جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

حدود مجاز مواجهه شغلی



وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
معاونت 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 ، نمابر : ۸۱۴۵۴۳۵۷ – ۰۲۱ ،

http://markazsalamat.behdasht.gov.ir

مجری طرح : دکتر فاطمه صادقی گلوردی

مولف : 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

جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

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

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

دکتر سید جمال‌الدین شاه‌طاهری	کمیته پایش بیولوژیکی و عوامل بیولوژیک
دکتر محمد جواد عصاری	"
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 مواجههٔ شغلی با عوامل شیمیایی ۲۱

مقدمه ۲۱

تعریف حدود مجاز مواجههٔ شغلی ۲۳

مقایسه حد مجاز مواجههٔ شغلی TWA و STEL با حد مجاز مواجههٔ شغلی سقفی (C) ۳۰

حدود مجاز مخلوط مواد شیمیایی ۳۱

تغییرات در شرایط و برنامه‌های کاری ۳۲

کاربرد حدود مجاز مواجهه برای شرایط محیطی غیرمعمول ۳۲

برنامه‌های کاری غیرمعمول 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

A1- سرطان‌زای تائید شده انسانی ۱۶۳

A2- مشکوک به سرطان‌زایی در انسان ۱۶۳
A3- سرطان‌زای تائید شده برای حیوان با ارتباط ناشناخته بر انسان ۱۶۴
A4- غیرقابل طبقه بندی به‌عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی ۱۶۴
A5- مشکوک نبودن به‌عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی ۱۶۴
ضمیمه ب: ذرات (نامحلول یا با انحلال‌پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند (PNOS) ۱۶۵
ضمیمه ج: معیار نمونه برداری مبتنی بر انتخاب سایز 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 شده اند. (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 هیدروکربنی 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

کاربرد BEIs ۱۹۸

بخش سوم:حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) با عوامل فیزیکی محیط کار..... ۲۱۹

مقدمه ۲۱۹

تعاریف ۲۲۰

آکوستیک ۲۲۱

مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین ۲۲۱

فراصوت ۲۲۲

حد مجاز مواجهه شغلی با صدا ۲۲۴

نکات مهم در ارزیابی صدا ۲۲۷

مواجهه شاغلین بخشهای اداری ۲۲۷

صدای منقطع ۲۲۸

نکات مهم در اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با صدا ۲۲۹

صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای ۲۳۰

ارتعاش ۲۳٤

ارتعاش انسانی ۲۳۴

ارتعاش دست – بازو ۲۳۴

ملاحظات اندازه گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست - بازو (HAV) ۲۳۴

اندازه گیری مواجهه با ارتعاش دست - بازو ۲۳۵

ملاحظات کلی ۲۳۵

تجهیزات اندازه گیری ارتعاش دست - بازو ۲۳۶

دریافت کننده ارتعاش ۲۳۶

محل نصب و جهت‌دهی شتاب سنج ۲۳۶

کمیت تعیین بزرگی و شبکه توزین فرکانسی ۲۳۸

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

جنبه های سلامت شغلی مربوط به منابع نوری مصنوعی جدید ۲۸۲

الف – تنش‌های 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 موردنیاز 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 ـ 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

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

آنالیز داده‌ها و آزمون فرضیه ۳۷۳
روش‌های اندازه گیری بیوائروسول ها ۳۷۳
مباحث آماری ۳۷۹
حدود پایین تشخیص(LODs) ۳۷۹
حدود تعیین مقدار ۳۷۹
حد بالاهای تشخیص (upper limits of detection) ۳۸۰

مستندات قانونی

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

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

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

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

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

خدمات بهداشتی، درمانی، بهزیستی و دارویی.

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

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

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

ماده ۱۰ آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح ماده ٧٦ قانون تأمین اجتماعی

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

ماده ۸۵ قانون کار

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

مقدمه

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

اندازه‌گیری مواجهه با عوامل زیان‌آور محیط کار، پیش‌نیاز برنامه‌های مهمی چون تدوین و اجرای برنامه‌های کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار، استقرار سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در محیط‌های کار (ISO45001)، معاینات شغلی بدو استخدام و دوره‌ای، تعیین صفت سخت و زیان‌آوری مشاغل، آموزش‌های بهداشت حرفه‌ای به شاغلین و درنهایت انتخاب و استفاده بهینه از وسایل حفاظت فردی است. پس از اندازه‌گیری‌های انجام شده برای ارزیابی نتایج، نیاز به معیارهای قضاوت خواهد بود. لذا تدوین حدود مجاز مواجهه ملی برای آلاینده‌های محیط کار امری لازم و اجتناب ناپذیر است تا ضمن توصیه‌های لازم ضوابط مشخص و واحدی برای کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار در اختیار ارائه کنندگان خدمات بهداشت حرفه‌ای، کارفرمایان، صاحبان مشاغل و صنایع و کارکنان قرار گیرد.

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

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

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

ویرایش‌های قبلی منتشرشده حدود مجاز مواجهه شغلی (OELs)[1] در ایران مربوط به سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۲، ۱۳۹۱، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ بوده و اینک ویرایش ششم آن در سال ۱۴۰۵ ارائه می‌گردد.

به‌منظور تدوین ویرایش ششم در گام نخست، به‌روز 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 کارگروه های تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی با عضویت متخصصین و افراد خبره و باسابقه با رعایت سهم نسبی تخصص‌های موردنیاز تشکیل شد که شامل کارگروه: عوامل شیمیایی، سم‌شناسی

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 هیئت‌علمی با رشته‌های مرتبط دانشگاهی، نمایندگانی از کارشناسان و بازرسان با تجربه وزارت بهداشت و نیز کارشناسان و خبرگان بخش صنعت و سازمان‌های ذی‌نفع بوده اند. مرکز سلامت و محیط و کار وزارت بهداشت و درمان وظیفه ترجمه متن، راهبری و هماهنگی‌های لازم بین کارگروه‌ها و جمع‌بندی نتایج کار را عهده‌دار بوده است.

تدوین حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور باید اساساً منطبق بر پژوهش‌های فراگیر و مستمر باشد. اما اغلب، محدودیت‌های تحقیقاتی و ملاحظات اجرایی این اجازه را نمی‌دهد که با 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 اقتباسی و با محوریت راهنمای حدود مجاز مواجهه از انتشارات ACGIH بوده است. این راهنما صراحت دارد که در حدود مجاز تعیین‌شده صرفاً ملاحظات اثر بر سلامت عوامل زیان‌آور مدنظر قرارگرفته است و ملاحظات اقتصادی و فناوری و قانونی و ویژگی‌های بومی کشورها در آن لحاظ نشده است. بدین جهت در سال ۱۳۹۸ مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت تصمیم گرفت که با رعایت سه رویکرد: اقتباس، پژوهش محوری و اجماع علمی صاحب نظران به بازنگری حدود مجاز مواجهه شغلی بپردازد. درهرحال پایه اصلی تدوین ویرایش جدید، با رعایت قالب اصلی ویرایش‌های قبلی کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی بوده است و با در نظر گرفتن موارد زیر تدوین گردید:

- کتاب "حدود مجاز مواجهه شغلی" ویرایش پنجم، انتشار سال ۱۴۰۰
- استفاده از فهرست آخرین حدود مجاز شغلی سازمان‌های: ACGIH،NIOSH،OSHA 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 ماموریت‌ها و چشم اندازهای متفاوت متاثر از مسئولیت‌های مشترک با سازمان‌های بین‌المللی و بین دولت‌ها

کتاب حاضر تحت عنوان "حدود مجاز مواجهه شغلی" می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای سالم سازی محیط کار و تأمین سلامت شاغلین مورد استفاده متخصصین بهداشت حرفه‌ای قرار گیرد. بنابراین استفاده و تفسیر حدود مجاز مزبور، محدود به کسانی است که دانش لازم را برای آن آموخته باشند و از محدودیت‌هایی که ممکن است در حالات مختلف عملی پدید آید آگاهی داشته و بتوانند تفسیر صحیحی از تطابق این حدود مجاز با آلودگی محیط کار به دست آورند. مطالعه اسناد و مدارکی که بر پایه آن حدود مجاز وضع گردیده می‌تواند راهنمای خوبی در این زمینه باشد. جهت استفاده از این کتاب لازم است مقدمه هر بخش 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 احیاناً مربوط به حالات استثنایی و بسیار نادر باشد به عهده مرکز سلامت محیط و کار نخواهد بود. کتاب "حدود مجاز مواجهه شغلی" هر دو تا سه سال یکبار مطابق با مقتضیات و اولویت‌های کشوری مورد تجدید نظر قرار 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 بیان کننده مرز حقیقی بین سلامت و خطر نیست به همین منظور در اغلب موارد حد مراقبت نیز تعریف گردیده است. به نظر می‌رسد اگر شاغلین روزانه ۸ ساعت و ۴۰ ساعت کار هفتگی با حدود تعیین‌شده مواجهه داشته باشند با سطح اطمینان قابل قبولی برای سنوات کاری و بعد از آن سلامت آنان تأمین می‌گردد.

کتاب بازنگری شده حاضر، حاصل بیش از دو سال کار مداوم و پیگیری‌های مرکز سلامت محیط و کار با مشارکت اعضاء کارگروه های علمی مرتبط بوده است که به جامعه متخصصین و شاغلین پر تلاش کشور تقدیم می‌گردد و امید است موردتوجه و عنایت خداوند متعال قرار گیرد. از کلیه همکاران محترم استدعا داریم که نظرات اصلاحی و پیشنهادی خود را به مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به آدرس تهران، شهرک قدس، میدان قدس، بلوار شهید فرحزادی، خیابان ایوانک شرقی، وزارت بهداشت و درمان، ارسال نمایند. این نظرات 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 مواجههٔ شغلی با عوامل شیمیایی

مقدمه

در این فصل حدود مجاز مواجهه شغلی عوامل زیان‌آور شیمیایی به همراه مطالب تکمیلی مفید جهت بیان بهتر واژه‌های اختصاصی و تعاریف و کاربرد هر یک از آن‌ها ارائه می‌شود. حد مجاز مواجهه بایستی توسط کارشناسان و متخصصان بهداشت حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. این حدود باهدف ارزیابی و سطح کنترل مخاطرات محیط‌های کاری تعیین‌شده است و نباید در موارد دیگر مثل ارزیابی و کنترل آلودگی هوای مناطق شهری، روستایی یا زیست‌محیطی مورداستفاده قرار گیرند. همچنین از این حدود نباید برای برآورد پتانسیل میزان زیان‌آوری مواجهه مداوم و بی‌وقفه یا دوره‌های کاری طولانی‌مدت استفاده 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 ازجمله تفاوت در حساسیت و آسیب‌پذیری افراد، ممکن است بخش کوچکی از شاغلین در اثر مواجهه با مقادیر معادل و حتی کمتر از حد تعیین‌شده دچار عوارض جزئی، بیماری یا عارضه جدی و تشدید یا پیشرفت عوارض و بیماری‌های قبلی شوند. در این موارد، متخصصین طب کار بایستی این گروه از افراد را شناسایی و تحت مراقبت ویژه قرار دهند. بنابراین هرچند ملاحظات کافی برای تدوین این حدود مجاز 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 می گردد 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 قرارگرفته‌اند عبارت‌اند از: اطلاعات حاصل از تجارب محیط کار، مطالعات تجربی بر روی انسان، حیوانات و یا ترکیبی از منابع مذکور، استفاده از حدود مجاز برخی از کشورها و سازمان‌های معتبر که در مقدمه کتاب 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 مبنا و پایه تعیین حد مجاز مواجهه شغلی قرارگرفته است. در ویرایش ششم کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی، ۲۷ ماده شیمیایی به فهرست قبلی اضافه‌شده 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 شده اند. در ضمن در تدوین این حدود سعی شده است که علاوه بر اثرات و عوارض عوامل شیمیایی، شرایط و محدودیت‌های فنی، اقتصادی و قابلیت‌های اجرائی نیز در نظر گرفته شوند.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 تعیین‌شده دارای دقت یکسانی نیستند. لذا جهت تعیین مقدار دقیق حد مجاز مواجهه باید جدیدترین و مطمئن‌ترین مستندات و اطلاعات مورداستفاده قرار گیرد. این موضوع باید همواره به اطلاع مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی رسانده شود تا در بازنگری‌های بعدی حدود مجاز مواجهه شغلی مورد استناد قرار گیرد.

تعریف حدود مجاز مواجههٔ شغلی

حدود مجاز مواجهه شغلی [1] (OELs) به غلظت آلاینده‌های هوابرد مواد شیمیایی اشاره دارد و شرایطی را بیان می‌کند که اگر کارگران به‌طور مداوم و به شکل روزانه در طول مدت زمان سنوات کاری خود با آن مواجهه داشته باشند، عموم آن‌ها از تاثیرات زیان‌آور این مواد مصون خواهند ماند.

تمامی کسانی که از (OELs) استفاده می‌کنند، باید همواره به آخرین مستندات و اطلاعات مربوط به آن مراجعه کنند و از درک صحیح مبانی حدود مجاز مواجههٔ شغلی و اطلاعاتی که در تدوین این حدود به کار گرفته‌شده است اطمینان حاصل نمایند. ذکر این نکته ضروری است که کمیت و کیفیت اطلاعات ارائه‌شده برای هر مادهٔ شیمیایی در طول زمان تغییر خواهد کرد. به‌طورکلی، نمی‌توان تصور کرد که مواد شیمیایی با OELs برابر (مقادیر عددی مشابه)، دارای اثرات سمی و بیولوژیکی مشابه 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 مادهٔ شیمیایی، شامل غلظت هوابرد این مواد برحسب قسمت در میلیون (PPM) یا میلی‌گرم بر مترمکعب (mg/m^3) و اثرات قطعی که توسط هر ماده ایجاد می‌شود 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 مادهٔ شیمیایی خاص وجود دارد که ممکن است به غلظت هوابرد آن ارتباطی نداشته باشد. به‌عبارت‌دیگر، OELs مرز مشخصی برای قضاوت درباره محیط‌های کاری سالم و ناسالم 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 Eexposure Limits

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

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

همچنین، انجام کار در سطوح مختلف (برای مثال انجام کار سبک یا کار سنگین) یا ورزش کردن و فعالیت بدنی (وضعیت‌هایی که در طی انجام آن‌ها فعالیت‌های قلبی - ریوی افزایش پیدا می‌کند) ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در میزان حساسیت افراد شوند. علاوه بر این، تغییرات دمایی (سرد شدن و گرم شدن شدید هوا) و رطوبت نسبی نیز می‌توانند واکنش افراد نسبت به ماده‌ی 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 هوابرد مواد شیمیایی اشاره دارند، تماس‌های پوستی که ممکن است در حین انجام کار اتفاق بیفتد نیز باید موردتوجه قرار گیرند.

به‌طورکلی، حد مجاز مواجهه شغلی عوامل شیمیایی در چهار دسته طبقه‌بندی شده‌اند: متوسط وزنی- زمانی[1] (TWA)، حد مواجهه کوتاه مدت[2] (STEL) ، حد مجاز سقفی[3] (C) و حد مجاز سطح[4](SL) . برای اکثر مواد شیمیایی، حد متوسط وزنی- زمانی به تنهایی یا همراه با حد مجاز مواجهه کوتاه‌مدت 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 تقریبا 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 مکانیسم‌های 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 دقیقه ای از یک نوبت‌کاری 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.

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

معمولا 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 کاملا 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. درصورتی‌که 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) امکان پذیر 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 می توان 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 تعیین‌شده‌اند، نباید کم اهمیت‌تر از حدود مجاز مواجهه‌ی مبتنی بر آسیب‌های فیزیکی در نظر گرفته شوند. شواهد روزافزونی نشان می دهد که

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

حد مجاز مواجهه شغلی بر روی سطوح (OEL–SL) : غلظتی از مواد شیمیایی بر روی سطوح تجهیزات و وسایل محل کار که در صورت تماس‌های مستقیم یا غیرمستقیم با آن، احتمال ایجاد اثرات زیان‌آور وجود ندارد. نظر بر آن است که OEL-SL به‌عنوان تکمیل‌کننده‌ی حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی هوابرد، به‌ویژه در خصوص موادی مورداستفاده قرار می‌گیرد که عوارض پوستی (با نماد Skin)، حساسیت‌زایی پوستی (با نماد DSEN) یا حساسیت‌زایی تنفسی (با نماد RSEN) ایجاد می‌کنند، تا بتوان معیارهای کمی را جهت ایجاد غلظت‌های 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 داده‌های ویژه‌ای در دسترس باشند که ارتباط غلظت نمونه‌های مواد شیمیایی برداشته شده از روی سطوح را با اثرات زیان‌آور این مواد نشان دهند.

برای برخی از مواد حساسیت‌زای پوستی، حد مجاز بر روی سطوح ممکن است با استفاده از برآورد توان و قدرت آسیب‌زایی آن ماده و با استفاده از نتایج مطالعات حیوانی، مانند غلظت مؤثری که می‌تواند باعث افزایش سه برابری تکثیر لنفوسیت‌ها (EC3) شود، با به‌کارگیری یک ضریب تصحیح مناسب، تعیین شود.

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

مواجهه‌های بیشینه[1] : بنا بر توصیه‌ی کمیته‌ی تعیین حدود آستانه‌ی مجاز مواجهه‌ی شغلی، در صورت وجود داده‌های تایید کننده، باید ملاحظاتی 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، مواجه‌های بیشینه-ی کوتاه‌مدت که بالاتر از OEL-TWA هستند، باید به شکل مؤثری کنترل شوند، حتی اگر OEL-TWA ، ۸ ساعته به‌دست‌آمده در محیط کار، پایین‌تر از مقادیر توصیه شده باشد.

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

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

بنابراین برای آن دسته از موادی که OEL-STEL ندارند، حدود مجاز مواجهه‌ی کوتاه‌مدت پیش‌فرض زیر اعمال می‌شود:

افزایش موقتی میزان مواجهه‌های کارگران می‌تواند تا ۳ برابر میزان OEL-TWA باشد به شرطی که بیشتر از ۱۵ دقیقه و بیشتر از ۴ مرتبه با فاصلهٔ 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 هردوی 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 می باشد.

با وجود آن که مباحث کامل تئوری و ویژگی های توزیع لگ نرمال فراتر از اهداف این بخش است، لذا فقط توصیف مختصری از واژه های مهم ارائه شده است. در توزیع لگ نرمال باید از میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی استفاده کرد. در این توزیع شاخص تمایل مرکزی عبارت از آنتی لگاریتم میانگین لگاریتم مقادیر نمونه ها است. این توزیع دارای چولگی بوده و میانگین هندسی آن

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

راهنمای مواجهه‌های بیشینه (که قبلاً با عنوان محدوده‌های نوسان از آن یاد می‌شد) منحصرا 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 ۳/۱۳ برابر میانگین هندسی خواهند بود.

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

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 می شود. 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 توصیه‌شده را بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده 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 مواجهه های بیشینه باید درباره‌ی OEL-TWA اعمال شود (مثلا، اگر

نگرانی در مورد غلبه داشتن اثرات حاد بر سلامتی وجود دارد) یا OEL-TWA تصحیح شده (مثلا، اگر نگرانی در مورد تجاوز از حد OEL-TWA تنظیم‌شده وجود دارد). متخصص بهداشت حرفه‌ای آموزش‌دیده باید هنگام استفاده از راهنمای مواجه‌های بیشینه قضاوت درستی داشته باشند. درصورتی‌که OEL-STEL یا OEL-C برای یک ماده موجود باشند، این حدود نسبت به مقادیر مواجهه قله‌ای ارجحیت خواهند داشت.

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

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

اگرچه تعیین غلظت بر مبنایTWA، از رضایت بخش‌ترین و عملی‌ترین روش‌های نظارت بر عوامل هوابرد به جهت تطبیق با OELs به‌حساب می‌آید، چنین تطبیقی ممکن است در مورد برخی از مواد نامناسب باشد. این گروه موادی هستند که اغلب اثرات سمیت خود را سریع اعمال می‌کنند و OELآن‌ها 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. درنتیجه، نمونه واحد و کوچکی که برای تعیین OEL-C قابل‌استفاده است، برای تعیین OEL-TWA مناسب نیست و تعدادکافی از نمونه لازم است تا بتوان تعیین کرد که OEL-C در هیچ زمانی از چرخه‌ی کامل کاری یا در کل نوبت‌کار افزایش پیدا نمی‌کند.

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

لذا باید توجه داشت که روش نمونه گیری برای تعیین انواع حدود مجاز متفاوت است. به عنوان مثال برای تعیین حد مواجهه شغلی سقفی می توان از یک نمونه گیری 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 قابل‌قبول هستند.

حدود مجاز مخلوط مواد شیمیایی

در هنگام استفاده از OELs برای ارزیابی مخاطرات بهداشتی ناشی از مواجهه هم‌زمان با مخلوطی از دو یا چند ماده شیمیایی، باید ملاحظات ویژه‌ای در نظر گرفته شود. بحث مختصری در مورد ملاحظات اساسی و روش‌هایی که در تدوین حدود مجاز مواجهه با مخلوط مواد شیمیایی به کار گرفته‌شده‌اند به همراه مثال‌هایی جهت شفافیت بیشتر در ضمیمه‌ی (٥) ارائه‌شده است.

