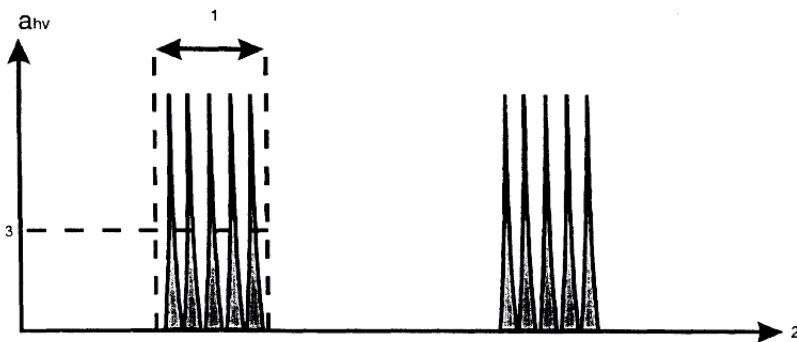
نشان می‌دهد که به‌طور متوسط در هر روز کار ۵۰ وسیله نقلیه به‌طور کامل انجام می‌گیرد، یعنی ۱۰۰۰ پیچ چرخ در روز.

اندازه‌گیری بزرگی ارتعاش فقط در طول زمان انجام ۵ پیچ یک چرخ می‌تواند انجام بگیرد. در این شرایط ضربه‌ی آچار برای مدت حداقل ۲۰ ثانیه توسط اپراتور نگه‌داشته می‌شود، بنابراین همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، یک مدت‌زمان ثابت ۲۰ ثانیه‌ای برای بستن ۵ پیچ چرخ بکار می‌رود. میانگین بزرگی ارتعاش برای دوره ۲۰ ثانیه برابر با 14.6 m/s^2 بود. لذا حداقل ۴ اندازه‌گیری برای اطمینان از یک میانگین زمانی کل بزرگ‌تر از ۶۰ ثانیه‌ای ضروری است. بنابراین مدت‌زمان کل مواجهه روزانه برابر است با:

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

بنابراین زمان مواجهه‌ی روزانه ۴۰۰۰ ثانیه است یعنی ۱ ساعت و ۷ دقیقه ($1/1h$) و بزرگی ارتعاش، 14.6 ahv 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 ۵- اندازه‌گیری دوره- ثابت تک ضربه یا تک انفجارهای عملیاتی ابزار

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

۱: دوره اندازه‌گیری؛ ۲: زمان؛ ۳: a_{hv} اندازه‌گیری شده

مثال ۵: کارگران جنگل بانی بخش اول فعالیتشان را در روز کاری با استفاده از ااره‌های بررسی انجام می‌دهند، این فعالیت به‌طور میانگین ۲ ساعت طول می‌کشد، قسمت دوم وظیفه آن‌ها توسط یک ااره

زنجیری برای قطع درختان انجام می‌شود، و سپس شاخه‌های روی کنده درختان برداشته می‌شوند. روزانه ۳۰ درخت قطع و شاخه‌های آن‌ها برداشته می‌شود. الگوی مواجهه ارتعاشی مشابه با شکل ۶ است. ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش را می‌توان با تقسیم نمودن روز کاری به سه وظیفه انجام داد:

عملیات برش برسی، قطع کردن و شاخه زدایی

در این مثال، مواجهه روزانه‌ی 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 مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این شرایط مناسب است که از روش‌های متفاوت ارزیابی برای هر وظیفه استفاده کنیم. برای عملیات اول کار به طور پیوسته ۲ ساعت طول می‌کشد. بزرگی ارتعاش اندازه‌گیری شده در چندین دوره نمونه‌گیری در حین کار، برابر با ۴/۶ متر بر مجذور ثانیه بوده است. مواجهه ارتعاش جزئی، به صورت ذیل به دست می‌آید:

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

استفاده از اره زنجیری برای قطع کردن هر درخت به طور متوسط ۲ دقیقه طول می‌کشد یعنی جمعاً یک ساعت برای ۳۰ درخت، میانگین بزرگی ارتعاش اندازه‌گیری شده در طول این دوره نیز ۶ m/s² است بنابراین برای اره 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 می‌انجامد. یعنی ۲ ساعت برای ۳۰ درخت. بزرگی ارتعاش ناشی از این وظیفه نیز برابر با ۳/۶ m/s² بود. بنابراین مواجهه ارتعاشی جزئی برای شاخه‌زدایی به صورت زیر خواهد بود:

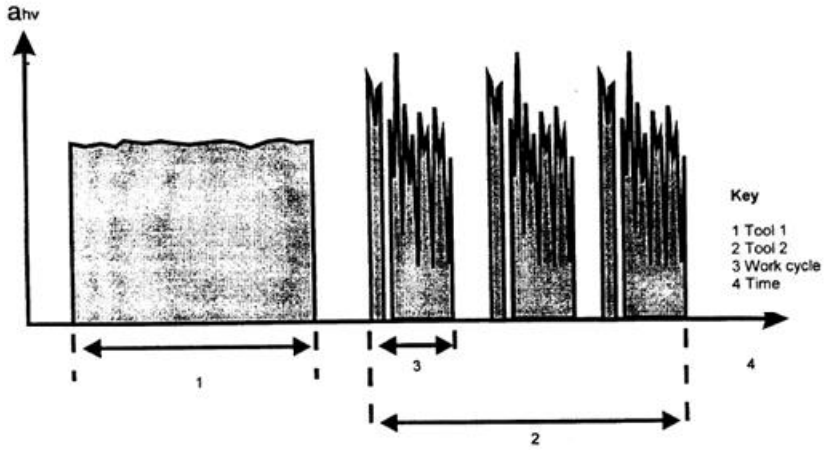
$$A_{stripping}(8) = 3.6 \sqrt{\frac{2}{8}} = 1.8 m/s^2$$

مواجهه‌های ارتعاشی جزئی از هر سه وظیفه شغلی که در مواجهه روزانه با ارتعاش نقش داشته‌اند، را می‌توان با استفاده از رابطه زیر برای محاسبه A(8) کل مواجهه روزانه، ترکیب نمود.

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

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

بنابراین مواجهه بالاتر از حد مجاز می باشد.

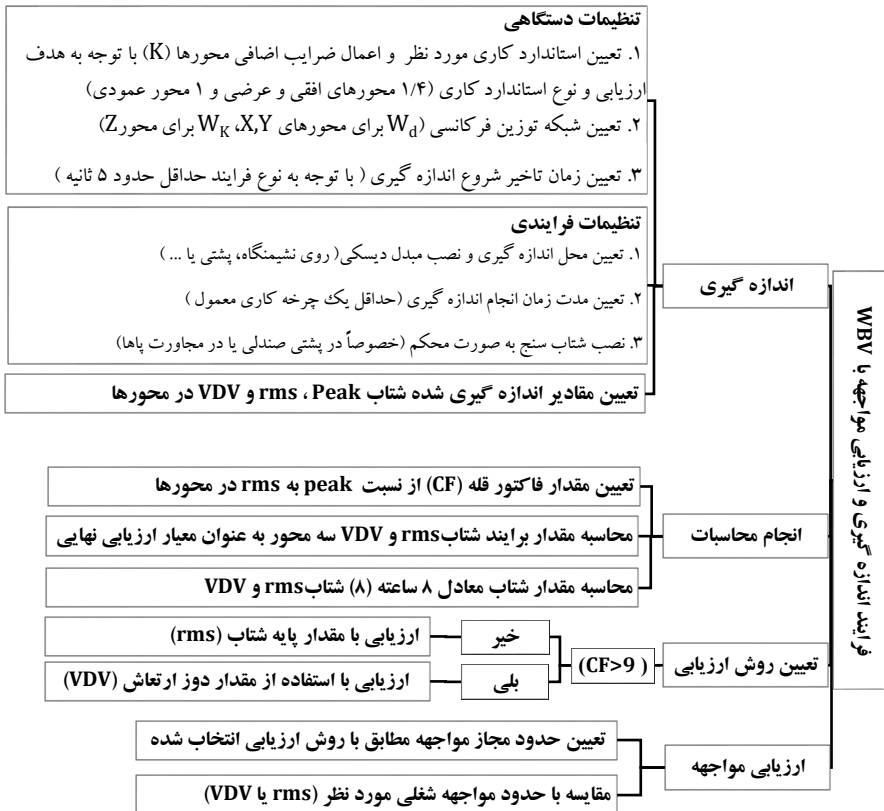


شکل ۶- ارزیابی مواجهه در شرایطی که بیشتر از یک ابزار وجود داشته باشد.

ارتعاش تمام بدن

ملاحظات اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن (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.



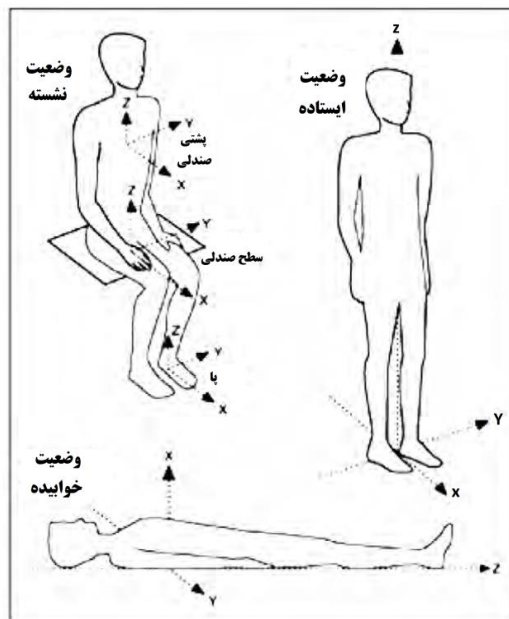
شکل ۱ - نمودار اندازه‌گیری و ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه شغلی با ارتعاش تمام بدن

ملاحظات کلی مربوط به ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن

در این بخش مطابق با استاندارد ISO 2631 روش‌های اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن ناشی از مواجهه با ارتعاش در محیط کار تعریف و فاکتورهای اصلی برای تعیین سطح مواجهه قابل قبول بیان می‌گردد. با توجه به حساسیت‌های ذاتی انسان محدوده فرکانسی موردنظر در این نوع از مواجهه شغلی از ۰/۵ تا ۸۰ هرتز در ارزیابی اثرات بهداشتی، آسایش و احساس مورد نظر قرار می‌گیرد.

این روش اندازه‌گیری و ارزیابی برای ارتعاشاتی که از طریق یک سطح حمایت‌کننده به بدن انسان منتقل می‌شود قابل اجرا می‌باشد که معمولاً در وسایل نقلیه، در ماشین‌آلات، در ساختمان‌ها و در مجاورت دستگاه‌های صنعتی دیده می‌شود و نبایستی برای ارزیابی تک شوک‌های با دامنه بی‌نهایت مانند آنچه در تصادفات رانندگی رخ می‌دهند بکار برد.

شتاب ارتعاشی کمیتی جهت‌دار با بزرگی متغیر است. ارتعاش بایستی بر اساس سیستم مختصات اصلی و در نقطه‌ای که ارتعاش قابل توجهی به بدن وارد می‌شود اندازه‌گیری شود. سیستم مختصات بیودینامیکی مورد استفاده برای اندازه‌گیری شتاب در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- سیستم محورهای بیودینامیک برای حالت خوابیده، نشسته و ایستاده

(ISO, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰)

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 (m/s^2) بیان می‌شود. اما در ارتباط با ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن کمیت دیگری تحت عنوان مقدار دوز ارتعاش^۱ (VDV) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که کمیت تجمعی است و صرفاً در بحث ارتعاش انسانی به کار می‌رود و با واحد $\frac{m}{s^{1.75}}$ بیان می‌شود. سایر کمیت‌های مورد استفاده در این زمینه مانند شتاب حداکثر، شتاب پیک^۲ نیز، از آنجا که ماهیت شتاب دارند، بر حسب $(\frac{m}{s^2})$ بیان می‌شوند.

تعیین روش ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن (فاکتور قله)

فاکتور قله به‌عنوان قدر مطلق نسبت مقدار پیک^۳ در سیگنال شتاب وزنی فرکانسی به مقدار rms در آن سیگنال تعریف شده است. برای ارزیابی مواجهه کاربران با ارتعاش تمام بدن توصیه می‌شود از یکی از روش‌های ارزیابی ارایه شده توسط ISO 2631، یعنی rms یا VDV استفاده نمود. در انجام ارزیابی بایستی توجه داشت که مقادیر حدود مجاز و عمل توصیه‌شده مطابق با شتاب rms برای فاکتورهای قله ۹ یا کمتر معتبر هستند (ISO 2631:1997, 2003). در صورتی که فاکتور قله از ۹ تجاوز نماید، ممکن است مقادیر تعریف‌شده برای حدود مجاز یا اقدام مواجهه اثرات ارتعاش را کمتر از مقدار واقعی پیش‌بینی نمایند و به همین دلیل باید جانب احتیاط در این شرایط رعایت گردد. 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 (VDV) جهت ارزیابی ثانویه و تکمیلی استفاده شود.

1 Vibration Dose Value

2 Peak acceleration

3 Peak Value

روش‌های ارزیابی مواجهه

الف- روش ارزیابی پایه^۱ 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) بر حسب m/s^2 برای ارتعاش خطی و راد بر مجذور ثانیه برای ارتعاشات دورانی است. شتاب rms وزن یافته بایستی طبق معادله زیر یا معادل با آن در دامنه فرکانسی مربوط محاسبه شود.

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} ((a_{w1}^2 \times t_1) + (a_{w2}^2 \times t_2) + \dots + (a_{wn}^2 \times t_n))} \quad (\text{رابطه ۱})$$

a_w 1,2, ...n : شتاب rms وزن یافته فرکانسی مربوط به هر یک از بازه‌های زمانی t برای مواجهه روزانه ($\frac{m}{s^2}$)
 T و t به ترتیب کل زمان مواجهه و طول زمان مواجهه در انجام هر زیر وظیفه شغلی برحسب ثانیه، دقیقه یا ساعت

ب- روش استفاده از مقدار دوز ارتعاش (VDV)^۲

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^۳ 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:

$$VDV = k_1 ((a_{w1}(t_1))^4 + (a_{w2}(t_2))^4 + \dots + (a_{wn}(t_n))^4)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که a_w مقدار شتاب rms وزن یافته در بازه‌های زمانی t مختلف و k_1 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.

1 Basic Evaluation Method

2 Vibration Dose Value

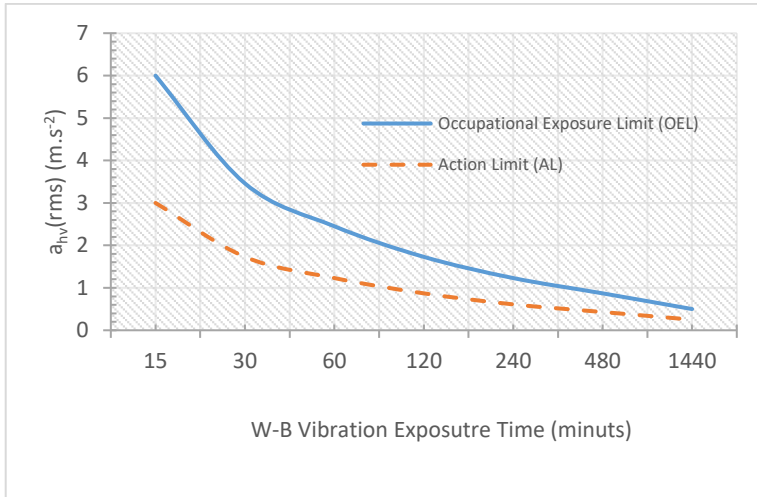
3 Transient

به منظور ارزیابی مواجهه در زمان‌های بیش از ۶ ساعت روش VDV را باید با احتیاط به کار گرفت. جهت ارزیابی مواجهات طولانی تر از ۶ ساعت، برای ارزیابی اثرات بهداشتی برای احتیاط بهتر است حدود مراقبت و مجاز مطابق با روش rms بکار رود. 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. این کمیت خاصیت تجمعی داشته و در طول مدت‌زمانی که بزرگی ارتعاش کم می‌شود و یا به صفر می‌رسد، کاهش نمی‌یابد. بعلاوه مواجهه با ارتعاش دائمی باعث می‌شود که دوز ارتعاش به‌طور پیوسته افزایش یابد درحالی‌که شتاب مؤثر ثابت می‌ماند.

حدود مجاز مواجهه با ارتعاش تمام بدن

ارزیابی نهایی مواجهه باید بر اساس مقادیر rms و یا VDV صورت پذیرد. حدود مواجهه شغلی (OEL) برای فرکانس‌های مرکزی یک‌سوم اکتاو باند در کل محدوده فرکانسی رزونانس بدن انسان برای مدت‌زمان‌های کاری مختلف روزانه با توجه به روش شتاب rms وزن یافته و زمان مواجهه با ارتعاش تمام بدن (WBV) با خط توپر بالایی در شکل ۳ و همچنین در مقادیر ارایه شده در جدول ۱ نشان داده شده است. حد مجاز (OEL) برای مواجهه روزانه $A(\lambda)$ با ارتعاش تمام بدن 0.17 m/s^2 تعیین شده است.

حد اقدام (AL) مواجهه شغلی در فرکانس‌های مرکزی یک‌سوم اکتاو باند با توجه به روش شتاب rms وزن یافته و زمان مواجهه با ارتعاش تمام بدن با خط نقطه چین پایین در شکل ۳ و همچنین در مقادیر ارایه شده در جدول ۱ نشان داده شده است ارائه شده است. حد اقدام (AL) برای مواجهه روزانه $A(\lambda)$ با ارتعاش تمام بدن 0.43 m/s^2 تعیین شده است.



شکل ۳- حد مجاز و حد اقدام مواجهه شغلی ارتعاش تمام بدن در بازه های زمانی تا ۲۴ ساعت. منطبق بر حدود بالا و پایین ارایه شده در ISO 2631؛ (ANSI 2.70 ، TLV & BEI ACGIH 2026)

حدود مواجهه شغلی (OEL) و حدود اقدام (AL) در زمان‌های مختلف کاری روزانه بر اساس روش ارزیابی VDV در جدول ۲ ارائه شده است. هنگام استفاده از این روش، به منظور حفاظت افراد از اثرات ارتعاش، مقدار مواجهه در هیچ‌یک از محورها نباید از $17 \text{ ms}^{-1.75}$ فراتر رود. به طور اکید توصیه می‌شود که اقداماتی به منظور کاهش سطح ارتعاش بر اساس VDV در رساندن میزان مواجهه به مرز احتیاطی $8/5 \text{ ms}^{-1.75}$ تا 17 (HGCZ) اجرا گردد. این محدوده در استاندارد ISO 2631 ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی (HGCZ¹) نامیده می‌شود و حدهای AL و OEL است.

1 Health Guidance Caution Zone

جدول ۱- حدود مواجهه شنلی (OEL) ارتعاش تمام بدن 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	(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
$a_{w(OEL)} = \frac{2.45}{\sqrt{T}} \quad (m/s^2 \text{ rms})$ $a_{w(AL)} = \frac{1.23}{\sqrt{T}} \quad (m/s^2 \text{ rms})$ $T = \frac{6}{a_{w(OEL)}^2}$ $T_v = \frac{1.5}{a_{w(AL)}^2}$		<p>رابطه تعیین مقدار OEL در زمان مورد نظر T (ساعت)</p> <p>رابطه تعیین مقدار AL در زمان مورد نظر T (ساعت)</p> <p>رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL</p> <p>رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL</p>

توضیحات

اعداد ارائه شده OEL در جداول ۱ و ۲ مطابق با مرز بالایی ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی تعریف شده توسط ISO 2631-1, ۲۰۱۰ است. همان طور 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 شامل مواجهه و استراحت بعد از آن تا شیفت بعدی 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 است. با توجه به ضمیمه ISO B

ISO 2631-1, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳ در صورتی که مقدار مواجهه اپراتورها و شاغلین در طول یک دوره معین روزانه 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 شنلی مذکور نباید در سازه‌های دریایی، کشتی‌های بزرگ یا ساختمان‌های ثابت به کار گرفته شود. با توجه به اینکه ممکن است اثرات ناشناخته روان‌شناختی و فیزیولوژیک مربوط به ریسک بهداشتی ناشی از ارتعاش وابسته به حساسیت افراد متفاوت باشد، بنابراین نباید این حدود را به‌عنوان مرز قطعی بین ایمنی و خطر تلقی نمود.

جدول ۲- حدود مواجهه شنلی (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 شنلی (OEL)	حد اقدام (AL)	
۴۴/۷۶	۲۲/۳۸	(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
$VDV_{(OEL)} = \frac{28.6}{T^{\frac{1}{4}}} \text{ (m/s}^{1.75}\text{)}$	رابطه تعیین مقدار OEL در زمان مورد نظر T (ساعت)	
$VDV_{(AL)} = \frac{14.3}{T^{\frac{1}{4}}} \text{ (m/s}^{1.75}\text{)}$	رابطه تعیین مقدار AL در زمان مورد نظر T (ساعت)	
$T_{OEL} = 8 \left(\frac{17}{VDV_{mesu}} \right)^4 \text{ (hrs)}$	رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL برای VDV اندازه گیری شده	
$T_{OEL} = 8 \left(\frac{8.5}{VDV_{mesu}} \right)^4 \text{ (hrs)}$	رابطه تعیین مدت زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL برای VDV اندازه گیری شده	

ترکیب محورها

مشابه با آنچه در مورد ارتعاش دست بازو اشاره شد در اینجا نیز سیگنال ورودی جهت دار بوده و در هر سه جهت مختصاتی یا بیودینامیکی منتشر می شود. مقادیر شتاب rms وزن یافته فرکانسی برای محورهای x، y و z به ترتیب به صورت a_{wx} ، a_{wy} ، a_{wz} گزارش می شوند. در ارتعاش تمام بدن ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه بر اساس برآیند سه محور انجام می شود. مقدار ارتعاش کلی a_v ، که در اینجا به اختصار a_v نامیده می شود، به صورت ریشه ی مجموع مربعات مقادیر اندازه گیری شده محورهای سه گانه با اعمال ضرایب اضافی مربوط به هر محور تعریف می شود:

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

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

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

که $a_{w x, y, z}$ ، $VDV_{w x, y, z}$ 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 می باشند. در ارزیابی اثرات بهداشتی ضرایب اعمالی K، برای محوره های 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 می رود. 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 می شوند 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 معین باشد، مقدار انرژی معادل شتاب وزن یافته برای هر محور را می‌توان مطابق با ISO ۱-۲۶۳۱ (۲۰۱۰، ۲۰۰۳، ۱۹۹۷) به صورت زیر محاسبه نمود:

$$a_{w1,e} = \left[\frac{\sum (a_{w1j}^2 \cdot T_j)}{\sum T_j} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$a_{w1,e}$ = مقدار معادل شتاب وزن یافته کل در محور مورد نظر l ($ms^{-2} rms$)

a_{w1j} = مقدار کل شتاب وزن یافته در هر محور مورد نظر برای دوره زمانی j ($ms^{-2} rms$) (از رابطه ۱ یا ۲)

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

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

$$\frac{m}{s^2} A(8) = \sqrt{\frac{(a_{w1}^2 \cdot t_1) + (a_{w2}^2 \cdot t_2) + \dots + (a_{wn}^2 \cdot t_n)}{8}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

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

a_{w1j} = مقدار کل شتاب مؤثر وزن یافته برای جهت مورد نظر در دوره زمانی T_j

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

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

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

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 (۲۸۸۰۰ ثانیه) در نظر گرفته می‌شود. برای مشاهده نمونه‌های مربوط به تعیین مواجهه در شرایط مختلف نمونه‌های انتهایی در ضمیمه ۲ این بخش را ببینید.

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

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

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

محل اندازه‌گیری و نصب شتاب‌سنج

مبدل ارتعاشی باید به‌طور مناسب بین بدن انسان و منبع ارتعاشی قرار گیرد. ارتعاشی که به بدن منتقل می‌شود باید بر روی سطحی، بین بدن و سطح مرتعش اندازه‌گیری شود. ناحیه اصلی تماس بین بدن و سطح مرتعش ممکن است همیشه واضح و آشکار نباشد. ISO 2631 برای افراد نشسته سه ناحیه اصلی شامل سطح حمایت‌کننده نشیمنگاه یا صندلی، پشتی صندلی و پاها را به کار می‌برد. اندازه‌گیری بر روی سطح حمایت‌کننده صندلی بایستی در محل برآمدگی ورکی^۱ (بین ران و نشیمنگاه) باشد. اندازه‌گیری پشتی صندلی بایستی در محدوده اصلی حمایت‌کننده بدن انجام گیرد. اندازه‌گیری در پاها نیز بایستی در محلی که پاها اکثراً در آن محدوده قرار دارند انجام گیرد. شتاب‌سنجی در محورهای مختصاتی اصلی تا جایی که امکان‌پذیر است بایستی باهم و به‌صورت هم‌زمان انجام شود. روش معمول نصب شتاب‌سنج‌ها در اندازه‌گیری ارتعاش صندلی در ISO 10326-1 ارائه شده است.

مدت‌زمان اندازه‌گیری^۲

مدت‌زمان اندازه‌گیری باید به‌اندازه‌ای باشد که از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شود و در واقع ارتعاش اندازه‌گیری شده باید منعکس‌کننده مواجهه معمول اپراتور باشد. مدت‌زمان اندازه‌گیری بایستی حتماً گزارش گردد. درجایی که کل مواجهه شامل دوره‌های متفاوت با مشخصات ارتعاشی مختلفی است تجزیه و تحلیل جداگانه هر یک از دوره‌های مختلف موردنیاز است. برای سیگنال‌های تصادفی ثابت، صحت اندازه‌گیری به پهنای باند پالایه و مدت‌زمان اندازه‌گیری‌ها بستگی دارد به‌عنوان مثال برای تعیین خطای اندازه‌گیری کمتر از ۳ دسی‌بل با سطح اطمینان ۹۰٪ زمانی که تجزیه و تحلیل در ۱/۳ اکتاو باند

1 Ischia tuberosities

2 Duration of measurement

انجام شود نیاز به حداقل زمان اندازه گیری ۱۰۸ ثانیه برای یک فرکانس حد پایین^۱ LLF، ۱ هر تزی و ۲۲۷ ثانیه برای یک LLF، ۰/۵ هر تزی است. به عنوان یک قاعده سرانگشتی باید زمان اندازه گیری حداقل یک دوره کامل چرخه شغلی یا مسیر راهبری را پوشش دهد.