تغییرات در شرایط و برنامه‌های کاری

کاربرد حدود مجاز مواجهه برای شرایط محیطی غیرمعمول

زمانی که شرایط دما و فشار محیط کار شاغلینی که با آلاینده‌های هوا مواجهه دارند تفاوت قابل توجهی با وضعیت نرمال (NTP) (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) داشته باشد، باید در مقایسه‌ی نتایج حاصل از نمونه‌برداری و مقادیر OELs دقت کرد. برای آئروسل‌ها، غلظت مواجهه TWA (محاسبه شده از حجم نمونه بدون تصحیح دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) باید مستقیما با حدود مجاز مواجهه تعیین شده(OELs و BELs) مقایسه شوند. برای گازها و بخارات، گزینه‌های مختلفی برای مقایسه نتایج حاصل از نمونه‌برداری هوا با حدود مجاز مواجهه وجود دارد که به‌تفصیل توسط Stephenson and Lillquist (2001) شرح داده شده است. در ضمن در این شرایط نکات زیر باید رعایت شود:

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

۲) در صورتی که غلظت مواجهه بر حسب واحدmg/m3 نبود تبدیل واحد انجام شود. برای تبدیل OEL به میلی‌گرم بر مترمکعب (یا سایر واحدهای جرم بر حجم) حجم یک مول از گاز ۲۴/۴۵ لیتر لحاظ شود.

۳) جهت مقایسهٔ غلظت اندازه‌گیری شده با OEL 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 وتحلیل‌های 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. درنتیجه 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 بیشینه‌ی(پیک) مواجهه روزانه یا هفتگی با یک آلاینده از آنچه که در طی یک نوبت‌کاری معمولی(۸ساعت در روز/ ۵روز 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 معمولا برای برنامه‌های کاری با زمان کار بیشتر از ۸ ساعت در روز یا بیشتر از ۴۰ ساعت کار در هفته مورداستفاده قرار می‌گیرد و نباید برای مواجهه‌های خیلی زیادی که در مدت زمان خیلی کوتاه رخ می‌دهند استفاده شوند (به‌عنوان‌مثال، مواجهه طوری باشد که در ۱ ساعت اول، کارگر با مقداری معادل ۸ برابر OEL-TWA تماس داشته باشد و در مابقی زمان نوبت‌کاری هیچ مواجهه‌ای نداشته باشد). در این شرایط باید حدود نوسان یا OEL-STEL برای جلوگیری از کاربرد نامناسب این مدل برای نوبت کاری‌ها یا دوره‌های مواجهه‌ی بسیار کوتاه‌مدت، مورداستفاده 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 فارماکوکنتیک (PBRP) به دست می آید که مدلی مبتنی بر فیزیولوژی می‌باشند.

ازآنجاکه حدود مجاز تعدیل‌شده، 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 می‌شود. به‌طورکلی، باید از مواجهه‌های غیرضروری کارگران اجتناب شود، حتی اگر مدلی چنین مواجهه‌هایی را "مجاز" بداند. همچنین، مدل‌های ریاضی نباید به‌عنوان توجیهی برای قرار گرفتن در معرض مواجهه‌های بالاتر از حد لازم استفاده شوند.

واحدهای OELs

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

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

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

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

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

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

حدود مجاز گازها و بخارات معمولا برحسب قسمت در میلیون حجمی (ppm)[1] آلاینده در هوا یا ممکن است برحسب میلی‌گرم در مترمکعب بیان شود. برای سهولت کاربران، وزن مولکولی هر یک از ترکیبات شیمیایی برای تبدیل واحد آن‌ها، در جداول حدود مجاز مواجهه نیز ارائه‌شده است. با توجه به آنکه حجم مولی هوا در شرایط NTP معادل ۲۴/۴۵ لیتر است، روابط تبدیل واحدهای ppm و mg/m^3 گازها و بخارات در شرایط NTP عبارت است از:

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

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

1 parts per million

نمادها

شاخص بیولوژیکی واجهه[1] (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 استیل کولین‌استراز، مواد ایجادکننده متهموگلوبین و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه ای کمک می کند. این سه زیرگروه عبارتنداز:

BEI_C: به شاخص بیولوژیکی مواجهه برای آفت‌کش‌های مهارکننده استیل کولین‌استراز مراجعه شود.

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

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

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

سرطان‌زایی[2]

سرطان‌زا عاملی است که باعث ایجاد یک تومور خوش‌خیم یا بدخیم می‌شود. شواهد سرطان‌زایی از مطالعه‌های سم‌شناسی، اپیدمیولوژی و مکانیکی حاصل می‌شود. نمادهای مختلف توسط سازمان‌ها و مراکز علمی معتبر برای نشان دادن قابلیت سرطان‌زایی عوامل مختلف ارائه‌شده است. در این بخش از نمادهای ارائه‌شده توسط مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا[3] (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 [1](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 [2](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 می گیرد.

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

الف- عملیات پاشش (اسپری).

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

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

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 دست‌آمده از مطالعات حیوانی یا انسانی می‌توانند اثرات نامطلوبی را بر ساختار آناتومیک یا عملکرد شنیداری بگذارند، که این مسئله معمولاً به شکل تغییر دائمی در آستانه‌ی شنوایی یا مشکلات ایجاد شده در پردازش صداها بروز می کند.

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

---

1 Inhalable Fraction and Vapor
2 Saturated Vapor Concentration

نماد OTO نه تنها بر نقش کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های اداری و به‌کارگیری لوازم حفاظت فردی مورد نیاز برای کاهش غلظت آلاینده‌های هوابرد تأکید می‌کند، بلکه سایر روش‌هایی که برای پیشگیری از 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 توصیه‌شده OEL تجاوز نمی‌کند، تحت بررسی برنامه‌های حفاظت شنوایی و نظارت پزشکی قرار بگیرند تا وضعیت شنوایی آن‌ها از نزدیک بررسی و پایش شود.

ایجاد حساسیت

واژه‌های "DSEN" و "RSEN" در ستون "نمادها" در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی به پتانسیل یک ماده برای ایجاد حساسیت پوستی یا تنفسی اشاره دارند. هنگامی‌که شواهد مشخصی از حساسیت، توسط یک راه ورود به 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 تعیین‌کننده 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 قبلا 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 بافت ها 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 ایمونولوژی رخ می‌دهد و نباید با شرایط یا اصطلاحات دیگر مانند بیش فعالی، استعداد یا حساسیت داشتن، اشتباه گرفته شود. در ابتدای مواجهه با یک عامل حساسیت‌زا ممکن است هیچ پاسخی مشاهده نشود 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 پاسخ های 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 هشداری برای کارشناسان

بهداشت حرفه‌ای می‌باشد مبنی بر اینکه ممکن است حتی در شرایطی که مواجهه‌های هوابرد 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 بدانندکه 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 به‌عنوان یک حامل عمل کنند به طوری‌که 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 به‌طور 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. درهرحال ضایعات پوستی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش جذب از راه پوست می‌گردند.

زمانی که اطلاعات کمی در ارتباط با جذب پوستی گازها و بخارات و مایعات توسط شاغلین وجود داشته باشد، پیشنهاد می‌شود که مجموع یافته‌های حاصل از مطالعات بر روی بیماری‌های جلدی حاد و مطالعات درزمینه تماس‌های مکرر پوستی بر روی حیوانات و انسان‌ها، همراه با قابلیت جذب مواد شیمیایی، در تصمیم‌گیری برای نمادگذاری پوست مورداستفاده قرار گیرد. به طورکلی چنانچه یافته‌های موجود نشان‌دهنده جذب قابل‌توجه ماده شیمیایی از طریق دست‌ها و ساعدها در طی ساعات کار روزانه بخصوص برای مواد شیمیایی دارای OELs پایین باشد، باید از نماد پوست استفاده شود. بر پایه یافته‌های حاصل از سمیت حاد بر روی حیوانات در مورد مواد شیمیایی که دارای LD_{50} نسبتا 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 خورندگی بدون سمیت سیستمیک شوند، به کار نمی رود.

مواد شیمیایی دارای نماد پوست و OELs کم، ممکن است در فرایندهایی که غلظت آن ماده در هوا زیاد است، مشکلات خاصی را ایجاد کنند. این مشکل زمانی نمود بیشتری دارد که سطح وسیعی از پوست برای 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 موردنظر به کار می‌رود. مشاهده نماد پوست برای ماده شیمیایی مورد نظر، هشداری است 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 ۵µm و نسبت طول به قطر بیشتر از ۳ که با روش فیلتر غشایی نمونه‌گیری و با میکروسکوپ فاز کنتراست با بزرگنمایی ۴۵۰-۴۰۰ شمارش می‌شوند.

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

H: فقط آئروسل

I: ذرات قابل‌تنفس (ضمیمه ج)

IFV: بخار و کسر قابل‌تنفس

J: شامل ترکیبات استئارات فلزات سمی نیست.

K: نباید 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.

BEI_C: به شاخص بیولوژیکی مواجهه با آفت‌کش‌های مهارکننده استیل کولین‌استراز مراجعه شود.

BEI_M: به شاخص بیولوژیکی مواجهه با موادی مراجعه شود که می توانند تولید متهموگلوبین را در بدن افزایش دهند.

BEI_P: به شاخص بیولوژیکی مواجهه با هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه ای (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 می شود.

POP: داده ها براساس اندازه گیری 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/m^3: 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 ارائه‌شده در ستون بعدی، می‌توان از صحیح بودن نام ماده شیمیایی اطمینان حاصل کرد. در ستون اول این جدول که شماره‌گذاری ردیفی مواد شیمیایی است می‌تواند در تدوین گزارش‌ها و دعاوی حقوقی برای پیشگیری از اشتباهات تفسیری مورد استفاده قرار گیرد.

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

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

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

1 CAS Registry Number

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 درمجموع 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 زیان‌آور شیمیایی محیط کار

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
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؛ هیپوکسی و سیانوز
۹	استونیتریل Acetonitrile [75-05-8]	۴۱/۰۵	۲۰ ppm	۴۰ppm	پوست؛ A4	تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفس
۱۰	استو فنون 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-Acetylamino flourene [53-96-3]	۲۲۳/۲۷	۱ ppm	–	–	تحریک و سوزش چشم
۱۲	استیلن Acetylene [74-86-2]	۲۶/۰۴	خفگی آور ساده (D)			خفگی
۱۳	۲،۲،۱،۱-تترا برومو اتان 1,1,2,2-Tetrabromoethane/[79-27-6]	۳۴۵/۷۰	ppm ۱/۰	–	–	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	خونریزی؛ حساسیت سیستم تنفسی
۱۴	آکرولئین Acrolein [107-02-8]	۵۶/۰۶	–	C ۰/۰۵ ppm	پوست؛ A3	سوزش چشم

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۰	۲- آمینو پریدین 2-Aminopyridine [504-29-0]	۹۴/۱۲	۰/۵ ppm	–	–	سردرد؛ تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سرگیجه
۴۱	آمیترول 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	آمونیوم دی کرمات (به‌عنوان کروم) Ammonium dichromate [7789-09-5]	۲۵۲/۰۷	۰/۰۲ $mg/m^{3(I)}$	۰/۰۸ $mg/m^{3(I)}$	–	–
۴۵	آمونیوم هگزا فلوئورو سیلیکات 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	۱۰mg/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
			TWA	STEL/C		
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 Analgine [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	آنیسیدین Anisidine ایزومرهای اورتو ortho isomer [90-04-0] ایزومرهای پارا para isomer [104-94-9]	۱۲۳/۱۵ ۱۲۳/۱۵	۰/۵ mg/m^3 ۰/۵ mg/m^3	-	پوست؛ A3؛ BEI_M پوست؛ A4؛ BEI_M	مت هموگلوبینی مت هموگلوبینی
۵۳	آنتیموان 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 آنتیموان Antimony hydride [7803-52-3]	۱۲۴/۷۸	۰/۰۰۵ ppm	–	–	همولیز؛ اثرات هماتولوژیک
۵۵	تری اکسید آنتیموان‡ Antimony trioxide [1309-64-4]	۲۹۱/۵	۰/۰۲ $mg/m^{3(I)}$	–	A2	پنوموکنیوزیس

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۵۶	آنتو؛ (آلفا) نفتیل تیوکاربامید، α-Naphthyl thio carbamide (ANTU) [86-88-4]	۲۰۲/۲۷	۰/۳ mg/m^3	–	پوست؛ A4	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	–	A1 ؛BEI	سرطان ریه
۶۰	آرسین Arsine [7784-42-1]	۷۷/۹۵	۰/۰۰۵ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب و عروق محیطی؛ اختلال کلیوی وکبدی
۶۱	تمام اشکال آزبست Asbestos [1332-21-4] , all forms	–	۰/۱ $f/cc^{(F)}$	-	A1	پنوموکونیوزیس؛ سرطان ریه؛ مزوتلیوم
۶۲	آسپارتیک اسید Aspartic acid [56-84-8]	۱۳۳/۱۱	۱۰ mg/m^3	–	–	–
۶۳	دمه آسفالت (قیر) برحسب آئروسل محلول در بنزن Asphalt (Bitumen) fume [8052-42-4] , as benzene-soluble aerosol	–	۰/۵ mg/m^3	-	A4 ؛ BEIp	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
۶۴	آترازین Atrazine [1912-24-9]	۲۱۵/۶۹	۲ $mg/m^{3(I)}$	–	A3	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
			TWA	STEL/C		
۶۵	اورامین Auramine [492-80-8]	۲۶۷/۳۷	۰/۰۸ mg/m³ (I)	۰/۳۲ g/m³(I)	A3 ؛ پوست	–
۶۶	متیل آزینفوس Azinphos-methyl [86-50-0]	۳۱۷/۳۴	۰/۲ mg/m³ (IFV)	-	پوست؛ DSEN A4 ؛BEIC	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۶۷	آزو دی کربن آمید Azodicarbonamide [123-77-3]	۱۱۶/۰۸	۱ mg/m³	۳ mg/m³	–	حساسیت
۶۸	باریم و ترکیبات محلول آن Barium [7440-39-3] and soluble compounds, as Ba	۱۳۷/۳۰	۰/۵ mg/m³	–	A4	سوزش پوست؛ چشم و دستگاه گوارش؛ تونوس عضلات
۶۹	سولفات باریم Barium sulfate [7727-43-7]	۲۳۳/۴۳	۵ mg/m³(I)(E)	–	–	پنوموکونیوزیس
۷۰	بندیوکارب Bendiocarb [22781-23-3]	۲۲۳/۲۰	۰/۱ mg/m³ (IFV)	–	پوست؛ A4 BEIC	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۱	بنومیل Benomyl [17804-35-2]	۲۹۰/۳۲	۱ mg/m³(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/m³	–	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۳	بنزالدهید Benzaldehyde [100-52-7]	۱۰۶/۱۲	۵ mg/m³	۲۰mg/m³	–	–
۷۴	بنزو (آلفا) آنتراسن Benz[α]anthrancene [56-55-3]	۲۲۸/۳۰	۰/۱ mg/m³	–	A2 ؛BEIp	سرطان پوست
۷۵	بنسولید Bensulide [741-58-2]	۳۹۷/۵	۰/۱ mg/m³ (IFV)	–	A4 BEIc	آسیب کبدی ؛ بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۶	بنزن Benzene [71-43-2]	۷۸/۱۱	۰/۲ ppm	–	BEI؛ پوست؛ A1	سندرم میلودیسپلاستیک،سرطان خون،اثرات هماتولوژیک، اثرات کروموزومی
۷۷	بنزیدین Benzidine [92-87-5]	۱۸۴/۲۳	۰/۰۰۱ ppm	–	پوست؛ A1	سرطان مثانه
۷۸	بنزو (بتا) فلورانتن Benzo[b]fluoroanthene [205-99-2]	۲۵۲/۳۰	ALARA	–	A2 ؛BEIp	سرطان
۷۹	بنزو (آلفا) پیرن Bebzo[a]pyrene [50-32-8]	۲۵۲/۳۰	۰/۰۰۵ mg/m³	۰/۰۲ mg/m³	A2 ؛BEIp	سرطان

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۸۰	بنزو تیازول Benzothiazole [95-16-9]	۱۳۵/۱۹	۲۰mg/m³	–	پوست	–
۸۱	بنزوئیک اسید و بنزوات‌های الکالی بنزوئیک اسید Benzoic acid [65-85-0]	۱۲۲/۱۲	۰/۵mg/m³ (IFV)	–	پوست ؛ A5	سوزش چشم؛ سوزش قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی ؛ آسیب ریه
	بنزوات سدیم Sodium benzoate, as benzoate [532-32-1]	۱۴۴/۱۰	۲/۵ mg/m³(I)	–	پوست ؛ A5	عوارض کلیوی
	پتاسیم بنزوات Potassium benzoate, as benzoate [582-25-2]	۱۶۰/۲۱	۲/۵ mg/m³(I)	–	پوست؛ A5	عوارض کلیوی
۸۲	بنزوکوئینون Benzoquinone [106-51-4]	۱۰۸/۰۹	۰/۱ ppm SL ۰/۰۰۵ mg/100 cm²	–	DSEN; A4	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم؛ عوارض چشمی
۸۳	بنزو تری کلرید Benzotrichloride [98-07-7]	۱۹۵/۵۰	–	C ۰/۱ ppm	پوست؛ A2	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
۸۴	کلرید بنزوئیل Benzoyl chloride [98-88-4]	۱۴۰/۵۷	–	C ۰/۵ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
۸۵	پراکسید بنزوئیل Benzoyl Peroxide [94-36-0]	۲۴۲/۲۲	۵ mg/m³	–	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و پوست
۸۶	استات بنزیل Benzyl acetate [140-11-4]	۱۵۰/۱۸	۱۰ ppm	–	A4	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۹۳	بیسموت تلورید Bismuth Telluride [1304-82-1] ترکیب غیر منقوط Undoped, as Bi_2Te_3 ترکیب منقوط با سلنیم Se-doped as Bi_2Te_3	۸۰۰/۸۳	۱۰ mg/m^3 ۵ mg/m^3	– –	A4 A4	آسیب ریوی
۹۴	بیس فنول آ Bisphenol A [80-05-7]	۲۲۸/۲۹	۲ $mg/m^{3(I)}$	۵ $mg/m^{3(I)}$	A4	–
۹۵	بوریک اسید Boric acid [10043-35-3]; [11113-50-1]	۶۱/۸	۲ mg/m^3	۶ mg/m^3	–	–
۹۶	ترکیبات بورات؛ معدنی Borate compounds, inorganic [1303-96-4]; [1330-43-4]; [10043-35-3]; [12179-04-3]	متفاوت	۲ $mg/m^{3\ (I)}$	۶ $mg/m^{3\ (I)}$	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۹۷	اکسید بور Boron oxide [1303-86-2]	۶۹/۶۴	۱۰ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی دستگاه تنفسی و چشم
۹۸	تری برمید بور Boron tribromide [10294-33-4]	۲۵۰/۵۷	–	C ۰/۷ ppm	–	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
۹۹	تری کلریدبور Boron trichloride [10294-34-5]	۱۱۷/۲۰	–	C ۰/۷ ppm	–	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۱۰۰	تری فلوراید بور Boron trifluoride [7637-07-2]	۶۷/۸۲	۰/۱ ppm	C ۰ /۷ ppm	–	تحریک دستگاه تنفسی، پنومونی
۱۰۱	اتر تری فلوراید بور Boron trifluoride ethers [109-63-7]; [353-42-4] as BF_3	متفاوت	۰/۱ ppm	C۰/۷ 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	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی؛ آسیب ریوی
۱۰۵	پنتا فلوراید بروم Bromine pentafluoride [7789-30-2]	۱۷۴/۹۲	۰/۱ ppm	–	–	سوزش قسمت فوقانی دستگاه تنفسی؛ چشم و پوست
۱۰۶	برموفرم Bromoform [75-25-2]	۲۵۲/۷۳	۰/۵ ppm	–	A3	آسیب کبدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱۰۷	۱- برمو پروپان 1- Bromopropane [106-94-5]	۱۲۲/۹۹	۰/۱ ppm	–	A3	سیستم اعصاب مرکزی، نوروپاتی محیطی، تاثیرات خونی، تاثیرات سمی بر رشد و تولید مثل
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
			TWA	STEL/C		
۱۰۹	۱و۳- بوتادین 1,3-Butadiene [106-99-0]	۵۴/۰۹	۱ ppm	۵ ppm	A2، BEI	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 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] ایزو بوتن Isobutene [115-11-7]	۵۶/۱۱ –	۲۵۰ ppm ۲۵۰ ppm	– –	– A4	اثر روی وزن بدن تحریک قسمت فوقانی تنفسی و اثر روی وزن بدن

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۱۲۶	بوتیل مرکاپتان نرمال n-Butyl mercaptan [109-79-5]	۹۰/۱۹	۰/۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۱۲۷	ارتو بوتیل فنول نوع دوم o-sec Butylphenol [89-72-5]	۱۵۰/۲۲	۵ ppm	–	پوست	تحریک قسمت تحتانی تنفسی، پوست و چشم
۱۲۸	پارا بوتیل تولوئن نوع سوم p-tert-Butyl toluene [98-51-1]	۱۴۸/۱۸	۱ ppm	–	–	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و چشم؛ تهوع
۱۲۹	ان- بوتیرو نیتریل n-Butyronitrile [109-74-0]	۶۹/۱۱	۸ ppm	–	–	–
۱۳۰	۴ بوتیل بنزوئیک اسید نوع سوم 4-tert-Butylbenzoic acid [98-73-7]	۱۷۸/۲۰	۰/۱ $mg/m3^{(IFV)}$	–	پوست	آسیب بیضه،اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تاثیر بر سیستم تولید مثل
۱۳۱	بوتیل کرومات نوع سوم tert-Butyl chromates, as CrO3 [1189-85-1]	۲۳۰/۲۲	–	C۰/۱ mg/m^3	پوست	تحریک قسمت تحتانی تنفسی و پوست
۱۳۲	بوتیل هیدروپروکساید نوع سوم tert-Butyl hydroperoxide [75-91-2]	۹۰/۱۲	۰/۱ ppm	–	A2	تحریک قسمت فوقانی و تحتانی سیستم تنفسی و چشم، سرطان نازال(بینی)
۱۳۳	کادمیوم و Cadmium [7440-43-9] and compounds, as Cd ترکیباتش	۱۱۲/۴۰ متفاوت	۰/۰۱ mg/m^3 ۰/۰۰۲ $mg/m^{3(R)}$	- -	A2 ؛BEI A2 ؛BEI	آسیب‌های کلیوی

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۱۵۰	کاربریل Carbaryl [63-25-2]	۲۰۱/۲۰	۰/۵ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ BEI_C؛ 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)	–	BEI_C؛A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۱۵۴	دوده Carbon black [1333-86-4]	–	۳ mg/m^3 (I)	–	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	کربوکسی هموگلوبین
۱۵۸	ترابرمید 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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
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 ارتوکلرو o-Chlorobenzylidene malononitrile [2698-41-1]	۱۸۸/۶۲	-	C۰/۰۵ ppm(IFV)	پوست ؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی ؛ حساسیت پوستی
۱۸۱	کلرو برمو متان 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- ۲و۴- دی نیترو بنزن 1-Chloro-2,4-dinitrobenzene [97-00-7]	۲۰۲/۵۵	۰/۰۵ mg/m³	-	-	-
۱۸۴	کلرو دی فنیل (٪۴۲کلر) Chlorodiphenyl (42% chlorine) [53469-21-9]	۲۶۶/۵۰	۱ mg/m³	-	پوست	آسیب کبدی تحریک چشمی کلرانه
۱۸۵	کلرو دی فنیل (٪۵۴کلر) Chlorodiphenyl (54% chlorine) [11097-69-1]	۳۲۸/۴۰	۰/۵ mg/m³	-	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
			TWA	STEL/C		
۱۸۶	کلروفرم Chloroform [67-66-3]	۱۱۹/۳۸	۱۰ ppm	–	A3	آسیب کبدی؛ آسیب‌های جنینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۱۸۷	بیس (کلرومتیل) اتر bis (Chloromethy) 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 نمک های آن به‌صورت 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 1-Chloro-2-propanol [127-00-4] ۲-کلرو-۱- پروپانول 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
			TWA	STEL/C		
۱۹۵	بتا-کلروپرن β-Chloroprene [126-99-8]	۸۸/۵۴	۱ ppm	–	پوست؛ A2	سرطان ریه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۱۹۶	۲-کلروپروپانیک 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 فلوئورو 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؛ BEI_C	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

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۲۱۸	غبار پنبه خام Cotton dust, raw, untreated	–	۰/۱ mg/m^3 (T)	-	A4	برونشیت؛ بیسینوزیس؛ عملکرد ریوی
۲۱۹	کومافوس Coumaphos [56-72-4]	۳۶۲/۸	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV)	–	A4 ؛BEI_C پوست	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۲۰	همه ایزومرهای کروزول Cresol, all isomers [95-48-7]; [106-44-5]; [108-39-4]; [1319-77-3]	۱۰۸/۱۴	۲۰mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲۲۱	کروتون آلدئید Crotonaldehyde [4170-30-3]	۷۰/۰۹	–	C ۰/۳ ppm	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۲۲	کروفومات Crufomate [299-86-5]	۲۹۱/۷۱	۵ mg/m^3	–	A4 ؛BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۲۳	کومن‡ Cumene [98-82-8]	۱۲۰/۱۹	۵ ppm	–	A3	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
			TWA	STEL/C		
۲۲۶	سیانازین Cyanazine [21725-46-2]	۲۴۰/۷۰	۰/۱ mg/m$^{3(I)}$	–	A3	تأثیر بر وزن بدن، سیستم اعصاب مرکزی، تراتوژنیک
۲۲۷	اتیل و متیل سیانواکریلیت Cyanoacrylates Ethyl [7085-85-0] and Methyl [137-05-3]	۱۲۵/۴ ۱۱۲/۱۱	۰/۲ ppm	۱ 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	–	C۰ /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	سیکلوهگزانول Cyclohexanol [108-93-0]	۱۰۰/۱۶	۵۰ ppm	–	پوست؛BEI	آسیب سیستم اعصاب مرکزی و تحریک چشم

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۲۵۱	الکل دی استون Diacetone alcohol [123-42-2]	۱۱۶/۱۶	۱۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم- آسیب به سیستم اعصاب مرکزی
۲۵۲	دی استیل Diacetyl [431-03-8]	۸۶/۱۰	۰/۰۱ ppm	۰/۰۲ ppm	A3، DSEN	آسیب ریه
۲۵۳	دی آلیل فتالات Diallyl phthalate [131-17-9]	۲۴۶/۲۶	۵ mg/m^3	–	–	–
۲۵۴	۱و۲- دی آمینو سیکلوهگزان 1,2-Diaminocyclohexane [694-83-7]	۱۱۴/۱۹	۳ ppm (موقت)	–	–	–
۲۵۵	دیازینون Diazinon [333-41-5]	۳۰۴/۳۶	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست؛ BEI_C A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۵۶	دیازومتان Diazomethane [334-88-3]	۴۲/۰۴	۰/۲ ppm	–	A2	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۵۷	دی بوران Diborane [19287-45-7]	۲۷/۶۹	۰/۱ ppm	–	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و سردرد
۲۵۸	۱و۲- دی برمو-۳- کلرو پروپان 1,2-Dibromo-3-chloropropane [96-12-8]	۲۳۶/۳۳	۰/۰۰۱ ppm	–	A3	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۲۵۹	۲- ان- دی بوتیل آمینو اتانول 2-N-Dibutylamino ethanol [102-81-8]	۱۷۳/۲۹	۰/۵ ppm	-	پوست؛ BEI_C	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۶۰	دی بوتیل فنیل فسفات Dibutyl phenyl phosphate [2528-36-1]	۲۸۶/۲۶	۰/۳ ppm	-	پوست؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۲۶۱	دی بوتیل فسفات Dibutyl phosphate [107-66-4]	۲۱۰/۲۱	۵ mg/m^3 (IFV)	-	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم و مثانه
۲۶۲	دی بوتیل فتالات Dibutyl phthalate [84-74-2]	۲۷۸/۳۴	۵ mg/m^3	-	-	آسیب بیضه؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۶۳	اسید دی کلرواستیک Dichloroacetic acid [79-43-6]	۱۲۸/۹۵	۰/۵ ppm	-	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب بیضه
۲۶۴	دی کلرو استیلن Dichloroacetylene [7572-29-4]	۹۴/۹۳	-	C۰/۱ ppm	A3	تهوع؛ اختلال سیستم اعصاب محیطی
۲۶۵	ارتو دی کلرو بنزن o-Dichlorobenzene [95-50-1]	۱۴۷/۰۱	۲۵ ppm	۵۰ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبدی
۲۶۶	پارا دی کلرو بنزن p-Dichlorobenzene [106-46-7]	۱۴۷/۰۱	۱۰ ppm	-	A3	تحریک و سوزش چشم و آسیب کلیوی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۲۶۷	۳و۳- دی کلرو بنزیدین 3,3-Dichloro benzidine [91-94-1]	۲۵۳/۱۳	۰/۰۳ mg/m^3	۰/۱۲ mg/m^3	پوست؛ A3	سرطان مثانه وتحریک چشم
۲۶۸	۱و۴- دی کلرو- ۲- بوتن 1,4-Dichloro-2-butene [764-41-0]	۱۲۴/۹۹	۰/۰۰۵ ppm	-	پوست؛ A2	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۶۹	دی کلرو دی فلوئورو متان Dichlorodifluoro methane [75-71-8]	۱۲۰/۹۱	۱۰۰۰ ppm	-	A4	حساسیت های قلبی
۲۷۰	۱و۳- 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	۱و۱- دی کلرو اتان 1,1- Dichloroethane [75-34-3]	۹۸/۹۷	۱۰۰ ppm	-	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کلیوی وکبدی
۲۷۲	۱و۲- 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	پوست؛ 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
			TWA	STEL/C		
۲۷۵	دی کلرو متان Dichloromethane [75-09-2]	۸۴/۹۳	۵۰ ppm	–	A3 ؛ BEI	کربوکسی هموگلوبینی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۲۷۶	۱و۱- دی کلرو- ۱- نیترواتان 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 $mg/m^{3(I)}$	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۲۷۹	دی کلرو تترا فلوئورو 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	۵ ppm	۲۰ ppm	پوست	–
۲۸۱	دی کلروس 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؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۲۸۳	دی سیکلو هگزیل فتالات Dicyclohexyl phthalate [84-61-7]	۳۳۰/۴۲	۵ mg/m^3	–	–	–

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۲۹۸	دی اتیل سولفات Diethyl sulphate [64-67-5]	۱۵۴/۱۸	۰/۰۵ ppm	–	A2	سرطان زائی، سوزش پوست
۲۹۹	دی فلوئورو دی برومو متان Diflurodibromomethan [75-61-6]	۲۰۹/۸۳	۱۰۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات کبدی
۳۰۰	دی گلایسیدیل اتر Diglycidyl ether [2238-07-5]	۱۳۰/۱۴	۰/۰۱ ppm	–	A4	تحریک و سوزش پوست و چشم؛ اثرات سیستم تولید مثل در مردان
۳۰۱	دی ایزو بوتیل فتالات Diisobutyl phthalate [84-69-5]	۲۷۸/۳۵	۵ mg/m³	–	–	–
۳۰۲	دی ایزو پروپیل فنیل ایزو سیانات 2,6-Diisopropylphenyl Isocyanate [28178-42-9]	۲۰۳/۲۸	۰/۰۰۵ ppm	۰/۰۱ ppm	–	–
۳۰۳	دی ایزو دسیل فتالات Diisodecyl phthalate [26761-40-0]	۴۴۶/۶۶	۵ mg/m³	–	–	–
۳۰۴	دی ایزو نونیل فتالات Diisononyl phthalate [28553-12-0]	۴۱۸/۶۱	۵ mg/m³	–	–	–

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۳۱۳	دی متیل دی سولفید Dimethyl disulfide [624-92-0]	۹۴/۲	۰/۵ ppm	–	پوست	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۳۱۴	دی متیل اتر Dimethyl ether [115-10-6]	۴۶/۰۷	۴۰۰ppm	۵۰۰ ppm	–	–
۳۱۵	دی متیل اتوکسی سیلان Dimethylethoxysilane [14857-34-2]	۱۰۴/۲۰	۰/۵ ppm	۱/۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ سردرد
۳۱۶	دی متیل فرمامید Dimethylformamide [68-12-2]	۷۳/۱۰	۵ ppm	–	پوست؛ A3 BEI	آسیب کبدی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۳۱۷	۱و۱– دی متیل هیدرازین 1,1-Dimethyl hydrazine [57-14-7]	۶۰/۱۲	۰/۰۱ ppm	–	پوست؛ A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ سرطان بینی
۳۱۸	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]	متفاوت	۱ ppm(IFV)	–	A3 ؛DSEN	تأثیر بر سیستم خون و وزن بدن
۳۱۹	دی متیل فتالات Dimethylphthalate [131-11-3]	۱۹۴/۱۹	۵ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۳۲۰	دی متیل سولفات Dimethyl sulfate [77-78-1]	۱۲۶/۱۰	۰/۱ ppm	–	پوست؛ A3	سوزش پوست و چشم
۳۲۱	دی متیل سولفید Dimethyl sulfide [75-18-3]	۶۲/۱۴	۱۰ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۳۲۲	کلیه ایزومرهای دی نیترو بنزن Dinitrobenzene,all isomers [99-65-0]; [100-25-4];[528-29-0]; [25154-54-5]	۱۶۸/۱۱	۰/۱۵ ppm(IFV)	–	پوست BEI_M	مت هموگلوبینی، آسیب چشم
۳۲۳	دی نیترو – ارتو–کروزول Dinitro-o-cresol [534-52-1]	۱۹۸/۱۳	۰/۲ mg/m^3(IFV)	–	پوست	متابولیسم پایه
۳۲۴	۳و۵- دی نیترو- ارتو – تولوآمید 3,5-Dinitro-o-toluamide [148-01-6]	۲۲۵/۱۶	۱ mg/m^3	–	A4	آسیب کبدی
۳۲۵	دی نیترو تولوئن Ditnitrotoluene [25321-14-6]	۱۸۲/۱۵	۰/۲ mg/m^3	–	پوست؛ A3 BEI_M	اختلالات قلبی؛ اثرات سیستم تولید مثل
۳۲۶	۱و۴- دی اکسان 1,4-Dioxane [123-91-1]	۸۸/۱۰	۲۰ ppm	–	پوست؛ A3	آسیب کبدی
۳۲۷	دی اکساتیون Dioxathion [78-34-2]	۴۵۶/۵۴	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	-	پوست؛ A4 BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۳۲۸	۱و۳- دی اکسولان 1,3-Dioxolane [646-06-0]	۷۴/۰۸	۲۰ ppm	–	–	اثرات خونی

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۰۴	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%.	متفاوت	۲۴۰ mg/m^3	۴۸۰ mg/m^3	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۴۰۵	تتراهیدرید ژرمانیوم Germanium tetrahydride [7782-65-2]	۷۶/۶۳	۰/۲ ppm	–	–	اثرات خونی
۴۰۶	گلوتارآلدئید (فعال و غیر فعال) Glutaraldehyde [111-30-8], activated and unactivated	۱۰۰/۱۱	-	C ۰/۰۵ ppm	A4؛ RSEN؛ DSEN	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۴۰۷	میست گلیسرین Glycerin mist [56-81-5]	۹۲/۰۹	۱۰ mg/m^3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۰۸	گلیسیدول Glycidol [556-52-5]	۷۴/۰۸	۲ ppm	–	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ چشم و پوست
۴۰۹	گلای سیدیل متاکریلات Glycidyl methacrylate [106-91-2]	۱۴۲/۱۵	۰/۰۱ ppm	–	پوست؛ A2 ؛ DSEN	تخریب قسمت تحتانی تنفسی؛ تحریک قسمت تحتانی تنفسی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۱۰	گلای اکزال Glyoxal [107-22-2]	۵۸/۰۴	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	DSEN ؛A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ متاپلازی حنجره
۴۱۱	گلای فوسات Glyphosate [1071-83-6]	۱۶۹/۰۷	۵ mg/m$^{3(I)}$	–	A4	اثر روی وزن بدن؛ آسیب کبدی؛ آب مروارید
۴۱۲	گردغبار غلات (جو دو سر؛ گندم) Grain dust (oat, wheat, barley)	نامشخص	۴ 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]	–	۲ mg/m^3 (R)	–	–	پنوموکونیوزیس
۴۱۴	هافنیم و ترکیبات آن Hafnium [7440-58-6] and compounds, as Hf	۱۷۸/۴۹	۰/۵ 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	–	۰/۰۰۵ mg/m$^{3(T)}$	-	RSEN ؛ A2	التهاب ریه
۴۱۷	هلیم 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
			TWA	STEL/C		
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	۲۰۰ ppm	۴۰۰ 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	هگزا کلرو بوتادین Hexachlorobutadiene [87-68-3]	۲۶۰/۷۶	۰/۰۲ ppm	–	پوست ؛ 43	آسیب کلیوی
۴۲۲	هگزا کلرو سیکلو پنتادین Hexachlorocyclo pentadiene [77-47-4]	۲۷۲/۷۵	۰/۰۱ ppm	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۲۳	هگزا کلرو اتان Hexachloroethane [67-72-1]	۲۳۶/۷۴	۱ ppm	–	پوست ؛ 43	آسیب کلیوی و کبدی
۴۲۴	هگزا کلرو نفتالن Hexachloro Naphthalene [1335-87-1]	۳۳۴/۷۴	۰/۲ mg/m^3	–	پوست	آسیب کبدی و جوشهای شبه آکنه
۴۲۵	هگزا فلوئورو استون Hexafluoroacetone [684-16-2]	۱۶۶/۰۲	۰/۱ ppm	–	پوست	آسیب بیضه؛ آسیب کلیوی

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۳۲	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]	–	۱۰۰ ppm	–	پوست ؛ 43	نوروپاتی محیطی
۴۳۳	ایزومرهای شاخه دار هگزان Branched Hexane Isomers [75-83-2], [107-83-5], 96-14-0] [79-29-8],	۸۶/۱۸	۲۰۰ ppm	–	A3	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۳۴	۱و۶- هگزان دی آمین 1,6-Hexanediamine [124-09-4]	۱۱۶/۲۱	۰/۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
۴۳۵	هگزازینون Hexazinone [51235-04-2]	۲۵۲/۳۰	۳ $mg/m^{3(I)}$	–	A4	اثرات خونی، آسیب کبدی
۴۳۶	۱- هگزن 1-Hexene [592-41-6]	۸۴/۱۶	۵۰ ppm	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۴۳۷	هگزیل استات نوع دوم sec-Hexyl acetate [108-84-9]	۱۴۴/۲۱	۲۰ ppm	۵۰ ppm	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی، تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۳۸	هگزیلن گلیکول Hexylene glycol [107-41-5]	۱۱۸/۱۸	۲۵ ppm(V)	۵۰ ppm(V) ۱۰ mg/m3(I,H)	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۴۳۹	هیستیدین Histidine [71-00-1]	۱۵۵/۱۵۵	۵ mg/m³	–	–	–
۴۴۰	هیدرازین Hydrazine [302-01-2]	۳۲/۰۵	۰/۰۱ ppm	-	پوست ؛ 43	سرطان قسمت فوقانی تنفسی
۴۴۱	هیدرازوئیک اسید (به‌صورت بخار) Hydrazoic acid [7782-79-8] (as vapour)	۴۳/۰۳	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	–	–
۴۴۲	هیدروژن Hydrogen [1333-74-0]	۱/۰۱	خفگی آور ساده (D)			خفگی
۴۴۳	ترفنیل های هیدروژنه (غیر تابشی) Hydrogenated terphenyls (nonirradiated) [61788-32-7]	۲۴۱/۰۰	۰/۵ ppm	–	–	آسیب کبدی
۴۴۴	بروماید هیدروژن Hydrogen bromide [10035-10-6]	۸۰/۹۲	–	C ۲ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۴۵	کلرید هیدروژن Hydrogen chloride [7647-01-0]	۳۶/۴۷	–	C ۲ ppm	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
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	–	پوست ؛ DSEN	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 $mg/m^{3(I)}$	–	A4	هیپرتروفی کبد و تیروئید
۴۵۵	ایمیداکلوپرید Imidacloprid [138261-41-3]	۲۵۵/۶۶	۰/۰۰۵ $mg/m^{3(I)}$	–	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	فیبروز ریوی؛ تأثیر بر عملکرد ریوی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۵۹	ید و یدیدها Iodine [7553-56-2] Iodides, as I	۲۵۳/۸۰	۰/۰۰۱ ppm(IFV) ۰/۰۱ mg/m3(I)	– –	A4 ؛ پوست A4 ؛ پوست	کم کاری تیروئید؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ کم کاری تیروئید تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۴۶۰	‡ یودوفرم Iodoform [75-47-8]as elemental Iodine	۳۹۳/۷۳	۰/۰۰۱ ppm(IFV)	–	A4 ؛ پوست	آسیب تیروئید؛ اثر روی جنین
۴۶۱	اکسید آهن Iron oxide (Fe_2O_3) [1309-37-1]	۱۵۹/۷۰	۵ mg/m3 (R)	–	A4	پنوموکنیوزیس
۴۶۲	پنتا کربونیل آهن Iron pentacarbonyl [13463-40-6], as Fe	۱۹۵/۹۰	۰/۱ ppm	۰/۲ ppm	–	ادم ریه؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۴۶۳	نمک های محلول آهن مثل سولفات؛ کلرید؛ نیترات و ... Iron salts, soluble, as Fe	متفاوت	۱ mg/m3	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست
۴۶۴	الکل ایزوآمیل یا الکل ایزوپنتیل Isoamyl alcohol [123-51-3]	۸۸/۱۵	۱۰۰ ppm	۱۲۵ ppm	-	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۴۶۵	ایزوبوتانول Isobutanol [78-83-1]	۷۴/۱۲	۵۰ ppm	–	–	تحریک پوست و چشم

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۴۶۶	ایزو بوتیل نیتریت Isobutyl nitrite [542-56-3]	۱۰۳/۱۲	-	C ۱ ppm	BEIM ؛ A3	اتساع عروق خونی؛ مت هموگلوبینی
۴۶۷	ایزو بوتیرو نیتریل 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

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

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

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۵۱۴	۲- متوکسی اتیل استات 2-Methoxyethyl acetate (EGMEA) [110-49-6]	۱۱۸/۱۳	۰/۱ ppm	-	پوست ؛ BEI	اثرات خونی و اثرات سیستم تولید مثل
۵۱۵	متوکسی فلوران Methoxyfluran [76-38-0]	۱۶۴/۹۶۶	–	۲ ppm	–	–
۵۱۶	۴- متوکسی فنول ٤- Methoxyphenol [150-76-5]	۱۲۴/۱۵	۵ mg/m^3	–	–	سوزش چشم؛ آسیب پوست
۵۱۷	۱- متوکسی- ۲- پروپانول 1-Methoxy-2-propanol [107-98-2]	۹۰/۱۲	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	A4	سوزش چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۵۱۸	۲- متوکسی پروپیل استات 2-Methoxypropyl acetate [70657-70-4]	۱۳۲/۱۶	۲۰ ppm	۴۰ ppm	پوست	–
۵۱۹	متیل استات Methyl acetate [79-20-9]	۷۴/۰۸	۲۰۰ ppm	۲۵۰ ppm	–	سردرد؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب عصب چشم
۵۲۰	متیل استیلن Methyl acetylene [74-99-7]	۴۰/۰۷	۱۰۰۰ ppm(EX)	–	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۵۲۱	مخلوط متیل استیلن پروپادین Methyl acetylene-propadiene mixture [59355-75-8]	۴۰/۰۷	۱۰۰۰ ppm(EX)	۱۲۵۰ ppm(EX)	–	اختلال سیستم اعصاب مرکزی