ضمیمه ۱- نکات تکمیلی

۱- 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).

۲- در ارتعاش تمام بدن محدوده فرکانسی حائز اهمیت از ۰/۵ تا ۸۰ هر تزی است اما چون که ریسک صدمات در همه فرکانس‌ها برابر نیستند، یک باند توزین فرکانسی^۲ جهت بیان احتمال صدمات در فرکانس‌های مختلف ارائه شده است. 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.

۳- برای ارزیابی اثرات بهداشتی اپراتورها یا شاغلین مواجه با ارتعاش تمام بدن، 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 (۲۰۱۰، ۲۰۰۳، ۱۹۹۷) انجام گیرد. این امر 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 ارتعاش تمام بدن در شکل ۴ نمایش داده شده است. ضرایب اضافی (k_i) برای برآورد ریسک بهداشتی برای هر محور در

1 lower limiting frequency

2 Frequency weighting

استاندارد ISO ۲۶۳۱ تعیین شده است. از رابطه ۹ جهت محاسبه مقدار کل شتاب rms وزن یافته در دامنه زمانی برای هر جهت استفاده می شود:

$$a_{wl} = k_l \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_{wl}^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ۹})$$

محاسبات در دامنه فرکانسی به صورت ذیل است:

$$a_{wl} = k_l (\sum [W_{li} a_{li}]^2)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

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)

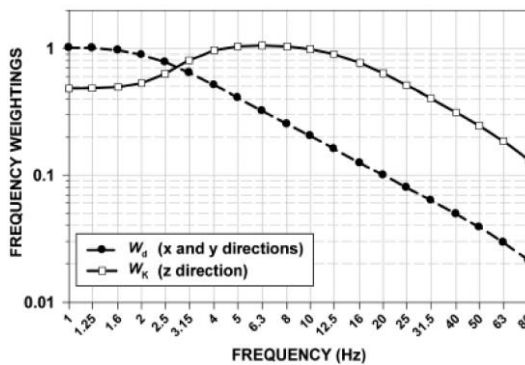
$a_{wl}(t)$: شتاب وزن یافته به عنوان تابعی از زمان بین ۸۰-۰/۵ Hz برحسب m/s^2

T : دوره اندازه گیری (ثانیه)

W_{li} : وزن دهی فرکانسی برای محورها در باند فرکانسی باریک یا فرکانس مرکزی یک سوم اکتاو باند، Δf

a_{li} : مقدار شتاب rms برای محورها در باند فرکانسی متناظر، Δf از ۸۰-۰/۵ Hz

اندازه گیری شتاب وزن یافته فرکانسی در ارزیابی ارتعاش انسانی، نیاز به استفاده از پالایه های توزین فرکانس و محدود کننده های باندهای فرکانسی دارد. دو شبکه وزن دهی فرکانسی، w_k برای ارتعاش عمودی (z) و w_d برای ارتعاشات افقی و عرضی (x, y)، به منظور پیش بینی اهمیت فرکانس های ۰/۵ تا ۸۰ هرتز در برآورد اثرات بهداشتی در انسان مورد استفاده هستند.



شکل ۴. شبکه توزین فرکانسی W_d (برای محورهای x و y) و W_k (برای محور z , ISO ۲۶۳۱: ۱۹۹۷)

۴- 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. از جمله فاکتورهای دیگری که ممکن است بر روی پاسخ انسان به ارتعاش مؤثر باشند می‌توان به این موارد اشاره نمود: 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)، گرفتاری‌های مالی.

ضمیمه ۲ - مثال‌های کاربردی از روش ارزیابی مواجهه

مثال ۱: یک راننده هر روز ۱ ساعت با یک لیفتراک کوچک بارگیری کامیون را انجام می‌دهد و ۶ ساعت در حال رانندگی یک کامیون به شرح ذیل است:
مرحله ۱: مقادیر ارتعاش روی صندلی برحسب m/s^2 برابر است با:

معمورهای اندازه‌گیری شده	لیفتراک	کامیون
محور X	۰/۵	۰/۲
محور Y	۰/۳	۰/۳
محور Z	۰/۹	۰/۳

مرحله ۲: بنابراین مواجهه روزانه (A8) محوره‌های 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: نهایتاً 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 اندازه‌گیری شده VDV به شرح ذیل است، ارزیابی سطح مواجهه را در این وضعیت انجام دهید.

مرحله ۱: مقادیر ارتعاش اندازه‌گیری شده بر روی صندلی در مدت‌زمان ۱ ساعت برای لیفتراک و ۴ ساعت برای کامیون، برحسب $\text{m/s}^{1.75}$ به شرح ذیل است:

معمورهای اندازه‌گیری شده	لیفتراک	کامیون تحویل
محور X	۶	۴
محور Y	۴	۵
محور Z	۱۲	۶

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

لیفتراک	کامیون
$VDV_{epx,x,lif} = 1.4 \times 6 \times \left(\frac{1}{1}\right)^{\frac{1}{4}} = 8 \text{ m/s}^{1.75}$	$VDV_{epx,x,lorry} = 1.4 \times 4 \times \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{1}{4}} = 6 \text{ m/s}^{1.75}$
$VDV_{epx,y,lif} = 1.4 \times 4 \times \left(\frac{1}{1}\right)^{\frac{1}{4}} = 6 \text{ m/s}^{1.75}$	$VDV_{epx,y,lorry} = 1.4 \times 5 \times \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{1}{4}} = 8 \text{ m/s}^{1.75}$
$VDV_{epx,z,lif} = 12 \times \left(\frac{1}{1}\right)^{\frac{1}{4}} = 12 \text{ m/s}^{1.75}$	$VDV_{epx,z,lorry} = 6 \times \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{1}{4}} = 7 \text{ m/s}^{1.75}$

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

$$VDV_x = (8^4 + 6^4)^{\frac{1}{4}} = 9 \text{ m/s}^{1.75}$$

$$VDV_y = (6^4 + 9^4)^{\frac{1}{4}} = 9 \text{ m/s}^{1.75}$$

$$VDV_z = (12^4 + 7^4)^{\frac{1}{4}} = 12 \text{ m/s}^{1.75}$$

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

$$VDV_{total} = [(9)^4 + (9)^4 + (12)^4]^{\frac{1}{4}} = 14 \text{ m/s}^{1.75}$$

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

مثال ۳: یک راننده‌ی ماشین برداشت درخت، در طی یک شیفت کاری استاندارد روزانه ۶/۵ ساعت با این وسیله‌ی نقلیه رانندگی می‌کند. مدت زمان اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن روی صندلی این ماشین ۲ ساعت بوده است و مقادیر اندازه‌گیری شده به شرح ذیل است:

محورهای اندازه‌گیری شده	VDV (m/s ^{1.75})
محور X	۳
محور Y	۵
محور Z	۴

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

$$VDV_{epx,x} = 1.4 \times 3 \times \left(\frac{6.5}{2}\right)^{\frac{1}{4}} = 5.6 \text{ m/s}^{1.75}$$

$$VDV_{epx,y} = 1.4 \times 5 \times \left(\frac{6.5}{2}\right)^{\frac{1}{4}} = 9.4 \text{ m/s}^{1.75}$$

$$VDV_{epx,z} = 4 \times \left(\frac{6.5}{2}\right)^{\frac{1}{4}} = 5.4 \text{ m/s}^{1.75}$$

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

$$VDV_{total} = [(5.6)^4 + (9.4)^4 + (5.4)^4]^{\frac{1}{4}} = 9.9 \text{ m/s}^{1.75}$$

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

منابع :

- 1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2026.
- 2- 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).
- 3- 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).
- 4- 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)
- 5- 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).
- 6- 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).
- 7- 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).
- 8- 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)
- 9- Pelmear PL; Leong D; Taylor W; et al: Measurement of vibration of hand-held tools: weighted or unweighted? J Occup Med 31(11):903-908 (1989) Taylor W; Pelmear PL (Eds): Vibration White Finger in Industry. Academic Press, London, England (1975)
- 10- 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).
- 11- 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)

- 12- Wasseman DE; Taylor W Behrens V, et al.: Vibration White Finger Disease in US Workers Using Pneumatic Chipping and Grinding Hand Tools, *Voli Epidemiological*. DHHS (NIOSH) Pub No 82-118, NTIS Pub No PB-83-192-849. National Technical Information Service, Springfield, VA (1982a).
- 13- Wasserman DE; Reynolds D; Behrens V. et al.: Vibration White Finger Disease in US Workers Using Pneumatic Chipping and Grinding Hand Tools, Vol I. *Engineering*. DHHS (NIOSH) Pub No 82-101, NTIS Pub No PB-83-113-415. National Technical Information Service, Springfield, VA (1982b).
- 14- Wasserman DE: *Human Aspects of Occupational Vibration* Elsevier Publishers, Amsterdam, Netherlands (1987)
- 15- Wasserman DE: The control aspects of occupational hand-arm vibration. *Appl Ind Hyg* 4(18):F22-F26 (1989a).
- 16- Wasserman DE: To weight or not to weight..that is the question. *J Occup Med* 31(11):909(1989b)
- 17- International Standards Organization (ISO). *Mechanical vibration and shock: Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration –Part 1: Basic requirements*. ISO 10326-1:2016. Geneva (CH): 2016.
- 18- international Standards Organization (ISO); ISO 2631-1:1997: *Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 1: General Requirements*. Geneva, Switzerland (1997).
- 19- International Standards Organization (ISO): ISO 2631-1:1997/Amd. 1:2010: *Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 1: General Requirements, Amendment 1*. ISO, Geneva, Switzerland (2010).
- 20- International Standards Organization (ISO): ISO 2631-2:2003: *Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 2: Vibration in Buildings (1 Hz to 80 Hz)*. Geneva, Switzerland (2003).
- 21- International Standards Organization (ISO). *Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration–Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks*. ISO 2631-5:2018. Geneva (CH): 2018.
- 22- International Standards Organization (ISO): ISO 18570:2017/Amd.2017: *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand transmitted vibration — Supplementary method for assessing risk of vascular disorders*, ISO, Geneva, Switzerland (2017).
- 23- Gerhardsson L, Hagberg M, Lundström R. Vibration-induced injuries in workers exposed to transient and high-frequency vibration. *J Occup Environ Med*. 2020;62(8):642–649. doi:10.1097/JOM.0000000000001929.

- 24- International Organization for Standardization. *ISO 5349-1:2001 – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements*. Geneva: ISO; 2001.
- 25- Nassiri P, Ali-Mohammadi I, Beheshti MH, Azam K. Evaluation of hand-arm vibration exposure in tiller users. *Behdaasht va Imeni Kar*. 2013;3(2):35–46
- 26- Rahmai r, Golmohammadi R. Aliabadi M, Investigation of Job Stress among Urban Bus Drivers Concerning Daily Noise and Vibration Exposure, *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 10(3); 2023.
- 27- Zabihi M, Azimi Pirsaraei SR, Hajizadeh R, Fallah R. Evaluation of workers' exposure to hand-arm vibration of impact wrench in heavy vehicles puncture shops and providing control methods. *Iran Occupational Health*. 2022; 19:18. doi:10.52547/ioh.19.1.270.
- 28- Soltani A, Aliabadi M, Golmohammadi R, Motamedzade M. Experimental study of the level of manual performance disability caused by exposure to hand-arm vibration among automobile casting workers. *Journal of Ergonomics*. 2018;6(1):40–49.
- 29- Bayat R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Shafiee Motlagh M. Assessment of exposure to hand-arm vibration and its related health effects in workers employed at stone cutting workshops of Hamadan city. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2016;3(1):25–31.
- 30- Mirzaei R, Biglari H, Beheshti MH, Fani MJ, Azrah K. Assessment of workers' exposure to hand-arm and whole body vibration in one of the furniture industries in east of Tehran. *Iranian Journal of Health, Safety & Environment*. 2015;2(1):196–203.
- 31- Pourabdian S, Habibi E, Sadegi M, Rismanchian M. Effect of anti-vibration handle use on hand grinding machine vibration. *Journal of Health System Research*. 2010;6(1):124–132.
- 32- Alimohammadi I, Rouhzende I, Abolghasemi J, AmirArsalan Khan A, Soltani Gerdefaramarzi R. Study of the effect of hand-arm vibration on hand grip strength. *Occupational Medicine Quarterly Journal*. 2022;13(4):37–43. doi:10.18502/tkj.v13i4.9143.
- 33- Golmohammadi R, Nassiri P. Evaluation of hand-arm vibration in pneumatic hammer users. *Journal de Physique France*. 1992; XX:217–221. doi:10.1051/jp.
- 34- Golmohammadi R. Assessment of hand-arm vibration exposure in stonecutting workers. *Hamadan University of Medical Sciences Journal*. 1994; XX:45–53.
- 35- Gerhardsson L, Ahlstrand C, Ersson T. A follow-up study of vibration-induced injuries among exposed workers. *J Occup Environ Med*. 2024;66(4):220–229.

- 36- Chen N, Li J, Zhang Y, Wang P. Evaluation of hand–arm vibration exposure and neurological effects among groundskeepers. *Occup Health Sci.* 2024;8(2):110–121.
- 37- Nilsson T, Wahlström J, Burström L. Hand–arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017;12(7):e0180795.

روشنایی

کارگروه عوامل فیزیکی پس از مطالعه و بررسی مستندات علمی و پژوهشی، با در نظر گرفتن این موضوع که تأمین روشنایی کافی و مطلوب حائز اهمیت بوده و می‌تواند با کارایی ذهنی و اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط باشد، جداول فشرده مواجهه با روشنایی تدوین و ارائه نمود. این حدود الزامی و هم ارزش با OEL بوده و رعایت آنها در محیط‌های شغلی الزامی می‌باشد. 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. مقادیر تعیین شده برای افراد دارای بینایی سالم یا عیوب انکساری اصلاح شده در محدوده سنی تا ۶۵ سال است و در صورتیکه شاغلین دارای بالاتر از این سن وجود داشته باشند ضریب ۰/۳ برای افزایش روشنایی موضعی آنان تعیین می‌گردد.

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، هم‌چنین اندازه‌گیری محوطه‌ای و جاده‌ای در سطح زمین معتبر است. 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 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 تعیین شده 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 مورد قبول انجمن مهندسين روشنایی در سطح معابر و محوطه‌ها با رعایت شاخص یکدستی توزیع روشنایی است. علاوه بر معیارهای ذکر شده سایر الزامات زیر نیز برای تأمین کیفیت روشنایی و سلامت شاغلین باید رعایت گردد:

برای اماکن با ارتفاع کمتر از ۴ متر استفاده از منابع الکتریکی نقطه‌ای (متال‌هالید، LED نقطه‌ای و فلورسنت فشرده کلاسی) مجاز نیست و توصیه می‌شود منابع روشنایی به صورت 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 جهت تأمین نیاز به طیف نور آبی باید دمای رنگ (همبسته)^۲ منابع برای کار روزانه حداقل ۴۰۰۰ درجه کلوین و برای نوبت کاری ۵۵۰۰ درجه کلوین باشد. برای مشاغلی که حفظ عملکرد ذهنی در آنها جزء ضرور کار باشد (مانند اتاقهای کنترل) دمای رنگ منابع روشنایی باید برای روز کاران از ۵۰۰۰ درجه کلوین و برای شب کاران ۸۰۰۰ درجه کلوین بالاتر باشد.

شاخص تجلی رنگ^۳ منابع الکتریکی برای فعالیت‌های اداری و مشاغلی که به دید کامل رنگ نیاز دارند نباید کمتر از ۸۰ باشد، همچنین برای مشاغل تولیدی شاخص تجلی رنگ منابع نباید کمتر از ۵۰ باشد. درخشندگی منابع الکتریکی و سایر سطوح در محدوده دید شاغلین نباید از ۱۰۰۰ کاندلا بر مترمربع بیشتر باشد.

1 Diffuse

2 Correlated Color Temperature

3 Color Rendering Index

روشنایی اضطراری

سامانه روشنایی اضطراری، شکلی از روشنایی است که در هنگام نقص منبع اصلی انرژی (برق) در نتیجه شرایط اضطرار، مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از ترس افراد پیشگیری کرده و همچنین این امکان را فراهم کند که به عنوان روشنایی جایگزین، افرا به فعالیت خود به طور موقت یا دایم ادامه دهند یا در صورت احتمال خطر، به خارج از فضای محصور یا مسقف حرکت نموده و خارج شوند.

سامانه روشنایی اضطراری که مربوط به زمان‌های خاص نظیر قطع جریان برق اصلی، تعمیرات سامانه اصلی تأمین روشنایی و هنگام بروز حوادث است باید به‌طور مشخص و مجزا به‌گونه‌ای تأمین شده باشد که متوسط شدت روشنایی برای محیط‌های با خطر پایین ۱۰ لوکس و خطر بالا یا وجود دود، از ۲۰ لوکس برای ادامه فعالیت موقت کمتر نباشد در مسیرهای خروج اضطراری افراد، متوسط شدت روشنایی در کف مکان مورد نظر نبایستی از ۱۰٪ متوسط شدت روشنایی معمول یا ۱۵ لوکس کمتر باشد. در هیچ نقطه محدوده مورد نظر برای طراحی روشنایی اضطراری با رعایت شرایط بالا، شدت روشنایی نباید از یک لوکس کمتر باشد.

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

شاخص یکدستی Emin/Eavg	میانگین شدت روشنایی عمومی موردنیاز Lx	مثال	اندازه اشیاء و تصاویر	خصوصیات مکان
۰/۶	۱۰۰	زیرزمین‌ها، راهروها، تونل‌های عبور پیاده و زیرگذرهای پیاده‌رو	۱۰ سانتی‌متر	مکان‌هایی با تردد محدود افراد
۰/۶	۱۵۰	انبارها و راه‌های خروج	۱۰ سانتی‌متر	مکان‌هایی با توقف محدود افراد
۰/۶	۲۰۰	بارگیری و تخلیه یا آماده‌سازی مواد اولیه تولید، کارهای عمومی ساختمان	۱۰ سانتی‌متر	کارهای غیردقیق
۰/۶	۲۵۰	کارهای خدماتی و تولیدی صنعتی، سالن‌های ورزشی عمومی، اماکن	۵ سانتی‌متر	کارهای با دقت متوسط
۰/۶	۳۰۰	کارهای اداری، آموزشی تحریری، بهداشتی درمانی، خط مونتاژ قطعات، چاپ، نساجی و پوشاک، اتاق کنترل	۵ میلی‌متر	کارهای دقیق

* مبنای سنجش، ارتفاع عمومی سطح کار و بر اساس الگوهای شش‌گانه IES است.

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

شدت روشنایی موضعی موردنیاز Lx	مثال	اندازه اشیاء و تصاویر	خصوصیات شغل
۲۵۰	مشاغل تولیدی و تعمیرات عادی	۵ سانتی متر	کارهای معمول غیردقیق
۲۷۰	مونتاز قطعات مکانیکی، تعمیر تجهیزات مکانیکی	یک سانتی متر	کارهای نسبتاً دقیق
۳۰۰	مشاغل اداری، تحریری یا تایپی، تعمیرات و مونتاز تجهیزات الکتریکی	۵ میلی متر	کارهای دقیق
۵۰۰	نقشه کشی، طراحی دقیق، مونتاز یا تعمیر قطعات ریز، قالی بافی	یک میلی متر	کارهای خیلی دقیق
۵۰۰-۱۰۰۰۰	طراحی فرش، مینیاتور تعمیرات یا مونتاز دقیق، کنترل کیفیت	کمتر از یک میلی متر	کارهای فوق العاده دقیق
۲۴۰۰۰	جراحی	کمتر از یک میلی متر	کارهای فوق العاده دقیق

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

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

* روش معتبر اندازه‌گیری روشنایی در نقاط مرجع در سطح معابر و محوطه‌ها و نحوه ارزیابی و مقایسه با حدود الزامی مندرج در این مبحث در کتاب «راهنمای اندازه‌گیری و ارزیابی روشنایی در محیط کار» منتشر شده توسط مرکز سلامت و محیط کار به تفصیل آمده است.

جنبه‌های سلامت شغلی مربوط به منابع نوری مصنوعی جدید

در طول دهه گذشته، انقلابی در نورپردازی داخلی در حال وقوع بوده است که بخشی از آن به دلیل فناوری‌های جدید لامپ‌های فلورسنت فشرده (CFL) و لامپ‌های دیود ساطع‌کننده نور حالت جامد (LED) (که خروجی طیفی متفاوت تری از لامپ‌های رشته‌ای سنتی دارند) و بخشی دیگر به دلیل تلاش برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی بوده است.

برخی از این لامپ‌های جدید طیف‌های (طیف‌های رنگی) به اندازه کافی متفاوتی دارند که نگرانی‌هایی در مورد اثرات بالقوه بر سلامتی ایجاد شده است. شواهد قابل توجهی وجود دارد که بدن به نور آبی که بخش قابل توجهی از خروجی این منابع را تشکیل می‌دهد، بسیار حساس است.

غناي نور آبی يك محرک قوی برای تنظیم چرخه زیستی، هورمونی، رفتاری و عملکرد ذهنی در انسان است. تحقیقات طی ۱۲ سال گذشته نشان داده است که اثرات بیولوژیکی و رفتاری نور، علاوه بر سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی مرسوم، به طور خاص تحت تأثیر یک گیرنده نوری متمایز در چشم، یعنی ملانوپسین حاوی سلول‌های گانگلیونی شبکیه (ipRGCs) که ذاتاً حساس به نور آبی هستند، قرار

دارد. مطالعات نشان می‌دهند که ipRGCها حساسیت بالایی در باند طیفی ۴۵۰ تا ۴۸۰ نانومتر دارند که طی مکانیسم‌های عصبی و فیزیولوژیک در مغز، در تنظیم خواب و بیداری، چرخه زیستی و کارایی ذهنی نقش دارد.

چرخه زیستی سیرکادین (۲۴ ساعته) علاوه بر چرخه خواب/بیداری، بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی بدن نیز تأثیر می‌گذارد. اکثر اندام‌های بدن تحت تأثیر چرخه‌های شبانه‌روزی تنظیم شده توسط سیستم عصبی-غددی هستند. تغییرات در سطح هورمون‌ها علاوه بر ملاتونین شامل کورتیزول و هورمون محرک تیروئید (TSH) نیز می‌شود. بنابراین، فرآیندهای فیزیولوژیکی که عملکرد ذهنی، خلق‌وخو، هوشیاری و خستگی را تعیین می‌کنند، تحت تأثیر غنای نور آبی منابع روشنایی قرار می‌گیرند. بسیاری از اثرات ناشی از اختلال فیزیولوژیکی و عصبی-هورمونی و عصبی-روانی نامطلوب ناشی از کمبود نور آبی در منابع روشنایی خصوصاً در فعالیت شبانه شاغلین می‌تواند با تامین منابع روشنایی با دمای رنگ همبسته مناسب پیشگیری نمود. به همین دلیل مقادیر ضریب فوق در متن این حدود مجاز به صورت الزامی آورده شده است.

در مطالعات جدید توجه ویژه‌ای به پتانسیل نور آبی (۴۹۰-۴۶۰ نانومتر) برای افزایش هوشیاری و بهبود عملکرد ذهنی شده است، در واقع، پیشنهادهایی برای افزایش هوشیاری در محل کار با افزایش طیف نور آبی در روشنایی دفاتر وجود داشته است.

با توجه به دانش فعلی، کمیته عوامل فیزیکی معتقد است که حدود مجاز فعلی، به اندازه کافی در برابر «خطر نور آبی» ناشی از اثر فتوشیمیایی محافظت ایجاد می‌کند. با این حال، به کارفرمایان و کارشناسان ایمنی و بهداشت شغلی موارد زیر توصیه می‌شود:

۱- نوبت کاری علاوه بر اختلال در چرخه زیستی شبانه‌روزی، طیف وسیعی از مسائل بهداشتی و ایمنی را ایجاد می‌نماید و این موارد به بهترین وجه با اقداماتی مانند برنامه‌ریزی بهینه برنامه‌های کاری، به جای محدودیت‌های مواجهه مانند TLV، مورد توجه قرار می‌گیرند.

۲- معلوم شده است که تنظیم طیف رنگ نمایشگرهای رایانه برای کاهش محتوای طول موج کوتاه آنها یا کم نور کردن صفحه نمایش رایانه برای کار در شب، بر فیزیولوژی سیرکادین و عملکرد شناختی تأثیر منفی می‌گذارد و هوشیاری را کاهش می‌دهد.

۳- درخشندگی پایانه‌های تصویری باید در متعادل با روشنایی محیط زمینه تنظیم گردد بطوری که در سطح پایانه درخشندگی از 1000 cd/m^2 بیشتر نباشد و درخشندگی نسبت به زمینه نیز از منحنی معیار تعیین شده توسط انجمن مهندسين روشنایی تجاوز ننماید.

۴- در محیط‌های شغلی، هوشیاری، ایمنی و سلامت کارکنان موضوعاتی بسیار کلیدی هستند. سامانه روشنایی باید امن‌ترین و هوشیارترین شرایط ممکن را فراهم کند، ضمن اینکه عملکرد بینایی معمول را نیز حفظ نماید. بنابراین، محیط‌های کاری باید در طول شیفت و به ویژه در شب، با توجه به خطر بالای حوادث و آسیب‌های مرتبط با خواب‌آلودگی، از روشنایی غنی شده با نور آبی (ملانوپیک بالا) با شدت بالا استفاده کنند. در محیط‌های شغلی که نیازهای بالقوه متناقضی وجود دارد، مانند بیمارستان در طول شب که بیماران می‌خوانند اما کارکنان بیدار هستند، اتاق خواب بیمار یا محیط بخش باید برای خواب با نور کم و غنای پایین نور آبی (ملانوپیک پایین) بهینه شود، در حالی که محیط کارکنان (ایستگاه پرستاری، اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها و مانند آن) باید با نور غنی شده با آبی (ملانوپیک بالا) با شدت روشنایی بالا، هوشیاری را افزایش دهد. در طول روز، هر دو گروه از نور غنی شده با آبی (ملانوپیک بالا) با شدت بالا بهره‌مند می‌شوند. این محیط‌های پیچیده‌تر نیاز به بررسی دقیق طیف، شرایط محیط و چگونگی استفاده از نور دارند، اما احتمالاً اصلاحات مورد نیاز آنها از طریق فرآیند طراحی روشنایی قابل حل هستند. شکایات کارگران مربوط به نصب جدید چراغ‌های LED با شدت و روشنایی بالا، اغلب به دلیل طراحی یا نصب ضعیف چراغ‌ها، و نه خیرگی آزاردهنده مربوط به طیف غنی نور آبی آنهاست. مراجعه به منابع تخصصی مانند کتابچه راهنمای نورپردازی IESNA در زمینه نورپردازی می‌تواند مفید باشد.

۵- شکایات کارگران مربوط به نصب جدید چراغ‌های LED با شدت و روشنایی بالا، اغلب به دلیل طراحی یا نصب ضعیف چراغ‌ها، و نه خیرگی آزاردهنده مربوط به طیف غنی نور آبی آنهاست. مراجعه به منابع تخصصی مانند کتابچه راهنمای نورپردازی IESNA در زمینه طراحی روشنایی می‌تواند مفید باشد.

منابع:

- 1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2026.
- 2- Bearson DM, Dunn FA and Takao M., phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock, Science ; pp. 1070-1073; 2002.
- 3- IES, Lighting Handbook, 10th editions, Illuminating Engineering Society, 2011.
- 4- IES/ANSI Standard series for lighting, 2022. available in: <https://www.ies.org/>
- 5- Golmohammadi R, Lighting Engineering 5th edition, Daneshjoo Pub, 2021.
- 6- Juslén H and Tenner A, Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace, Int J of Industrial Ergonomics, 35(9); pp 843-855; 2005.
- 7- Motamedzadeh M, Golmohammadi R, Kazemi R., The effect of blue-enriched white light on cognitive performances and sleepiness of night-shift workers: A field study, Physiology & Behavior, 177; pp 208-214; 2017.
- 8- Golmohammadi R, Mehdinia M, Shahidi R, Darvishi E, The Effects of Lighting on Mental and Cognitive Performance: A Structured Systematic Review, Iran J Ergon 5(2); pp 43-54; 2017.
- 9- Wolska A, Sawicki D and Tafil-Klawe M., Visual and Non Visual Effects of Lighting, CRC Press, 2020.
- 10- Boyce PR, Human Factors in Lighting, CRC Press, 2014.

الف - تنش‌های گرمایی در محیط کار

کلیات

تنش گرمایی^۱ به شرایط اثر مواجهه با گرما در بدن افراد اطلاق می‌گردد که ناشی از عوامل محیطی (دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا) و عوامل فردی (متابولیسم و مقاومت لباس) است. با افزایش یا تداوم تنش گرمایی، افزایش ذخیره گرمایی بدن و نزدیک شدن آن به حد بالای تحمل گرما در بدن فرد، می‌تواند منجر به افزایش دمای عمقی و بروز تنش گرمایی غیرقابل قبول و افزایش احتمال ابتلا به اختلالات مرتبط با گرما گردد. این وضعیت ابتدا می‌تواند سبب احساس ناراحتی حرارتی، کاهش عملکرد ذهنی و خستگی ذهنی گردد که اغلب شناختی، ذهنی و عصبی هستند و شامل تنش سطح یکم (استرس) به گرما می‌باشد. در صورت افزایش یا تداوم تنش گرمایی، در مرحله بعد تغییرات فیزیولوژیک شروع می‌گردد که تنش سطح دوم (استرین) می‌باشد. این مرحله تنش اغلب شامل: افزایش ضربان قلب، افزایش نرخ تنفس، افزایش تعریق، افزایش جریان خون محیطی برای دفع گرما خواهد بود. در صورتی که رابطه تعادل گرمایی بدن قابل کنترل نباشد، دمای عمقی و سطحی بدن افزایش خواهد یافت و ممکن است تنش‌های سطح سوم که اثرات نسبتاً پایدار هستند ایجاد گردد. این سطح تنش می‌تواند همراه با کاهش آب و الکترولیت‌های بدن، سبب خستگی مفرط، بی‌حالی، سرگیجه، خشکی پوست، گرفتگی عضلانی و حتی شوک گرمایی^۲ گردد.

هرگاه انسان به طور طبیعی تحت تنش گرمایی قرار گیرد، مجموعه‌ای از پاسخ‌های رفتاری و فیزیولوژیک را برای مقابله با اثر تجمع گرما انجام می‌دهد که به‌طور طبیعی با هدف کاهش اثر گرمای اضافی بدن انجام می‌گردند. از آن جمله کاهش لباس، کاهش متابولیسم و سعی در تنظیم شرایط محیطی است. در این راستا، سازش یا تطابق فیزیولوژیک با گرما^۳، یک مکانیسم کنترلی بدن برای مقابله با تنش گرمایی تحمیل شده است. هنگامی که این مکانیسم‌های تنظیمی منجر به حفظ تعادل حرارتی بدن

1 Heat stress and strain

2 Heat stroke

3 Acclimatization

(دمای عمقی $0 \pm 37/5$ درجه سانتی‌گراد) نباشند، تنش گرمایی به صورت پایدار پدید می‌آید که می‌تواند منجر به بروز اختلالات ذهنی و فیزیولوژیک گردد.

تطابق با گرما، یک فرایند سازگاری فیزیولوژیک تدریجی است که توانایی فرد را برای تحمل تنش 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 افزوده شده 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.

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

منظور از حدود مجاز تنش 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 نماید. این حدود که بر مبنای شاخص دمای ترگویسان (¹WBGT) تعریف شده‌اند برای افراد سازش

1 Wet Bulb Globe Temperature

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 (OEL) با شاخص دمای ترکیبی سان (WBGT) بر مبنای این فرض تعیین شده‌اند، که کلیه افراد با شرایط گرمایی محیط کار تطابق یافته و لباس مناسب (مثلاً شلوار و پیراهن سبک) بر تن داشته و به مقدار کافی آب و نمک استفاده نموده‌اند تا تحت شرایط کاری معین بدون افزایش دمای عمقی بدن از حد 38°C ($100/4^{\circ}\text{F}$) بتوانند کارایی مؤثری داشته باشند.

منظور از حد اقدام یا مراقبت (AL^1) نیز حدی است که بیانگر الزام به انجام مجموعه‌ای از اقدامات پیشگیرانه است و برای افراد غیر سازش یافته جهت حفظ سلامتی در برنامه مدیریت تنش گرمایی انجام می‌گردد.

هدف از این حدود مجاز شغلی، حفظ دمای عمقی بدن در محدوده $37/5 \pm 0/5$ درجه سانتی‌گراد است.

ارزیابی تنش و فشار ناشی از مواجهه با گرما

فرایند ارزیابی

انجام فرایند ارزیابی تنش گرمایی و فشار گرمایی در شرایطی مانند شرایط زیر که کارشناس بهداشت حرفه‌ای تشخیص می‌دهد ضروری و مطابق با رویکرد پیش رو در این بخش انجام می‌گردد:

- احتمال وجود تنش گرمایی براساس ارزیابی کیفی توسط کارشناسان بهداشت حرفه‌ای
- انجام فعالیت در محیط‌های روباز
- انجام فعالیت در محیط‌های سرپوشیده که دارای منابع گرم‌زای قابل توجه هستند
- وجود گزارش‌هایی در خصوص اعلام ناراحتی‌ها و عوارض و بیماری‌های ناشی از تنش گرمایی

تعیین محل یا ایستگاه اندازه‌گیری

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

تعیین تعداد اندازه‌گیری موردنیاز

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

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

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

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

الف- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به صورت مستمر (چند ساعت تا یک نوبت کاری کامل) باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به صورت یک‌ساعته (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 مورد نیاز در محاسبه WBGT یک ساعته یا دوساعته نیز بستگی به
 آنالیز وظیفه دارد.

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 تنش 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.

تکته 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 تنش های
 گرمایی در ماه های دیگر نیز بنا به تشخیص کارشناس بهداشت حرفه ای ممکن است نیاز باشد.

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

نکته ۳: اندازه‌گیری انجام شده در هر زمانی صرفاً برای همان زمان قابل تفسیر و معتبر بوده و برای سایر زمان‌ها یا ماه‌های سال قابل تعمیم نیست و در صورت تشخیص کارشناس بهداشت حرفه‌ای، در هر زمانی که تنش‌های گرمایی پیش‌بینی شود، ارزیابی و کنترل در آن زمان نیز ضروری خواهد بود.

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

سنجش شاخص WBGT

شاخص WBGT یک ابزار اولیه مفیدی برای ارزیابی شرایط محیطی مرتبط با تنش 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 تنش گرمایی است که بر اساس معادلات زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{WBGT} = 0.7 t_{nw} + 0.2 t_g + 0.1 t_a \quad \text{الف- در فضای باز غیر مسقف (تابش مستقیم خورشید)}$$

$$\text{WBGT} = 0.7 t_{nw} + 0.3 t_g \quad \text{ب- در فضای سرپوشیده یا فضای باز سایه یا ابری}$$

که در روابط فوق WBGT شاخص تر گوی سان با واحد درجه سانتی‌گراد، t_{nw} دمای تر طبیعی، t_g دمای گوی سان و t_a دمای خشک هوای محل کار است. برای تعیین مقدار WBGT لازم است که از دماسنج گوی سان، دماسنج تر طبیعی (یا چرخان) و دماسنج خشک استفاده شود. اندازه‌گیری دمای تر طبیعی و خشک باید در سایه انجام شود. بعلاوه، اگر در محیط داخلی تابش حرارتی وجود داشته باشد باید برای اندازه‌گیری دمای خشک و تر از دماسنج با مخزن جیوه‌ای استفاده 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 به صورت مستقیم اندازه گیری نمود.

بهترین روش کالیبراسیون مورد تأیید برای این منظور کالیبراسیون وسیله با وسایل استاندارد اولیه و در شرایط کنترل شده دمایی است.

نکته: روش‌های پیشرفته برای ارزیابی تنش گرمایی محدودیت زمانی و جزئیات بیشتری را در درک عوامل اصلی مؤثر بر مواجهه با تنش گرما را در نظر می‌گیرند. دو روش پر کاربرد و تأیید شده، بار گرمایی پیش‌بینی شده^۱ (PHS) و تصمیم‌گیری تنش گرمایی ارتش ایالات متحده (HSDA)^۲ هستند.

صرف نظر از نتیجه تجزیه و تحلیل، توصیه می‌شود که یک برنامه مدیریت تنش گرمایی ایجاد شود. این روش‌های جایگزین همچنین ممکن است بینش‌هایی در مورد کنترل‌های اختصاصی شغلی (که خطر اختلالات مرتبط با گرما را کاهش می‌دهند، ارائه دهند).

نکات مهم و کلیدی در اندازه‌گیری و ارزیابی تنش گرمایی

اندازه‌گیری عوامل محیطی

دستگاه‌های مورد نیاز 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 محیط باید به شرح زیر انجام شود:

الف - گستره دماسنج خشک و دماسنج تر طبیعی بین ۵- تا ۵۰+ درجه سانتی‌گراد (۲۳ تا ۱۲۲ درجه فارنهایت) با دقت $\pm 0.5/5^{\circ}\text{C}$ 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

1 Predicted Heat Strain (PHS)

2 Heat Stress Decision Aid (HSDA)

گردد. فتیله دماسنج تر طبیعی باید حداقل به مدت نیم ساعت قبل از قرائت به وسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب شود. فتیله باید کاملاً روی مخزن دماسنج را پوشانده یا به اندازه یک طول و بیشتر روی مخزن دماسنج را احاطه نماید. فتیله باید همیشه پاکیزه باشد و فتیله نو قبل از استفاده باید شسته شود همچنین برای 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 ۰/۵٪ 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 می‌گردد. پس از تعیین میزان WBGT در هر ارتفاع، مقدار میانگین آن برای هر ایستگاه کاری از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

با توجه به اینکه یکی از محدودیت‌های شاخص WBGT، دقت پایین آن در شرایط محیطی با رطوبت‌های بالا و سرعت جریان‌های کم هوا (نامحسوس) است، لذا توصیه می‌شود برای درک بهتر از شرایط محیطی مورد ارزیابی، رطوبت نسبی هوا و سرعت جریان هوا نیز اندازه‌گیری و گزارش شود.

مقادیر 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 به طور متناوب) کار روزانه است و t_1, t_2, \dots, t_n مدت زمان گذرانده شده در هر محیط برحسب دقیقه است که توسط زمان سنجی تعیین می‌گردد.

اعمال اصلاحات لازم (اثر لباس و متابولیسم)

از آنجاکه در شاخص WBGT محاسبه شده و یا اندازه گیری شده، علاوه بر پارامترهای محیطی، پارامترهای فردی شامل مقاومت حرارتی لباس تحت عنوان ضریب تصحیح لباس^۱ (CAV)، 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 لباس‌ها یا پوشش‌های جدول ۱ مورد استفاده فرد قرار گیرد، لازم است با یافتن میزان ضریب اصلاحی آن لباس از جدول ۱ و افزودن آن به مقدار WBGT پایه (محاسبه شده یا اندازه گیری شده)، مقدار WBGT مؤثر ($WBGT_{eff}$) محاسبه گردد.

1 Clothing Adjustment Values (CAV)

جدول ۲. مقادیر تنظیم لباس (CAV). جهت اضافه شدن به مقدار WBGT برای محاسبه WBGT_{eff}

نوع لباس	CAV (°C)
تی شرت آستین کوتاه و شلوار از جنس بافته شده	-۱
لباس کار (پیراهن آستین بلند و شلوار)	۰
لباس کار یکسره (جنس بافته شده)	۰
لباس کار یکسره SMS پلی پروپیلنی (تنفس پذیر)	۰/۵
لباس کار پلی اولفینی (تنفس پذیری پایین)	۱
لباس بافته شده دو لایه	۳
لباس کار مانع بخار با استفاده محدود و کلاه (نفوذناپذیر)	۱۱
اضافه کردن کلاه (پوشش کامل سر و گردن؛ نه صورت)	+۱

نکات:

- این مقادیر را نباید برای لباس های کاملاً ایزوله، که معمولاً به عنوان سطح A توسط OSHA شناخته می شوند، استفاده شوند.

- مقادیر CAV را نمی توان برای لایه های متعدد البسه مورد استفاده جمع نمود.

- برای لباس کارهای یکسره فرض می شود که فقط لباس های زیر در زیر آن پوشیده شده است، نه لایه دوم لباس.

- هیچ شواهدی وجود ندارد که نشان دهد ماسک ها یا پوشش های صورت بار تنش گرمایی را افزایش می دهند.

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، بیواتروسل 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 به‌وسیله بدن و گرمای محیط "کل بار گرمایی"^۱ 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

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.

نکته: تأثیر وزن بدن بر نرخ متابولیک تخمینی را می‌توان با ضرب نمودن نرخ تخمینی در نسبت وزن واقعی بدن تقسیم بر ۷۰ کیلوگرم (۱۵۴ پوند) محاسبه کرد. منبع: سازمان بین‌المللی استانداردسازی، ۲۰۱۷.

توجه به این نکته ضروری است که در انتخاب مقادیر متابولیسم، توجه به واحد ارائه‌شده بر حسب وات یا وات بر مترمربع ضروری است. نرخ متابولیسم وظیفه (M) نشان دهنده مصرف انرژی می‌باشد. سطح بدن یک مرد استاندارد (قد = ۱۷۰ سانتی‌متر، وزن = ۷۰ کیلوگرم) ۱/۸ مترمربع است و مقادیر ارائه شده در جدول فوق بر حسب وات بر این مبنا ارائه شده است. برای افرادی با قد و وزن متفاوت با

1 Total Heat Load

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^1 : مساحت سطح پوست بدن (برحسب مترمربع)

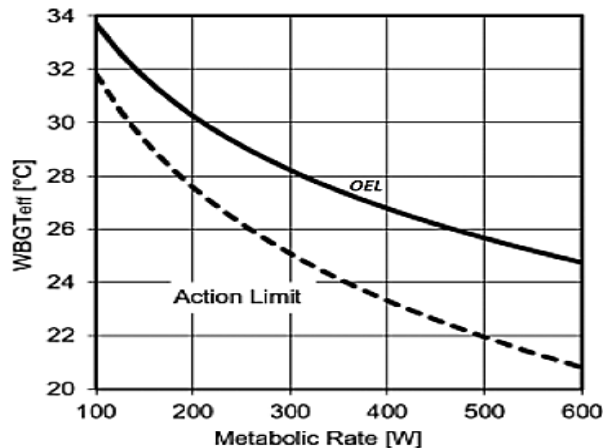
W: وزن بدن (برحسب کیلوگرم)

H: قد فرد (برحسب سانتی‌متر)

وقتی درجه بارکاری برای هر شغل تعیین شد میزان حد مجاز شغلی با تنش گرمایی در شغل مورد نظر از طریق محاسبه با استفاده از جدول ۵ به دست می‌آید. بارکاری یا از راه اندازه‌گیری متابولیسم کارگر حین کار مورد بحث و یا از طریق تخمین میزان متابولیسم کارگر با استفاده از جداول ۳ و ۴ تعیین می‌گردد و سپس با مراجعه به شکل ۲ و یا جدول شماره ۵ حد مجاز مواجهه شغلی برای تنش گرمایی مشخص می‌شود. برای اهداف محاسباتی مقادیر OEL و AL را می‌توان با روابط زیر محاسبه نمود:

$$(1) \quad OEL[^\circ C] = 56.7 - 11.5 \log_{10} M[W]$$

$$(2) \quad AL[^\circ C] = 60.0 - 14.1 \log_{10} M[W]$$



شکل ۲- مقادیر حدود مجاز مواجهه (OEL) و اقدام (AL) استرس گرمایی در متابولیسم‌های مختلف
 همان $WBGT_{eff}$ محاسبه شده پس از لحاظ نمودن تصحیح لباس است)

¹ Body Surface Area

چنانچه سطح فعالیت فرد در زمان‌های 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 می‌گردد:

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

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

جدول ۳- ارزیابی بار کاری

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

جدول ۴- مثال هایی 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 (کفاشی و میل 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	
۱۴۰W	راه رفتن در امتداد خط تولید
۲۱۰W	متابولیسم بین کار سنگین با هر دو بازو و کار سبک با همه بدن
۳۵۰W	جمع
۷۰W	متابولیسم پایه نیز اضافه می شود

مقایسه با حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL)

حدود مجاز 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 OEL امکان پذیر خواهد بود. مقادیر مجاز مواجهه بر مبنای شاخص WBGT و در شکل شماره ۲ و جدول شماره ۵ ارائه شده است.

نکته: همان طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، مقادیر مجاز 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 مجموعه اقدامات پیشگیرانه است و برای افراد غیر سازش یافته جهت حفظ سلامتی در برنامه مدیریت تنش گرمایی باید اجرا 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 برحسب 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 تنش 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:

الف- 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.

ب- برای مواردی که مواجهه به صورت مداوم یا مواجهه به صورت متناوب ولی مدت زمان طولانی (بیش از ۸ ساعت روزانه) باشد، در آن صورت حد مجاز مواجهه به حد اقدام کاهش خواهد یافت. بعلاوه پایش وضعیت افزایش تعریق و دمای عمقی بدن باید توسط مدل معتبر شاخص تنش گرمایی پیش بینی شده (PHS¹) برآورد و مدیریت گردد.

1 Predicted Heat Strain

جدول ۵- حد مجاز و حد مراقبت (عمل) مواجهه شغلی برای مواجهه با تنش گرمایی بر اساس 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 ۱۷۵٪ 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٪

ملاحظات مربوط به استفاده از جدول ۵:

۱- حد مراقبت (اقدام) در واقع 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 تنش حرارتی به کار گرفته شود.

۲- برای تعیین درجه بار کاری به جداول شماره ۲، ۳ و ۴ مراجعه شود.

۳- مقادیر WBGT به نزدیک ترین 0.5°C گرد و بیان می شوند .

۴- حدود آستانه به عنوان متوسط وزنی زمانی نرخ متابولیک (TWA) محاسبه می شوند که در آن نرخ متابولیسم برای استراحت ۱۱۵ وات و برای کار به صورت مقدار معیار (میانگین) در جدول ۱ در نظر گرفته می شود. زمان مینا متناسب با حد بالای دامنه درصد کاری (به عنوان مثال، ۵۰٪ برای دامنه ۲۵٪-۵۰٪) در نظر گرفته می شود

۵- 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 بار کاری در یک ساعت وجود دارد، برای تعیین درجه بار کاری نیز TWA می بایست استفاده شود.

۶- اگر محیط های کار و استراحت متفاوت باشند یا کار و استراحت در بیش از یک مکان توزیع شده باشند، میانگین های وزنی زمانی ساعتی (TWA) برای WBGT باید محاسبه و استفاده گردد. مقادیر حدود مجاز برای زمانی که نیازهای کاری در طول ساعت متغیر است، باید با بار کاری

متناسب استفاده شوند. توجه داشته باشید که میزان متابولیسم برای استراحت قبلاً در حد غربالگری لحاظ شده است.

۷- مقادیر موجود در جدول فرض می‌کنند که روزهای کاری ۸ ساعته در یک هفته کاری ۵ روزه با استراحت‌های متعارف وجود دارد.

۸- به دلیل بار فیزیولوژیکی مرتبط با کارهای سنگین و بسیار سنگین در میان کارگران کمتر تناسب یافته، صرف نظر از اینکه WBGT ممکن است غیرقابل تحمل باشد، مقادیر معیارهای غربالگری برای کار تقریباً مداوم و تا ۲۵٪ استراحت در یک ساعت، برای کار بسیار سنگین ارائه نشده است. معیارهای غربالگری در این موارد توصیه نمی‌شوند و در عوض باید از تحلیل TWA و یا پایش فیزیولوژیکی در این موارد استفاده شود.

۹- در صورتی که لباس کار سبک و تابستانی نباشد، مقدار شاخص WBGT مؤثر (اصلاح اثر کلوی^۱ لباس و نفوذپذیری لباس) می‌بایست در جدول، با حد مجاز مقایسه گردد.

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

۱۱- هر چه میزان متابولیسم به دلیل نیاز شغلی افزایش پیدا کند مقادیر جدول ۵ کاهش می‌یابد برای اینکه دمای عمقی بیشتر افراد از مقدار ۳۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر نرود. کاهش بار کاری جسمانی به اندازه پارامترهای محیطی اهمیت دارد.

با اندازه‌گیری شاخص WBGT، محاسبه شاخص WBGT مؤثر و تعیین میزان بار کاری جسمانی و مراجعه به جدول ۵، چنانچه مقدار شاخص WBGT مؤثر با در نظر گرفتن بار کاری جسمانی کمتر از مقدار حد مراقبت بود، در این حالت ریسک مواجهه با تنش 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، انجام پایش‌های فیزیولوژیکی توصیه می‌شود.

مدیریت مواجهات مستمر و مواجهات بیش از ۸ ساعت با گرما

در مواقعی که در محیط‌های کاری گرم کارگران ناچار شامل مواجهه مستمر (بدون استراحت در محیط ایمن) یا مواجهه روزانه بیش از ۸ ساعت در روز و ۵ روز در هفته (۴۰ ساعت هفتگی) هستند، حد مجاز OEL به حد مراقبت کاهش می‌یابد. در این شرایط باید برای ادامه کار مداوم یا مواجهه بیش از ۸ ساعت، مطابق استاندارد ISO 7933 با کمک شاخص تنش گرمایی پیش‌بینی شده (PHS)، پیش‌بینی دمای عمقی و میزان آب از دست رفته بدن (میزان تعریق) برآورد گردد. در این صورت مطابق خروجی شاخص PHS مدت زمانی که طول می‌کشد تا دمای عمقی بدن از حد ۳۸ درجه سانتی‌گراد عبور نماید مشخص خواهد شد که مدت زمان فعالیت کارگر باید مدیریت شود تا قبل از رسیدن دمای عمقی بدن به ۳۸ درجه سانتی‌گراد (زمان مذکور) فعالیت کارگر متوقف گردد. علاوه بر آن میزان آب از دست رفته بدن هم در مدت زمان انجام کار مشخص می‌شود که باید آب از دست رفته بدن کارگران با الکترولیت‌های مناسب یا آب نمک با مشخصاتی که در این حدود مجاز ذکر شده جایگزین گردد. علاوه بر این طبق توصیه ACGIH باید پایش مستمر پاسخ‌های فیزیولوژیک به خصوص دمای عمقی بدن و میزان تعریق (آب از دست رفته بدن) مطابق جدول ۶ صورت پذیرد.

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 تنش 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.

زمانی که ارزیابی تنش‌های 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 معجری گوش، دمای زیرزبانی و زیر بغل، دمای سطحی پوست، فشارخون، ضربان قلب، میزان تعریق و غیره از بین پاسخ‌های فیزیولوژیک ارائه‌شده، دمای عمقی رکتال و میزان تعریق یا آب ازدست‌رفته از بدن از صحت و اعتبار بالاتری برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر سایر شرایط و مداخله‌گرها قرار می‌گیرد.

با توجه به عدم امکان سنجش دمای رکتال در محیط‌های کار واقعی، در بسیاری از مطالعات دمای پرده صماخ (دمای تیمپانیک) به‌عنوان جایگزین توصیه شده‌اند.

همین‌طور دمای دهانی نیز به‌عنوان یکی دیگر از جایگزین‌های مناسب برای دمای عمقی بدن موردتوجه است. در سنجش این پارامتر باید دقت شود که دهان فرد کاملاً بسته نگاه داشته شود و 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 مورداستفاده برای این کار، دماسنج‌های زیرزبانی پزشکی است و برای هر فرد باید از دماسنج شخصی استفاده نمود. مقدار حد مجاز این دما، $0/5$ درجه کمتر از دمای رکتال در نظر گرفته می‌شود.

برای سنجش میزان تعریق نیز باید وزن اولیه و ثانویه فرد در یک مدت‌زمان مشخص با ترازویی دقیق سنجش شود و تفاضل بین این دو مقدار تقسیم بر زمان، نشان‌دهنده میزان تعریق فرد خواهد بود. توجه به محاسبه میزان آب مصرفی و خروجی از فرد نیز در این مدت ضروری است. سایر پارامترهای فیزیولوژیک نیز چنانچه بر اساس استاندارد ISO-9886, 2004 انجام و تأثیر مداخله‌گرها در آن به‌خوبی رعایت شده باشد، قابل استناد خواهد بود. جدول ۶ راهنمایی را برای محدود سازی فشار گرمایی ارائه نموده است.