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

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

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

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

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
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 وچشم؛ آسیب چشم
۵۷۴	دی ایزو سیانات نفتالن Naphthalene diisocyanate (NDI) [25551-28-4]	–	۰/۰۴ mg/m^3	–	A4	–
۵۷۵	بتا- نفتیل آمین β-Naphathylamine [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 به‌عنوان پروتئین‌های حساسیت 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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۵۹۱	۱ – [(۵–نیترو فور فوریلیدین) آمینو] هیدانتوئین 1-[(5-Nitrofurfurylidene)amino]hydantoin [67-20-9]	۲۳۸/۱۵۷	۰/۵ mg/m³	–	–	–
۵۹۲	۳ – [(۵–نیترو فوریلیدین) آمینو] –۲–اکسازولیدون 3-[(5-Nitrofurylidene)amino]-2-oxazolidone [67-45-8]	۲۲۵/۱۶	۰/۵ mg/m³	–	–	–
۵۹۳	نیتروژن Nitrogen [7727-37-9]	۱۴/۰۱	خفگی آور ساده (D) ، ضمیمه و را ببینید: حداقل محتوی اکسیژن			خفگی
۵۹۴	دی اکسید نیتروژن Nitrogen dioxide [10102-44-0]	۴۶/۰۱	۰/۲ ppm	–	A4	تحریک قسمت تحتانی تنفسی
۵۹۵	تری فلوئورید نیتروژن Nitrogen trifluoride [7783-54-2]	۷۱/۰۰	۱۰ ppm	–	BEI_M	مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی و کلیوی
۵۹۶	نیتروگلیسرین یا نیتروگلیکول Nitroglycerin [55-63-0]	۲۷۷/۰۹	۰/۰۵ ppm	–	پوست	اتساع عروق
۵۹۷	نیترو متان Nitromethane [75-52-5]	۶۱/۰۴	۲۰ ppm	–	A3	آسیب تیروئیدی؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛ آسیب ریه
۵۹۸	۱– نیترو پروپان 1-Nitropropane [108-03-2]	۸۹/۰۹	۲۵ ppm	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ آسیب کبد

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۵۹۹	۲- نیترو پروپان 2-Nitropropane [79-46-9]	۸۹/۰۹	۱۰ ppm	-	A3	آسیب کبدی؛ سرطان کبد
۶۰۰	ان- نیترو سودیمتیل آمین N-Nitrosodimethyl amine [62-75-9]	۷۴/۰۸	۰/۰۰۲۵ mg/m³	۰/۰۱ mg/m³	پوست ؛ A3	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	-	پوست ؛ BEI_M	مت هموگلوبینی
۶۰۲	۵- نیترو- ارتو- تولوئیدین 5-Nitro-o-toluidine [99-55-8]	۱۵۲/۱۶	۱ $mg/m^{3(IFV)}$	-	A3	آسیب کبدی
۶۰۳	ان- نیتروسو اتیل فنیل آمین N-Nitrosoethylphenylamine [612-64-6]	۱۵۰/۱۸	۰/۰۰۰۲ mg/m³	-	-	-
۶۰۴	ان نیترو سو متیل اتیل آمین N-Nitrosomethylethylamine [10595-95-6]	۸۸/۱۳	۰/۰۰۲۵ mg/m³	-	پوست	-
۶۰۵	اکسید نیتروز Nitrous oxide [10024-97-2]	۴۴/۰۲	۵۰ ppm	-	A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی؛ اثرات جنینی
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	-	-

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۶۲۲	پاراتیون Parathion [56-38-2]	۲۹۱/۲۷	۰/۰۵ mg/m^3 (IFV) SL۰/۵ mg/100 cm^2	–	پوست ؛ BEI_C ؛ A3	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۶۲۳	ذرات (نامحلول یا کم محلول)که در جای دیگر مشخص نشده اند Particles (insoluble or poorly soluble) not otherwise specified	ضمیمه ب را مشاهده کنید			–	
۶۲۴	پنی سیلین Penicillin [1406-05-9]	۲۴۳/۲۶	۰/۱ mg/m^3	–	–	–
۶۲۵	ان پنی سیلین Penicillin N [525-94-0]	۳۵۸/۳۹	۰/۳ mg/m^3	–	–	–
۶۲۶	پنی سیلیوم، غبار قابل استنشاق Penicillium, inhalable dust	–	۰/۱ mg/m^3	–	–	–
۶۲۷	پنتا بوران Pentaborane [19624-22-7]	۶۳/۱۷	–	C ۰/۰۱ ppm	پوست	سم سیستم اعصاب مرکزی
۶۲۸	پنتا کلرو نفتالین Pentachloronaphthalene [1321-64-8]	۳۰۰/۴۰	۰/۵ mg/m$^{3(IFV)}$	–	پوست	آسیب کبدی؛ کلرآکنه
۶۲۹	پنتا کلرو نیترو بنزن Pentachloronitrobenzene [82-68-8]	۲۹۵/۳۶	۰/۵ mg/m$^{3(IFV)}$	–	A4	آسیب کبدی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۶۳۰	پنتاکلروفنول Pentachlorophenol [87-86-5]	۲۶۶/۳۵	۰/۵ $mg/m^{3(IFV)}$	۱ $mg/m^{3(IFV)}$	پوست ؛ A3 ؛ BEI	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی و قلبی
۶۳۱	پنتا آریتریتول Pentaerythriol [115-77-5]	۱۳۶/۱۵	۱۰ mg/m^3	–	–	اختلالات گوارشی
۶۳۲	پنتان، کلیه ایزومرها Pentane, all isomers [78-78-4]; [109-66-0]; [463-82-1]	۷۲/۱۵	۱۰۰۰ ppm	–	–	تخدیر، نوروپاتی (آسیب اعصاب) محیطی
۶۳۳	۲و۴- پنتان دی ان 2,4-pentanedione [123-54-6]	۱۰۰/۱۲	۲۵ ppm	–	پوست	سمیت اعصاب و اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۶۳۴	پنتیل استات، کلیه ایزومرها Pentyl acetate, all isomers [123-92-2]; [620-11-1]; [624-41-9]; [625-16-1]; [626-38-0]; [628-63-7]	۱۳۰/۲۰	۵۰ ppm	۱۰۰ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۶۳۵	پراستیک اسید Peracetic acid [79-21-0]	۷۶/۰۵	–	۰/۴ ppm (IFV)	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم و پوست
۶۳۶	پرکلرو متیل مرکاپتان Perchloromethyl mercaptan [594-42-3]	۱۸۵/۸۷	۰/۱ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۶۳۷	فلوئورید پرکلریل Perchloryl fluoride [7616-94-6]	۱۰۲/۴۶	۰/۵ ppm	–	–	مت هموگلوبینی؛ فلوئورزیس

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
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 BEI_C؛	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	۰/۰۵ ppm	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	۳ 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
			TWA	STEL/C		
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	۳ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۶۶۵	تری کلرید فسفر Phosphorus trichloride [7719-12-2]	۱۳۷/۳۵	۰/۲ ppm	۰/۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی چشم و پوست
۶۶۶	اورتو فتال آلدهید O – phethalaldehyde [643-79-8]	۱۳۴/۱۰	SL ۰/۰۲۵ $mg/100\ cm^2$	C ۰/۱ ppb(V)	پوست ؛ DSEN ؛ RSEN	چشم،آسم، واکنش به حساسیت، آنافیلاکسی
۶۶۷	انیدرید فتالیک Phthalic anhydride [85-44-9]	۱۴۸/۱۱	mg/m^3 (IFV) ۰/۰۰۲ SL ۰/۰۵ $mg/100\ cm^2$	۰/۰۰۵ mg/m^3 (IFV)	پوست ؛ A4 ؛ RSEN ؛ DSEN	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	۱۰ mg/m^3	–	A4	آسیب کبدی و کلیوی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
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، به‌صورت پیپرازین Piperazine and salts [110-85-0], as piperazine	۸۶/۱۴	۰/۰۳ ppm (IFV)	–	DSEN ؛ RSEN ؛ A4	حساسیت سسیتم تنفسی، آسم
۶۷۶	پلاتین Platium [7440-06-4]	۱۹۵/۰۹	۱ mg/m^3	–	–	–
	فلز Metal	متفاوت	۰/۰۰۲ mg/m^3	–	–	آسم؛ تحریک قسمت فوقانی تنفسی
	نمکهای محلول، به‌صورت پلاتین Soluble salts, as Pt					
۶۷۷	پلی کلرینیتد بی فنیل ها Polychlorinated biphenyls (PCBs) [1336-36-3]	۳۷۵/۷	۰/۰۱ mg/m^3	۰/۰۲ mg/m^3	A1 ؛ پوست	–

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

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

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۱۵	روتنون (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 به‌صورت 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	سووفلوران 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	فیبروز 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)	–	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۲۲	اسید سیلیسیک Silicic acid [1343-98-2]	۷۸/۱۰	۰/۳ $mg/m^{3(R)}$	–	–	–
۷۲۳	کاربید سیلیکون Silicon carbide [409-21-2] غیر الیافی Non-fibrous الیافی (شامل الیاف سیلیسی شکل) Fibrous (including whiskers)	۴۰/۱۰	۱۰ $mg/m^{3\ (I,E)}$ ۳ $mg/m^{3\ (R,E)}$ ۰/۱ $f/cc^{(F)}$	– – –	– – A2	تخریب ریه؛ فیبروز ریه؛ سرطان
۷۲۴	ترا هیدرید سیلیکون Silicon tetrahydride [7803-62-5]	۳۲/۱۲	۵ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۷۲۵	نقره و ترکیبات Silver [7440-22-4], and compounds فلزی، غبار و دمه Metal, dust & fume ترکیبات محلول، به‌صورت نقره Soluble compounds as Ag	۱۰۷/۸۷ متفاوت	۰/۱ mg/m^3 ۰/۰۱ mg/m^3	– –	– –	آرژیری (تجمع رنگدانه ها در بافتها)
۷۲۶	سیمازین Simazine [122-34-9]	۲۰۱/۶۰	۰/۵ $mg/m^{3\ (I)}$	–	A3	اثرات خونی

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

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

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۶۲	سولفا متازین Sulphamethazine [57-68-1]	۲۷۸/۳	۱ mg/m^3	–	A4	–
۷۶۳	سولفور Sulphur [7704-34-9]	۳۲/۰۶۵	۶ mg/m^3	–	–	–
۷۶۴	سولپروفوس Sulprofos [35400-43-2]	۳۲۲/۴۳	۰/۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست ؛ A4 ؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۶۵	۲و۴و۵- تری کلروفنوکسی استیک اسید 2,4,5-Trichloro phenoxy acetic acid [93-76-5]	۲۵۵/۴۹	۱۰ mg/m^3	–	A4	اختلال سیستم اعصاب محیطی
۷۶۶	الیاف های شیشه مصنوعی Synthetic vitreous fibers	–	۱ $f/cc^{(F)}$ ۵ $mg/m^{3(I)}$	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
	فایبرگلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers	–		–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
	فایبرگلاس رشته ای پیوسته Continuous filament glass fibers الیاف پشم شیشه (Glass Wool fibers)	–	۱ $f/cc^{(F)}$	–	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
	الیاف پشم سنگ (Rock wool fibers)	–	۱ $f/cc^{(F)}$	–	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
	الیاف پشم سرباره (Slag wool fibers)	–	۱ $f/cc^{(F)}$	–	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
	فایبرگلاسهای خاص (Special purpose glass fibers)	–	۱ $f/cc^{(F)}$	–	A3	تحریک پوست و غشای مخاطی
	الیاف نسوز سرامیکی (Refractory Ceramic fibers)	–	۰/۲ $f/cc^{(F)}$	–	A2	فیبروز ریه، اختلال در عملکرد ریه

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۶۷	تالک Talc [14807-96-6] فاقد آزبست containing no asbestos fibres دارای آزبست containing asbestos fibres	– – –	۲ mg/m^3 (E,R) حد مجاز آزبست(K)	– –	A4 A1	فیبروز ریه، اختلال در عملکرد ریه
۷۶۸	تلوریم و ترکیباتش به‌صورت تلوریم به استثناء تلورید هیدروژن Tellurium [13494-80-9] and compounds, as Te, excluding hydrogen telluride	۱۲۷/۶	۰/۱ mg/m^3	–	–	بوی بد دهان
۷۶۹	هگزا فلورید تلوریم Tellurium hexafluoride [7783-80-4], as Te	۲۴۱/۶۱	۰/۰۲ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۷۷۰	تمفوس Temephos [3383-96-8]	۴۶۶/۴۶	۱ mg/m^3 (I)	–	پوست ؛ A4 ؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۷۱	تربوفوس Terbufos [13071-79-9]	۲۸۸/۴۵	۰/۰۱ mg/m^3 (IFV)	–	پوست ؛ A4 ؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۷۲	ترپن ها Terpenes	–	۲۵ ppm	۵۰ppm	–	–
۷۷۳	اسید ترفتالیک Terephthalic acid [100-21-0]	۱۶۶/۱۳	۱۰ mg/m^3	–	–	–

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۷۴	ترفنیل ها (ایزومرهای P ,M , O) Terphenyls (o-, m-, p- isomers) [26140-60-3]	۲۳۰/۳۱	–	C ۵ mg/m^3	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۷۷۵	۱و۱و۲و۲- تترابرمواتان 1,1,2,2,-Tetra bromoethane [79-27-6]	۳۴۵/۷۰	۰/۱ ppm	–	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم؛ ادم ریه؛ آسیب کبدی
۷۷۶	۱و۱و۱و۲- تتراکلرو-۲ و ۲- فلوئورو اتان 1,1,1,2-Tetra chloro- 2 , 2 difluoroethane [76-11-9]	۲۰۳/۸۳	۱۰۰ ppm	–	–	آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۷۷	۱و۱و۲و۲- تتراکلرو-۱ و۲- فلوئورو اتان 1,1,2,2-Tetrachloro-1,2-difluoroethane [76-12-0]	۲۰۳/۸۳	۵۰ppm	–	–	آسیب کبدی و کلیوی؛ اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۷۸	۱و۱و۲و۲- تتراکلرواتان 1,1,2,2-Tetra chloroethane [79-34-5]	۱۶۷/۸۶	۱ ppm	–	پوست ؛ A3	آسیب کبدی
۷۷۹	تترا کلرو اتیلن یا پرکلرواتیلن Tetrachloroethylene [127-18-4]	۱۶۵/۸۰	۲۵ ppm	۱۰۰ ppm	BEI ؛ A3	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۸۰	تترا کلرو نفتالن Tetrachloronaphthalene [1335-88-2]	۲۶۵/۹۶	۲ mg/m^3	–	–	آسیب کبدی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۸۱	ترا کلروونیفوس Tetrachlorvinphos [22248-79-9; 22350-76-1; 961-11-5]	۳۶۵/۹۶	۰/۵ $mg/m^{3(I)}$		پوست ؛ A3 ؛ DSEN ؛ BEI_C	اثرات کبدی و کلیوی؛ بازدارنده آنزیم کولین استراز؛ اثر روی تیروئید
۷۸۲	ترا کلرو فنول (کلیه ایزومرها) و نمک های آن Tetrachlorophenol (all isomers) [25167-83-3] and salts	۲۳۱/۸۹	۰/۵ $mg/m^{3(I)}$	۱/۵ $mg/m^{3(I)}$	A3	–
۷۸۳	ترا سیکلین Tetracycline [60-54-8]	۴۴۴/۴۳	۰/۱ mg/m^3	–	–	–
۷۸۴	ترا اتیل سرب Tetraethyl lead [78-00-2], as Pb	۳۲۳/۴۵	۰/۱ mg/m^3	–	پوست ؛ A4	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۸۵	ترا اتیل پیرو فسفات Tetraethyl pyrophosphate [107-49-3]	۲۹۰/۲۰	۰/۰۱ $mg/m^{3\ (IFV)}$	–	پوست ؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۷۸۶	ترا فلوئورو اتیلن Tetrafluoroethylene [116-14-3]	۱۰۰/۲۰	۲ ppm	–	A3	آسیب کبدی و کلیوی، سرطان کبد و کلیه
۷۸۷	۱و۱و۱و۲ – ترا فلورو اتان 1,1,1,2-tetra fluoroethane [811-97-2]	۱۰۲/۰۳	۱۰۰۰ ppm	–	–	–
۷۸۸	تتراهیدروفوران Tetrahydrofuran [109-99-9]	۷۲/۱۰	۵۰ ppm	۱۰۰ 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
			TWA	STEL/C		
۷۸۹	نمک های فسفونیوم تراکیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium salts کلرید فسفونیوم ترا کیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium chloride [124-64-1] سولفات فسفونیوم ترا کیس (هیدروکسی متیل) Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium sulfate [55566-30-8]	۱۹۰/۵۶ ۴۰۶/۲۶	۲ mg/m^3 ۲ mg/m^3	- -	A4 ؛ DSEN A4 ؛ DSEN	اثرات کبدی
۷۹۰	ترا متیل سرب Tetramethyl lead [75-74-1], as Pb	۲۶۷/۳۳	۰/۱۵ mg/m^3	-	پوست	اختلال سیستم اعصاب مرکزی
۷۹۱	ترا متیل سوکسینو نیتریل Tetramethyl succinonitrile [3333-52-6]	۱۳۶/۲۰	۰/۵ $ppm^{(IFV)}$	-	پوست	هیپوگلیسمی؛ تشنج
۷۹۲	ترا 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	تالیم و ترکیباتش، به‌صورت تالیوم Thallium [7440-28-0] and compounds, as Tl	۲۰۴/۳۷ متفاوت	۰/۰۲ $mg/m^{3(I)}$	-	پوست	نوروپاتی محیطی؛ آسیب گوارشی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۷۹۵	تئو برمین Theobromine [83-67-0]	۱۸۰/۱۶	۱ mg/m^3	–	A4	–
۷۹۶	تئو فیلین Theophylline [58-55-9]	۱۸۰/۱۶	۰/۵ mg/m^3	–	A٤	–
۷۹۷	تیابندازول Thiabendazole [148-79-8]	۲۰۱/۲۵	۱۰ $mg/m^{3(I)}$	–	–	–
۷۹۸	تیاکلوپرید Thiacloprid [111988-49-9]	۲۵۲/۷۲	۰/۲ $mg/m^{3(I)}$	–	پوست ؛ A3	آسیب کبدی و تیروئیدی؛ تأثیر بر سیستم اعصاب مرکزی؛ سرطان
۷۹۹	۴و۴'- تیوبیس (۶- ترت- بوتیل- متا-کروزول) 4,4'-Thiobis (6-tert-butyl-m-cresol) [96-69-5]	۳۵۸/۵۲	۱ mg/m^3	–	A4	تحریک قسمت فوقانی تنفسی
۸۰۰	تیودیکارب Thiodicarb [59669-26-0]	۳۵۴/۵۰	۰/۱ $mg/m^{3(IFV)}$	–	A3 ؛ DSEN	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۸۰۱	تیوگلیکولات ها Thioglycolates [68-11-1]	۹۲/۱۱	۲ mg/m^3	–	–	–
۸۰۲	اسید تیوگلیکولیک Thioglycolic acid [68-11-1]	۹۲/۱۲	۱ ppm	–	پوست ؛ DSEN	تحریک سیستم تنفسی و چشم
۸۰۳	کلرید تیونیل Thionyl chloride [7719-09-7]	۱۱۸/۹۸	–	C ۰/۲ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۸۰۹	ارتو تولیدین o-Tolidine [119-93-7]	۲۱۲/۲۸	۰/۰۰۳ ppm	۰/۰۱۲ ppm	پوست ؛ A3	سوزش چشم؛ مثانه و کلیه؛ سرطان مثانه؛ 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 به‌صورت 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	–	پوست ؛ A4 ؛ BEI_M	سوزش چشم ؛ مثانه و کلیه؛ مت هموگلوبینی
۸۱۴	ارتو تولوئیدین o-Toluidine [95-53-4]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	–	پوست ؛ A3 ؛ BEI_M	مت هموگلوبینی، حساسیت پوست و چشم و کلیه و مثانه
۸۱۵	پارا تولوئیدن p-Toluidine [106-49-0]	۱۰۷/۱۵	۲ ppm	–	پوست ؛ A3 ؛ BEI_M	مت هموگلوبینی

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۸۱۶	تری بیوتیل فسفات Tributyl phosphate [126-73-8]	۲۶۶/۳۱	۵ ppm (IFV)	–	BEI_M ؛ 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 بیوتیل تین فلورید Tributyltin fluoride [1983-10-4]	۳۰۹/۰۵	۰/۰۰۲۱ ppm	۰/۰۰۲۱ ppm	–	–
۸۱۹	تری بیوتیل 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)		DSEN ؛ A4 ؛ BEI_C	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	۱و۲و۴- تری کلرو بنزن 1,2,4-Trichlorobenzene [120-82-1]	۱۸۱/۴۶	–	C ۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و چشم
۸۲۳	۱و۱و۲- 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	۲۵ ppm	BEI ؛ A2	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ سمیت کلیوی؛ کاهش قوه ادراک