جدول ۶ - راهنمای پایش فیزیولوژیکی بار گرمایی

<p>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. هنگام پایش سلامت افراد، وجود هر کدام از موارد زیر، نشانگر نیاز به انجام اقدامات کنترلی است و در سطح فردی باید مواجهه با گرما قطع و اجازه بهبود در شاخص‌های فشار گرمایی به فرد داده شود:</p>	
۱	ضربان قلب پایدار (چند دقیقه) بیش از ۱۸۰ ضربه در دقیقه (bpm) منهای سن فرد به سال (۱۸۰ - سن) برای افراد سالم با پاسخ قلبی نرمال.
۲	افزایش دمای مرکزی اندازه‌گیری شده یا برآورد شده بیش از ۱ درجه سانتی‌گراد از دمای پیش از کار، اگر دمای پیش از کار کمتر از ۳۷٫۵ درجه سانتی‌گراد باشد.
۳	ضربان قلب در زمان بهبودی ۱ دقیقه بعد از حداکثر تلاش کاری بیشتر از ۱۲۰ bpm است.
۴	باید با درخواست توقف از سوی کارگر یا با نشانه‌ها یا علائم خستگی گرمایی یا سکنه گرمایی (وجود علائم ناگهانی خستگی شدید و سردرد و تهوع و استفراغ)، بدون توجه به آنچه که پایش فیزیولوژیکی ممکن است نشان دهد، متوقف شود.
۵	در شرایط (۱) تعریق مستمر و فراوان در بیشتر از یک ساعت؛ (۲) از دست دادن وزن به مقدار ۱/۵ درصد وزن بدن در پایان نوبت کاری و (۳) دفع ادراری سدیم ۲۴ ساعته کمتر از ۵۰ میلی‌مول ریسک اختلالات مرتبط با گرما بیشتر است. اگر نشانه‌هایی مشاهده شود یا گزارش‌هایی از علائم اختلالات مرتبط با گرما، مانند خستگی، تهوع، سرگیجه و سبکی سر وجود داشته باشد، توصیه می‌شود که یک برنامه مدیریت سلامت گرما (HSMP) با کنترل‌های عمومی ایجاد شود.

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 120 ± 15 ضربه در دقیقه و بر اساس میزان تعریق برابر 780 ± 160 گرم بر ساعت است. زمانی که دمای رکتال به بالاتر از 38.5 درجه سانتی‌گراد برسد و یا ضربان قلب از حد 145 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، انجام کنترل‌های 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 می‌بایست انجام گیرد و بعد از انجام اقدامات کنترلی متناسب، اثربخشی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

کنترل و مدیریت تنش گرمایی

از بین عوامل فیزیکی محیط کار، مخاطرات ناشی از کار در محیط‌های گرم، قویاً به عوامل فیزیولوژیک فرد بستگی دارد که آن نیز وابسته به سطح سازگاری افراد است. بنابراین، قضاوت تخصصی در ارزیابی سطح تنش گرمایی و فشار گرمایی برای ارائه راهکارهای کنترلی در جهت حفاظت از همه کارگران سالم با در نظر گرفتن فاکتورهای فردی، عوامل بومی و نوع کار دارای اهمیت ویژه‌ای است.

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

ریسک فاکتورهای فردی مرتبط با تنش گرمایی شامل سابقه گرما زدگی، ضعف‌های گرمایی مکرر، بیماری‌های قلبی و کلیوی، حاملگی، اضافه‌وزن و چاقی، کهولت سن و ... است. توصیه می‌شود که کارگران دارای ریسک فاکتورهای فوق، قبل از کار در محیط‌های گرم، با کارشناسان بهداشت حرفه‌ای مشورت کنند.

هدف اصلی از مدیریت و کنترل تنش گرمایی پیشگیری از بروز اختلالات شدید مرتبط با گرما (مانند گرم‌زدگی) است. لازم به یادآوری است احتمال بروز حوادث و آسیب‌ها با افزایش سطح تنش گرمایی، افزایش می‌یابد.

برنامه اجرایی مدیریت تنش گرمایی^۱

اجزا برنامه مدیریت تنش گرمایی شامل اقدامات عمومی و اختصاصی است که بر اساس تحلیل شرایط موجود توسط کارشناس بهداشت حرفه‌ای توصیه می‌شود. در شرایطی که شاخص WBGT مؤثر از حد مراقبت بیشتر و از حد مجاز کمتر باشد و یا لباس 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.

عناصر یک برنامه مکتوب مدیریت تنش ناشی از گرما در زمانی که احتمال مواجهه بالاتر حد مجاز یا حد مراقبت وجود داشته باشد و یا به وسیله یک روش ارزیابی جایگزین نشان داده شده باشد، شامل حداقل کنترل‌های عمومی و کنترل‌های اختصاصی شغلی است. جدول ۷ برخی از عناصر کلیدی یک برنامه مدیریت تنش گرما (HSMP) را فهرست می‌کند.

هدف اصلی یک برنامه مدیریت تنش گرمایی (HSMP) پیشگیری از تنش گرمایی بیش از حد در میان کارگران است که می‌تواند منجر به اختلالات مرتبط با گرما شود. یک HSMP سیاست‌های مرتبط در این رابطه شامل برنامه‌های مکتوب برای آموزش، فعالیت‌های بهداشتی مربوط به تنش گرمایی، نظارت، پایش فیزیولوژیک، ثبت سوابق و یک برنامه اضطراری را برنامه ریزی می‌کند.

آموزش‌ها در برنامه مدیریت تنش گرمایی (HSMP) باید به فعالیت‌های بهبود دهنده سازش با گرما پرداخته و درباره مسائلی از قبیل موارد ذیل را به کارگران هشدار دهند:

- ۱) کارگران نسبت به خستگی غیرمنتظره، سرگیجه، سبکی سر، تهوع و سردرد هوشیار باشند.
- ۲) همکاران و سرپرستان که نسبت به سایر کارگران برای نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما مانند گیجی، بی‌قراری، تحریک‌پذیری، هذیان، تشنج، از دست دادن هوشیاری و اقدامات پایش فیزیولوژیک که نشان‌دهنده تنش گرمایی بیش از حد است، هوشیار باشند.

1 Heat Stress Management Program (HSMP)

برنامه HSMP باید به کارگرانی که عوامل ریسک شخصی دارند که ممکن است تحمل آن‌ها به تنش گرما را کاهش دهد، یادآوری کند که آن‌ها ممکن است در معرض خطر بیشتری برای اختلالات مرتبط با گرما باشند. کاهش تحمل با موارد زیر مرتبط است:

- ۱) تاریخچه قبلی سکنه گرمایی یا سابقه تکرار خستگی گرمایی.
- ۲) شرایط سلامتی یا داروهایی که بر سیستم قلبی عروقی، تعادل آب و الکترولیت، متابولیسم یا تنظیم دما تأثیر می‌گذارند.
- ۳) وضعیت سازش با گرما.
- ۴) ظرفیت هوایی پایین تر، چاقی، بارداری یا سن.

جدول ۷- اقدامات کنترلی عمومی و اختصاصی در استقرار برنامه مدیریت تنش گرمایی

کنترل‌های عمومی عناصر اساسی یک برنامه مدیریت تنش گرما (HSMP) هستند. کنترل‌های اختصاصی شغلی به فراخور شرایط و نیاز اضافه می‌شوند.
کنترل‌های عمومی
آموزش: ارائه دستورالعمل‌های شفاهی و کتبی برای برنامه‌های آموزشی پیش از کار و سالانه با اطلاعاتی درباره تنش و تنش ناشی از مواجهه با گرما، اختلالات گرمایی، برنامه کاهش خطر و برنامه پاسخ اضطراری به زبان و فرمت قابل درک برای کارگران و سرپرستان .
تشویق به سبک زندگی سالم، استراحت کافی، نگهداشت وزن مناسب بدن و تأمین آب و الکترولیت‌های بدن
اقدامات بهداشتی مقابله با تنش ناشی از گرما: جایگزینی مایعات، خود پایشی علائم، حفظ وضعیت مناسب سلامتی، استراحت‌های مناسب در سایه و تغییر انتظارات بر اساس تطابق با گرما
تحت نظارت قرار دادن افرادی که مشکلات قلبی عروقی، فشارخون بالا، اختلال در غدد تعریق یا مشکلات کلیوی دارند یا استعمال الکل می‌کنند.
سیاست‌گذاری: برنامه تطابق یا سازش با گرما، شناسایی زود هنگام نشانه‌ها و علائم مرتبط با گرما در خود و سایر کارگران و اقداماتی که باید در شرایط لازم انجام شود.
نظارت محیطی
تأیید پزشکی و مشاوره توسط یک ارائه‌دهنده خدمات بهداشتی.
برنامه پاسخ اضطراری: کارگری که به نظر می‌رسد گیج، بیقرار و تحریک‌پذیر باشد یا دچار ناخوشی، لرز یا تشنج شود باید به صورت یک وضعیت اضطراری پزشکی مدیریت شود و نیاز به خنک‌سازی شدید، جابجایی اضطراری و پایش پیوسته دارد.

کنترل‌های اختصاصی شغلی
<p>کنترل‌های مهندسی: 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، ایجاد سایه و استقرار سپرهای حفاظتی در برابر تابش‌های گرمایی و اصلاح لباس کار و ... می‌شود.</p>
<p>کنترل‌های اداری: انجام کنترل‌های مدیریتی- اداری که زمان مواجهه قابل قبول با گرما (تنظیم برنامه کار- استراحت)، بازیابی کافی برای شاخص‌های فشار گرمایی و محدود سازی فشارهای فیزیولوژیک را امکان‌پذیر می‌سازد.</p>
<p>خنک‌سازی شخصی (هوا، مایع، یخ)؛ که برای شرایط و شیوه‌های کاری خاص مؤثر هستند.</p>
پایش فیزیولوژیکی
<p>استفاده از وسایل حفاظت فردی: در شرایطی که به هر دلیلی انجام روش‌های عمومی و اختصاصی کنترل تنش گرمایی، کفایت لازم را برای کاهش سطح فشار گرمایی را نتواند تأمین نماید، بکارگیری این تجهیزات شامل لباس‌های بازتاب‌دهنده، لباس‌های خنک‌کننده توصیه می‌گردد.</p>

تأمین آب و نمک جبرانی

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

- کارگران باید ترغیب شوند که مکرراً در فواصل کوتاه (هر ۱۵ تا ۲۰ دقیقه) به مقدار کم (حدود ۱۵۰ سانتیمتر مکعب) مثلاً یک فنجان آب خنک با دمای ۱۰ درجه تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بنوشند.
- به کارگران آموزش داده شود که احساس تشنگی، نشانگر خوبی برای نیاز بدن به آب نیست و آشامیدن آب در محیط‌های گرم به یک عادت تبدیل گردد.
- آب خنک و بهداشتی باید نزدیک محل کار قرار داده شود تا نیازی به ترک محل کار نباشد.
- کارگران ترغیب شوند تا در فصل گرما و بخصوص در طی کار در محیط خیلی گرم به غذا به مقدار موردنیاز نمک اضافه نمایند.

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

سایر ملاحظات

الف- لباس کار: مقادیر حد مجاز شغلی اعلام شده برای تنش 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 مورد نیاز است، جهت راهنمایی در جدول ۱ برای انواع لباس کار مقدار ضریب تصحیح لباس ذکر شده است.

ب- حد مجاز مواجهه شغلی برای تنش 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 می‌آید. مقادیر توصیه‌شده در مورد کارگرانی که با گرما تطابق یافته‌اند و سالم می‌باشند معتبر است. برای کارگرانی که به گرما عادت نکرده‌اند و یا سالم نیستند احتیاط‌های بیشتری باید مراعات شود.

د- عوارض ناشی از گرمزدگی: گرمزدگی از جمله عوارض جدی و نامطلوب مواجهه با درجه حرارت‌های بالا است و ممکن است زندگی را تهدید کند و یا ضایعات غیرقابل برگشت به‌جا بگذارد. بی‌حالی و خستگی مفرط^۲ ناشی از گرمزدگی ممکن است موجب عارضه Heat Prostration

1 Acclimatization
2 Heat Exhaustion

(مجموع علائم سرگیجه و تهوع و حالت Collapase) گردد، که در برخی موارد غیرقابل برگشت است. انقباض دردناک عضلات^۱، 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.

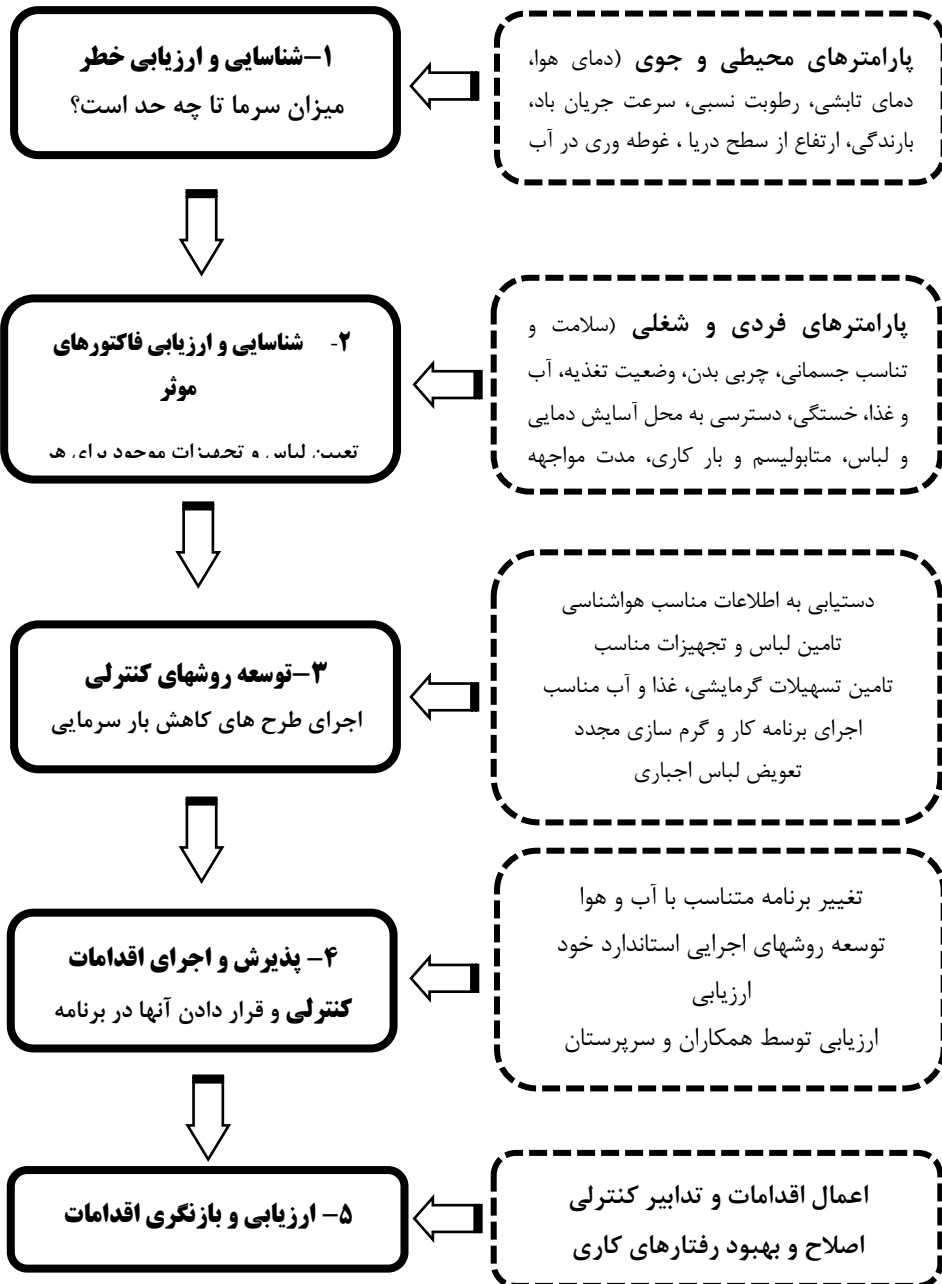
منابع:

- 1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2026.
- 2- International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of the thermal environment: Determination of metabolic rate. ISO 8996. Geneva (CH): ISO. 2021.
- 3- International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of the thermal environment: Instruments for measuring physical quantities. ISO 7726. Geneva (CH): ISO. 1998.
- 4- International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of heat stress using the predicted heat strain model. ISO/DIS 7933(en). Geneva (CH): 2021.
- 5- Potter AW, Blanchard LA, Friedl KE, Cadarette BS, Hoyt RW. Mathematical
- 6- prediction of core body temperature from environment, activity, and clothing: the
- 7- heat strain decision aid (HSDA). J Therm Biol. 2017; 64:78-85.

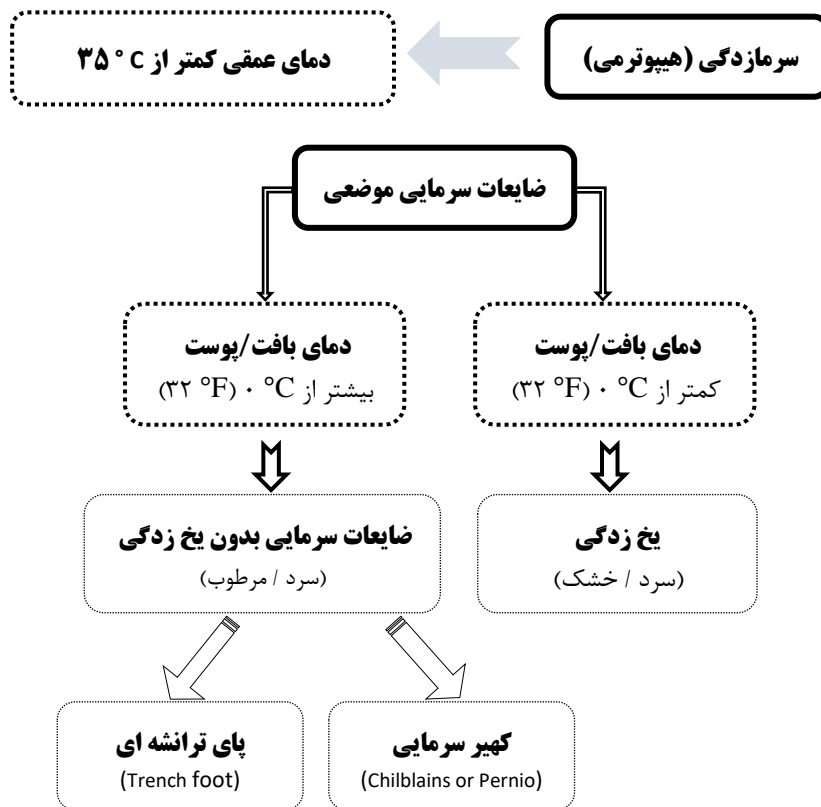
ب - تنش سرمایی^۱ در محیط کار

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به منظور حفظ شاغلین در برابر اثرات شدید سرما (سرمزدگی 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 می‌توانند مکرراً با سرما مواجهه داشته باشند بدون آنکه عارضه یا اختلال مشهود ناشی از سرما در آنان بروز نماید. در اینجا حد مجاز مواجهه شغلی، از سقوط درجه حرارت عمقی بدن به زیر ۳۶ درجه سانتی‌گراد (۹۶/۸ °F) جلوگیری و از ایجاد یخ زدگی انتهای اندام‌ها، پیشگیری می‌کند. (حرارت عمقی بدن، همان حرارت مرکزی بدن است که از طریق اندازه‌گیری درجه حرارت مقعد تعیین می‌شود.) مواجهه مکرر با سرما نتیجه عدم توفیق در فرار از محیط سرد و یا به دلیل فرو رفتن در آب سرد است. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی، کل بدن به‌ویژه دست‌ها، پاها و سر را در برابر ضایعات سرمزدگی حفاظت می‌نماید. استفاده از لباس مناسب و خشک (محافظ سر، صورت و چشم‌ها، بدن، دست‌ها و پاها) که دارای مقاومت حرارتی متناسب با سرمای محیط و مقاوم به نفوذ آب باشد برای شاغلین مشمول این حدود مجاز اجباری است. در صورتی که فرد استعمال دخانیات، مصرف مشروبات الکلی یا مواجهه هم‌زمان با ارتعاش نیز داشته باشد، این حدود تعریف شده نمی‌تواند سلامت فرد را در مقابل سرما تأمین نماید. همچنین مرطوب یا خیس بودن لباس به دلیل تسریع ۲۰ برابری در انتقال حرارت نیز اجرای این حدود مجاز را نقض می‌کند، لذا لباس فرد همواره باید خشک و غیرقابل نفوذ به بدن باشد.

پیشگیری از صدمات ناشی از سرما بهترین اقدام است که از طریق یک استراتژی مدیریت ریسک انجام شده و در آن خطرات سرما را ارزیابی و سپس کنترل می‌کنند تا اثرات سرما کاهش یابد. شکل ۱ فرایند مدیریت ریسک برای استفاده در محیط‌های سرد را نشان می‌دهد. شکل ۲ انواع آسیب‌های ناشی از سرما را نشان می‌دهد.



شکل ۱- فرایند مدیریت ریسک برای ارزیابی تنش 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) اطلاق می‌شود.

تغییرات فیزیولوژیکی که هنگام پایین آمدن دما به زیر این حد توسط بدن بروز می‌کند 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 سانتی‌گراد ($96/8^{\circ}\text{F}$) سقوط نکند. افت درجه حرارت بدن موجب کاهش هوشیاری و تمرکز فکری می‌شود، تصمیم‌گیری منطقی کاهش می‌یابد و یا سبب بیهوشی و نهایتاً مرگ می‌گردد. هیپوترمی یک شرایط تهدید کننده زندگی است که باید به سرعت به آن پرداخته شود.

در یک نوبت مواجهه اتفاقی با محیط سرد، کاهش درجه حرارت مرکزی بدن به پائین تر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد (95°F) مجاز نمی‌باشد. هنگامی که دمای عمقی بدن به زیر ۹۱/۴ درجه فارنهایت (۳۳ درجه سانتیگراد) برسد، کارگران به شدت ناتوان می‌شوند.

علائم اولیه هیپوترمی شامل احساس سرما، لرز، بی‌علاقگی و کناره‌گیری اجتماعی است. ناظران و کارگران باید از این علائم اولیه آگاهی داشته باشند تا اقدامات پیشگیرانه مناسب را در این زمان انجام دهند. در شدت‌های بالاتر هیپوترمی علائمی همچون گیجی یا خواب‌آلودگی، اختلال در گفتار و تغییر در رفتار یا شکل ظاهری مشاهده می‌شود. در هر صورت مواجهه با سرما برای هر فردی که دچار لرز شدید شد فوراً باید قطع گردد. لرز عمومی بدن و درد در انتهای اندام‌های حرکتی ممکن است خطراتی زودرس و اولیه از خطر سرمازدگی باشد. هنگام مواجهه با سرما که درجه حرارت مرکزی بدن تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد پایین آمده باشد بدن شدیداً دچار لرز می‌گردد. 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

1 Hypothermia

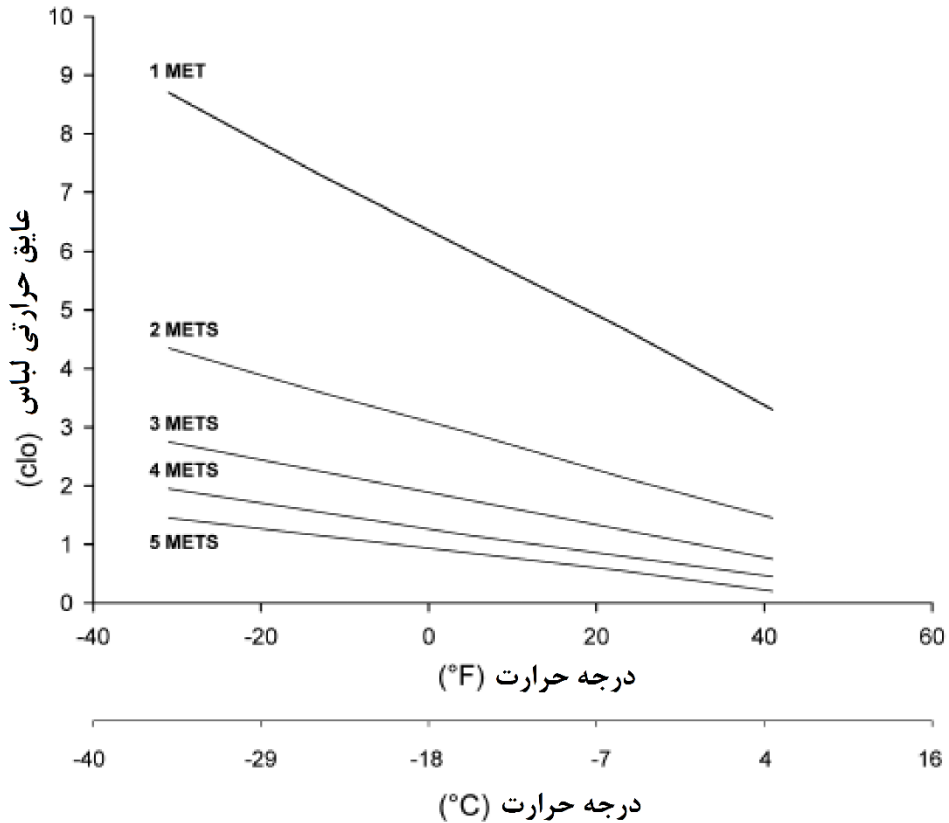
رفتن در آب سرد و در دمای بالای انجماد می‌تواند موجب کاهش دما در حد خطرناک شود، لذا باید تمام بدن را با اقدامات زیر در مقابل سرما محافظت نمود:

- اگر کار در محیطی انجام می‌شود که درجه حرارت هوای محیط کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد (40°F) است برای حفظ دمای عمقی بدن به میزان بیش از ۳۶ درجه سانتی‌گراد ($96/8^{\circ}\text{F}$) باید لباس خشک و عایق‌بندی مناسب در اختیار کارگران قرار گیرد.
- هرچه سرعت باد بیشتر و دمای محیط کار کمتر باشد باید میزان عایق بودن لباس مورد نیاز افزایش یابد. در این شرایط، استفاده از امکاناتی نظیر پاراوان محافظ باد، چادر یا کانکس‌های محدودکننده جریان هوا در محل کار به‌طور مؤکد توصیه می‌گردد.
- از آنجا که مواجهه طولانی مدت با هوای بسیار سرد، شرایط سرد و مرطوب، و غوطه‌وری در آب سرد می‌تواند 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 می‌باشند. شکل ۳ عایق لباس مورد نیاز به عنوان تابعی از دمای هوا و میزان کار ارائه می‌کند. همانطور که مشاهده می‌شود، میزان عایق‌بندی با کاهش دما و مقدار کار افزایش می‌یابد. 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 می‌دهد. این جدول را می‌توان همراه با شکل ۳ برای تعیین تقریبی عایق مورد نیاز لباس در دماهای مختلف استفاده کرد. اگر حفاظت مناسبی وجود نداشته باشد، غوطه‌وری در آب سرد می‌تواند در مواردی، در مدت کوتاهی باعث هیپوترمی شدید و نهایتاً مرگ گردد. جدول ۳ مقدار زمانی را نشان می‌دهد که یک فرد متوسط می‌تواند بر اساس دما و عمق آب در آب غوطه‌ور 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 می‌دهد که پوست بدن در مدت طولانی در آب سرد غوطه‌ور بماند یا با سرمای مرطوب بین ۶۰-۳۲ درجه فارنهایت (۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد) مواجهه

1 Metabolic Equivalents

یابد. ریسک فاکتورهای سرمازدگی شامل عدم تحرک، کاهش انرژی، اختلالات غدد درون ریز، سن (پیری یا جوانی)، اختلالات پوستی، سوختگی، ضربه، نوروپاتی و استفاده از دارو یا الکل می‌باشد.

- در شرایط معمول به‌جز دست‌ها، پاها و سر معمولاً ضایعات سرمازدگی در سایر اندام‌ها همراه با افت دمای عمقی بدن است. شاغلین سالمند و کارکنان مبتلا به بیماری‌های عروقی نیازمند محافظت و مراقبت در مقابل ضایعات ناشی از سرما می‌باشند. پوشیدن لباس‌های اضافی (عایق سرما) و یا کاهش زمان مواجهه با سرما از جمله تدابیر احتیاطی است که باید مدنظر باشد. تدابیر احتیاطی اتخاذشده تابع وضع جسمی شاغلین است و باید با مشورت و راهنمایی یک پزشک مطلع به مسائل تنش سرما و وضعیت درمانی فرد اتخاذ گردد.
- وجود پناهگاه مطمئن و گرم برای استراحت در وقفه‌های کاری، لباس یدکی خشک برای تعویض به‌موقع هنگام خیس شدن لباس شاغلین و همچنین امکانات تغذیه گرم، وسایل کمک‌های اولیه و مخابراتی برای مواقع خطر ضرورت دارد. بیماران همچنین می‌توانند 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 می‌شود. 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 علافگی	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	
برهم خوردگی تعادل اسید- باز، عدم پاسخ به درد	۲۶/۰	۷۸/۸	
کاهش جریان خون به مغز	۲۵/۰	۷۷/۰	
افت فشارخون، 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 ACGIH 2025

کار سنگین ۶۰۰ وات (۶ مت)	کار متوسط ۴۵۰ وات (۴-۵ مت)	کار سبک ۲۵۰ وات (۲-۳ 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 می‌شود.	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 کیسه‌های 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- محدودیت‌های زمانی غوطه‌وری در آب سرد (بر حسب ساعت) برای رسیدن به دمای عمقی

۳۵/۵ درجه سانتیگراد در دماها و عمق‌های غوطه‌وری مختلف در آب. برای زمان غوطه‌وری بیش از ۶ ساعت،

خطر آسیب‌ها و ضایعات سرمایی بدون یخ‌زدگی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. (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 یخ‌زدگی^۱

یخ‌زدگی زمانی رخ می‌دهد که دمای بافت به زیر ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتی‌گراد)

کاهش یابد.

یخ‌زدگی اغلب در مواجهه پوست (بینی، گوش‌ها، گونه‌ها، مچ دست‌ها) رخ می‌دهد. انجام آبی

می‌تواند وقتی که پوست در تماس با مایعات فوق سرد مثل محصولات پتروشیمی، روغن، سوخت‌های

مایع، ضدیخ، الکل که همه در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد به شکل مایع باقی می‌مانند رخ دهد.

1 Frostbite

همچنین تماس پوست برهنه با اشیاء سرد بویژه فلز رسانا یا سنگ می تواند یخ زدگی بافت رخ دهد. برای جلوگیری از این حالت، کارگران باید از دستکش های ضد تماس استفاده نمایند.

معمولاً اولین نشانه یخ زدگی بی حسی است. در واقع، احساس اولیه سرمایی در دمای پوست ۸۲ درجه فارنهایت (۲۸ درجه سانتیگراد) و احساس درد در دمای ۶۸ درجه فارنهایت (۲۰ درجه سانتیگراد) شروع می شود، اما هنگامی که دمای پوست به ۵۰- درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتیگراد) می رسد، این احساسات با بی حسی جایگزین می شوند. افراد اغلب احساس چوبی شدن^۱ را در نواحی آسیب دیده گزارش می کنند. پس از گرم کردن مجدد احساس درد قابل ملاحظه ای دیده می شود. احساسات اولیه یک احساس ناخوشایند از سرما است که ممکن است شامل سوزن سوزن شدن، سوزش، درد شدید و کاهش احساس باشد. رنگ پوست ممکن است در ابتدا قرمز به نظر برسد اما سپس به رنگ سفید و مومی شکل می شود.

ریسک فاکتورهای یخ زدگی شامل دما، نمناکی، خنک کنندگی باد، لباس چسبان، نژاد، جنس، هیپوکسی، سندرم رینود و داروهای عروقی می باشد.

دمای خنک کنندگی باد (WCT^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:

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

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

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

T = Air Temperature , V = Wind Speed

1 Wooden

2 Wind Chill Temperature (TWC) Index

جدول ۴- شاخص دمای خنک‌کنندگی 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 خنک‌کنندگی باد (°C)											
		5	1.4	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47
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

نکته: مدت زمانهای ایجاد یخ زدگی، مربوط به مواجهه پوست صورت می باشند.

رنگ سفید: ریسک یخ زدگی برای اغلب مردم کم است.

رنگ طوسی کم رنگ: افزایش خطر یخ زدگی برای اغلب مردم در ۱۰ تا ۳۰ دقیقه مواجهه رخ می دهد.

رنگ طوسی پررنگ: خطر یخ زدگی برای اغلب مردم در ۵ تا ۱۰ دقیقه مواجهه رخ می دهد.

رنگ تیره کم رنگ: خطر یخ زدگی برای اغلب مردم در ۲ تا ۵ دقیقه مواجهه رخ می دهد.

رنگ تیره پررنگ: خطر انجماد برای اغلب افراد در مواجهه ۲ دقیقه یا کمتر رخ می دهد.

جدول ۵- زمان بر حسب دقیقه تا بروز یخ زدگی گونه در ۵٪ مستعدترین پرسنل نظامی ارتش آمریکا
اقتباس از: ACGIH 2025

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)

تکنه: 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 یخ‌زدگی و زمان پیش‌بینی شده برای یخ زدن پوست صورت افراد در معرض سرما را نشان می‌دهد (جداول ۴ و ۵). پوست صورت از این جهت انتخاب شده است که معمولاً این ناحیه از بدن دارای هیچگونه حفاظتی نمی‌باشد. اگر دمای هوا بالاتر از ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتیگراد) باشد، یخ‌زدگی رخ نمی‌دهد.

پوست مرطوبی که با باد مواجهه می‌یابد سریعتر خنک می‌شود و اگر پوست مرطوب باشد و با باد هم مواجهه یابد، دمای محیطی که برای جدول WCT استفاده می‌شود 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، دست‌ها باید توسط دستکش‌ها محافظت شوند. همچنین کنترل ماشین‌آلات و ابزار برای استفاده در شرایط سرد باید به گونه‌ای طراحی شوند که بدون برداشتن دستکش‌ها بتوان آنها را اداره کرد.

مهارت دستی و ویژگی مهمی در محیط‌های 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 می‌شود. در هوای سرد، مهارت دستی می‌تواند بسته به شرایط محیط، ۶۰-۸۰ درصد در کارگران دستکشدار نسبت به کارگران بدون دستکش کاهش یابد. هنگامی که دمای دست کاهش می‌یابد، 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 می‌یابد.

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

الف- اگر کارهای ظریف دستی با دست‌های بدون دستکش برای مدت بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در محیطی زیر ۱۶ درجه سانتی‌گراد ($60/8^{\circ}\text{F}$) انجام می‌شود، برای گرم نگه‌داشتن دست‌ها باید پیش-بینی‌های ویژه انجام گیرد، بدین منظور جریان هوای گرم و بخاری‌های تابشی یا صفحات تماسی گرم‌کننده ممکن است به کار رود. در دمای کمتر از ۱- درجه سانتی‌گراد ($30/2^{\circ}\text{F}$) دسته‌های فلزی ابزارآلات و اهرم‌های کنترل باید با مواد عایق حرارتی روکش شوند.

ب- اگر دمای هوا برای کارهای نشسته به پایین‌تر از 16°C ($60/8^{\circ}\text{F}$)، در کارهای سبک به $^{\circ}\text{C}$ ۴ ($39/2^{\circ}\text{F}$) و برای کار متوسط ۷- درجه سانتی‌گراد ($19/4^{\circ}\text{C}$ درجه فارنهایت) کاهش باید و کارهای دستی ظریف دقیق و ماهرانه موردنیاز نباشد، آنگاه شاغلین باید از دستکش استفاده نمایند. مهارت در درجه اول تحت تأثیر درجه حرارت محیطی پوست و عضله قرار می‌گیرد و کمتر تحت تأثیر دمای عمقی بدن قرار می‌گیرد.

مواجهه حاد با آب سرد

غوطه‌وری ناگهانی با آب سرد موجب واکنش شوک سرمایی می‌شود. واکنش‌های فیزیولوژیکی به غوطه‌وری ناگهانی شامل نفس زدن، افزایش تنفس، افزایش ضربان قلب، فشار خون و مشکلات قلب عروقی می‌شود.

پس از کاهش پاسخ‌های اولیه، با گذشت زمان دمای عمقی و دمای عضله کاهش می‌یابد. بعد از مواجهه ۱۰ دقیقه‌ای با آب و غوطه‌وری در آب کمتر از ۱۰ درجه، دمای ماهیچه کاهش می‌یابد 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 می‌دهد. چنانچه این وضعیت ادامه یابد ادامه سقوط دما رخ می‌دهد. 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 می‌یابد.

پیشرفت از شوک سرمایی به سرمازدگی به شکل قانون (۱-۱۰-۱) اشاره می‌شود. این قانون بیان می‌کند که در دقیقه اول، واکنش به شوک سرما با افزایش تنفس در آب خود را نشان می‌دهد. در ۱۰ دقیقه مواجهه، دمای ماهیچه اسکلتی کاهش یافته و به نقطه‌ای که عملکرد آن مختل می‌شود، می‌رسد و در ۱ ساعت دمای عمقی به سطح خطرناکی سقوط می‌کند.

لباس هوای سرد

لباس‌های هوای سرد از طریق کاهش اتلاف گرما از طریق عایق حرارتی لباس و هوای محبوس شده درون و بین لایه‌های لباس، بدن را از هیپوترمی و صدمات سرمای محیطی محافظت می‌کنند.

لباس‌های هوای سرد معمولی از چند لایه تشکیل شده است:

- یک لایه داخلی (پلی‌استرسبک یا پلی‌پروپیلن) که در تماس مستقیم با پوست است و به راحتی رطوبت را جذب نمی‌کند، اما رطوبت را به لایه‌های خارجی که می‌تواند تبخیر شود، انتقال می‌دهد.

- لایه‌های میانی (پلی‌استر یا پشم) که عایق اصلی را ایجاد می‌کنند.

- یک لایه خارجی که برای انتقال رطوبت به هوا طراحی شده، در حالی که باد و باران را دفع می‌کند.

تعریق می‌تواند به راحتی از نرخ تبخیر لایه پوسته خارجی لباس فراتر رود، که در این حالت باعث جمع شدن رطوبت در داخل لباس می‌شود، 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 می‌تواند 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 نیازمندی‌های خود و محیط حرارتی خود استفاده نمایند. یکی از مشکلات عمده

در مورد لباس این است که افراد در حالیکه لباس‌هایی که مناسب شرایط استراحت است را به تن دارند، شروع به کار می‌نمایند و بنابراین بعد از اینکه کار شروع می‌شود، دارای لباس بیش از حد^۱ می‌شوند. همه کارگران لازم است که آنگاه شوند که اگر هوا مرطوب باشد و لباس هوای مرطوب فراهم نباشد و شدت کار نیز سبک باشد خطر سرمازدگی افزایش می‌یابد. خشک بودن لباس مخصوصاً برای افرادی که در مناطق دور افتاده کار می‌کنند 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 چکمه‌های 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 نمی‌تواند 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 نمی‌کند، اصلاح کار باید انجام گیرد و یا تا فراهم شدن لباس کار مناسب برای سرما و یا بهبود شرایط جوی به تعلیق درآید.

پاها اندام‌هایی هستند که بسیار مستعد آسیب‌های ناشی از سرمازدگی محیطی می‌باشند. بنابراین می‌بایست برای کلیه کارگران کفش مناسب برای شرایط سرمایی که در آن کار می‌کنند، 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)، چکمه‌های 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 پاک‌کننده و غیره) را جابجا می‌کنند، به جهت افزایش خطر بروز ضایعات ناشی از سرما که در نتیجه خاصیت خنک‌کنندگی مواد تبخیر شونده حاصل می‌شود. باید احتیاطات لازم برای پرهیز از خیس شدن لباس

1 Overdressed

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 اندامها افزایش یابد. برای تأمین کالری و حجم مایعات دریافتی بدن، مایعات گرم و شیرین در محل کار مهیا باشد. مصرف مایعات مدر (همانند چای) باید محدود شود.

برای انجام کار در درجه سرمایی 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 برنامه های آموزشی شامل دستورالعمل های زیر است:

الف - تمرینات استفاده از لباس های مخصوص

ب - عادات صحیح خوردن و آشامیدن

ج - شناسایی سرمازدگی قریب الوقوع

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

ه - انجام کار بدون مخاطره

و - کمک های اولیه ضروری و درخواست امداد

کار در دمای بین +1 تا -10- درجه سانتی گراد باید حداکثر در دوره های ۷۵ دقیقه قطع گردد و کارگر به مدت ۱۵ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نماید. این حدود مجاز برای سرعت باد کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه (۱/۱ مایل بر ساعت) و لباس کار خشک تدوین شده است. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد، به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل در ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین تر خواهد بود. به طور مثال در صورتی که فرد در دمای ۱۵- درجه سانتی گراد 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 پایین تر، یعنی ۳۰ دقیقه مداوم

خواهد بود و تکرار مواجهه منوط به ۳۰ دقیقه استراحت در هر دوره است. اگر اطلاعات صحیحی برای تخمین یا اندازه گیری سرعت باد موجود نیست، پیشنهادهای زیر به صورت راهنما به کار می رود:

- 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)

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

* این شرایط برای سرعت باد کمتر از ۵/۰ 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 ($1 \text{ FPM} = 200$) تجاوز کند، دسترسی به هدف فوق به وسیله دستگاه‌های توزیع هوا که به طرز خاصی طراحی شده‌اند امکان‌پذیر است.
- ۲- به افرادی که در مواجهه با جریان هوای موجود در سردخانه هستند می‌بایست لباس حفاظتی مخصوص بادگیر داده شود.
- ۳- در مواردی که کار در محیط سرد انجام می‌شود و فرد در مواجهه با مواد سمی و همچنین در معرض ارتعاش است باید احتیاط‌های ویژه مبذول گردد، از جمله ممکن است کاهش حد مجاز شغلی به یک مرحله پایین‌تر ضرورت یابد.
- ۴- لازم است چشم‌های افرادی که در فضای باز در هوای برفی و یا وقتی پهنه وسیعی از زمین پوشیده از یخ است کار می‌کنند، حفاظت گردند. عینک‌های ایمنی مخصوص برای حفاظت چشم‌ها در مقابل نور فرابنفش و یا درخشندگی خیره‌کننده برف و یخ که می‌تواند موجب خیرگی و ورم ملتحمه گردد، به کار گرفته شود. در مواردی که زمین پوشیده از برف است و بالقوه می‌تواند موجب آزارهای چشمی شود، پاک‌سازی محوطه کار از برف مزاحم توصیه می‌شود.

ضرورت پایش محیط کار

- وقتی دمای محیط کار کمتر از 16 درجه سانتی‌گراد ($60/8 \text{ }^\circ\text{F}$) است می‌بایست نسبت به نصب دستگاه مناسب برای اندازه‌گیری دمای محیط در محل کار اقدام نمود. با چنین تدبیری نگهداری وضعیت دمای محیط کار در راستای توصیه‌های حد مجاز شغلی میسر است.
- هر زمان که دمای هوا در محل کار به کمتر از 1 - درجه سانتی‌گراد ($30/2 \text{ }^\circ\text{F}$) رسید، باید حداقل هر چهار ساعت یک‌بار اندازه‌گیری 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 یکبار سرعت باد باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

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

در کلیه مواردی که اندازه‌گیری سرعت جریان هوا ضروری باشد، شاخص خنک‌کنندگی باد (WCT) با استفاده از جدول ۴ محاسبه و هرگاه دمای معادل سرماباد (WCT) کمتر از ۷- درجه سانتی‌گراد ($19/4^{\circ}\text{F}$) 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 می‌کنند و یا میزان تحمل کار در سرما را کاهش می‌دهند، باید از کار در درجات ۱- درجه سانتی‌گراد ($30/2^{\circ}\text{F}$) و کمتر معاف گردند.

شاغلینی که معمولاً در درجات کمتر از ۲۴- درجه سانتی‌گراد ($11/2^{\circ}\text{F}$) همراه با سرعت باد کمتر از پنج مایل در ساعت و یا هوای کمتر از ۱۸- درجه سانتی‌گراد ($0/0^{\circ}\text{F}$) همراه با سرعت باد بیشتر از ۵ مایل در ساعت در مواجهه هستند، باید گواهی پزشکی دال بر مناسب بودن برای چنین مواجهه‌ای را داشته باشند. مصدومی که در دمای انجماد یا زیر صفر می‌ماند نیاز به توجه ویژه دارد، زیرا فرد مصدوم مستعد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما است. پیش‌بینی‌های مخصوص برای پیشگیری از بروز عوارض کاهش دما و انجماد نسوج آسیب‌دیده لازم است، مضافاً اینکه کمک‌های اولیه درمانی باید به فوریت انجام گیرد.

منابع:

- 1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2026.
- 2- Castellani JW; Young AJ; Ducharme MB; et al.: Prevention of cold injuries during
3- exercise. Med Sci Sports Exerc 38:2012–2029 (2006).
- 4- National Weather Service: Windchill Temperature Index. NOAA, National Weather Service, Office of Climate, Water, and Weather Services (2001).
- 5- US Department of the Army: Prevention and management of cold-weather injuries.
- 6- Technical Bulletin Medical 508, (TB MED 508). Falls Church, VA (2005).
- 7- Xu X; Tikuisis P: Thermoregulatory modeling for cold stress. Compr Physiol
8- 4:1057–1081 (2014).
- 9- 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).
- 10- 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 مجاز پرتوگیری شغلی در فعالیتهای 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

<https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=58401>

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

<https://standard.inso.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>

نکته مهم:

وزارت بهداشت بر اساس اختیارات و وظایف ذاتی خود، متن الزامات و راهنمای تکمیلی را برای مراقبت و پایش در برابر پرتوها در محیط کار را منتشر خواهد نمود که برای محیطهای شغلی علاوه بر مقررات فوق لازم الرعایه خواهد بود.

بخش چهارم: حدود مجاز در ارگونومی

ارگونومی علمی است که به مطالعه و طراحی سیستم کار، ابزار و تجهیزات، محیط کار و برهم کنش 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^۲ (RMIs) و آسیب‌های ناشی از تنش‌های تکراری^۳ (RSIs). برخی از این آسیب‌ها دارای علائم تشخیصی اختصاصی هستند مثل سندرم تونل کارپال^۴ (CTS). سایر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی ممکن است به صورت علائم غیراختصاصی ظاهر شوند. علائم این اختلالات عبارتند از: ناراحتی، درد، ورم، اختلالات حسی، مورمور شدن، محدود شدن دامنه‌ی حرکتی و کاهش کنترل حرکتی. برخی علائم موقتی و زودگذر، نتیجه طبیعی کار و غیرقابل اجتناب می‌باشند، اما علائمی که روزبه روز فزونی گرفته و با فعالیت‌های شغلی یا زندگی روزانه فرد تداخل می‌کنند، نباید به عنوان نتیجه طبیعی کار در نظر گرفته شوند.

-
- 1 Work-related Musculoskeletal Disorders
 - 2 Cumulative Trauma Disorders
 - 3 Repetitive Motion Illnesses
 - 4 Repetitive Stress Injuries
 - 5 Carpal Tunnel Syndrome

راهنمای 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
- ارائه 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 برنامه‌های کنترل کیفیت و نگهداشت تجهیزات به منظور کاهش میزان اعمال نیرو به‌ویژه در فعالیت‌های غیر مفید.

روش‌های کنترلی مدیریتی از طریق کاهش مدت زمان 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 غیرشغلی عبارت‌اند از آرتروز روماتوئید، اختلالات غدد درون‌ریز، ترومای حاد، چاقی، بارداری، سن، جنسیت، میزان آمادگی جسمانی، آسیب‌های قبلی، 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.

ارزیابی ریسک بروز اختلالات اسکلتی - عضلانی

اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار دارای ریسک فاکتورهای شغلی گوناگونی هستند که از بین آنها می‌توان به عوامل مربوط به کار جسمانی (نظیر پوسچر، نیرو، حرکت، ارتعاش)، عوامل روانی-اجتماعی و عوامل فردی اشاره کرد. میزان مواجهه با عوامل مربوط به کار جسمانی را می‌توان با توجه به شدت (یا بزرگی)، تکرار و مدت زمان مواجهه مورد ارزیابی قرار داد. در حال حاضر روش‌های گوناگونی برای ارزیابی مواجهه شغلی با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی وجود دارد. همچنین روش‌های گوناگونی وجود دارند که به کمک آنها می‌توان مشاغلی که خطر ابتلا به این گونه اختلالات در آنها بالاست را شناسایی نمود و ریسک فاکتورهای درون شغلی را تعیین کرد. این روش‌ها شامل روش‌های مشاهده‌ای^۱، روش‌های دستگاهی^۲ یا مستقیم، روش‌های خودگزارشی^۳ و دیگر روش‌های روانی-فیزیولوژیک می‌باشند.

از این میان، روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی عمدتاً مبتنی بر ارزیابی پوسچر هستند و به عنوان پرکاربردترین روش‌های ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط‌های کاری محسوب می‌شوند. هزینه نسبتاً کم، کاربرد نسبتاً راحت، عدم نیاز به سطح بالایی از مهارت و قابلیت کاربرد آنها برای رنج گسترده‌ای از وظایف کاری باعث شده که افرادی که وظیفه ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی - عضلانی در محیط‌های کاری را به عهده دارند از این روش‌ها به عنوان ابزار اصلی ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی-عضلانی استفاده نمایند.

1 Observational

2 Instrumental or direct methods

3 Self-reports

در حال حاضر تعداد زیادی از روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی وجود دارند که هر کدام از آن‌ها برای اهداف خاصی توسعه پیدا کرده‌اند. لذا میان آنها از نظر نوع وظیفه‌ی کاری، نواحی بدنی و عوامل خطر مورد ارزیابی تفاوت‌های زیادی وجود دارد و همین موضوع باعث شده است که انتخاب و کاربرد این روش‌ها به عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های افراد ارزیاب محسوب گردد، به ویژه زمانی که برای داشتن یک ارزیابی ریسک جامع لازم است که از ترکیبی از این روش‌ها استفاده گردد.

شواهد علمی نشان می‌دهد که هیچ‌یک از این روش‌ها به تنهایی برای ارزیابی تمامی انواع وظایف و فعالیت‌های شغلی مناسب نیستند؛ بنابراین انتخاب نامتناسب یا استفاده نادرست آنها می‌تواند منجر به نتایج گمراه‌کننده و تصمیم‌گیری‌های کنترلی و قانونی نادرست گردد. از این رو، انتخاب صحیح ابزار ارزیابی نه یک موضوع سلیقه‌ای، بلکه یک مؤلفه حیاتی در اعتبار و قابلیت اتکای نتایج ارزیابی ریسک ارگونومی محسوب می‌شود.

در هنگام انتخاب روش ارزیابی، فرد ارزیاب باید به روایی، پایایی، قابلیت کاربرد، نقاط قوت و ضعف آن روش توجه نماید و بتواند تشخیص دهد که هر کدام از روش‌های مشاهده‌ای برای چه نوع وظیفه کاری طراحی شده و چه ریسک فاکتورهایی و چه مناطقی از بدن را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. بنابراین افرادی که از این روش‌ها استفاده می‌کنند لازم است که از سطح معینی از دانش و تجربه برای انتخاب و کاربرد صحیح آنها برخوردار باشند، در غیر این صورت ممکن است دچار خطا شده و باعث مخدوش شدن نتایج ارزیابی ریسک گردند. با وجود اهمیت انتخاب صحیح روش یا روش‌های ارزیابی ارگونومی، مطالعات متعدد نشان داده‌اند که در عمل، افراد ارزیاب تنها از تعداد محدودی از این روش‌ها برای ارزیابی طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های شغلی استفاده می‌کنند. این الگوی رفتاری که ممکن است بر اساس عادت، سهولت اجرا، انتظارات ناظران یا الزامات صوری گزارش‌دهی ایجاد شده باشد نه تنها در ایران، بلکه در کشورهای مختلف نیز گزارش شده است.