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۸۳۴	تری فلومیزول Triflumizole [68694-11-1]	۳۴۵/۷۵	۱ mg/m^3 (I)	–	A4 ؛ DSEN	تغییرات کبدی
۸۳۵	تری فلوئورو برمو متان Trifluobromo methane [75-63-8]	۱۴۸/۹۲	۱۰۰۰ ppm	–	–	اختلالات سیستم اعصاب مرکزی و قلبی عروقی
۸۳۶	۱و۳و۵- 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 انیدرید Trimellitic anhydride [552-30-7]	۱۹۲/۱۲	۰/۰۰۰۵ mg/m^3 (IFV)	۰/۰۰۲ mg/m^3 (IFV)	پوست ؛ 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 پاراکریزول 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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۸۴۱	تری متیل آمین Trimethyl amine [75-50-3]	۵۹/۱۱	۵ ppm	۱۵ ppm	–	تحریک قسمت فوقانی تنفسی؛حساسیت چشم و پوست
۸۴۲	‡تری متیل بنزن (مخلوط ایزومرها) Trimethyl benzene (mixed Isomers) [25551-13-7; 526-73-8, 95-63-6,108-67-8]	۱۲۰/۱۹	۱۰ ppm	–	*A4 برای ۱و۲ و۴- تری متیل بنزن	اختلال سیستم اعصاب مرکزی؛ اثرات خونی
۸۴۳	تری متیل فسفیت Trimethyl phosphite [121-45-9]	۱۲۴/۰۸	۲ ppm	–	BEI_C	تحریک چشم ؛ بازدارنده آنزیم کولین استراز
۸۴۴	۲و۴و۶- تری نیترو تولوئن 2,4,6-Trinitro toluene (TNT) [118-96-7]	۲۲۷/۱۳	۰/۱ $mg/m^{3(IFV)}$	–	پوست ؛ BEI_M	مت هموگلوبینی؛ آسیب کبدی؛ آب مروارید
۸۴۵	تری اورتوکرسیل فسفات Triorthocresyl phosphate [78-30-8]	۳۶۸/۳۷	۰/۰۲ $mg/m^{3(IFV)}$	–	پوست ؛ BEI_C	بازدارنده آنزیم کولین استراز، مسمومیت سیستم عصبی
۸۴۶	تری فنیل فسفات Triphenyl phosphate [115-86-6]	۳۲۶/۲۸	۳ mg/m^3	–	BEI_M ؛ A4	بازدارنده آنزیم کولین استراز
۸۴۷	تنگستن و ترکیباتش، بدون حضور کبالت Tungsten [7440-33-7], and compounds, In the absence of Cobalt, as W	۱۸۳/۸۴ متفاوت	۳ $mg/m^{3(R)}$	–	–	اختلالات ریوی

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

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

ردیف	نام علمی ماده شیمیایی	وزن ملکولی	حد مجاز مواجهه شغلی		نمادها	مبنای تعیین حد مجاز مواجهه
			TWA	STEL/C		
۸۶۵	وارفارین Warfarin [81-81-2]	۳۰۸/۳۲	۰/۰۱ $mg/m^{3(I)}$	–	پوست	خون ریزی، ناقص الخلقه زایی
۸۶۶	وارفارین سدیم Warfarin sodium [129-06-6]	۳۰۳/۳	۰/۰۲ $mg/m^{3(I)}$	–	پوست	–
۸۶۷	غبار آرد گندم Wheat flour dust	۴۰۵/۶۱	۳ mg/m^{3}	–	–	–
۸۶۸	غبار چوب Wood dust سرو قرمز غربی Western red cedar گونه های دیگر (به غیر از چوب نرم) All other species سرطان زائی carcinogenicity بلوط و راش Oak and beech غان ؛ چوب ماهون؛ درخت ساج ؛ گردو Birch, mahogany, teak, walnut غبار کلیه چوب های دیگر All other wood dusts	نامشخص	۰/۵ $mg/m^{3(I)}$ ۱ $mg/m^{3(I)}$ – – –	- – – – –	DSEN ؛ A4 ؛ RSEN – A1 A2 A4	آسم عملکرد ریوی، تحریک قسمت فوقانی و تحتانی سیستم تنفسی

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

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

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 می گردد. بر اساس این روش عوامل سرطان‌زا به گروه‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

A1- سرطان‌زای تائید شده انسانی

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

A2- مشکوک به سرطان‌زایی در انسان

کفایت اطلاعات کیفی مربوط به سرطان‌زایی 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 می گردد:

الف- اطلاعات متناقض

ب- اطلاعات ناقص ازلحاظ 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.

به‌طورکلی 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 تائید 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 غیرمعمول، و از راه‌های ورود غیرمحتمل و مقادیر مواجهه غیرمعمول باشد.

A4- غیرقابل طبقه بندی به‌عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی

عواملی که نگرانی‌هایی را در مورد سرطان‌زایی برای انسان پدید آورده است اما به دلیل کمبود داده‌ها، امکان ارزیابی جامع در مورد آن‌ها وجود ندارد. این مواد به علت فقدان اطلاعات کافی نمی‌توانند به‌طور صحیح مورد ارزیابی قرار گیرند. مطالعه های انجام شده بر روی بافت زنده و بر روی حیوانات آزمایشگاهی، شواهدی از سرطان‌زایی این مواد را طوری‌که به توان آن ها را در یکی از گروه‌های قبلی طبقه‌بندی نمود، ارائه نمی‌دهد .

A5- مشکوک نبودن به‌عنوان 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 قابل‌اطمینان در دُزهای زیاد بوده است. اطلاعات به دست آمده از تجزیه وتحلیل 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 انحلال‌پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده‌اند (PNOS)[1]

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.

کلیه‌ی 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 مورداستفاده 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 به‌عبارت‌دیگر هیچ‌گونه واکنش شیمیایی با بافت ریه نداده، پرتوهای یون‌ساز تابش نکند، باعث حساسیت‌زایی ایمونولوژی 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 انحلال پذیری کم هستند، ممکن است دارای اثرات زیان‌آور باشند و توصیه می‌شود که غلظت ذرات قابل استنشاق[2] هوابرد آن‌ها در مقادیر کمتر از $3\ mg/m^3$ و غلظت ذرات قابل تنفس[3] 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 سایز ذرات هوابرد

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

- تأثیر اندازه ذرات در تعیین محل ته‌نشینی آن‌ها در دستگاه تنفسی
- ارتباط بیماری‌های شغلی با ذراتی که در مناطق معینی از دستگاه تنفسی ته‌نشین می‌شوند.

حد مجاز مواجهه 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 سایز در حد مجاز مواجهه شغلی مجاز تأثیرگذار است.

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

حد مجاز مواجهه شغلی ذرات قابل تنفس[1] (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[2] (TPM-OEL)

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

حد مجاز مواجهه شغلی ذرات قابل استنشاق[3] (RPM-OEL)

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

---

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 قابل‌تنفس

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

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

برای ذراتی که $۰/۰۵ < d_{ae} \leq ۱۰۰\ \mu m$ باشد.

که در رابطه فوق، $IPM\ (d_{ae})$، بازده جمع‌آوری و d_{ae} قطر آئرودینامیکی ذرات برحسب 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 جمع‌آوری و به دام افتادن آن‌ها طبق معادله ذیل می‌باشد:

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

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

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

ln: لگاریتم طبیعی

Γ: ۱۱/۶۴ µm

Σ = ۱/۵

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 Γ = ۴/۲۵ µm و $\sum$ =۱/۵ است.

مهم‌ترین تغییر اعمال‌شده مربوط به این بخش از ذرات افزایش قطر میانه از ۳/۵ به ۴ میکرومتر است. این مطلب با پروتکل سازمان بین‌المللی استاندارد و کمیته تدوین استانداردهای اروپا (ISO/CEN) تطابق دارد. بازده جمع‌آوری سایزهای مختلف ذرات با کسر جرمی هر یک در جداول زیر ارائه‌شده است:

جدول ج -۱: ذرات قابل‌تنفس

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

جدول ج – ۲: ذرات توراسیک

قطر آئرودینامیکی ذره (µm)	بازده جمع‌آوری ذرات توراسیک (٪)
کوچکتر از ۰/۰۵	۱۰۰
۲	۹۴
۴	۸۹
۶	۸۰/۵
۸	۶۷
۱۰	۵۰
۱۲	۳۵
۱۴	۲۳
۱۶	۱۵
۱۸	۹/۵
۲۰	۶
۲۵	۲

جدول ج – ۳: ذرات قابل استنشاق

قطر آئرودینامیکی ذره (µm)	بازده جمع‌آوری ذرات قابل استنشاق (٪)
کوچکتر از ۰/۰۵	۱۰۰
۱	۹۷
۲	۹۱
۳	۷۴
۴	۵۰
۵	۳۰
۶	۱۷
۷	۹
۸	۵
۱۰	۱

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
کوکابولا	Cocabolla
آبنوس آفریقایی	African ebony
فرنام	Fernam bouc
اقاقیای هندراس	Honduras rosewood
لارو یا کامبالا	Iroko or kambala
کژات	Kejaat
کتیبه	Kotibe
لیمبا	Limba
ماهون	Mahogany (African)
ماکور	Makore

ادامه ضمیمه د: گونه‌های گیاهی مهم تجاری مشکوک به حساسیت‌زا

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

ضمیمه ه: 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 تک‌تک آن‌ها باید کمتر از مقدار ارائه شده در جدول در نظر گرفته شود.

توجه داشته باشید که این ستون، اثرات زیان‌آور 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.

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

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

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 به‌صورت کیفی و هم کمی آنالیز شود تا حد مجاز مواجهه مخلوط مواد تعیین شود.

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

چنانچه عواملی با اثرات سم‌شناسی مشابه، OEL یکسان نداشته باشند، استفاده از انواع مقادیر حدود مواجهه شغلی امکان‌پذیر خواهد بود. در جدول زیر انواع حالات ممکن از ترکیب انواع OELs ارائه‌شده است که با فرمول اثر افزایشی قابل‌محاسبه 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[1] ممکن است مناسب‌تر 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 نوبت‌کاری یا کوتاه‌مدت	ماده ۱	ماده ۲
تمام نوبت‌کاری	OEL – TWA	OEL – TWA
تمام نوبت‌کاری	OEL – TWA	OEL – C
کوتاه‌مدت	OEL – STEL	OEL – STEL
کوتاه‌مدت	OEL – C	OEL – C
کوتاه‌مدت	اگر STEL وجود ندارد از مواجهه قله‌ای استفاده شود (۵ برابر TWA)	OEL – C یا STEL
کوتاه‌مدت	OEL – STEL	OEL – C

برای این حالت رابطه اصلاح‌شده به شرح زیر خواهد بود:

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

T_{1STEL} : OEL – STEL

T_2 : OEL – TWA ماده فاقد STEL

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

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

1 applicable peak exposure

محدودیت‌ها و موارد خاص

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

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

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

لازم به ذکر است که در مخلوط مواد سرطان‌زا در دسته‌های A1 ,A2 یا A3 باید دقت کرد. صرف‌نظر 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 قابل‌قبول بکار می‌رود. عوامل برای مخلوط‌های پیچیده با بسیاری از اجزای سازنده (به‌عنوان‌مثال، بنزین، اگزوز دیزل، محصولات تجزیه حرارتی و غیره) کاربرد ندارد.

مثال‌های حد مجاز مواجهه شغلی برای مخلوط‌ها

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

جدول ه-۲ نتایج پایش

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

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

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

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

میزان مواجهه کل نوبت‌کاری کمتر از حد مجاز است.

آنالیز مواجهه کوتاه‌مدت به روش زیر انجام می‌شود:

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

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

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

مثال ب- اثرات مستقل:

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

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

مثال: هوایی حاوی غلظت سرب معادل ۰/۰۴ mg/m^3 (سرب با ۰/۰۵= OEL) و معادل mg/m^3 ۰/۱۵ 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[1]

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[2] اکسیژنی که به هموگلوبین متصل می گردد(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 می گیرد.

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 هرحال 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 وقتی‌که 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 به‌طور معناداری کاهش پیدا می‌کند، به طوری‌که در ارتفاع ۵۰۰۰ فوتی، فشار جزئی اکسیژن اتمسفری ممکن است به ۱۲۰ تور برسد و در ارتفاع بیش از ۸۰۰۰ فوتی انتظار می‌رود به کمتر از ۱۲۰ تور برسد. اثرات فیزیولوژیک کمبود اکسیژن و تغییرات فشار جزئی اکسیژن با ارتفاع از سطح دریا برای هوای خشک شامل ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن در جدول و–۱ نشان داده شده‌است. هیچ‌گونه 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 نمی‌رود.

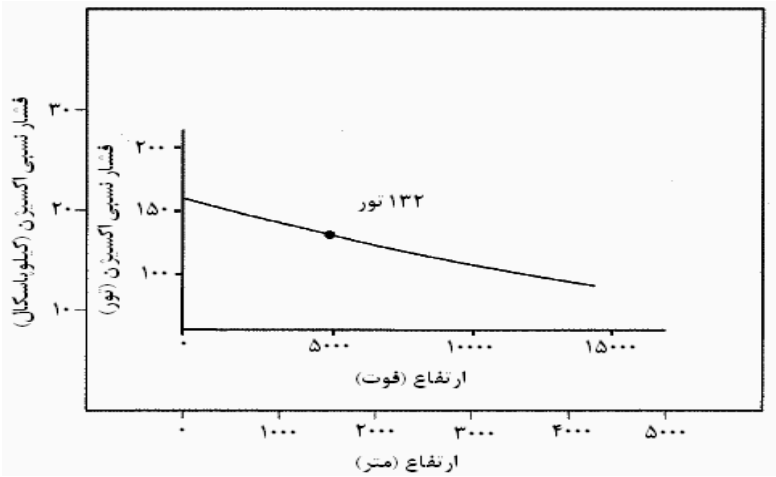
برخی ضایعات تطابق با تاریکی در ارتفاعات بیش از ۵۰۰۰ فوت گزارش شده است. در فشار جزئی اکسیژن کمتر از ۱۲۰ تور (معادل ارتفاع حدود ۷۰۰۰ فوت یا ۵۰۰۰ فوت که برای بخار آب و عبور وقایع آب و هوایی کم‌فشار در نظر گرفته می‌شود) علائم در کارگران تطابق نیافته شامل افزایش تهویه ریوی و بازده قلبی، عدم هماهنگی و از دست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

شکل و–۱، نمودار نسبت PO_2 با افزایش ارتفاع است که نشان‌دهنده حداقل مقدار ۱۳۲ تور است.

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

گازهای جایگزین اکسیژن ممکن است خاصیت قابلیت اشتعال داشته یا دارای اثرات فیزیولوژیک باشند، در این صورت بایستی در مورد شناسایی آن‌ها و شناسایی منشا انتشارشان بررسی‌های 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 خفه‌کننده ساده بدون اثرات عمده فیزیولوژیک عمل می‌کنند. ممکن است برای هر خفه‌کننده ساده یک OEL پیشنهاد نشده باشد زیرا فاکتور محدودکننده، اکسیژن موجود است.کمبود اکسیژن اتمسفری هشدارهای کافی را فراهم نمی‌نماید و بیشتر خفه‌کننده‌های ساده نیز بی‌بو هستند. این فاکتور بایستی در محدود کردن غلظت خفه‌کننده به‌ویژه در ارتفاعات بیشتر از ۵۰۰۰ فوت 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) (برحسب تور و کیلو پاسکال) با افزایش ارتفاع (برحسب فوت و متر)، که فشار جزئی اکسیژن پیشنهادی ۱۳۲ تور را نشان می‌دهد.

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

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک[1] (کیلو پاسکال)	PO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن[2] (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا[3] (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر PO_2[4]
۰ (۰)	۷۶۰ (۱۰۱)	۱۵۹ (۲۱/۲)	۲۰/۹	–
(۳۰۵) ۱۰۰۰	۷۳۱ (۹۷/۴)	۱۵۳ (۲۰/۴)	۲۰/۱	–
(۶۱۰) ۲۰۰۰	۷۰۴ (۹۳/۸)	۱۴۷ (۱۹/۶)	۱۹/۳	–
(۹۱۴) ۳۰۰۰	۶۷۷ (۹۰/۳)	۱۴۲ (۱۸/۹)	۱۸/۷	–
(۱۲۱۹) ۴۰۰۰	۶۵۲ (۸۶/۹)	۱۳۷ (۱۸/۳)	۱۸	–
(۱۵۲۴) ۵۰۰۰	۶۲۷ (۸۳/۶)	۱۳۱ (۱۷/۵)	۱۷/۲	هیچ اثری در بزرگ‌سالان سالم ندارد.
(۱۸۲۹) ۶۰۰۰	۶۰۳ (۸۰/۴)	۱۲۶ (۱۶/۸)	۱۶/۶	از دست دادن سازگاری با تاریکی می‌تواند در ارتفاعات بالای ۵۰۰۰ فوت اتفاق افتد.

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک[1] (کیلو پاسکال)	PO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن[2] (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا[3] (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر PO_2[4]
(۲۱۳۴) ۷۰۰۰	۵۸۰ (۷۷/۳)	۱۲۱ (۱۶/۱)	۱۶	افزایش تهویه ریوی و برون ده قلبی، عدم تعادل، افت دقت و قدرت تفکر
(۲۴۳۸) ۸۰۰۰	۵۵۹ (۷۴/۵)	۱۱۷ (۱۵/۶)	۱۵/۴	قرار گرفتن سریع در ارتفاع بالاتر از ۸۰۰۰ فوت ممکن است باعث بیماری ارتفاع بالا(آلکالوز تنفسی، سردرد، تهوع و استفراغ) در افراد تطابق نیافته شود. صعود سریع ریسک ادم ریوی و مغزی در ارتفاع بالا را افزایش می‌دهد.
(۲۷۴۳) ۹۰۰۰	۵۳۷ (۷۱/۶)	۱۱۲ (۱۴/۹)	۱۴/۷	–
(۳۰۴۸) ۱۰۰۰۰	۵۱۷ (۶۸/۹)	۱۰۸ (۱۴/۴)	۱۴/۲	–

ارتفاع فوت (متر)	فشار بارومتریک تور، هوای خشک[1] (کیلو پاسکال)	PO_2 معادل، تور هوای خشک در ۲۰/۹۴۸ درصد اکسیژن[2] (کیلو پاسکال)	درصد اکسیژن معادل، هوای خشک در سطح دریا[3] (درصد)	تأثیر فیزیولوژیک مقادیر PO_2[4]
(۳۳۵۳) ۱۱۰۰۰	۴۹۸ (۶۶/۴)	۱۰۴ (۱۳/۹)	۱۳/۷	خستگی غیرنرمال در اعمال نیرو، عدم تعادل، قضاوت ضعیف، آشفتگی عصبی
(۳۶۵۸) ۱۲۰۰۰	۴۷۹ (۶۳/۸)	۱۰۰ (۱۳/۳)	۱۳/۲	–
(۳۹۶۲) ۱۳۰۰۰	۴۶۱ (۶۱/۵)	۹۸ (۱۲/۹)	۱۲/۸	–
(۴۲۶۷) ۱۴۰۰۰	۴۴۳ (۵۹/۱)	۹۳ (۱۲/۴)	۱۲/۲	نارسایی در تنفس، قضاوت و هماهنگی خیلی ضعیف، بینایی ضعیف

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

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

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

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

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

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

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 نقطه‌جوش 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 به‌عنوان‌مثال،(GGVmixture) بر اساس ترکیب یک مخلوط پیچیده خاص محاسبه می‌کند.

دو جنبه RCP عبارت‌اند از: متدولوژی و مقادیر راهنمای گروهی[2] (GGVS). فرمول RCP یک OEL مشخص را بر اساس نسبت جرم مخلوط، GGVS و در جایی‌که کاربرد داشته باشد OEL ماده خالص، محاسبه می‌کند.

مقادیر راهنمای گروهی بر اساس ملاحظات شیمیایی و سم شناسی مشابه دسته بندی شده اند. دو نمونه از GGVS منتشرشده 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

A گروه هیدروکربن	B McKee et al. (mg/m^3)	C Uk-HSE 40/2000 (mg/m^3)	D ACGIH Unique TLVs و ترکیبات با اثرات بحرانی متفاوت[1]
آلکان های C5 تا C6	۱۵۰۰	۱۸۰۰	پنتان، همه ایزومرها (۱۷۷۰) ایزومرهای هگزان (۱۷۶۰) نروپاتی محیطی ان-هگزان
آلکان های C7 تا C8	۱۵۰۰	۱۲۰۰	هپتان، همه ایزومرها (۱۶۴۰) اکتان، همه ایزومرها (۱۴۰۱)
سیکلوآلکان های C5 تا C6	۱۵۰۰	۱۸۰۰	سیکلوپنتان (۱۷۲۰) سیکلوهگزان (۳۵۰)
آروماتیکهای C8 تا C7	۲۰۰	۵۰۰	زایلن، همه ایزومرها (۴۳۴) اتیل بنزن (۴۳۴) مشکلات بصری و تولید مثلی
آلکان های C15 تا C9	۱۲۰۰	۱۲۰۰	ان- نونان
سیکلوآلکان های C15 تا C9	۱۲۰۰	۸۰۰	
آروماتیکهای C15 تا C9	۱۰۰	۵۰۰	تری متیل بنزن، ایزومرها (۱۲۳) کومن اثرات خونی نفتالین، آسیب ریوی متیل نفتالین، آسیب کبدی ایندن

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 mg/m³) و متیل نفتالین‌ها(OEL-3 mg/m³) وجود داشته باشد، که حدود آن‌ها کمتر از GGV است، این اجزاء باید جداگانه اندازه‌گیری و بر اساس روش ضمیمه د ارزیابی شوند.

کاربرد:

RCP فقط برای آن گروه از حلال‌های هیدروکربنی به کار می‌رود که شامل آلفاتیک های اشباع‌شده (نرمال، ایزو آلکان‌ها و سیکلو آلکان‌ها) و آروماتیک‌ها با تعداد کربن C5-C15 هستند که از مواد نفتی به دست می‌آیند و دارای نقطه جوش ۳۵°c-۳۲۹ می‌باشند. برای مواد نفتی مشتق از سوخت‌ها، روغن های روان کننده یا مخلوط حلال ها به کار نمی‌رود. همچنین برای هیدروکربن هایی که سمیت آن ها به طور معنی داری 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. هنگامی‌که 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 مشخص‌OEL باید در RCP وارد شود (ستون D جدول ی-۱). هنگامی‌که 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 می باشد باید از طریق روش های ارائه شده در مقدمه OEL مدیریت گردد. رابطه محاسبه دوطرفه مخلوط عبارت است از:

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

GGVmixture : OEL-TWA محاسبه‌شده برای مخلوط

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

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

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

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

در محاسبه باید مشخص شود که از کدام قسمت جدول (ستونB یا C) استفاده می‌شود. مقدار محاسبه شده باید به نزدیک‌ترین عدد گرد شود. برای گزارش مقادیر محاسبه شده زیر ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک ترین مقدار۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه شده بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار۵۰ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند. برای گزارش مقادیر محاسبه‌شده بیش از ۶۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب، مقادیر باید به نزدیک‌ترین مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب گرد شوند.

محدودیت‌ها

برای محاسبه فرمول، باید در ترکیب مخلوط، جزئیات درصد جرم گروه‌های جدول ی-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 به‌تنهایی 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 می شوند، می‌بایست ملاحظات بیشتری انجام داد.

استفاده از فرمول متقابل باید محدود به کاربردهایی باشد که در آن نقطه جوش حلال ها در مخلوط نسبتاً کم است. به عبارتی در محدوده کمتر از ۴۵ درجه سانتیگراد باشد (یعنی فشار بخار تقریبا 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 Fn 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 آئروسل‌ها 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% v/v یافت نمی شود. 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:

ترکیبات	درصد وزنی	مقدار راهنمای گروهی (mg/m^3)
آلکان‌های C۸ – C۷، سیکلوآلکان‌ها	٪۴۵	۱۵۰۰
آلکان‌های C۱۰ – C۹، سیکلوآلکان‌ها	٪۴۰	۱۲۰۰
آروماتیک‌های C۸ – C۷	٪۹	۲۰۰
تولوئن	٪۶	۷۵

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

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

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 confi ned 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[1]

مقدمه

پایش زیستی[2] (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 می کند. پایش زیستی از طریق اندازه‌گیری نشانگرهای[3] 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 می کند:

۱- شناسایی و تعیین مقدار مواد شیمیایی که علاوه بر استنشاق از طریق پوست و خوراکی جذب‌شده باشند.

۲- اطلاع از مواجهات انجام‌شده در گذشته و ارزیابی میزان سربار بدن[4]

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) عموما 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 می کند.

BEI معمولا جهت طراحی، انجام و تفسیر BM در مواجهات شغلی استفاده می گردد. کاربرد این شاخص بستگی به میزان دانش و تجربه کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و مستندات موجود در خصوص حدود مجاز شغلی[1] (OEL) و BEI دارد. برای اطلاع از زمان آخرین تغییرات و به‌روزرسانی انجام شده درخصوص هر ماده می توان 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 جمع‌آوری‌شده از کارگران سالمی می‌باشد که در محیط کار خود از طریق استنشاق با سطوحی از مواد شیمیایی در محدوده میانگین وزنی–زمانی[2] 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 می گردد 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 می کنند. 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 شیمیائی هوابرد در محدوده OEL باشد، سطوح BEI قابل پیش‌بینی خواهد بود. درحالی که مقادیر برخی از BEIs مانند سرب از OEL به‌دست نیامده و با میزان پیشرفت اثرات سوء بر سلامت ارتباط دارد.

پایش هوا به‌منظور تعیین OEL، نشان‌دهنده مواجهه استنشاقی بالقوه فردی یا گروهی بوده، درحالی که BEI ، معرف جذب ماده شیمیایی توسط فرد است. از این رو ممکن است بین اطلاعات به‌دست‌آمده از نتایج نمونه‌برداری 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، می‌توان به مستندات OEL و BEI مراجعه نمود.

- احتمال وجود مواجهه از مسیرهای دیگر علاوه بر استنشاق (معمولاً پوست)، اغلب باعث عدم هماهنگی بین نمونه‌برداری هوا و BM می‌گردد. این موضوع خود دلیلی بر ضرورت انجام BM است.
- تفاوت فیزیولوژیک و سطح سلامتی کارگران ازجمله: ساختار بدنی، رژیم غذایی (آب و مصرف چربی)، فعالیت آنزیمی و متابولیکی، ترکیب مایعات بدن، سن، جنس، بارداری، مصرف دارو و بیماری
- فاکتورهای مواجهه شغلی مانند: سرعت، شدت و مدت‌زمان انجام کار، مواجهه پوستی، دما و رطوبت، مواجهه هم‌زمان با انواع مواد شیمیایی و سایر عادات شغلی
- برنامه زمانی نمونه‌برداری[1]: رعایت دقیق برنامه زمانی به‌علت 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 توصیه‌شده است.
- فاکتورهای روش کار شامل: آلودگی ثانویه نمونه، تخریب نمونه هنگام جمع‌آوری، نگهداری و تجزیه، و خطا و اشتباه در انتخاب روش تجزیه

1 Schedule sampling

- موقعیت قرارگیری وسیله پایش هوا نسبت به منطقه تنفسی کارگر
- فاکتورهای مواجهه غیر شغلی مانند: آلاینده‌های خانگی[1] 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[2]
- میزان اثربخشی وسایل حفاظت فردی

جمع‌آوری نمونه

از آنجایی که غلظت برخی از BEIs ممکن است سریعا تغییر کند، زمان جمع‌آوری نمونه بسیار حائز اهمیت بوده و بایستی با دقت کنترل و ثبت گردد. زمان نمونه‌برداری با توجه به زمان ماندگاری BEIتعیین 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 نوبت‌کاری[3]: ۱۶ ساعت بعد از خاتمه مواجهه و قبل از شروع هرگونه مواجهه در روز نمونه‌برداری
۲. قبل از آخرین نوبت‌کاری[4]: قبل از آخرین نوبت‌کاری یک هفته کاری
۳. افزایش در طول نوبت‌کاری[5]: نیاز به جمع‌آوری نمونه قبل و بعد از نوبت‌کاری
۴. در طی نوبت‌کاری[6]: در هر زمان پس از ۲ ساعت مواجهه
۵. پایان نوبت کاری[7]: 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[1] : پس از ۴ یا ۵ روز کاری با مواجهه مداوم

۷. اختیاری/غیر بحرانی[2] : در هر زمان دلخواه در طول نوبت‌کاری

*مقایسه سطوح نشانگرهایی که نیمه عمر طولانی دارند با BEI مستلزم رسیدن غلظت آن‌ها شرایط پایدار[3] 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 ازBEI ، توجه کامل داشته باشند. زیرا این وضعیت می‌تواند ناشی از توسعه بیش از حد مواجهه باشد.

مقبولیت[4] 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 غیرقابل‌قبول داشته باشند، بایستی معاینات پزشکی به عمل آید. غلظت آن دسته از BEIs که وابسته به میزان ادرار باشد، نسبت به کراتینین بیان می‌گردد. درحالی‌که مواد 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[1]): در مواقعی کاربرد دارد که نشانگر موردنظر به میزانی که بر تفسیر نتیجه تاثیرگذار 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 مشاهده‌شده در یک نمونه تصادفی از مطالعات جمعیتی ملی، مانند نظرسنجی ملی بهداشت و تغذیه[2] NHANE ، از BEI مربوطه ۲۰٪ بیش‌تر باشد. هنگامی‌که 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 این‌گونه 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 این‌حال، به‌دلیل عدم وجود داده‌های کافی، در حال حاضر تعیین BEI اختصاصی مقدور نمی‌باشد .

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

"Sq" (نیمه کمی): هرچند این نشانگرها به‌عنوان BEI کاربرد دارند، اما اندازه‌گیری آن‌ها از نظر کمی به‌دقت، قابل تفسیر نیست. لذا در مواقعی‌که 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 انجام‌شده 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[1]

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[2] شامل انواع نمونه شاهد[3] و نمونه‌های حاوی استاندارد افزوده[4] تهیه و به آزمایشگاه ارسال نمایند. این چالش‌ها، متخصصین بهداشت حرفه‌ای را قادر می‌سازد تا با پردازش و تجزیه و تحلیل نتایج، ازبرآورد 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 ازBEI ، 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 این‌وجود، چنانچه در برخی مواقع دلیل قانع‌کننده‌ای مبنی بر امکان رخ دادن مواجهه قابل‌توجهی وجود داشته باشد، تنها می‌توان با تجزیه یک نمونه حاوی غلظت بالای آلاینده، از ادامه مواجهه کارگر ممانعت کرد. هر چند، مشاهده مقادیر کم تر از BEI نیز، لزوما 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 متخصصیین بهداشت حرفه‌ای استفاده گردد. از آنجایی که هنگام تصویب BEI از اطلاعات توکسیکوکینتیک[1] و توکسیکودینامیک[2] 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 صرفا 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 انجام‌گرفته ارائه‌شده است.

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱	استن Acetone [67-64-1] (2014)	استن در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۵ mg/L	غیراختصاصی
۲	آکریلامید Acrylamide [79-06-1] (2022)	ان-(۲-کارباموئیل اتیل) والین (CbEV) در خون	اختیاری	۵۰۰ pmol/g هموگلوبین*	زمینه
		اس- (۲- کارباموئیل 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	ارسنیک غیر آلی به‌علاوه متابولیت های متیله در ادرار	انتهای نوبت کاری انتهای هفته کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	مبتنی بر جمعیت

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵	بنزن Benzene [71-43-2] (1999)	اس- فنیل مرکاپتوریک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۲۵ µg/g کراتینین	زمینه
		ترانس- ترانس موکونیک اسید در ادرار	انتهای نوبت کاری	۵۰۰ µg/g کراتینین	زمینه
۶	۱و۳ بوتادی ان 1,3-Butadiene [106-99-0] (2005)	۱و۲ دی هیدروکسی-۴-(ان- استیل سیستئینیل) - 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	۵ µg/g کراتینین	زمینه
		کادمیوم در خون	اختیاری	۵ µg/L	زمینه

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۹	دی سولفید کربن Carbon disulfide [75-15-0] (2008)	۲-تیواکسوتیازولیدین-۴-کربوکسیلیک اسید در ادرار (TTCA)	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 شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱۲	آفت‌کش‌های مهار کننده استیل کولین استراز Cholinesterase-inhibiting pesticides (2017)	فعالیت کولین استرازی در گلبول های قرمز	انتهای نوبت‌کاری	** ۷۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
		فعالیت بوتیریل کولین استراز در سرم یا پلاسما	انتهای نوبت‌کاری	** ۶۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
** با توجه به وجود اختلافات قابل‌ملاحظه در مقادیر فعالیت کولین استرازی پایه گزارش شده در افراد مختلف، توصیه می‌شود که قبل از مواجهه هر کارگر با آفت کش‌های مهار کننده کولین استراز، حداقل یک‌بار در سال نسبت به اندازه‌گیری میانگین دو فعالیت کولین استراز پایه مربوطه در کارگرانی که حداقل به مدت ۳۰ روز با آفت‌کش‌های مهارکننده این آنزیم مواجهه نداشته باشند در ۳ روز به‌صورت جداگانه اقدام گردد. همچنین توصیه می‌شود تا مادامی که فعالیت کولین استراز به ۲۰٪ پایه کاهش نیافته، از مواجهه کارگر با آفت کش ها در محیط کار ممانعت گردد.					
۱۳	کروم Chromium [7440-47-3] (2020)	کروم کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۰/۷ µg/L	مبتنی بر جمعیت

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	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	غیراختصاصی
		کبالت با کاربید کبالت تنگستن در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	–	غیراختصاصی، غیر کمی
۱۵	سیکلوهگزان Cyclohexane [110-82-7] (2021)	۱و۲-سیکلوهگزان دی ال در ادرار	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۵۰ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
۱۶	سیکلوهگزانول Cyclohexanol [108-93-0] (2003)	۱و۲-سیکلوهگزان دی ال در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	--	غیر کمی و غیراختصاصی
		سیکلوهگزانول در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	--	غیر کمی و غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۱۷	سیکلوهگزانون Cyclohexanone [108-94-1] (2003)	۱و۲-سیکلوهگزان دی ال در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری در آخر هفته	۸۰ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
		سیکلوهگزانول در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	۸ mg/L	نیمه کمی و غیراختصاصی
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	۵ µg/g کراتینین	مبتنی بر جمعیت
		مونو(۲-اتیل-۵-هیدروکسی هگزیل) فتالات در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	۲۰ µg/g کراتینین	مبتنی بر جمعیت
		مونو(۲-اتیل-۵-اوکسو هگزیل) فتالات در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	۱۵ µg/g کراتینین	مبتنی بر جمعیت
		مونو(۲-اتیل-۵-کربوکسی فنیل) فتالات در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	۲۵ µg/g کراتینین	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 شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۲۰	دی متیل استامید Dimethylacetamide [127-19-5] (2022)	ان- متیل استامید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۳۰ mg/g کراتینین	---
۲۱	دی متیل فورمامید Dimethylformamide [68-12-2] (2016)	ان- متیل فورمامید کل در ادرار**	انتهای نوبت‌کاری	۳۰ mg/L	---
		ان- استیل- اس-(ان- متیل کاربامویل) سیستئین در ادرار	ابتدای آخرین نوبت‌کاری هفته	۳۰ mg/L	---
**ان- متیل فورمامید کل به‌عنوان نماینده ای از مجموع ان- متیل فورمامید و ان- (هیدروکسی متیل)- ان- متیل فورمامید					
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 نوبت‌کاری در آخر هفته	۴۰ mg/g کراتینین	---

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

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	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)	فوروئیک اسید در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	۲۰۰ mg/L	غیراختصاصی
۲۸	هگزا متیلین دی ایزو سیانات Hexamethylene diisocyanate [822-06-0] (2014	۱و۶ هگزا متیلین دی آمین در ادرار ✱	انتهای نوبت کاری	کراتینین ۱۵ µg/g	غیراختصاصی
۲۹	ان- هگزان n-Hexane [110-54-3] (2018)	۲و۵- هگزان دی ان در ادرار ✱✱	انتهای نوبت کاری	۰/۵ mg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	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	---
تذکر: به افرادی که از این BEI استفاده می کنند، توصیه می‌شود به کارگران خانمی که در سن فرزند آوری هستند درخصوص ریسک به دنیا آوردن کودکان در حین مواجهه با سرب بیش از مقدار رفرنس ارائه‌شده توسط CDC مشاوره های لازم را ارائه دهند (CDC: دستورالعمل شناسایی و مدیریت مواجهه با سرب در زنان باردار و شیرده، ۲۰۱۰).					
۳۲	جیوه عنصری Mercury, elemental [7439-97-6] (2012)	جیوه در ادرار	ابتدای نوبت کاری	۲۰ µg/g کراتینین	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۳	متانول Methanol [67-56-1] (2004)	متانول در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۱۵ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۳۴	القاء کننده های متهموگلوبینی Methemoglobin inducers (2020)	مت هموگلوبین در خون	در طول یا انتهای نوبت‌کاری	۱٪ 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 نوبت‌کاری در آخر هفته	۱ mg/g کراتینین	---
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 نوبت‌کاری	۷۰۰ µg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۳۷	۴و۴- متیلن بیس (۲-کلروآنیلین) 4,4'-Methylene bis(2-chloroaniline) (MBOCA) [101-14-4] (2012)	✱MBOCA کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	--	غیر کمی
۳۸	متیل اتیل کتون Methyl ethyl ketone [78-93-3] (2012)	متیل اتیل کتون در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲ mg/L	غیراختصاصی
۳۹	متیل ایزوبوتیل کتون Methyl isobutyl ketone [108-10-1] (2009)	متیل ایزوبوتیل کتون در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	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 نوبت‌کاری	۱۰۰ mg/L	---
۴۱	نفتالین Naphthalene [91-20-3] (2012)	✱ ۱ نفتول +✱ ۲ نفتول	انتهای نوبت‌کاری	-	غیراختصاصی و نیمه کمی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	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 ناجیز	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	۳۰µg/L	---
۴۳	نیتروبنزن Nitrobenzene [98-95-3] (2013)	متهموگلوبین در خون	مشاهده BEI القاء کننده های متهموگلوبینی	-	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۴۴	پاراتیون Parathion [56-38-2] (2019)	پارانیتروفنل کل در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۰/۵ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
		فعالیت کولین استراز در گلبول های قرمز**	انتهای نوبت‌کاری	۷۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
** به دلیل تفاوت‌های زیاد بین فردی در مقادیر پایه منتشرشده برای فعالیت پایه استیل کولین استراز، میانگین دو فعالیت مجزای پایه استیل کولین استراز در۳ 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.					
۴۵	پنتاکلروفنل Pentachlorophenol [87-86-5] (2013)	پنتاکلروفنل در ادرار ✱	قبل از آخرین نوبت‌کاری در هفته	-	غیرکمی
۴۶	فنل Phenol [108-95-2] (2005)	فنل در ادرار ✱	انتهای نوبت‌کاری	۲۵۰ mg/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۴۷	پلاتین ‡ ✱ * Platinum [7440-06-4] (2024)	پلاتین در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۰/۰۱ µg/L	مبتنی بر جمعیت
۴۸	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) (2016)	✱ ۱- هیدروکسی پیرین (1-HP) در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۲/۵ µg/L**	زمینه
		✱ ۳- هیدروکسی بنزو(a) پیرین در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	-	غیر کمی
** تنظیم‌شده با در نظر گرفتن نسبت پیرین به بنزو (a) پیرین برای کارگرانی که در مواجهه با مخلوط PAH می‌باشند.					
۴۹	۲-پروپانول 2-Propanol [67-63-0] (2005)	استون در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۴۰ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۵۰	استیرن Styrene [100-42-5] (2022)	ماندلیک اسید به‌علاوه فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۱۵۰ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
		استیرن در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲۰ µg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	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 نوبت‌کاری	۲ mg/L	---
۵۳	تولوئن Toluene [108-88-3] (2009)	تولوئن در خون	قبل از آخرین نوبت‌کاری در هفته	۰/۰۲ mg/L	---
		تولوئن در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۰/۰۳ mg/L	---
		ارتوکروزول در ادرار ✱	انتهای نوبت‌کاری	۰/۳ mg/g کراتینین	زمینه

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵۴	۲ و۴ یا ۲و۶- 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 نوبت‌کاری	کراتینین ۵ µg/g	غیراختصاصی
۵۵	تری کلرواتیلن Trichloroethylene [79-01-6] (2007)	تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۱۵ mg/L	غیراختصاصی
		تری کلرواتانول در خون✱✱	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	۰/۵ mg/L	غیراختصاصی
		تری کلرواتیلن در خون	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
		تری کلرواتیلن در هوای بازدم	انتهای نوبت‌کاری در آخر هفته	--	نیمه کمی
۵۶	اورانیوم Uranium [7440-61-1] (2009)	اورانیوم در ادرار	انتهای نوبت‌کاری	۲۰۰ µg/L	---

شاخص‌های زیستی مواجهه (BEIs)					
ردیف	ماده شیمیائی	شاخص	زمان نمونه‌برداری	BEI	ملاحظات
۵۷	زایلن ها (با گرید آزمایشگاهی یا تجارتی*) 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	---

* همان طور 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 آن جا که اتیل بنزن به عنوان مهار کننده متابولیسم زایلن‌ها به اسیدهای متیل هیپوریک شناخته می‌شود، لذا BEI فقط برای گریدهای آزمایشگاهی یا تجاری زایلن‌ها اعمال می‌شود.

** این شاخص معرف مخلوط ایزومرهای متیل هیپوریک اسید می باشد.

✱: با انجام هیدرولیز

✱✱:بدون انجام هیدرولیز

‡: بازنگری شده یا اضافه شده به لیست تغییرات تحت بررسی[1] (NIC) *

این تغییرات موارد زیر را شامل می گردد:

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.

1 Notice Intended Changes

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. Cincinati, Ohaio, 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 می گردد. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با عوامل فیزیکی نیز همانند سایر حدود تعیین شده در این کتابچه به شرایطی اشاره دارد که اگر تقریباً کلیه شاغلین سالم روزانه و به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند آثار نامطلوب قابل توجهی بر سلامت آنان ظاهر نگردد. طبعاً این مقادیر بیان کننده مرز قطعی سلامت و خطر نمی‌باشد. اعداد ذکر شده در این کتابچه تعیین کننده حد مجاز مواجهه شغلی با یک عامل فیزیکی به تنهایی است و در صورتی که فرد به طور همزمان با سایر عوامل فیزیکی یا حتی شیمیایی تشدیدکننده اثرات این عوامل مواجهه داشته باشد، یا شرایط ویژه آسیب پذیر جسمانی(مانند برخی بیماریهای مرتبط که با این عوامل تشدید می شوند یا بارداری پرخطر زنان) حد مجاز به حد مراقبت (اقدام) کاهش پیدا می کند و مسئولین ذیربط باید بررسی‌های متناسبی برای پیشگیری از اثرات توأم، تا اطمینان از حفظ سلامت شاغلین به عمل آورند.

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

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

را نمی‌توان از اثرات نامطلوب ناشی از مواجهه در حد مجاز مواجهه شغلی یا حتی کمتر از آن محافظت نمود. باید این گروه کارگران با استفاده از انجام 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[1] از نهادهای علمی و تخصصی بین المللی، اطلاعات حاصل از تجارب صنعتی، مطالعات پژوهشی[2] و تجربی داخل و خارج از کشور، اجماع[3] متخصصین و صاحب نظران و در برخی موارد ترکیبی از هر سه نوع می‌باشد. حد مجاز مواجهه شغلی با عوامل فیزیکی برای عملیات بهداشت حرفه‌ای در نظر گرفته شده است و باید فقط توسط مهندسین بهداشت حرفه‌ای تفسیر و به‌کار گرفته شود. حدود تعیین شده نباید در موارد زیر به‌کار رود:

- 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[4] (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 ۱۰۰-۱ 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 تعیین‌شده است. در اینجا کاهشی 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 کاهشی 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

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

نکته: *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 ایجادشده برطرف شده و کارگر هیچ‌گونه شکایتی نداشته باشد، کاهش داده شود.*

معیار جایگزین و نسبتاً محدودتر دیگر که برای صداهای پر نوسان یا ضربه‌ای مورداستفاده قرار می گیرد، تراز فشار صوت قله (SPL-Peak)است که بیان‌کننده تراز ضربه‌ای یا کوبه‌ای صوت بوده و مقدار آن نباید از ۱۴۵ dB(L)[۱] فراتررود. 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.