بسیاری از مطالعات بیان نموده‌اند که دانش کم افراد ارزیاب درباره انواع روشهای مشاهده‌ای قلم-کاغذی و عدم وجود نظارت جدی بر نحوه انتخاب صحیح روش، باعث شده است که افراد ارزیاب عمدتاً از تعداد محدودی از این روش‌ها، برای ارزیابی انواع مختلف وظایف کاری استفاده نمایند لذا

فرایند انتخاب روش به جای اینکه مبتنی بر یک رویه علمی باشد بر اساس سلیقه و آشنایی محدود افراد ارزیاب با روش‌های ارزیابی ریسک خواهد بود که این موضوع می‌تواند باعث افزایش احتمال خطا در انتخاب روش و در نهایت مخدوش شدن نتایج ارزیابی ریسک گردد.

در چنین شرایطی، معرفی و به کارگیری ابزارهای کمک تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد علمی، می‌تواند شکاف موجود میان دانش نظری روش‌ها و کاربرد صحیح آن‌ها در میدان عمل را پر کند. در همین راستا برای رفع مشکلات فوق‌الذکر و با هدف کاهش خطا در انتخاب روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی، پیشنهاد می‌شود از یک ابزار تصمیم‌یار تحت عنوان 'DAT' که کارایی آن در مطالعه تاجور و همکاران تأیید شده است استفاده شود.

این ابزار که پس از بررسی ویژگی‌ها، نقاط قوت و محدودیت‌های انواع روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی در منابع معتبر علمی طراحی و توسعه پیدا کرده، به گونه‌ای طراحی شده است که هر یک از افراد ارزیاب، می‌توانند با مشخص کردن نوع وظیفه کاری، هدف از ارزیابی و نواحی بدنی مورد ارزیابی به راحتی روش یا روش‌های صحیح و متناسب با نوع وظایف کاری مد نظر خود را انتخاب نمایند. در این ابزار تصمیم‌یار سعی شده است برای همه انواع وظایف کاری (شامل وظایف مشمول حمل دستی بار، وظایف خاص منظوره و وظایف غیر حمل دستی بار) و نواحی بدنی مورد ارزیابی شامل اندام فوقانی (انگشتان، مچ دست، ساعد، آرنج، شانه، بازو، گردن)، کمر و اندام تحتانی، روش‌های ارزیابی ریسک ارگونومی از نوع مشاهده‌ای قلم-کاغذی برای ارزیابی ریسک بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار لحاظ گردد.

نحوه کار با این ابزار بدین صورت است که فرد ارزیاب می‌بایست ابتدا آنالیز شغلی و سپس آنالیز وظیفه مربوط به شغل را انجام دهد. پس از مشخص شدن نوع وظیفه کاری، می‌بایست هدف از انجام ارزیابی مشخص شود. مثلاً برای وظایف شامل حمل دستی بار فرد باید مشخص نماید که آیا هدف از ارزیابی تعیین حداکثر وزن قابل قبول است یا غربالگری وظایف و یا ارزیابی عمومی از کل بدن. چنانچه

هدف، تعیین حداکثر وزن قابل قبول یا غربالگری وظایف باشد، در مرحله بعد لازم است که نحوه حمل دستی بار نیز مشخص گردد که شامل بلند کردن/گذاشتن بار، جابجا کردن بار و هل دادن/کشیدن بار می‌باشد. در رابطه با وظایف غیر حمل دستی بار نیز افراد ارزیاب می‌توانند پس از مشخص کردن هدف ارزیابی و نواحی بدنی مورد ارزیابی، روش یا روش‌های مناسب خود را انتخاب نمایند. مثلاً چنانچه وظیفه کاری مورد ارزیابی از نوع غیر حمل دستی بار بوده و هدف، ارزیابی اندام فوقانی بوده باشد، در مرحله بعد فرد باید مشخص نماید که کدام نواحی از اندام فوقانی (انگشتان، مچ دست، ساعد، آرنج، شانه، بازو، گردن) را می‌خواهد ارزیابی نماید و یا در ارزیابی کلی بدن فرد ارزیاب می‌بایست با توجه به هدف ارزیابی، نوع روش را انتخاب نماید. اگر هدف، ارزیابی سمت چپ و راست بدن به طور مجزا باشد باید از روش‌هایی استفاده کند که برای این منظور توسعه پیدا کرده‌اند (مانند RULA¹ و REBA²) و اگر هدف، ارزیابی کل بدن در قالب یک عدد ریسک کلی باشد استفاده از روش‌هایی مانند RULA و REBA³ اشتباه بوده و باید از روش‌های دیگری (مانند OWAS⁴ و WERA⁴) استفاده نمود و در رابطه با مشاغلی که روش‌های ارزیابی ریسک ارگونومی خاصی برای آنها وجود دارد سعی شده است تا از همان روش‌ها در طراحی ابزار کمک تصمیم‌گیری استفاده شود.

استفاده از این ابزار که تصویر آن در ادامه آورده شده است می‌تواند نقش مهمی در ارتقای کیفیت ارزیابی‌های ارگونومی، افزایش همسانی رویه‌ها، کاهش خطای انتخاب ابزار و در نهایت بهبود تصمیم‌گیری‌های کنترلی و قانونی-حقوقی ایفا نماید. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه روش‌های استفاده شده در این ابزار دائماً در حال بروزرسانی هستند، توصیه می‌شود از جدیدترین ورژن روش‌ها برای ارزیابی ریسک استفاده شود. همچنین ممکن است در آینده روش‌های خاص منظوره بیشتری برای

1 Rapid Upper Limb Assessment

2 Rapid Entire Body Assessment

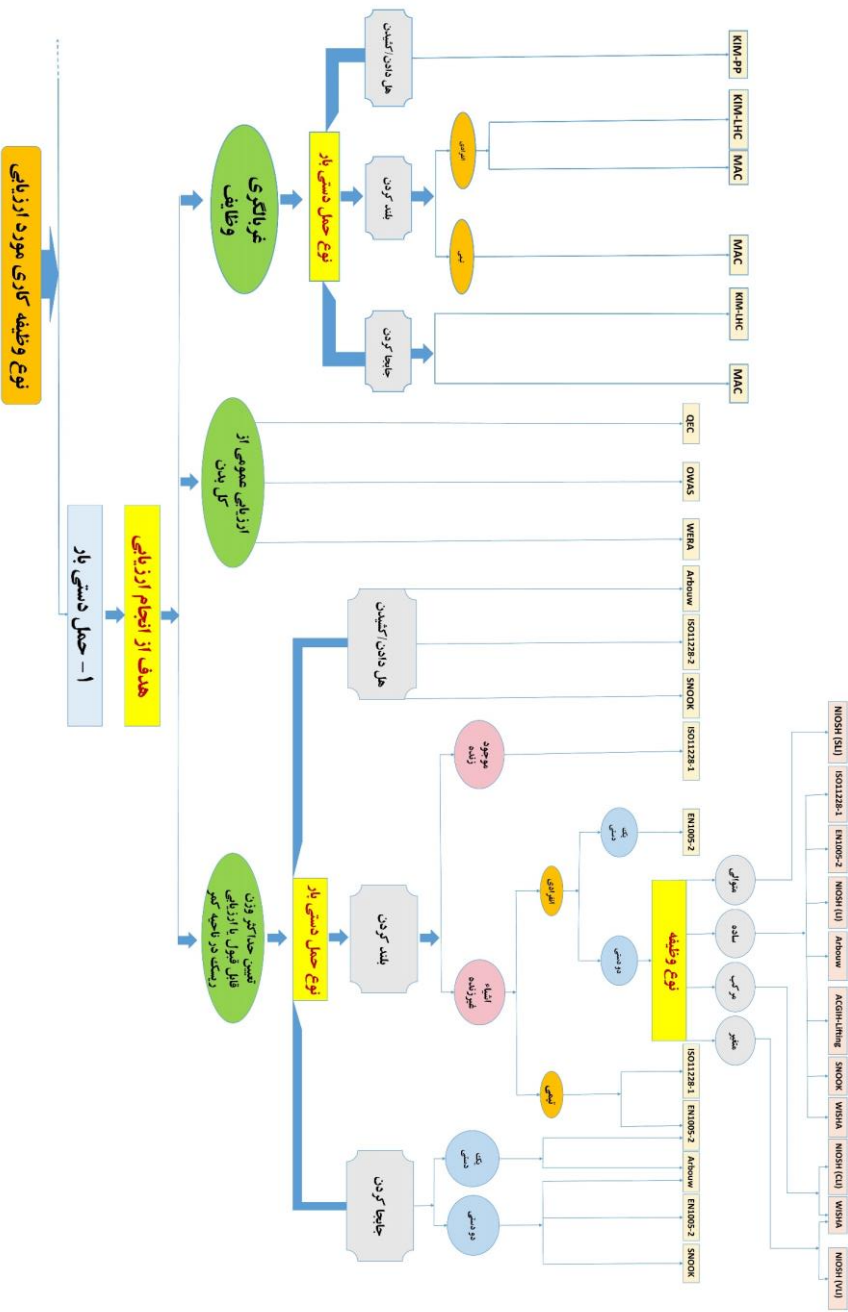
3 Ovako Working Posture Analyzing System

4 Workplace Ergonomic Risk Assessment

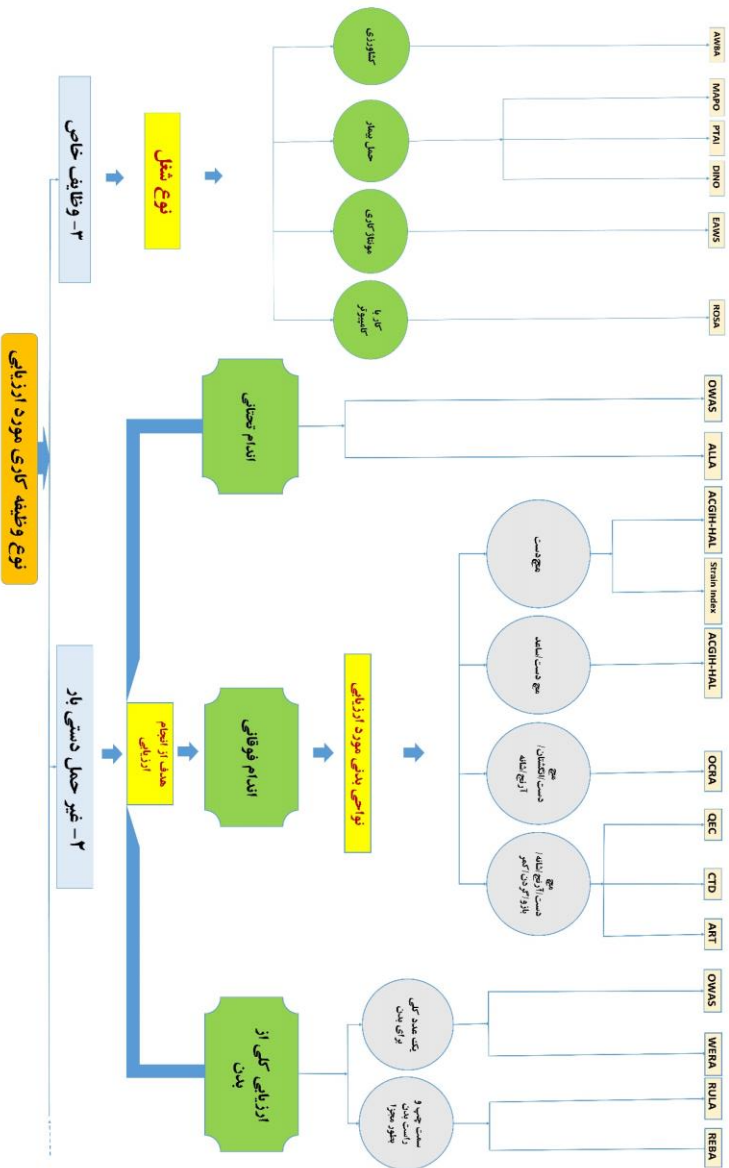
ارزیابی ارگونومی برخی مشاغل خاص توسعه پیدا کند که در صورتی که این روش ها از روایی و پایایی مناسبی برخوردار باشند می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

خاطر نشان می گردد در برخی روش های ارزیابی، میزان حدود مجاز/غیر مجاز و در دیگر روش های ارزیابی، سطح اولویت اقدام اصلاحی بر اساس شدت ریسک مربوطه مشخص شده است که می تواند مبنای قضاوت در مورد میزان احتمال بروز اختلالات اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار در شاغلین باشد.

درخت تصمیم گیری برای انتخاب روش با روش های ارزیابی ریسک اختلافات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار



(ادامه) درخت تصمیم گیری برای انتخاب روش یا روش های ارزیابی ریسک اختلافات



ارزیابی بار کار جسمانی

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

۱- ابتدا ضربان قلب فرد در حالت استراحت (RHR^1) اندازه‌گیری شود. این کار می‌تواند از طریق اندازه‌گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس‌متر در حالتی که فرد نشسته و حداقل تا نیم ساعت قبل هیچ‌گونه فعالیت جسمانی نداشته است سنجش شود.

۲- حداکثر ضربان قلب فرد (MHR^2) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردد:

$$MHR = 220 - \text{سن}$$

۳- حداکثر ضربان قلب مجاز ($MWHR^3$) در طول یک نوبت کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

$$MWHR = RHR + MHR/3$$

۴- ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه از طریق اندازه‌گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس‌متر سنجش شود. چنانچه شدت فعالیت جسمانی در زمان‌های مختلف نوبت کاری متفاوت است، لازم است میانگین ضربان قلب در طول نوبت کار از طریق اندازه‌گیری مداوم آن محاسبه شود.

۵- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به‌دست آمده است با $MWHR$ حاصل از مرحله ۳ با یکدیگر مقایسه شوند. چنانچه:

- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله ۴ به‌دست آمده است کمتر از $MWHR$ حاصل از مرحله ۳ باشد، شرایط مطلوب ارزیابی می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نیست.

1 RHR: Rest Heart Rate

2 MHR: Maximum Heart Rate

3 MWHR: Maximum Working Heart Rate

- 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 می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین است.

تلاش‌های زیادی برای طبقه‌بندی شدت کار بر اساس میزان مصرف اکسیژن، ضربان قلب و مصرف انرژی صورت گرفته است. جدول زیر (برگرفته از استراند و رودال ۱۹۷۷) مثالی در این زمینه است.

جدول ۱- تقسیم‌بندی شدت کار بر اساس میزان مصرف اکسیژن، ضربان قلب و مصرف انرژی

شدت کار	VO ₂ (لیتر بر دقیقه)	ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	مصرف انرژی (کیلوکالری در دقیقه)
کار سبک	<۰/۵	<۹۰	<۲/۵
کار متوسط	۰/۵-۱	۹۰-۱۱۰	۲/۵-۵
کار سنگین	۱-۱/۵	۱۱۰-۱۳۰	۵-۷/۵
کار خیلی سنگین	۱/۵-۲	۱۳۰-۱۵۰	۷/۵-۱۰
کار فوق‌العاده سنگین	>۲	۱۵۰-۱۷۰	>۱۰

فعالیت دست

حدود مجاز مواجهه برای سطح فعالیت دست ۱ یا حد آستانه مجاز ۲ فعالیت دست، در سال ۲۰۰۲ توسط کنفرانس آمریکایی متخصصان دولتی بهداشت صنعتی^۳ پیشنهاد شده است. این ارزیابی بر مبنای ارزیابی میزان فعالیت دست و میزان تلاش موردنیاز برای حفظ یک پوسچر عادی هنگام انجام یک وظیفه کوتاه‌مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. جداول ۱ و ۲ و شکل ۱ می‌توانند به عنوان راهنمایی برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد ریسک فعالیت‌های دست در مشاغل مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

1 ACGIH TLV for Hand Activity Level

2 Threshold Limit Value: TLV

3 American Conference of Governmental Industrial Hygienist: ACGIH

جدول ۱: روش تعیین HAL TLV منطبق با پیشنهاد ACGIH برای شغل

تاریخ	تحلیل گر	شغل
دست راست	دست چپ	
		تعیین نیروی نرمال شده بیشینه (NPF) (جدول ۲ را ببینید)
		تعیین سطح فعالیت دست (HAL) (شکل ۱ را ببینید)
		محاسبه نرخ یا نسبت NPF $Ratio = NPF / (10-HAL)$
<input type="checkbox"/> >TLV <input type="checkbox"/> TLV تا AL <input type="checkbox"/> < AL	<input type="checkbox"/> > TLV <input type="checkbox"/> TLV تا AL <input type="checkbox"/> < AL	تفسیر نتایج TLV= ۰/۷۸ AL= ۰/۵۶

در اولین گام میزان بیشینه تلاش مورد نیاز برای اعمال نیروی بالا در چرخه کار مشخص می شود. نیروی نرمال شده بیشینه ۱ (NPF)، سطح نسبی تلاش بر روی یک شاخص صفر تا ۱۰ است که فردی با قدرت متوسط می تواند در پوسچر مورد نظر برای انجام آن وظیفه اعمال کند. سه روش برای ارزیابی NPF پیشنهاد شده است: (۱) درصدی از بیشترین انقباض ارادی، (۲) گزارش ذهنی از میزان اعمال نیروی درک شده و (۳) یک روش مشاهده ای که از روش شاخص تنش مور-گارگ ۲ اقتباس شده است. روش کمی تعیین NPF اندازه گیری میزان اعمال نیروی بیشینه ی جمعیت (برای مثال صدک ۹۰ م) (و مقایسه ی آن با قدرت میانگین جمعیت در همان پوسچر است (جدول ۲).

جدول ۲: نرخ‌دهی به سطح فعالیت دست

NPF	شاخص مشاهده گر Moore-Garg (روش جایگزین)	شاخص ذهنی		MVC%
		عبارت شفاهی	نمره	
۰		به هیچ وجه	۰	۰
۰/۵	تلاش راحت و به ندرت محسوس	فوق العاده ضعیف	۰/۵	۵
۱		خیلی ضعیف	۱	۱۰
۲	تلاش معین و محسوس	ضعیف	۲	۲۰
۳		متوسط	۳	۳۰
۴	تلاش مشهودی که باعث تغییر حالت چهره نمی شود		۴	۴۰
۵		قوی (سنگین)	۵	۵۰
۶	تلاش چشمگیر با تغییر در حالت چهره		۶	۶۰
۷		خیلی قوی	۷	۷۰
۸			۸	۸۰
۹	استفاده از شانه و تنه برای اعمال نیرو		۹	۹۰
۱۰		شدیداً قوی (تقریباً بیشینه)	۱۰	۱۰۰

گام دوم، با هدف تعیین سطح فعالیت انجام می شود. تعیین سطح فعالیت دست با استفاده از یک شاخص لیکرت (صفر تا ۱۰) انجام می شود. بدین ترتیب که صفر نشانگر این است که هیچ فعالیتی با دست انجام نمی شود و ۱۰ به بیشترین سطح قابل تصور فعالیت دست اشاره دارد. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود محاسبات فعالیت دست با در نظر گرفتن اثرات ترکیبی تعداد تکرارهای هر تلاش و بازه‌های زمانی تلاش‌ها انجام می شود. هرچه تعداد تکرار و بازه‌های تلاش بیشتر شود، سطح فعالیت دست بالاتر رفته و شانس بازیابی و استراحت کمتر می شود.



شکل ۱: شاخص نمره‌دهی تخمین نیروی نرمال شده بیشینه برای نیروی دست‌ها. سطح فعالیت دست (HAL) (۱۰-۰) با استفاده از این راهنما می‌تواند انجام شود

گام سوم محاسبه نرخ یا نسبت NFP ratio است. نسبت‌هایی که کمتر از سطح اقدام (AL: Action Level) باشند ممکن است مورد پایش قرار گیرند، اما به تجزیه و تحلیل‌های تکمیلی نیازی نیست. اگر NFP ratio بیشتر از TLV باشد تجزیه و تحلیل‌های بیشتر و طراحی مجدد شغل نیاز است. نواحی بین AL و TLV ناحیه‌ای با ریسک متوسط هستند (شکل ۲).



شکل ۲: 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 ممتد بالا حدود مجاز را نشان می‌دهد. خط چین پایین، حد عمل (AL) است که در آن کنترل‌های کلی توصیه می‌شود.

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 انجام شده 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 انتخاب شده 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 داده شده 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.

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 غیرخنثی 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.

ارزیابی خستگی موضعی اندام فوقانی

حد آستانه مجاز ارائه شده در شکل ۱ برای فعالیت‌های شغلی در محیط کاری که مستلزم استفاده از اندام‌های فوقانی هستند توصیه می‌شود. باید توجه داشت فرض بر این است که اکثر کارگران سالم که به‌طور روزانه در معرض این حد مجاز قرار می‌گیرند، می‌توانند توانایی کاری و عملکرد عادی خود را بدون تجربه خستگی اسکلتی-عضلانی بیش از حد یا به صورت ثابت در اندام‌های فوقانی در طول مدت یک روز کاری حفظ کنند. عوامل فردی، محیطی و سایر عوامل مرتبط با محیط کار می‌توانند بر احتمال بروز خستگی به صورت درد، ناراحتی یا کاهش کنترل حرکتی اندام‌های فوقانی تأثیرگذار باشند. همچنین این حد آستانه مجاز توصیه شده ممکن است برای افرادی که دارای اختلالات اسکلتی-عضلانی از قبل بوده‌اند، محافظت کافی را به وجود نیاورد.

خستگی موضعی پدیده پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل، ساز و کارها و پیامدهای متعدد شکل می‌گیرد که از فعالیت بدنی ناشی می‌شود و بر راحتی و توانایی سیستم اسکلتی-عضلانی ما برای انجام فعالیت‌های کاری، زندگی روزمره و اوقات فراغت تأثیر می‌گذارد. خستگی ممکن است به صورت ناراحتی موضعی، درد، کاهش قدرت عضلانی، لرزش یا سایر علائم و نشانه‌های مرتبط همراه با کاهش کنترل حرکتی بروز کند. فعالیت‌های بدنی می‌توانند موجب خستگی کوتاه‌مدت شوند، که تنها چند ساعت طول می‌کشد یا به وجود آورنده خستگی‌ای باشند که تا ۲۴ ساعت یا بیشتر ادامه یابد و در موارد شدید حتی به آسیب بافت‌های اسکلتی-عضلانی منجر شود که برای بهبودی و درمان کامل آن به چندین روز یا هفته زمان نیاز داشته باشد. در چارچوب این راهنما، خستگی به ناراحتی یا کاهش عملکرد اندام‌های فوقانی اطلاق می‌شود که در فاصله ۲۴ ساعت پس از اعمال نیروهای پایدار یا فعالیت‌های تکراری دست‌ها و بازوها بروز می‌کند. علائم یا نشانه‌هایی که بیش از ۲۴ ساعت تداوم داشته باشند باید به‌عنوان اختلالات اسکلتی-عضلانی احتمالی مرتبط با کار مورد بررسی قرار گیرند. خستگی می‌تواند پیش‌زمینه‌ای برای بروز آسیب‌های مزمن بافت‌های نرم باشد.

مقدار مشخصی از خستگی موضعی، به خودی خود مضر نیست. خستگی بخشی از زندگی و یک پاسخ فیزیولوژیکی طبیعی است و ممکن است نقش مهمی در سازگاری بافت‌های اسکلتی-عضلانی با تنش‌های فیزیکی و کارهای غیرمعمول ایفا کند، اما خستگی نباید از یک روز کاری به روز کاری دیگر

ادامه باید یا در فعالیت‌های کاری یا زندگی روزمره اختلال ایجاد کند. مانند هر فعالیتی، کارگران ممکن است برای سازگاری ذهنی و جسمی با یک شغل جدید به چندین روز یا هفته زمان نیاز داشته باشند. در طول این دوره سازگاری، ممکن است علائم غیرطبیعی تجربه شوند.

خستگی موضعی که در طول روز کاری ایجاد می‌شود باید در طی استراحت‌های روزانه کاری به‌طور برگشت‌پذیر برطرف شود، به‌گونه‌ای که عملکرد طبیعی فعالیت کاری و انجام فعالیت‌های معمول زندگی خارج از محیط کار امکان‌پذیر باشد.

این حدود توصیه‌شده به‌طور خاص برای اندام‌های فوقانی شامل دست/مچ، ساعد، آرنج و شانه کاربرد دارند. بین اندام‌های فوقانی، تنه و اندام‌های تحتانی تفاوت‌های اساسی از نظر بیومکانیکی و حرکتی وجود دارد؛ بنابراین در تعمیم این حدود توصیه‌شده برای اندام‌های فوقانی به سایر بخش‌های بدن باید احتیاط لازم به عمل آید.

الگوهای بار کاری

عملکرد کاری به‌صورت توانایی تکرار و/یا تداوم بارهای بیومکانیکی برای دسترسی، گرفتن، نگاه‌داشتن و استفاده یا فعالیت دستی با اشیای کاری سنجیده می‌شود. منظور از «بار» در این زمینه، اعمال نیروها و گشتاورها برای تحمل وزن بدن و اشیای کاری، یا برای گرفتن، نگاه‌داشتن و دستکاری اشیای کاری در حدی است که الزامات شغلی را برآورده سازد. حرکات سریع بدن ممکن است به‌طور موقت به دلیل شتابی که دارند، بارهای واردشده در حین کار براندام‌ها را افزایش یا کاهش دهند؛ با این حال، بیشتر محاسبات مربوط به خستگی در این خصوص، بر اساس شرایط ایستا یا «شبه‌ایستا» انجام می‌شوند که در این صورت اثرات دینامیکی قابل اغماض هستند.

بارها را می‌توان با تقسیم نیروهای اعمال‌شده یا گشتاورها بر قدرت مفصل و وضعیت متناظر یک فرد یا جمعیت مورد نظر، نسبت به قدرت نرمال سازی کرد.

منظور از قدرت، حداکثر نیرو یا گشتاوری است که می‌تواند به‌طور ارادی توسط بخش مورد نظر بدن تولید شود. بارهای نرمال‌شده به‌صورت کسری بین ۰ تا ۱، یا در مقیاس ۰ تا ۱۰، و یا به شکل درصدی

از ۰ تا ۱۰۰ درصد بیان می‌شوند. این بارهای نرمال شده اغلب به صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی (MVC^۱%) گزارش می‌شوند.