۱ تراز صدای اندازه‌گیری شده در شبکه خطی

فراصوت

حدود مجاز مواجهه شغلی ارائه‌شده در این بخش مندرج در جدول ۲ به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به‌طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب مشهودی در توانایی شنیداری و درک محاوره طبیعی آنان ایجاد نگردد. حدود مجاز مواجهه شغلی تعیین‌شده در این مبحث، برای فرکانس‌های فراصوت۱۰ تا۲۰ کیلوهرتز است که به‌منظور پیشگیری از عوارض ذهنی (Subjective) به‌کاررفته و در جدول شماره۱ نشان داده‌شده است. مقادیر کلی تراز مواجهه وزنی زمانی (TWA) برای ۸ ساعت مواجهه مانند حدود مجاز مواجهه شغلی صدا و برابر ۸۵ دسی‌بل تعیین گردیده است. مقادیر سقف را می‌توان با استفاده از یک دستگاه سنجش تراز صوت (صداسنج)، که در حالت اندازه‌گیری "slow" و تجزیه باند اندازه‌گیری یک‌سوم اکتاو تنظیم‌شده است، موردسنجش قرار داد. مقادیر TWA را نیز می‌توان با یک دستگاه ترازسنج صوت از نوع یکپارچه (Integrating) و در تجزیه یک‌سوم اکتاوباند اندازه‌گیری نمود.کلیه دستگاه‌ها باید از حساسیت فرکانسی مناسب برخوردار بوده و با ویژگی‌های مندرج در IEC 804,ANSI S1.4-1983(R2006) مطابقت نمایند.

جدول۲- حدود مجاز مواجهه شغلی برای فرا صوت

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

** امکان بروز ناراحتی و عدم آسایش ذهنی در برخی افراد در ترازهای ۷۵ تا ۱۰۵ دسی‌بل و در فرکانس‌های 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 کنترل‌های مهندسی باشد. برخی مواقع ضرورتاً می‌بایست تراز اصوات تونال را در فرکانس‌های کمتر از ۱۰ KHz به پایین‌تر از ۸۰ دسی‌بل کاهش داد.*

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

حد مجاز مواجهه شغلی با صدا

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با صدا و مدت مواجهه با آن (طبق جدول شماره ۳) به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به‌طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب در توانایی شنیداری و درک محاوره‌ی طبیعی آنان ظاهر نشود. در گذشته اختلال شنوایی در درک مکالمات به حدی اطلاق می‌شد که متوسط حد آستانه شنوایی از dB ۲۵ در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز تجاوز نماید (ANSI S3.6-1989). مقادیر ارائه‌شده در این کتابچه برای پیشگیری از افت شنوایی به محدودهٔ فرکانس‌های بالاتر مانند ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز نیز گسترش یافته است. لذا مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی می‌بایست میانه (Median) جامعه شاغلین را در مقابل افت شنوایی ناشی از صدا (NIHL)[1] در حد ۲ دسی‌بل در فرکانس‌های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز پس از ۳۰ سال مواجهه شغلی با صدا محافظت نماید. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به‌عنوان راهنما برای کنترل مواجهه با صدا مورداستفاده قرار می گیرد و با توجه به حساسیت متفاوت افراد نباید به‌عنوان مرز حقیقی بین حد ایمنی و خطر تلقی گردد. باید تأکید نمود که مقادیر حد مواجهه شغلی، همه شاغلین را در برابر اثرات نامطلوب مواجهه با صدا محافظت نمی‌نماید و برای افرادی که مواجهه بیش از حدود تعین شده در این کتابچه دارند می بایست مراقبت‌های پزشکی انجام گردد و برای کلیه شاغلینی که مواجهه آن‌ها بیش‌ازحد مراقبت (اقدام) است سایر اقدامات پیشگیرانه حفاظت شنوایی نیز باید انجام گردد.

بر اساس جدول شماره ۳ حد مجاز مواجهه شغلی با صدا، بر مبنای تراز معادل فشار صوت برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با dB(A) ۸۵ است. درصورتی‌که کارگر طی نوبت‌کاری ۸ ساعته در مواجهه با صدای بیش از حد توصیه شده قرار گیرد می‌بایست اقدامات کنترلی مدیریتی و فنی جهت کاهش مواجهه با صدا در محیط کار اجرا گردد. علاوه بر این حد مراقبت (اقدام)[2] صدا برای شروع برنامه حفاظت شنوایی HCP[3] برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با dBA ۸۲ تعیین‌شده است.

اجرای برنامه حفاظت شنوایی با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر شامل اندازه‌گیری و ارزیابی مدوام مواجهه کارگر، استفاده از وسایل حفاظت شنوایی، آموزش و نظارت کافی بر کارگران و آزمایش

1 Noise Induced Hearing Loss
2 Action Level
3 Hearing Conservation Program

شنوایی‌سنجی در مواقعی که شاغلین در مواجهه با صدای بیش‌ازحد مراقبت dB(A) ۸۲ قرار دارند، ضروری است. طبق این حد مجاز، قاعده ۳ دسی‌بل نیز تعیین‌شده است و این بدان معنا است که به ازای افزایش ۳ دسی‌بل تراز فشار صوت، زمان مجاز مواجهه نصف خواهد شد. به همین منظور برای مواجهه با تراز dB(A)۸۸ مدت‌زمان مجاز ۴ ساعت تعیین‌شده 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

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

مدت مواجهه در روز	حد مجاز تراز معادل فشار صوت به SPL-TWA dB(A)** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار صوت به SPL-TWA dB(A)** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)
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 با تراز فشار صوت ماکزیمم در شبکه وزن یافته C بیش از ۱۴۰ دسی‌بل مجاز نیست.

** تراز فشار صوت برحسب دسی‌بل با دستگاه صداسنج اندازه‌گیری می‌شود و دستگاه مذکور باید مطابق با ویژگی‌های مندرج در استاندارد ANSI کد S1.4.1983(R2006) و گروه ترازسنج صوت Type-S2A یا IEC.61672.Class.2 , IEC61260 and IEC 61252 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.

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

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

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 بر گیرنده 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 محدودیت های 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 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 محدوده های خطر و اقدام هستند، اندازه‌گیری موضعی صدا همراه با آنالیز فرکانس انجام گردد. لذا اکتفا به دوزیمتری کوتاه مدت به تنهایی نمی‌تواند 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[1] ، 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 شغلی تعیین گردید. لازم به ذکر است که عدد مذکور حد بالایی برای تامین آسایش ذهنی است و توصیه می‌شود تاحد 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 فضاهای داخلی تعیین شده است، مورد قبول می‌باشد.

صدای منقطع[2]

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 به‌صورت مداوم یا به‌صورت مواجهه‌های کوتاه‌مدت است، برای کل مدت مواجهه کار روزانه به کار می‌رود. وقتی مواجهه روزانه با صدا از دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت تشکیل شده باشد اثر ترکیبی آن‌ها باید بیشتر از اثر جداگانه هر یک از مواجهه‌ها موردنظر قرار گیرد در چنین مواردی برای ارزیابی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

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

1 Office Workers
2 Intermittent Noise

در صورت استفاده از صداسنج معمولی این رابطه زمانی قابل‌استفاده است که صدا با تراز یکنواخت حداقل به مدت ۳ ثانیه ادامه داشته باشد. در غیر این صورت باید از دوزیمتر و یا صداسنج از نوع یکپارچه (integrated) استفاده شود که توانایی انجام محاسبات مربوط به تراز معادل فشار صوت (Leq)[1] را در دوره زمانی اندازه‌گیری داشته باشد. لذا در دستگاه دوزیمتری که مطابق با اصل قاعده ۳ دسی‌بل نسبت به زمان و تراز صدای ۸۵ دسی‌بل A برای ۸ ساعت مواجهه تنظیم‌شده است، چنانچه دوزیمتر، دوز صدا را بیش از ۱۰۰ درصد نشان دهد، مواجهه با صدا بیش‌ازحد مجاز است. لذا دوز بیش از ۱۰۰ درصد دلیل بر مواجهه بیش از ۸۵ دسی‌بل A به ازای ۸ ساعت کار است. به‌طور مثال دوز ۳۰۰ درصد به این معنا است که فرد مذکور سه برابر بیش از مدت زمان مجاز خود با صدا مواجهه داشته است. به همین صورت تعیین مواجهه بیش‌ازحد مجاز مواجهه شغلی بر اساس نتایج اندازه‌گیری با دستگاه صداسنج از نوع یکپارچه هنگامی معتبر است که تراز معادل صدا (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 (L_{eq}) است که همان معدل زمانی ترازها (SPL- TWA) است. برای این کار می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

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

در رابطه فوق، L_{eq} تراز معادل مواجهه با صدا، t_i طول زمان هر مواجهه به ساعت، T زمان مرجع (معمولاً ۸ ساعت) و LP_i تراز فشار صوت در هر مواجهه به dB(A) است. پس از محاسبه تراز فوق، می‌توان آن را با توجه به زمان مرجع با جدول شماره ۳ مقایسه و در مورد مجاز یا غیرمجاز بودن مواجهه اظهارنظر نمود.

نکات مهم در اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با صدا

هرچند مشروح روشهای اندازه‌گیری و ارزیابی صدا در محیط کار در کتاب جداگانه‌ای ذیل همین حدود مجاز، منتشر شده و در دسترس می‌باشد، لیکن با توجه به اهمیت موضوع روند صحیح اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه شاغلین با صدا و متعاقب آن برنامه‌ریزی برای انجام مداخلات کنترل آن، ضرورت دارد که در هر دوره اندازه‌گیری، 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 می گردد. 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 dB(A) ۸۴ و مرز اقدام (A) ۸۱ خواهد بود(در هر صورت مرز ایمن تغییر نخواهد داشت).

صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای[1]

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 ۱۴۰–۸۰ دسی‌بل A و دامنه ضربه باید حداقل از ۶۳ دسی‌بل بیشتر باشد و پاسخ زمانی دستگاه صداسنج نیز در حالت Impulse قرار گیرد. مواجهه بدون حفاظ گوش، با تراز فشار صوت بیش از ۱۴۰ دسی‌بل در شبکه وزن یافته C مجاز نیست. اگر وسیله اندازه‌گیری قادر به اندازه‌گیری تراز قله در شبکه وزن یافته C نباشد آنگاه باید اندازه‌گیری تراز قله (SPL- Peak) با میزان کمتر از ۱۴۰ دسی‌بل ملاک اندازه‌گیری قرار گیرد. اندازه‌گیری و اظهارنظر در مورد صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای همپوشان همانند صداهای پیوسته است. در خصوص صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای در صدای زمینه پیوسته که شامل این بند نمی‌شود، باید از قواعد صداهای نوبتی که در مبحث قبلی تشریح گردید استفاده شود.

1 Impulsive or Impact Noise

تذکر: برای صداهای ضربه‌ای بالاتر از ۱۴۰ دسی‌بل C درهرحال باید از وسیله حفاظت از شنوایی استفاده شود و برای چنین شرایطی از محافظ شنوایی (روگوشی[1] یا توگوشی[2]) 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، گزیلن، سرب، منگنز، انبوتیل الکل وجود دارد،(EU OSHA 2009) توصیه می‌گردد.

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

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

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

جدول 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 تعیین‌شده برای شرایط استراحت صوتی dB(A) ۷۰ تعیین‌شده است. بنابراین نباید این افراد در مواجهه با منابع صوتی قرار گیرند که مخل استراحت شنوایی آنان تلقی می‌شود.

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

شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه مواجهه با صدای بیشتر از ۸۵ دسی‌بل ممکن است با افزایش ریسک آسیب‌های شغلی از طریق حواس‌پرتی، 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. Cincinati, Ohaio, 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 Halsa 44(4):177 (2010). Online at: https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/23240. Accessed: 11/1/2016.
Nies E: Ototoxic substances at the workplace: a brief update. Arh Hig Rada Toksikol 63(2):147−152 (2012).

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 به‌طورکلی 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 آسیب پذیری بیشتر آن، از سوی دیگر، سبب شده است که اندام دست در ارزیابی مواجهه شغلی به طور 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 – نموگرام اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست بازو

اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش دست – بازو [1]

ملاحظات کلی

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

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

1 Hand Arm Vibration

تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش دست - بازو

اندازه‌گیری ارتعاش منتقله به دست بایستی توسط یک دستگاه استاندارد ارتعاش سنج انسانی[1]، 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.

دریافت کننده ارتعاش[2]

دریافت کننده ارتعاش که معمولاً شامل یک شتاب سنج، 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 دریافت کننده 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 شتاب سنج همراه با آداپتور اندازه‌گیری ارتعاش برای اتصال به منبع ارتعاشی باید کمتر از ۱۵ گرم و حساسیت بین محوری آن کمتر از ۱۰٪ باشد. (تیلور و پلمیر، ۱۹۷۵؛ وسترمن و تیلور، ۱۹۷۷، Brammer، ۱۹۸۲؛ Wasserman et al.، ۱۹۸۲a؛ US NIOSH، ۱۹۸۳، ۱۹۸۹).

محل نصب و جهت‌دهی شتاب سنج

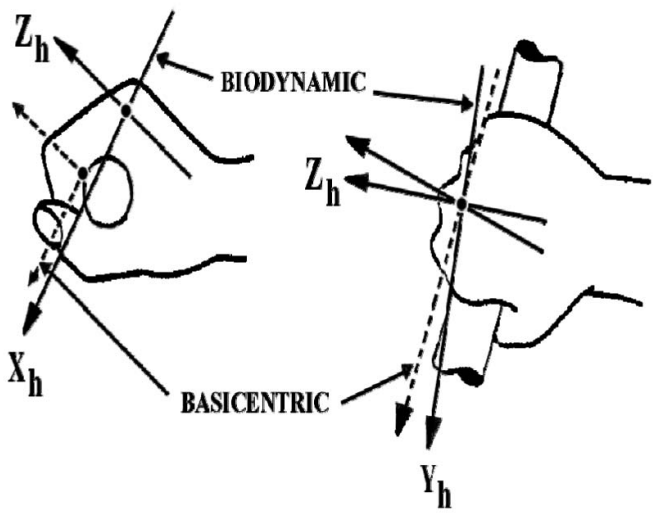
برای اندازه‌گیری عملی ارتعاش، جهت‌دهی سیستم محورهای مختصاتی را می‌توان با توجه به سیستم مختصاتی اصلی (شکل ۲) تعریف نمود. محورهای مزبور باید ترجیحاً منطبق بر محورهای سیستم بیودینامیک باشند اما از طرفی ممکن است در نزدیکی سیستم Basicentric هم قرار گیرند که مبدأ

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 به‌صورت 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 مورداستفاده 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 اعمال کننده وزنی فرکانسها و محدودکننده‌های باندهای فرکانسی دارد. پالایه توزین فرکانس Wh اهمیت موردنظر فرکانس‌های متفاوت را در آسیب‌رسانی به بدن انسان به‌خوبی تعیین و ارائه می‌کنند.

تعیین مدت‌زمان اندازه‌گیری

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

ارتعاش چند محوره[1]

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 به‌صورت $a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz}$ گزارش می‌شوند.

1 multi - axis vibration

در این وضعیت ارزیابی مواجهه بر اساس برآیند سه محور حاصل می‌شود. این مقدار ارتعاش کلی[1]، a_{hv} نامیده می‌شود و به‌صورت ریشه‌ی مجموع مربعات مقادیر شتاب اندازه‌گیری شده محورهای سه‌گانه تعریف می‌شود:

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

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

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 هرسه جهت انجام و برآیند آن سه محور اولویت ملاک ارزیابی می‌باشد. در صورتی که مقادیر هر سه جهت نابرابر و تاحد 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.

1 Vibration Total Value

تعیین شتاب معادل در مدت‌زمان مواجهه

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

$$a_{hv}=\sqrt{\frac{1}{T}((a_{hw\,1}{}^2\times t_1)+(a_{hw\,2}{}^2\times t_2)+\ldots+(a_{hw\,n}{}^2\times t_n))} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

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(۸) نامیده می‌شود. این محاسبات

گاهی توسط تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش انسانی در دسترس تجاری نیز قابل انجام است.

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

که Tv کل مدت‌زمان روزانه‌ی مواجهه با ارتعاش a_{hv} و To 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 خون رسانی، اکسیژن رسانی و تغذیه بافت، خصوصاً در نوک انگشتان شود و ادامه این اختلال میتواند به سندورم انگشت سفید ناشی از

ارتعاش VWF[1] و بافت مردگی(قانقاریا) 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 نشانه های 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 ۵ 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 ۲/۵ m/s^2 باشد، الزاماً باید اقدامات کنترلی شروع گردد. از سوی دیگر برخی کشورهای اروپایی(آلمان، سوئد و فنلاند) حد مجاز ۴ m/s^2 و برخی کشورها(ژاپن و لهستان) نیز عدد ۲/۸ m/s^2 را تعیین نموده‌اند. مطالعاتی که در دو دهه گذشته در ایران وجهان انجام و منتشر شده، بر این نکته اتفاق نظر دارند که مواجهه طولانی مدت در یک شیفت با ارتعاش بالاتر از ۲ m/s^2 و کمتر از ۵ 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 ۵ 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 مقاله ای که در ۲۰۱۷ منتشر شده ۵۰ مطالعه اپیدمیولوژیک را مرور کرده است، بیان می‌دارد: مواجهه‌های مزمن بالاتر از حدود ۳-۲ m/s^2 A(eq) به‌طور معناداری با افزایش خطر بروز اختلالات عصبی (کاهش آستانه حس ارتعاش، کرختی و بی‌حسی انگشتان) همراه بودند وکارگرانی

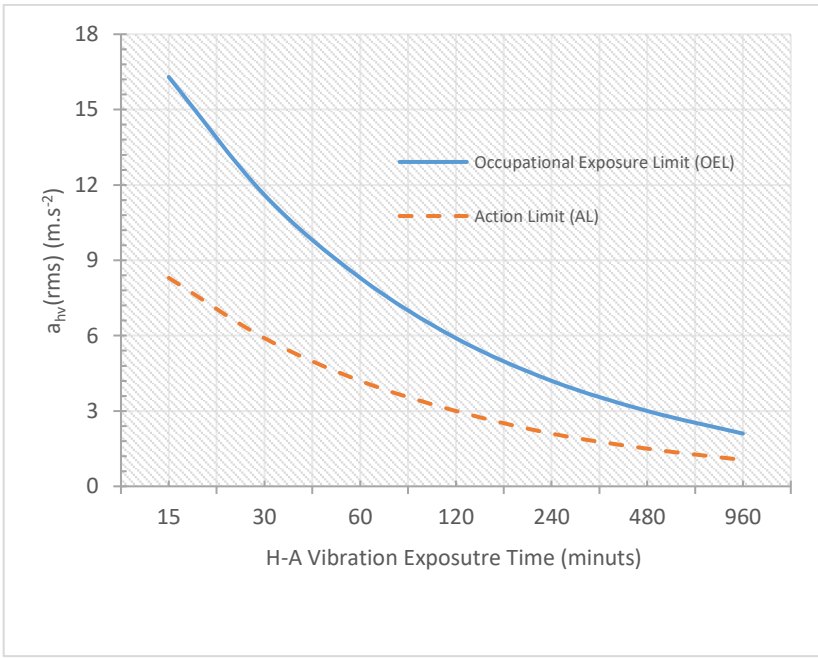
1 Vibratiob White Finger(VWF)

که به‌طور مداوم در معرض ارتعاش بالاتر از حدود A(eq) ۵ m/s^2 قرار داشتند، ۴ تا ۷ برابر بیشتر از گروه‌های شاهد در معرض بروز آسیب‌های عصبی یا عروقی بودند.

این شواهد با داده‌های کشورهای اسکاندیناوی و آلمان همخوانی دارد که حدود محافظه‌کارانه‌تری (۱/۵–۴/۰ m/s^2) اعمال کرده‌اند. نکته مهم اینکه، حد مجاز ۸ ساعته برای مواجهه با ارتعاش تمام بدن ۰/۸۷ m/s^2 تعیین شده است و بدیهی است که اندام انتهایی دست، مخصوصا 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 ۱ m/s^2) و کارگران بخشهای صنعتی که با ارتعاش مواجهه متناوب با جمعیت حدود یک میلیون نفر (۳–۱۰ m/s^2) و شاغلین بخشهای ساخت و ساز و کشاورزی هم که اغلب مواجهه متناوب دارند(۵–۱۸ m/s^2) باید اولویت پایش معطوف به جمعیت غالب باشد. بنابراین با توجه به اینکه حدود مجاز مواجهه شغلی باید تاحد اطمیان 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 ۳ 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 ۳ m/s^2 مواجهه روزانه با ارتعاش [مقدار کل انرژی معادل ۸ ساعته] A(۸) 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، دچارعوارضی فراتر از مرحله ۱ گردهمایی استکهلم در سیستم طبقه بندی انگشت سفید ناشی از ارتعاش

(VWF)، (یا تحت عنوان پدیده رینود شغلی) نخواهند شد (به ارزیابی عروقی به جدول ۲ مراجعه کنید). به منظور حفظ مواجهه کارگران در زیر خط OEL نشان‌داده 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 شغلی در بازه های زمانی تا ۸ ساعت.
مستند به ISO 5349 و مستندات پژوهشی

جدول ۱. حدود مواجهه شغلی (OEL) و حدود اقدام (AL) مواجهه برای شتاب وزن یافته دست– بازو مستند به ISO 5349 و مستندات پژوهشی

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

** 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 شغلی 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(۸) با ارتعاش دست و بازو ۱/۵ 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[1] (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 ناایمن شناخته شوند.