بارها می‌توانند بر اساس مشاهده، برآورد ادراک شده از میزان تلاش توسط کارگران، اندازه‌گیری‌های مستقیم، اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم (مانند الکترومایوگرافی) و محاسبات بیومکانیکی تخمین زده شوند. قدرت عضلانی کارگر نیز می‌تواند به طور مستقیم اندازه‌گیری شود یا بر اساس مطالعات جمعیتی و یا مدل‌های بیومکانیکی برآورد گردد. بهترین روش برای سنجش به نوع کاری که انجام می‌شود و ویژگی‌های کارگرانی که آن شغل را انجام می‌دهند بستگی دارد. روش‌های تحلیل الگوهای بار کاری در مقالات علمی مستند گریده‌اند.

معادله مربوط به حد آستانه مجاز در شکل ۱:

$$\%MVC = (100\%) \cdot (-0.143 \ln(DC/100\%) + 0.066)$$

در این رابطه، %MVC بیانگر درصدی از حداکثر قدرت یا تلاش در دست، آرنج یا شانه است و DC^۲ چرخه وظیفه است که به صورت درصدی از کل چرخه کاری بیان می‌شود. منظور از چرخه وظیفه درصد زمانی در یک چرخه کاری یا یک دوره زمانی مشخص است که طی آن نیرو اعمال می‌شود. حد آستانه مجاز می‌تواند به صورت زیر نیز بیان شود:

$$\%DC = (100\%) \cdot e^{((0.066 - (\%MVC/100\%))/0.143)}$$

منحنی حد آستانه مجاز خستگی را می‌توان برای محاسبه درصد وظیفه قابل قبول چرخه وظیفه برای یک نیروی مشخص (%MVC) یا یک %MVC قابل قبول برای درصد معینی از یک چرخه وظیفه به کار برد. این حد آستانه مجاز برای چرخه‌های کاری در بازه ۰/۵٪ تا ۹۰٪ قابل اعمال است و برای کارهای دوره‌ای یا متناوب طراحی شده است که معمولاً ۲ ساعت یا بیشتر در روز انجام می‌شوند. اگر

1 Percent of Maximum Voluntary Contraction

2 Duty Cycle

یک کارگر چندین فعالیت مختلف انجام دهد که هر یک به مدت ۲ ساعت یا بیشتر طول می کشند، هیچ یک از این فعالیت ها نباید از این حدود مجاز فراتر روند. در مورد اعمال نیروی استاتیک در دست، آرنج یا شانه، انتظار نمی رود که مدت زمان اعمال نیرو بیش از ۲۰ دقیقه باشد.

حداقل زمان بازیابی (RT^1) از یک اعمال نیرو در فعالیت های تکراری را می توان با استفاده از رابطه زیر برآورد کرد:

$$RT = (ET/e^{((0.066-\%MVC)/0.143)}) - ET$$

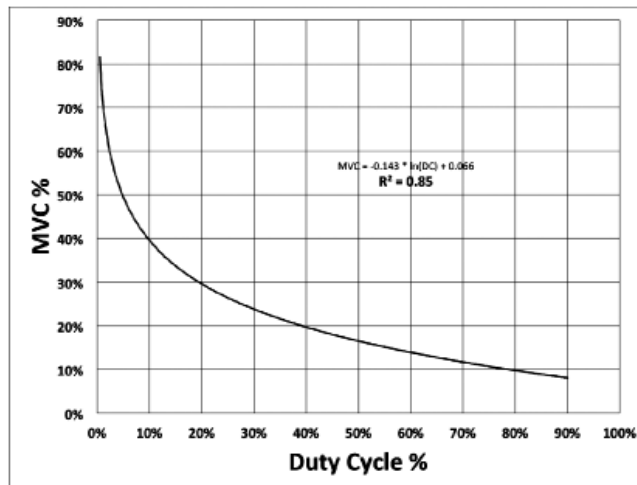
در این رابطه، ET^2 زمان اعمال نیرو است. چرخه وظیفه (DC) نیز به صورت زیر تعریف می شود:

$$DC = ET/(ET + RT)$$

این معادله را می توان در محدوده قابل اجرایی از حد آستانه مجاز به کار برد؛ یعنی زمانی که چرخه وظیفه بین ۵٪ تا ۹۰٪ باشد، که مرتبط با سطوح اعمال نیرو در محدوده تقریبی ۱۰٪ تا ۸۰٪ حداکثر انقباض ارادی (MVC) است.

¹ Recovery Time

² Exertion Time



شکل ۱: حد آستانه مجاز ارزیابی خستگی موضعی اندام فوقانی بر اساس چرخه کاری

کار بالاتر از سطح شانه

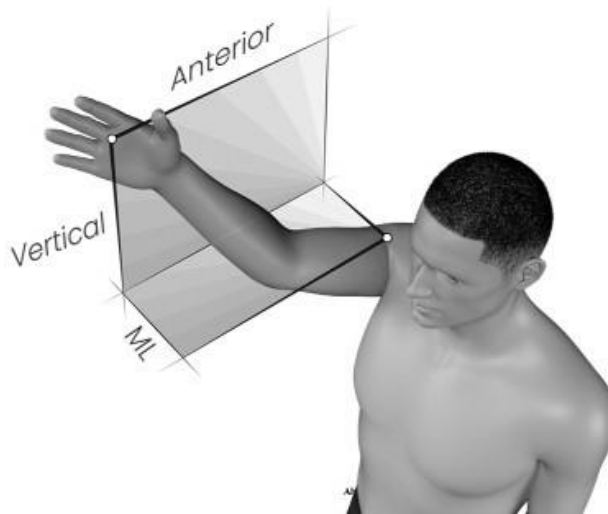
OEL شرایط فیزیکی محیط کار را برای کارهایی که در سطح یا بالاتر از ارتفاع شانه انجام می‌شوند، توصیه می‌کند. این حدود به گونه‌ای تعیین شده‌اند که اکثر کارگران می‌توانند به‌طور مکرر و روزانه در معرض این شرایط قرار گیرند بدون اینکه دچار خستگی یا اختلالات شانه مرتبط با کار شوند. با این حال، برخی عوامل خطر فردی و سازمانی نیز ممکن است بر احتمال بروز اختلالات شانه در افراد تأثیر بگذارند.

این OEL بر اساس موقعیت دست نسبت به شانه هنگام اعمال نیرو به سمت جلو یا بالا تعیین می‌شوند. موقعیت دست نسبت به شانه در جهت سه محور اندازه‌گیری می‌شود: عمودی (بالا به پایین)، قدامی (جلو)، میانی - جانبی (کنار) (شکل ۱)

محل نقطه اندازه‌گیری در شانه، در محل آکرومیون (نقطه استخوانی در قسمت قدامی بالای شانه) قرار دارد. محل نقطه اندازه‌گیری در دست، در مرکز کف دست و در محل مفصل بند انگشت (مفصل کارپومتاکارپال) انگشت بلند (معمولاً انگشت وسط) است. فرض بر این است که مچ دست در وضعیت خنثی قرار دارد.

OEL برای نیروی فشار یک‌دستی به سمت جلو (بر حسب کیلوگرم) برای موقعیت‌های مختلف دست نسبت به شانه در جهت میانی-جانبی (ML) ارائه شده‌اند (جدول ۱). هر خانه در جدول، حد نیروی فشاری در جهت جلو را برای یک بار اعمال نیرو بر اساس موقعیت دست نسبت به شانه نشان می‌دهد (شکل ۱). همچنین، OEL برای نیروی فشار یک‌دستی به سمت بالا (بر حسب کیلوگرم) در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

OEL بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک، روان‌شناسی، فیزیولوژیکی و بیومکانیکی تعیین شده‌اند و مقادیر به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که ۷۵٪ از زنان و ۹۵٪ از مردان بتوانند به صورت ایمن این وظایف را انجام دهند. لازم به ذکر است که تعیین حدود مجاز مواجهه‌ای که از همه کارگران در همه شرایط محافظت کند، امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱: محل قرارگیری دست نسبت به شانه. در این شکل، محل دست نسبت به شانه ۳۰ سانتی‌متر عمودی، ۴۰ سانتی‌متر قدامی و ۲۰ سانتی‌متر جانبی (داخلی-جانبی) است

		ML = -20 cm					ML = 0 cm					ML = +20 cm					ML = +40 cm		
Anterior>		10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30
Vertical	50	0					0	0				0							
	40	3	4	5			2	3	5			2	3	4					
	30	6	7	8	9		5	7	8	9		6	6	7	7		4	4	
	20	6	7	8	10		7	7	8	10	13	6	7	7	9		5	5	6
	10	5	6	8	10	14		8	10	12	14	6	7	8	9	12	5	5	5
	0	4	7	9	11	15		8	10	11	12	6	8	9	11	14	6	5	5

OEL نیروی فشاری یک دست به سمت جلو (بر حسب کیلوگرم) براساس موقعیت دست نسبت به شانه (بر حسب سانتیمتر). عمودی = ارتفاع دست بالای شانه ؛ قدامی = فاصله رو به جلو شانه ؛ میانی جانبی (ML) = فاصله میانی (-) / جانبی (+) به سمت مرکز یک صفحه از وسط بدن یا دور از مرکز. خانه‌های خاکستری جدول، موقعیت‌های دست هستند که که توسط زن بزرگسال در صدک ۵۰ قابل دسترسی نیستند.

		ML = -20 cm					ML = 0 cm					ML = +20 cm					ML = +40 cm		
Anterior>		10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30
Vertical	50	0					0	0				0							
	40	4	4	3			2	4	4			5	5	4					
	30	6	6	5	5		5	7	7	6		8	9	7	6		6	5	
	20	6	6	5	5		7	7	6	5	6	7	8	6	5		7	6	5
	10	7	6	5	5	7		7	6	5	5	6	7	6	4	5	6	5	4
	0	7	7	6	6	7		8	7	5	5	7	7	6	5	5	6	5	4

OEL نیروی فشاری یک دست به سمت بالا براساس موقعیت دست نسبت به شانه (بر حسب سانتیمتر). عمودی = ارتفاع دست بالای شانه ؛ قدامی = فاصله رو به جلو شانه ؛ میانی جانبی (ML) = فاصله میانی (-) / جانبی (+) به سمت مرکز یک صفحه از وسط بدن یا دور از مرکز. خانه‌های خاکستری جدول، موقعیت‌های دست هستند که که توسط زن بزرگسال در صدک ۵۰ قابل دسترسی نیستند.

اگر یک وظیفه هل دادن بالاتر از سطح شانه به طور مکرر انجام شود، ممکن است خستگی شانه ایجاد شود که خطر آسیب را افزایش خواهد داد. برای وظایف تکراری، OEL باید با اعمال یک فاکتور تخفیفی با استفاده از OEL خستگی موضعی اندام فوقانی و چرخه کاری تخمینی کاهش یابد. اگر نیروی اعمال شده توسط دست از OEL بیشتر باشد، باید از اقدامات کنترلی مناسب استفاده شود تا خطر آسیب شانه با کاهش موارد زیر کاهش یابد:

- ارتفاع دست بالاتر از شانه
- فاصله دسترسی به سمت جلو
- مدت زمانی که دست نیرو اعمال می کند
- و/ یا نیروی لازم برای تکمیل انجام وظیفه

این OEL سایر وظایف جابجایی دستی مواد را که ممکن است منجر به خستگی یا آسیب شانه شوند، در نظر نمی گیرد. این وظایف شامل فشار دادن یا کشیدن در ارتفاع پایین تر از شانه، بلند کردن یا حمل کردن می شوند. اگر چنین وظایفی همراه با کارهای بالاتر از سطح شانه انجام شوند، ممکن است به کاهش بیشتر در حدود مجاز نیرو نیاز باشد. علاوه بر این، این حدود مجاز مواجهه، آسیب‌های احتمالی به مچ دست، آرنج یا کمر را در نظر نمی گیرند.

در صورت وجود شرایط کاری زیر، باید از قضاوت حرفه‌ای استفاده شود تا حدود مجاز نیرو به مقادیری کمتر از آنچه در OEL توصیه شده است، کاهش یابد:

- اگر هل دادن یا کشیدن به طور مکرر برای مدت‌زمانی بیشتر از یک شیفت کاری ۸ ساعته انجام شود.
- اگر سایر وظایف هل دادن، کشیدن، بلند کردن یا حمل کردن برای انجام شغل مورد نیاز باشد.
- در شرایط گرمای شدید و رطوبت بالا (به حدود مجاز مواجهه شغلی برای استرس و تنش گرمایی مراجعه کنید).

دستورالعمل‌های کاربران

۱. مستندات مربوط به کار بالاتر از سطح شانه را مطالعه کنید تا اساس این حدود مجاز مواجهه شغلی (OELs) و محدودیت‌های آنها را درک کنید.
۲. موقعیت دست نسبت به شانه و جهت نیروی اعمال‌شده (فقط به سمت جلو و بالا) را هنگام انجام وظیفه هل دادن تعیین کنید.
۳. از جداول OEL برای تعیین حداکثر نیروی دست توصیه‌شده برای وظیفه استفاده کنید.
۴. برای وظایف تکراری بالاتر از سطح شانه، از OEL خستگی موضعی اندام فوقانی نیز استفاده کنید تا نیروی اعمالی را بیشتر محدود کنید.
۵. حداکثر نیروی اعمال‌شده توسط دست‌ها در حین کار وظیفه هل دادن را با استفاده از یک صفحه نیرو یا مبدل‌های نیرو اندازه‌گیری کنید یا نیروی دست اعمال‌شده را بر اساس جرم ابزار مورد استفاده و نیروی توصیه‌شده اعمالی برای عملکرد صحیح ابزار تخمین بزنید.

منابع:

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Upper limb localized fatigue. In: 2022 TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati (OH): ACGIH; 2022. p. 204-208.
۲. چوبینه، ع.ر.، شیوه‌های ارزیابی پوسچر در ارگونومی شغلی. انتشارات فن آوران، همدان، چاپ اول: ۱۳۸۳.
3. David G. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational medicine*. 2005;55(3):190-9.
4. Diego-Mas J-A, Poveda-Bautista R, Garzon-Leal D-C. Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics*. 2015;58(10):1660-70.
5. Rodríguez Y, Viña S, Montero R. ERIN: A practical tool for assessing work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Ergonomics*. 2013;11(2, 3):59-73.
6. Roman-Liu D. Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. *Applied ergonomics*. 2014;45(3):420-7.
7. Takala E-P, Pehkonen I, Forsman M, Hansson G-Å, Mathiassen SE, Neumann WP, et al. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 2010;3-24.

8. Tajvar A, Daneshmandi H, Seif M, Parsaei H, Choobineh A. Developing a Decision Aid Tool for selecting pen-paper observational ergonomics techniques: a quasi-experimental study. *La Medicina del Lavoro*. 2022;113(5):e2022042.
9. Diego-Mas J-A, Alcaide-Marzal J, Poveda-Bautista R. Errors using observational methods for ergonomics assessment in real practice. *Human factors*. 2017;59(8):1173-87.
10. Tajvar A, Daneshmandi H, Seif M, Parsaei H, Choobineh A. A mixed-methods investigation of occupational health specialists' knowledge and application of pen-and-paper observational methods for ergonomics assessment. *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*. 2022;10(4):182-91.
11. Tajvar A, Daneshmandi H, Dortaj E, Seif M, Parsaei H, Shakerian M, et al. Common errors in selecting and implementing pen–paper observational methods by Iranian practitioners for assessing work-related musculoskeletal disorders risk: a systematic review. *International journal of occupational safety and ergonomics*. 2022;28(3):1552-8.

بخش پنجم: عوامل بیولوژیکی

عوامل بیولوژیکی شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، آراکنیدها (عنکبوتیان)، جلبک‌ها و انگل‌ها می‌باشند. اصطلاح «عامل بیولوژیکی» به ماده‌ای با منشأ بیولوژیکی 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).

بیوآئروسول‌ها، 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، میکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها، آلرژن‌ها و یا ترکیبات آلی فرار می‌باشند. انسان‌ها هر روزه به طور 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 هضم کننده پروتئین)، ساکاروز و ترکیبات فرار تولید شده توسط موجودات زنده که معمولاً با منابع شغلی صنعتی و دیگر منابع مرتبط هستند (به عنوان مثال، آمونیاک، دی اکسید کربن، اتانول و سولفید هیدروژن). با این حال، اکثریت باقیمانده عوامل بیولوژیکی نگران‌کننده در طبیعت به صورت میکروبی موجود می‌باشند. 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) بیوآئروس‌هایی که احتمالاً اثرات سوء بر سلامت انسان دارند یا وی را مستعد می‌سازند

ب) غلظت‌های نامناسب هوابرد بیوآئروس‌ها 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 ته‌نشین شده، انباشته یا تقویت شده، که ممکن است به صورت ذرات معلق در هوا درآیند و انسان در مواجهه با آنها قرار گیرد.

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

رویکرد پیشنهادی® ACGIH برای ارزیابی مواجهه با بیوآئروس‌ها 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 بیوآئروس‌ها متکی است. راهنمای منتشر شده اطلاعات اساسی در مورد گروه‌های عمده بیوآئروس‌ها، از جمله منابع و اثرات بهداشتی آنها را فراهم می‌کند و روش‌های جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر نمونه‌های بیوآئروس‌ها 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 زیست‌شناختی را نشان می‌دهد.

با توجه به طبیعت متنوع و تعاملی محیط‌های داخلی (سرپوشیده)، نمونه‌برداری محیطی برای بیوآئروس‌ها باید فقط با پیروی از قواعد فرضیات دقیق قابل آزمایش در مورد منابع بالقوه بیوآئروس‌ها و همچنین سازوکارهایی باشد که ساکنین از این منابع در معرض بیوآئروس‌ها 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 نمونه برداری 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 نمونه برداری 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.

1 *Aspergillus fumigatus*

2 *Legionella pneumophila*

3 SARS-COV-2

4 *Mycobacterium tuberculosis*

5 MVOCs

6 Colony-Forming Unit

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

۱- میکروارگانسیم های قابل کشت و ذرات بیولوژیکی قابل شمارش یک موجودیت واحد را تشکیل نمی دهند (به عنوان مثال، بیوآئروسول 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 بیوآئروسول 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 بیوآئروسول 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 بیوآئروسول در دسترس است، با این حال، روش های مختلف جمع آوری و تجزیه و تحلیل نمونه ممکن است منجر به برآوردهای مختلف غلظت بیوآئروسول 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 بیوآئروسول 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 بیوآئروسول 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 آنتی‌ژن‌های 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 کوتاه منفرد و کوتاه مدت ممکن است یک یا چند مرتبه از غلظت‌های متوسط دراز مدت، بالاتر (یا پایین تر) باشد و بعید به نظر می‌رسد مواجهه ساکنین را به طور دقیق نشان دهد. برخی از ارگانسیم‌ها 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 بیوآئروسول 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 بیوآئروسول 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.

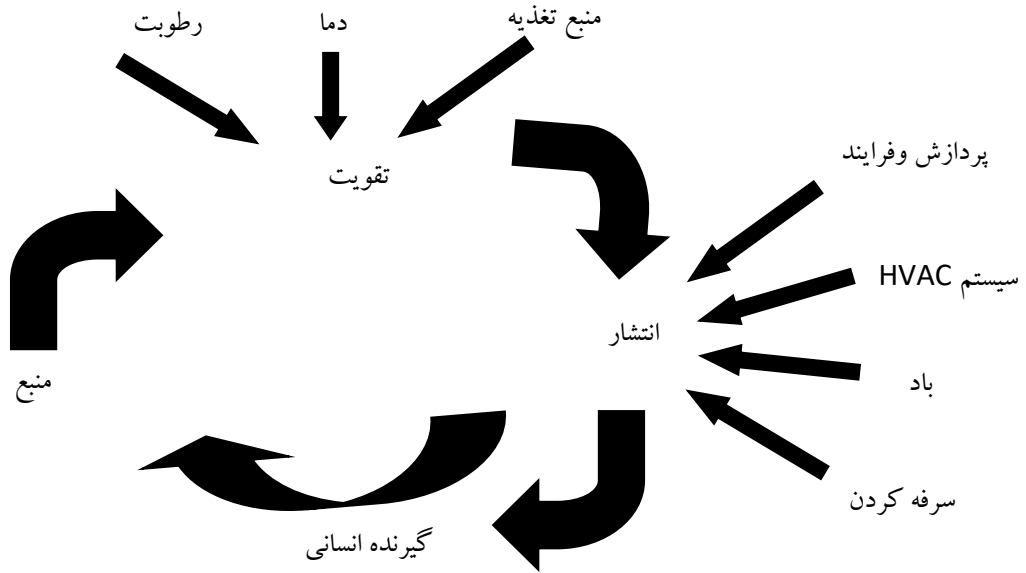
ج- عوامل عفونی: روابط مناسب مواجهه و پاسخ انسان برای بیوآئروسول‌های عفونی برای اکثر میکروارگانسیم‌ها و ویروس‌ها مشخص نشده است. در حال حاضر، پروتکل‌های نمونه‌برداری هوا برای عوامل عفونی بسیار محدود است. نمونه‌برداری هوا برای تعیین TWA یا مواجهه گذرا در اکثر محیط‌ها عملی نیست. این موارد می‌توانند برای امور تحقیقاتی دانشگاهی یا به عنوان بخشی از ارزیابی کلی جهت آگاهی از مواجهه بالقوه بیوآئروسول‌های عفونی مفید باشند. در بیشتر موارد مواجهه معمول، اقدامات بهداشت عمومی، مانند ایمن‌سازی، یافتن موارد فعال، کنترل منبع و درمان‌های پزشکی، همچنان دفاع اصلی در برابر بیوآئروسول‌های 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 بیوآئروسول‌های عفونی به کار بگیرند.

۵ - 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 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.

استراتژی ارزیابی مواجهه با بیوآئروسول ها

چنانکه پیش از این بیان شد با وجود رابطه اثبات نشده بین مواجهه با آلاینده های بیولوژیکی خاص و اثرات بهداشتی، اطلاعات علمی کافی برای ایجاد TLV یا حد آستانه مجاز برای این آلاینده ها وجود ندارد. برای مثال رابطه بین مواجهه واقعی با میکروارگانیزم های هوابرد و مواجهه ای که اندازه گیری می شود (مثلاً با جمع آوری میکروارگانیزم ها، کشت آنها و در نهایت شمارش کلونی ها) نامعلوم است و به میزان زیادی به روش جمع آوری و آنالیز بستگی دارد. علاوه بر این آسیب پذیری انسان به این دسته از آلاینده ها به شدت متغیرست و بدست آوردن رابطه دوز - پاسخ معتبر را بسیار مشکل کرده است. به خاطر دلایل بالا، هیچ گونه استراتژی ارزیابی مواجهه استاندارد شده ای برای بیوآئروسول ها وجود ندارد. هر موقعیت از برخی جهات یکناست، و استراتژی اندازه گیری برای هر موقعیت باید متناسب با آن گردد. با این حال در زمینه ای از یک چارچوب کاری می توان یک استراتژی جلوی منبع - مسیر - دریافت کننده داشت. عناصر مختلف این چارچوب کاری در شکل پیرو آمده است.



نمودار تولید، تقویت و پخش آلاینده‌های بیولوژیکی در محیط و مواجهه انسانی

این چهار چوب نیاز به شناخت موارد زیر را دارد:

۱- منابع یا مخازن آلاینده بیولوژیکی در محیط. منبع آلاینده به شرایط تقویت آلاینده بیولوژیکی

از طریق رطوبت، دما و مواد غذایی کافی برای میکروارگانیسم نیاز دارد.

۲- مسیرهای انتشار عامل بیولوژیکی در محیط. میکروارگانیسم می‌تواند به وسیله باد، سیستم

تهویه مطبوع، به وسیله فعالیت‌هایی در حین فرآیندها در طی عملیات صنعتی یا به وسیله فعالیت‌های

انسانی مثل سرفه کردن انتقال یابند.

۳- علائم مربوط به مواجهه با عامل بیولوژیکی که به وسیله ساکنین انسانی محیط بروز

می‌یابد.

بررسی‌های بهداشتی

یک نقطه شروع خوب، جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با انواع علائمی است که توسط ساکنان آن بخش از ساختمان تجربه می‌شود و همچنین ارزشیابی آن‌ها در صورتیکه آنها در مواجهه با عوامل بیولوژیکی ساختمان قرار دارند. برخی بررسی‌ها ممکن است برای این انجام شود که آیا ساختمان معین برای یک گروه در معرض خطر ویژه (مثل ساختمان مدرسه برای کودکان یا خانه سالمندان) مناسب هست یا خیر. بررسی‌های بهداشتی از این محیط‌ها می‌تواند در تعیین و جمع‌آوری انواع نمونه‌های محیطی مورد نیاز، کمک کننده باشد.

تعیین ویژگی محل

مرحله بعدی تعیین ویژگی‌های محل کار یا ساختمانی است که در آن محل‌هایی وجود دارد که می‌تواند به عنوان منابع یا مخازن عوامل بیولوژیکی عمل کنند. این محل‌ها ممکن است شامل مناطقی باشند که ترکیب کاملی از رطوبت، دما و واسطه مواد غذایی را در بردارند که ممکن است رشد میکروارگانیسم‌ها را افزایش دهند. مناطق معمول مورد استفاده، ورودی‌های هوای بیرون، برج‌های خنک‌کننده، فیلترهای هوا و تبادل‌کننده‌های هوا مثل کویل یا پیچ‌های گرم‌کننده و سردکننده، (اتاقک یا) پلنوم‌های تأمین هوا، پخش‌کننده‌های هوای پشتیبان، واحدهای تهویه مطبوع، فرش‌ها، رطوبت‌زها، لوله‌کشی‌ها، کاغذ دیواری‌های مرطوب و دیوارهای پیرامون باشد. در بسیاری از موارد، یک بررسی چشمی از منطقه با رطوبت یا نم زیاد کافی می‌باشد، اگر چه در بسیاری از موارد چنین مناطقی ممکن است پشت سر دیوارها یا تجهیزات باشند و شناسایی آنها مشکل باشد.

قاعده‌مندسازی فرضیه

براساس دانش موجود دربارهٔ طبیعت علائم و شکایات و محیط ساختمان و منابع و مسیرهای ممکن آلاینده، می‌توان فرضیه‌ای را در باره منبع بیان کرد که علت مشکلات بهداشتی است. فرضیه بایستی با مشاوره با کارشناسان میکروبیولوژی پزشکی و سم‌شناسان ایجاد شود. شناسایی منبع یکی از اهداف اصلی نمونه برداری است. این مسئله کاملاً متفاوت از بسیاری از نمونه برداری‌های دیگر بهداشت

حرفه‌ای است که در آنها منبع آلاینده به گونه ای روشن در فرآیند صنعتی موجود است. در مورد آلاینده‌های بیولوژیکی، منبع همیشه روشن و مشخص نیست.

نمونه برداری

نمونه برداری بایستی هدفش هم جمع‌آوری نمونه‌های هوای محیطی و هم نمونه‌های حجمی حاصل از منبع باشد. بایستی نقشه نمونه برداری را برای غلظت‌های عامل بیولوژیکی موجود در نمونه هوا و نمونه حجمی، مد نظر قرار داد. برای تعیین مقدار نوسانات فاصله ای و گذرا در سطوح مختلف غلظت، بایستی نمونه‌های کافی جمع‌آوری گردد. ترکیب نمونه‌های هوا و منبع بایستی برای آزمون این فرضیه کافی باشد که آیا یک منبع معین علت افزایش بیوائروسول با گونه خاص هست یا خیر.

اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل (مثل مصاحبه با ساکنان و ملاقات از محل ساختمان) بایستی راهنمایی کافی نسبت به محل‌های مورد نمونه برداری را فراهم کند. معمولاً سطوح آلودگی داخلی با سطوح خارجی مقایسه می‌شوند.

نمونه‌های هوای خارج از نزدیک ورودی هوای پاک بیرون به داخل ساختمان گرفته می‌شوند. اگر منبع داخلی وجود ندارد، در این صورت هوای داخلی حاوی میکروارگانیسم‌هایی مشابه هوای بیرون خواهد بود، البته با غلظت بیوائروسول کمتر. با این حال اگر گونه‌های خاصی از میکروارگانیسم‌ها از سطوح معمول آن بیشتر باشند، این نشان دهنده وجود یک منبع داخلی میکروارگانیسم است.

اگر چه نمونه‌های فردی ترجیح داده می‌شوند، اما در بازار فقدان مشخصی از نمونه‌بردارهای فردی آئروسول وجود دارد. بنابراین نمونه بردارهای منطقه ای در مجاورت کارگران یا در محلی که افراد بیشترین وقت خود را در آن سپری می‌کنند، قرار داده می‌شود که اگر راه اول امکان پذیر نباشد، این یک راه جایگزین مناسب است. چنانکه در مورد پایش مواجهه شیمیایی گفتیم، مفید است که گروه‌های با مواجهه مشابه (SEG) را برای این نوع آلاینده نیز تعیین کنیم. اگر چه چنین طرحی از نمونه برداری اغلب در برآورد توزیع مواجهه کلی مفید است.

اما در بسیاری از موارد یک طرح نمونه برداری محدودتر کافی است. برای مثال یک طرح نمونه برداری نامناسب تنها افراد با بیشترین مواجهه و یا نمونه برداری از نزدیک منبع را مورد هدف قرار می دهد و بنابراین بر روی قسمت انتهایی نمودار توزیع مواجهه تمرکز می کند. سطوح بیواتروسول در چندین حالت از نظر مقدار در فصول مختلف و در طی شبانه روز متغیر است. مثلاً مقادیر یا سطوح اسپور قارچ‌های محیط بیرون در انتهای تابستان در حداکثر مقدار خود می باشد، با این حال در یک محل کار که یک منبع داخلی بیواتروسول دارد، سطوح قارچی احتمالاً در طول زمستان در حداکثر مقدار خود می باشند.

موضوع انتخاب میانگین مدت نمونه برداری مشابه چیزی است که برای مواجهات شیمیایی است. به طور ایده آل برای اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه مزمن، میانگین زمانی بلندتر ترجیح داده می شود (مثلاً زمان میانگین یک شیفت ۸ ساعته کاری)، در حالی که برای اثرات حاد بر سلامتی یک میانگین زمانی کوتاه تر ترجیح داده می شود. (حدود ۵ تا ده دقیقه). چنین معیارهای برای تعداد اندکی از بیواتروسول‌ها (مثل غبار چوب، کتان، و غبارات حبوبات) تعیین شده است، اما برای بسیاری از بیواتروسول‌ها به خصوص میکروارگانیزم‌های زنده موجود نیستند. علاوه بر این بسیاری از آلاینده های بیولوژیکی هم اثرات حاد و هم اثرات مزمن دارند.

آنالیز داده‌ها و آزمون فرضیه

داده های نمونه برداری علاوه بر شواهد پزشکی بایستی برای آزمون فرضیه پیش نهادی آنالیز شوند.

اگر داده های اولیه فرضیه را پشتیبانی کنند در نتیجه اندازه گیری های بیشتر می تواند جهت کنترل مواجهه صورت پذیرد.

روش های اندازه گیری بیواتروسول ها

بیواتروسول‌ها می توانند یا توسط میکروسکوپ یا به وسیله کشت دادن در واسطه رشدی که روی آن جمع آوری شده اند مورد شمارش قرار گیرند. اگر آنها مورد شمارش قرار گیرند غلظت آنها به صورت

تعداد ذره بر واحد حجم هوا بیان می‌شود. در صورتیکه کشت داده شوند، غلظت آنها در واحد تعداد کلونی شکل گرفته بر حجم هوا (مثلاً CFU/m^3) بیان می‌گردد.

بسیاری از جنبه‌های حاصل از نمونه برداری بیواتروسول مشابه نمونه برداری از سایر ائروسول هاست. موضوعات مربوط به بازده مکش و بازده جمع آوری مشابه با همان‌هایی است که برای هر ائروسول دیگری است. با این حال نیاز است که ما «بازده احیای بیولوژیکی» وسیله نمونه برداری را مورد ملاحظه قرار دهیم که برابر با توانایی آن برای نمونه برداری و جمع آوری ذرات بدون تغییر قابلیت حیاتی یا فعالیت بیولوژیکی میکروارگانیسم است. مثل اثرات خشک کردن جریان هوای نمونه بر سلول‌های گیاهی، تنش‌های برشی بر روی میکروارگانیسم یا اثرات برخورد با سرعت بالا بر روی سطوح جمع آوری، که ممکن است قابلیت حیات آنها را با ایجاد تخریب متابولیکی و ساختاری تحت تأثیر قرار دهد. صدمه یا تخریب متابولیکی می‌تواند تشخیص ذرات بیولوژیکی به وسیله روش‌های کشت و همچنین انجام ارزیابی زیستی که مشخص کننده اجزای ذرات (مثل اندوتوکسین) است را تحت تأثیر قرار دهد. تخریب ساختاری می‌تواند تشخیص را با تغییر مرفولوژی (ریخت شناسی) ذرات تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه به طور بالقوه موجب شناخت نادرست می‌گردد. برای مثال در حالی که اسپورهای آسپرژیلوس می‌توانند برای دوره‌های طولانی مدت زمانی زنده بمانند، استاکیوتریس چارتروم به سرعت می‌میرد.

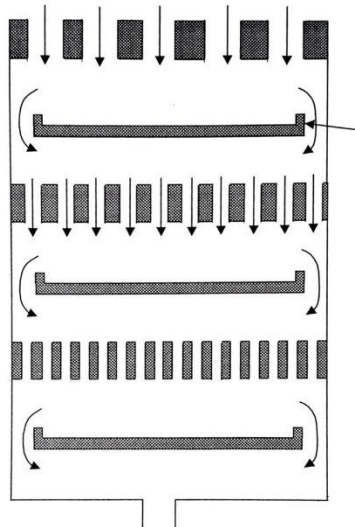
انتخاب واسطه رشد در این زمینه بسیار مهم است. آگارها واسطه‌هایی هستند که حاوی مواد غذایی و آب اند که رشد میکروارگانیسم را افزایش می‌دهند، در حالی که مالت استخراجی از آگار برای بسیاری از قارچ‌های ساپروتروفیک و زیرافیلیک مناسب است، استاکیوتریس چارتروم نیاز به واسطه یا محیط کشتی دارد که از نظر گلوکز غنی نباشد و بنابراین محیط کشت سلولز آگار ترجیح داده می‌شود. برای باکتری‌هایی هوابرد، واسطه کشتی مثل بلاد آگار (که در نوع خود دارای فرمولاسیون‌های متفاوتی است)، تربیتیک سوی آگار با ظرف هوازی و پیتون واتر ۱٪ (V/V) استفاده می‌شود. انتخاب واسطه کشت بستگی به گونه‌های باکتری مورد نظر دارد. صفحات یا ظروف آگار معمولاً قطری برابر ۱۰۰ میلی متر دارند. در کل اغلب توصیه می‌شود که بهداشتکاران در انتخاب واسطه غذایی نمونه برداری، از یک متخصص میکروبیولوژی کمک بگیرند.

بعد از نمونه برداری، نمونه های بیواتروسول در دمای مخصوص انکوبه می شوند (داخل دستگاه انکوباتور قرار داده می شوند) که بهترین دمایی است که رشد میکروارگانیسم مورد نظر در آن می تواند صورت بگیرد. برخی گونه های میکروبی در دمای ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتی گراد انکوبه می شوند، در حالی که دیگر گونه ها در دمای ۲۸ تا ۳۵ درجه سانتی گراد بایستی انکوبه شوند.

سه دسته از روش های نمونه برداری برای جمع آوری بیواتروسول ها استفاده رایج تری دارند:

۱- برخورد بیواتروسول ها به صفحه آگار

ایمپکتورهای براساس اثر اینرسی عمل می کنند. چندین نوع از طرح های ایمپکتور برای نمونه برداری از بیواتروسول ها استفاده می شود. این موارد شامل مولتی اوریفیس، ایمپکتور یک مرحله ای و ایمپکتور کاسکید (یا برخورد ساز آبخاری) می باشد. به جای جمع آوری ذرات بر روی پیش ماده (سوبسترا) های آلومینیومی، آنها را بر روی صفحات آگاری جمع آوری می کنند (شکل زیر).



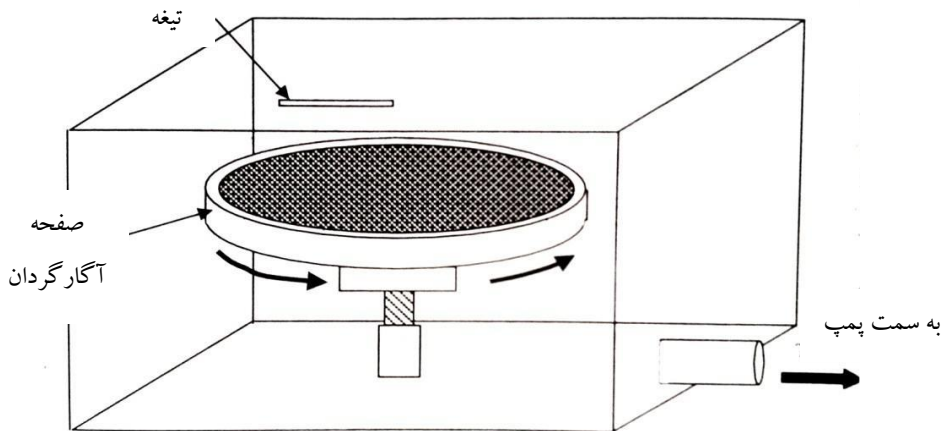
ایمپاکتور کاسکید مولتی اوریفیس برای نمونه برداری از بیواتروسول ها

صفحات آگار را بعد از نمونه برداری بیرون آورده شده و برای احیای بیواتروسول های قابل کشت انکوبه می شوند. مولتی اوریفیس ها توزیع یکنواخت بیواتروسول را مطمئن می سازند. ایمپاکتورهای

اندرسون (تک مرحله ای با ۴۰۰ اوریفیس) روزنه، ۲ مرحله ای با ۲۰۰ اوریفیس و ۶ مرحله ای با ۴۰۰ اوریفیس با ۲۸/۳ لیتر بر دقیقه عمل می کنند و استفاده از آنها رایج است. نوع ۶ مرحله ای به ترتیب دارای نقاط انقطاع ۰/۶۵، ۱/۱، ۲/۱، ۳/۳، ۴/۷ و ۷ میکرومتر می باشد. نمونه بردار ائروسول سیستم هوای سطحی (SAS) ایمپکتور رایج دیگری است که نقطه انقطاع ۲ میکرومتری دارد. ایمپکتور کاسکید فردی مارپل در ۲ لیتر بر دقیقه عمل می کند و برای نمونه برداری فردی استفاده دارد. ایمپاکتورهای کاسکید می توانند اطلاعاتی را در مورد توزیع اندازه بیوائروسول به دست دهند.

ایمپکتورهای شکافدار یک شکاف نازک دارند که بیوائروسول از میان آن عبور کرده و یا روی واسطه آگار نمونه برداری شده و جمع آوری و انکوبه می گردد. (مثل نمونه بردار تک شکاف کاسلا)؛ یا اینکه روی یک نوار نازک نمونه برداری می شوند و از آنها آنالیز میکروسکوپی به عمل می آید (مثل نمونه بردارهای اسپور و گرده گیاهان). معمولاً واسطه نمونه برداری به آرامی در زیر تیغه می چرخد تا اینکه نمونه به طور یکنواخت بر روی واسطه جمع آوری شود بدون اینکه بارگیری بیش از حد روی آن صورت گیرد. این ایمپکتورهای شکاف دار، فلوهایی در دامنه ۱۰ لیتر بر دقیقه تا چند صد لیتر بر دقیقه دارند و دارای نقاط انقطاع ۰/۵ تا ۲ میکرومتر اند.

نمونه بردارهای گریز از مرکز مثل نمونه بردار بیوتست RCS نیز از عمل برخورد ذرات برای جمع آوری آنها استفاده می کند. یک موتور با عمل چرخش، نمونه برداری از هوا را در یک فلوی ۴۰ لیتر بر دقیقه ای ممکن می سازد و ذرات به طور شعاعی بر روی صفحه نوار آگار با نیروی گریز از مرکز برخورد می کنند. هوا از طریق دهانه ای یکسان وارد و خارج می شود.

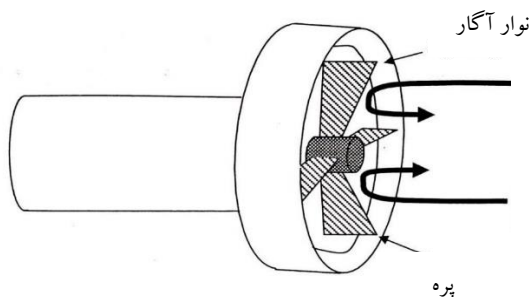


ایمپکتور گریز از مرکز

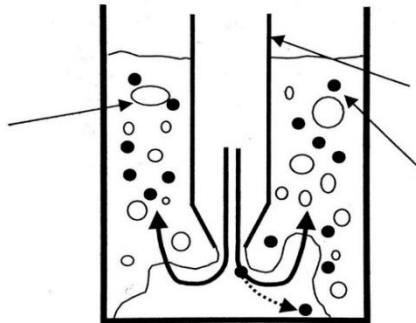
۲- نمونه برداری از بیواتروسول ها به وسیله ایمپینجرهای حاوی مایع

ایمپینجرها (که در فصل ۶ توضیح داده شد) نیز با استفاده از برخورد در اثر اینرسی ذرات را جمع آوری می کنند. جریان هوا وارد یک حجم از مایع می شود و ذرات در مایع به دام می افتند (شکل ۱۴-۶). انتشار ذرات کوچک تر بر روی سطح حباب دار نیز مکانیسمی برای ذرات کوچک تر است.

ایمپینجرهای AGI-۴ و AGI-۳۰ برخی از ایمپینجرهای رایج تر مورد استفاده اند. آنها در یک فلوی ۱۲/۵ لیتر بر دقیقه عمل می کنند و یک نقطه انقطاع ۰/۳۱ میکرومتری دارند. فاصله بین دهانه یا خروجی جت و پایه لوله مایع برابر ۴ میلی متر برای ایمپینجر AGI-۴ و ۳۰ میلی متر برای AGI-۳۰ است. ایمپینجر میدجت (کوئوله) فلویی برابر با ۲/۸۳ لیتر بر دقیقه و نقطه انقطاع ۰/۷ میکرومتری دارد. حجم مایع مورد استفاده معمولاً ۱۵ تا ۲۰ میلی لیتر است.



۱ ایمپکتور شکافدار با صفحه گردان



جمع آوری بیواتروسول در یک ایمپینجر

سیکلون‌های تر (که به سیکلون اسکرابر نیز معروف‌اند) یک لایه نازک از آب را دارند که به طور مداوم سطح داخلی سیکلون را شست و شو می‌دهد. ذرات به سطح داخلی و به انتهای سیکلون برخورد می‌کنند و در آنجا جمع آوری می‌شوند. حجم مایع مورد استفاده معمولاً نزدیک به ۲۰ میلی لیتر است.

چنانکه در مورد آگارها گفته شد، انتخاب واسطه مایع بستگی به کاربرد آن دارد. موارد انتخاب شامل، آب استریل یا محلول‌های نمک بافر با افزودنی‌هایی مثل اسیدهای آمینه و شکر می‌باشد.

با وجود اینکه استفاده از ایمپینجرها سخت‌تر از ایمپکتورهاست، به خاطر مشکلات مربوط به حمل و نقل مایعشان، استفاده از آنها در موقعیت‌های با غلظت‌های بالای آئروسول ترجیح داده می‌شود. در چنین مواقعی ایمپکتورها می‌توانند تنها برای یک دوره زمانی خیلی کوتاه در حدود چند دقیقه و قبل از اینکه دچار بارگیری بیش از حد یا (OverLoad) شوند به کار گرفته شوند.

ایمپینجرها می‌توانند برای فاصله زمانی طولانی‌تری استفاده شوند، چرا که مایع می‌تواند همیشه به وسیله یک فاکتور مناسب رقیق شود. به خاطر اینکه نمونه‌ها در مایع جمع آوری می‌شوند، توده‌های سلولی به سلول‌های منفرد در آب تجزیه می‌گردند و در نتیجه برآوردی دقیق‌تر از غلظت بیواتروسول بدست می‌آید.

۳- نمونه برداری از طریق فیلتر

جمع آوری بیواتروسول ها از طریق فیلتر معمولاً به منظور آزمون میکروسکوپی ذرات صورت می گیرد. فیلترهای با منافذ کوچک و فیلترهای غشایی منفذ دار در این زمینه استفاده می شوند.

مباحث آماری

حدود پایین تشخیص (LODs)

«حد پایین تشخیص» ابزارهای گوناگون نمونه برداری از آئروسول می تواند با استفاده از تشخیص 1 CFU به عنوان عدد حداقلی که می تواند تشخیص داده شود تعیین گردد. اگر ما میزان فلوی نمونه برداری و زمان نمونه برداری را بدانیم، غلظت قابل تشخیص حداقل (در واحد CFU/m^3) می تواند محاسبه گردد. برای مثال حد تشخیص (LOD) یک ایمپکتور اندرسون با فلوی نمونه برداری $28/3$ لیتر بر دقیقه و زمان نمونه برداری ۳ دقیقه، بدین صورت محاسبه می شود:

$$LOD = \frac{1 \text{ CFU}}{28/3 \text{ L} \times 3 \text{ min} \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{L}} = 12 \text{ CFU} / \text{m}^3$$

برای یک نمونه جمع آوری شده با استفاده از ایمپینجر مایع، ما نیاز داریم تا مقدار مایع ایمپینجر و مقداری که برای تلقیح واسطه رشد استفاده می شود را مد نظر قرار دهیم. برای مثال برای یک ایمپینجر که در فلوی $12/5$ لیتر بر دقیقه کار می کند، با یک مدت زمان نمونه برداری ۳۰ دقیقه ای و حجم مایع ۲۰ میلی لیتری (به غیر از یک میلی لیتری که برای تلقیح ظرف آگار استفاده می شود)، میزان LOD

برابر است با:

$$LOD = \frac{1 \text{ CFU} / \text{ml} \times 20 \text{ ml}}{12/5 \text{ L} / \text{min} \times 30 \text{ min} \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{L}} = 53 \text{ CFU} / \text{m}^3$$

حدود تعیین مقدار

از آنجا که تعیین مقدار، با شمارش تعداد نسبتاً کم کولونی ها صورت می گیرد، مناسب ترین گزینه برای تشخیص توزیع، استفاده از توزیع آماری پواسون است. ضریب تغییرات به طور تقریبی برابر با

عکس ریشه معذور تعداد کلونی هاست. بنابراین بحث می‌شود که اگر چه استفاده از ۱ CFU بر صفحه آگار (به عنوان حداقل تعدادی است که می‌تواند برای تشخیص حضور یا غیاب ارگانسیم‌ها شمارش شود)، مفید است اما منجر به سطوح غیرقابل پذیرش از تغییرات در اهداف تعیین مقدار می‌شود. در نتیجه استفاده از ۱۰ CFU بر صفحه به عنوان حداقل عدد مورد شمارش توصیه شده است، که این مسئله منجر به ضریب تغییرات ۳۰ درصدی می‌شود. برخی یک عدد خیلی محافظه کارانه تر یعنی ۳۰ CFU بر صفحه را توصیه کرده‌اند که باعث ضریب تغییرات ۲۰ درصدی می‌شود. در نتیجه حدود تعیین مقدار (LOQ) برابر با ۱۰ تا ۳۰ برابر بزرگ‌تر از حدود تشخیص (LODs) است.

حد بالاهای تشخیص (upper limits of detection)

به طور ایده آل فاصله زمان نمونه برداری بایستی به اندازه کافی طولانی باشد تا مقدار کافی (تعداد یا جرم) از آلاینده بیولوژیکی برای آنالیز جمع آوری شود. اگر چه نباید آن قدر هم طولانی شود که واسطه نمونه برداری دچار بارگیری بیشتر از حد (over load) گردد. اگر نمونه برداری برای مدت زمانی طولانی‌تر از زمان بهینه انجام شود، در این حالت این خطر بوجود می‌آید که واسطه نمونه برداری بیشتر از حد بارگیری شود. برای مثال اگر تعداد بسیار زیادی CFU بر روی صفحه آگار داشته باشیم، کلونی‌ها ممکن است در طی عمل انکوبه کردن به یکدیگر متصل شوند و در طی عمل شمارش قابل تمایز و تشخیص نباشند. علاوه براین، رشد یک گونه قارچی ممکن است از رشد دیگر گونه‌ها جلوگیری کند (به عبارت دیگر آنها را کنار برند). سطح توصیه شده دامنه بارگیری، سطح بین ۱ و ۵ CFU برای کلونی‌های قابل کشت است. برای شمارش میکروسکوپی، بارگیری سطحی حدود 10^4 CU/cm^2 یا $\#/cm^2$ مقدار بهینه و مطلوب است اگر دانسیته بارگیری سطحی برابر δ (به CU/cm^2 یا $\#/cm^2$) باشد، ناحیه سطح جمع آوری برابر A، زمان نمونه برداری T و فلوی نمونه برداری برابر Q باشد، غلظت حداکثر) به CFU/m^3 یا $\#/cm^3$ که می‌تواند به طور دقیق اندازه گیری شود برابر خواهد بود با:

$$C_{max} = \frac{\delta A}{Qt}$$

در بالا فرض شد که CFU ها به طور تصادفی بر روی یک سطح جمع آوری توزیع شده‌اند. با این حال در مورد جمع آوری با ایمپکتورهای مولتی اوریفیس، ذرات بیواثرسول در زیر محل هر روزنه جت ته نشین می‌شوند. به هر یک از این مناطق یک جایگاه گویند. اگر یک کولونی در چنین جایگاهی تشکیل شود آن را یک «دریچه مثبت» اطلاق می‌کنند. به خاطر اینکه بیش از یک ذره ممکن است از میان یک اوریفیس وارد شود و روی نقطه یکسانی جمع آوری شوند، کولونی هایی که به وسیله دو تا از چنین ذره‌هایی تشکیل شوند، غیرقابل تمایز خواهند بود. در نتیجه CFU ممکن است کمتر از مقدار واقعی شمرده شوند. برای اصلاح چنین تورشی، یک فاکتور تصحیح دریچه مثبت برای تعداد خام CFU ها بکار گرفته می‌شود. جدول‌های این فاکتورهای تصحیح را سازمان ACGIH (۱۹۹۹) فراهم آورده است. آقای هاینس (۱۹۹۹) بیانی را برای این فاکتور تصحیح فراهم آورده که آن را بدین صورت تعیین می‌کند:

$$N_C = N_f \left(\frac{1/0.75}{1/0.52 - f} \right)^{0.482} \quad \text{برای } F < 0.95$$

که در آن N_f تعداد CFN ها با محل‌های اشغال شده یا دریچه‌های مثبت است، N_C برابر

$$N_C = N_f \frac{N_t}{N_{total}}$$

تعداد CFU های تصحیح شده و f جزئی از جایگاه‌هایی است که اشغال شده‌اند، یعنی

برای ایمپکتور ۴۰۰ سوراخه می‌توانیم حداکثر ۴۰۰ کولونی را مشاهده کنیم. با نظر گرفتن تصحیح ناشی از دریچه مثبت، این مقدار به یک شمارش کلی تقریبی ۲۶۲۸ CFU می‌رسد. برای فلوی نمونه برداری ۲۸/۳ لیتر بر دقیقه و مدت زمان نمونه برداری ۳ دقیقه ای، غلظت حداکثری که می‌تواند اندازه گیری شود برابر است با:

$$C_{max} = \frac{2628 CFU}{28/3 L / \min \times 3 \min \times 10^{-3} m^3 / L} \approx 3100 \cdot CFU / m^3$$

همان‌طور که می‌بینید حداکثر غلظت قابل اندازه‌گیری را می‌توان با کاهش زمان نمونه برداری افزایش داد. در مثال بالا، اگر زمان نمونه برداری به ۱۰ دقیقه کاهش یابد، غلظت حداکثر به عدد حدود ۹۲۰۰۰ CFU / m^۳ افزایش می‌یابد.

منابع

- 1- ACGIH®: Bioaerosols: Assessment and Control. JM Macher, Ed; HM Ammann, HA Burge, DK Milton, and PR Morey, Asst. Eds. ACGIH®, Cincinnati, OH (1999).
- 2- Ramachandran Gurusurthy, Occupational Exposure Assessment for Air Contaminants, Book, Edition 1st Edition, Pub. Location Boca Raton, Imprint CRC Press, DOI <https://doi.org/10.1201/9781420032154> (First Published 2005).

Occupational Exposure Limits (OEL)

6th Edition

2025

معاونت بهداشت

مرکز سلامت محیط و کار

گروه عوامل شیمیایی و سموم