نکاتی درباره جدول ۱ و نمودار شکل ۳ :

۱- در شکل ۲ شبکه سنجش وزنی مورد استفاده قرارگرفته است که بهترین وسیله برای دستیابی به مؤلفه‌های شتاب در فرکانس‌های وزن یافته می‌باشد. از آنجایی‌که 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 می افتد (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 فرایند های پرقدرت در حالی که عملیات در شرایط ایمن انجام می گیرد 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، دستکشها 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 میرائی 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[1]

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[2] 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 می توان 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:

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

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

در روابط فوق، T کل مدت مواجهه روزانه، a_{ki} 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		
مرحله عارضه	**درجه عارضه**	**شرح علائم بالینی**
صفر	–	حملاتی ندارد
یک	**خفیف**	حملات سفید شدن پوست انگشت فقط در نوک یک انگشت یا بیشتر عارض می‌شود.
دو	**متوسط**	حملات سفید شدن گاه‌به‌گاه پوست انگشت دربندهای ناخن دار و میانی و به‌ندرت در بند پروگسیمال یک یا چند انگشت ظاهر می‌شود.
سه	**شدید**	حملات سفید شدن پوست انگشت مکرراً در همه بندها و اغلب انگشتان ظاهر می‌شود.
چهار	**خیلی شدید**	تمام علائم مرحله سه به‌اضافه اختلال تغذیه درست در نوک انگشتان
ارزیابی اعصاب حسی		
مرحله	**علائم بالینی**	
صفر	با ارتعاش مواجهه دارد ولی علامت بالینی ندارد	
یک	حالت کرختی متناوب، تنها و یا همراه با حس سوزن سوزن شدن در انگشتان	
دو	کرختی متناوب و یا مداوم ، کاهش ادراک حسی	
سه	کرختی متناوب و یا مداوم، کاهش تشخیص دقت و یا تقلیل مهارت انجام کارهای یدی و یا هر دو	
مراحل مختلف برای هر دست به‌صورت جداگانه آزمایش می‌شود. به‌عنوان‌مثال: مرحله ۲ در دست چپ در دو انگشت و مرحله ۱ در دست راست در یک انگشت: (2L(2)/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 استانداردی برای گزارش برخی از فاکتورها ارائه نشده است، اما گزارش تمامی فاکتورهای موثر مانند سن، مواجهه با سرما، صدا یا دیگر مواد شمیایی 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 (۸) ، 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 دوره های 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 به‌صورت 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؛ وسترمن و تیلور، ۱۹۷۷؛ برامر، ۱۹۸۲).

۴- اندازه‌گیری ارتعاشات ضربه‌ای با جابجایی‌های زیاد و مکرر مانند آن‌هایی که توسط ابزارهای تصادمی پنوماتیکی تولید می‌شود، توسط بسیاری از شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک (تحت‌فشار به‌صورت مکانیکی) همراه با خطا است. با قرار دادن یک پالایه مکانیکی مناسب پائین‌گذر بین شتاب سنج و منبع ارتعاش با فرکانس قطع ۱۵۰۰ هرتز یا بیشتر (حساسیت بین محوری کمتر از

۱۰درصد) می‌توان از قرائت مقدار نادرست توسط دستگاه ممانعت نمود. همچنین برای شتاب-سنج‌های پیزوالکتریک[1] ، فرکانس تشدید اصلی آن برای به حداقل رساندن احتمال نوسان D.C، بایستی حداقل ۵ برابر از فرکانس طبیعی ابزار بالاتر و به‌طور ایده ال بزرگ‌تر از ۳۰kHz باشد.

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:

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

که:

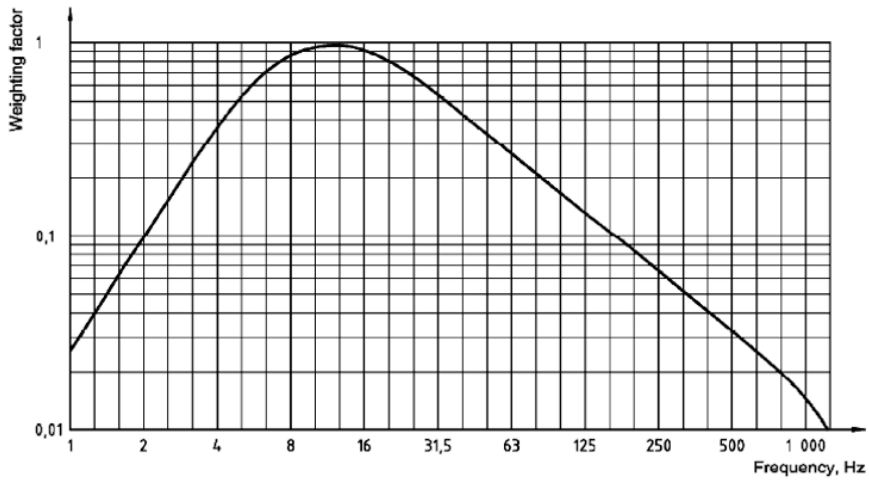
a_{hw} شتاب rms وزن یافته فرکانسی مربوط به زمان مواجهه در هر محور موردنظر برحسب m/s^2

W_{hi} فاکتور توزین فرکانسی ISO/ANSI مربوط به فرکانس i ام در باند ۱/۳ اکتاو (شکل ۴ را ببینید)،

a_{hi} شتاب rms در فرکانس i ام در باند ۱/۳ اکتاو مربوط به زمان مواجهه در هر محور موردنظر برحسب m/s^2

1 piezoelectric accelerometer

ضرایب توزین فرکانسی ارایه شده ISO 5349 (2001a, b) و ANSI S2.70 (2006) به‌عنوان بهترین ضرایب توزین فرکانسی در دسترس برای مؤلفه‌های شتاب در ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست- بازو می‌باشند. با این‌حال برخی مطالعات پیشنهاد می‌کنند که توزین فرکانسی در فرکانس‌های بالاتر از Hz ۱۶ ممکن است ایمنی کافی را به‌طور کامل مهیا نسازد؛ لذا هنگام استفاده از ابزارهایی که دارای محتوای فرکانسی بالا هستند، باید جانب احتیاط را رعایت نمود.



شکل٤- 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 مواجهه‌ی ۱ ساعت، ۳ ساعت و۰/۵ 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:

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

مثال ۲: درصورتی‌که 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:

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

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

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

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

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

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

مثال ٤: یک آچار برقی برای بستن پیچ چرخ‌ها در یک تعمیرگاه مکانیکی بکار می‌رود. هر وسیله نقلیه به ۲۰ پیچ چرخ نیاز دارد. اپراتور ابزار به‌طورمعمول یک آچار بادی را برای هر ۵ پیچ چرخ بکار می‌برد، سپس آن را بر روی زمین قرار داده و به محل چرخ بعدی می‌رود. گزارش‌های کاری ثبت‌شده

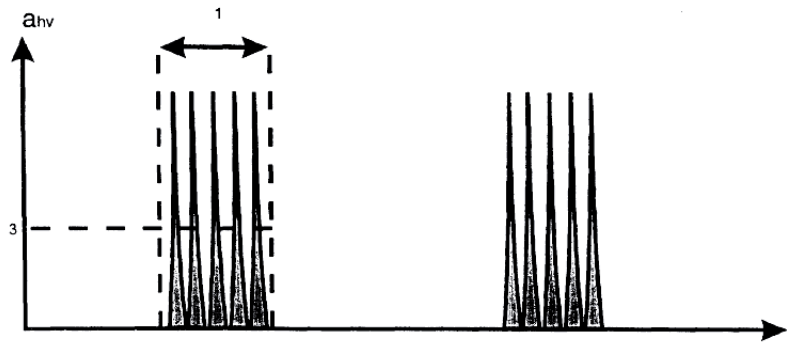
نشان می‌دهد که به‌طور متوسط در هر روز کار ۵۰ وسیله نقلیه به‌طور کامل انجام می گیرد، یعنی ۱۰۰۰ پیچ چرخ در روز.

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

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

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

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



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 اره‌های برسی انجام می‌دهند، این فعالیت به‌طور میانگین ۲ ساعت طول می کشد، قسمت دوم وظیفه آن‌ها توسط یک اره

زنجیری برای قطع درختان انجام می‌شود، و سپس شاخه‌های روی کنده درختان برداشته می‌شوند. روزانه ۳۰ درخت قطع و شاخه‌های آن‌ها برداشته می‌شود. الگوی مواجهه ارتعاشی مشابه با شکل 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 به‌صورت جداگانه برای محاسبه مواجهه ارتعاشی وظیفه شغلی موردبررسی قرار می‌گیرد. در این شرایط مناسب است که از روش‌های متفاوت ارزیابی برای هر وظیفه استفاده کنیم.

برای عملیات اول کار به‌طور 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، به‌صورت ذیل به دست می‌آید:

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

استفاده از اره زنجیری برای قطع کردن هر درخت به‌طور متوسط ۲ دقیقه طول می‌کشد یعنی جمعاً یک ساعت برای ۳۰ درخت، میانگین بزرگی ارتعاش اندازه‌گیری شده در طول این دوره نیز $6\ m/s^2$ 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 قطع‌شده به‌طور متوسط ۴ دقیقه به طول می‌انجامد. یعنی ۲ ساعت برای ۳۰ درخت. بزرگی ارتعاش ناشی از این وظیفه نیز برابر با $3/6\ m/s^2$ بود. بنابراین مواجهه ارتعاشی جزئی برای شاخه‌زدایی به‌صورت زیر خواهد بود:

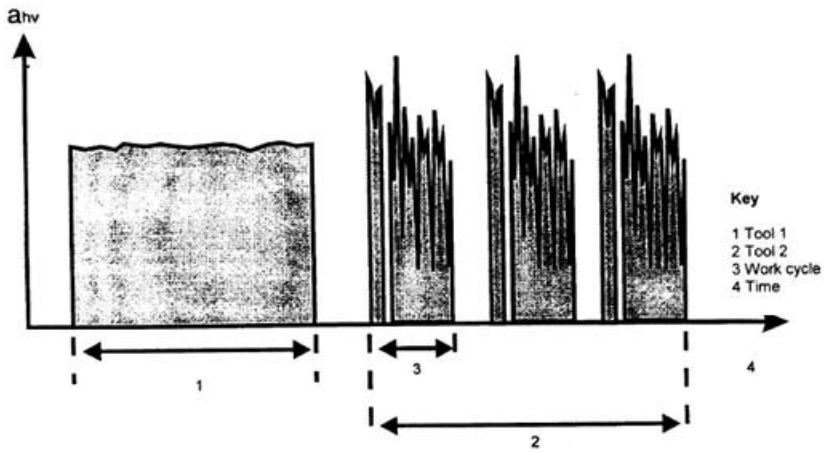
$$A_{stripping}\ (8) = 3.6\sqrt{\tfrac{2}{8}} = 1.8 m/s^2$$

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.

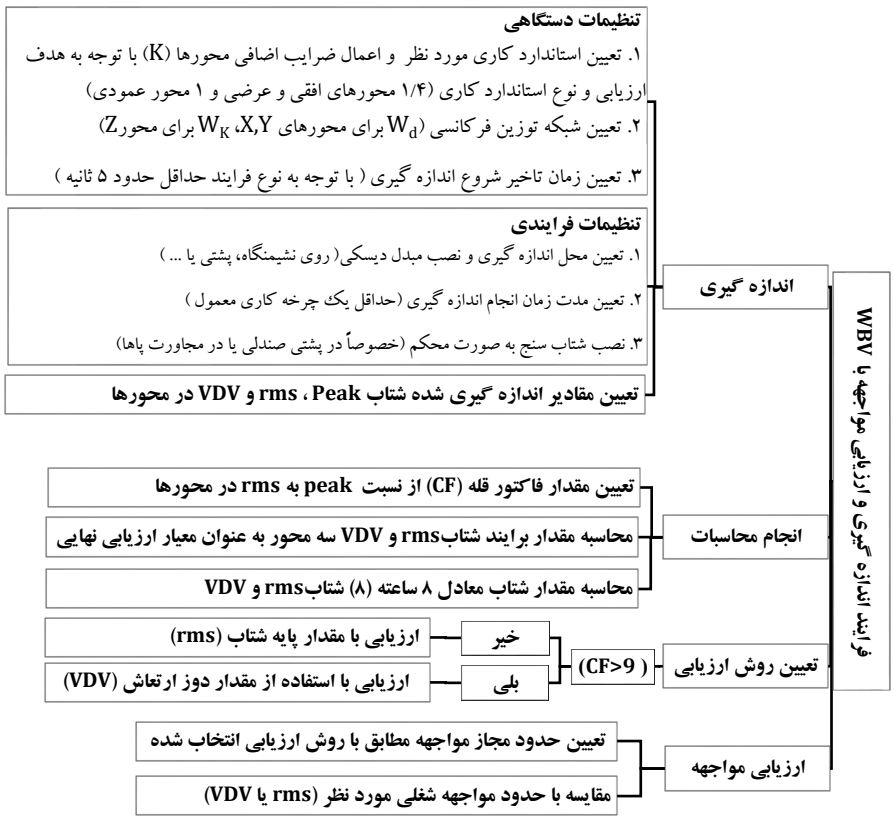


شکل ۶- ارزیابی مواجهه در شرایطی که بیشتر از یک ابزار وجود داشته باشد.

ارتعاش تمام بدن

ملاحظات اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن [1](WBV)

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



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

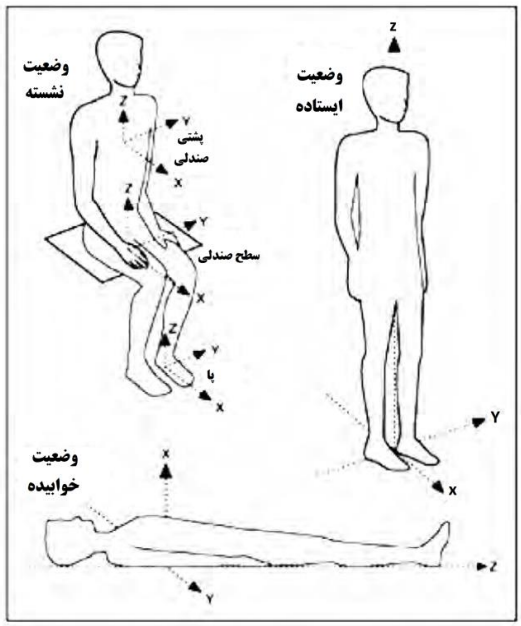
1 Whole Body Vibration (WBV)

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 قابل‌قبول بیان می‌گردد. با توجه به حساسیت‌های ذاتی انسان محدوده فرکانسی موردنظر در این نوع از مواجهه شغلی از ۰/۵تا ۸۰ هرتز در ارزیابی اثرات بهداشتی، آسایش و احساس مورد نظر قرار می‌گیرد.

این روش اندازه گیری و ارزیابی برای ارتعاشاتی که از طریق یک سطح حمایت‌کننده به بدن انسان منتقل می‌شود قابل‌اجرا 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 قابل‌توجهی به بدن وارد می‌شود اندازه‌گیری شود. سیستم مختصات بیودینامیکی مورد استفاده برای اندازه‌گیری شتاب در شکل ۲ نشان داده‌شده است.



شکل۲- سیستم محورهای بیودینامیک برای حالت خوابیده، نشسته و ایستاده
(ISO, ۱۹۹۷, ۲۰۰۳, ۲۰۱۰)

همان‌طور که در موضوع ارتعاش دست – بازو اشاره شد کمیت مورداستفاده جهت توصیف بزرگی ارتعاش انسانی ریشه میانگین مربعات (rms) شتاب وزن یافته‌ی فرکانسی است که با واحد متر بر مجذور ثانیه($m/s\hat{}2$) بیان می‌شود. اما در ارتباط با ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن کمیت دیگری تحت عنوان مقدار دوز ارتعاش[1] (VDV) نیز مورداستفاده 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[2] نیز، ازآنجاکه ماهیت شتاب دارند، برحسب ($\frac{m}{s^2}$) بیان می‌شوند.

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

فاکتور قله به‌عنوان قدر مطلق نسبت مقدار پیک[3] 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). درصورتی‌که فاکتور قله از ۹ تجاوز نماید، ممکن است مقادیر تعریف‌شده برای حدود مجاز یا اقدام مواجهه اثرات ارتعاش را کمتر از مقدار واقعی پیش‌بینی نمایند و به همین دلیل باید جانب احتیاط در این شرایط رعایت گردد. بدین‌جهت به هنگام مواجهه با ارتعاش تمام بدن باید فاکتور قله محاسبه گردد تا در صورت لزوم علاوه بر مقدار شتاب مؤثر، از روش مقدار دوز ارتعاش (VDV) جهت ارزیابی ثانویه و تکمیلی استفاده شود.

1 Vibration Dose Value
2 Peak acceleration
3 Peak Value

روش‌های ارزیابی مواجهه

الف- روش ارزیابی پایه[1] با استفاده از ریشه میانگین مربعات شتاب وزن یافته

ارزیابی ارتعاش مطابق با توصیه ISO 2631 همیشه بایستی بر اساس شتاب (r.m.s) وزن یافته انجام گیرد. شتاب rms (ریشه میانگین مربعات) برحسب m/s^2 برای ارتعاش خطی و راد بر مجذور ثانیه برای ارتعاشات دورانی است شتاب rms وزن یافته بایستی طبق معادله زیر یا معادل با آن در دامنه فرکانسی مربوط محاسبه شود.

$$a_w=\sqrt{\frac{1}{T}((a_{w\,1}{}^2\times t_1)+(a_{w\,2}{}^2\times t_2)+\ldots+(a_{w\,n}{}^2\times t_n))} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$a_{w\,1,2,\ldots n}$: *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)[2]

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[3] و ارتعاشاتی که همراه با شوک‌های ناگهانی متعدد هستند نمونه‌هایی از این ارتعاشات هستند. در این شرایط روش ارزیابی ثانویه‌ای توسط ISO علاوه بر روش شتاب rms، تحت عنوان مقدار توان چهارم دوز ارتعاش (VDV) ارائه شده است. مقدار دوز ارتعاش برای هر محور را می‌توان از طریق رابطه ۲ محاسبه نمود:

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

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

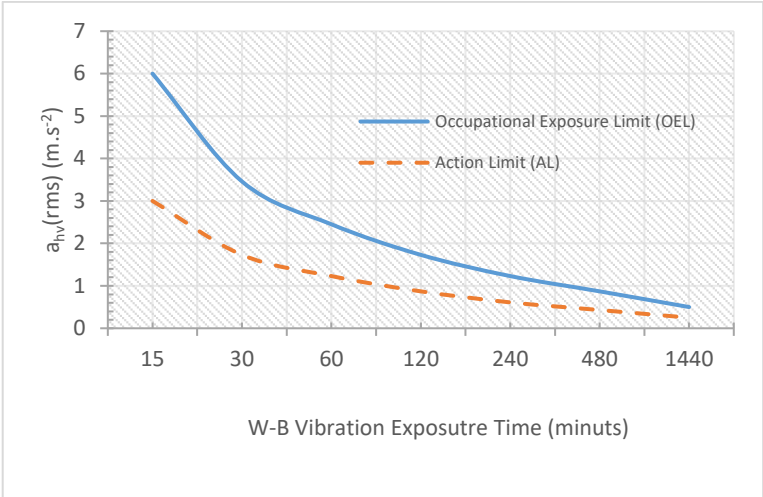
1 Basic Evaluation Method
2 Vibration Dose Value
3 Transient

به‌منظور 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 به‌دست‌آمده است. این تحقیقات نشان داده که بین بزرگی ارتعاش و حالت عدم آسایش و اثرات بهداشتی رابطه توان چهارم وجود دارد. بنابراین، این کمیت بیشتر از شتاب مؤثر، بر شوک‌ها تأکید و توجه دارد. 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 یا 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 توپربالایی در شکل ۳ و همچنین در مقادیر ارایه شده در جدول ۱ نشان داده شده است. حد مجاز (OEL) برای مواجهه روزانه A(۸) با ارتعاش تمام بدن ۰/۸۷ 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(۸) با ارتعاش تمام بدن ۰/۴۳ 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، به‌منظور حفاظت افراد از اثرات ارتعاش، مقدار مواجهه در هیچ‌یک از محورها نباید از $ms^{-1.75}$ ۱۷ فراتر رود. به‌طور اکید توصیه می‌شود که اقداماتی به‌منظور کاهش سطح ارتعاش بر اساس VDV در رساندن میزان مواجهه به مرز احتیاطی $ms^{-1.75}$ ۸/۵ تا ۱۷(HGCZ) اجرا گردد. این محدوده در استاندارد ISO 2631 ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی (HGCZ [1]) نامیده می‌شود و حدفاصل AL و OEL است.

1 Health Guidance Caution Zone

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

مدت‌زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)	شتاب وزن یافته فرکانسی ($a_{w\,(rms)}$) (m/s^2)	
	حد اقدام (*AL*)	حد مواجهه شغلی (*OEL*)
(۱۰ دقیقه)	۳	۶
۰/۵ (۳۰ دقیقه)	۱/۷۳	۳/۴۶
۱	۱/۲۳	۲/۴۵
۲	۰/۸۷	۱/۷۳
۴	۰/۶۱	۱/۲۳
۸	۰/۴۳	۰/۸۷
۲۴	۰/۲۵	۰/۵
رابطه تعیین مقدار *OEL* در زمان مورد نظر *T* (ساعت)		$a_{w\,(OEL)}=\frac{2.45}{\sqrt{T}}\quad (m/s^2\ rms)$
رابطه تعیین مقدار *AL* در زمان مورد نظر *T* (ساعت)		$a_{w\,(AL)}=\frac{1.23}{\sqrt{T}}\quad (m/s^2\ rms)$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه *T* (ساعت) مطابق با *OEL*		$T=\frac{6}{a^2_{w\,(OEL)}}$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه *T* (ساعت) مطابق با *AL*		$T_v=\frac{1.5}{a^2_{w\,(AL)}}$

توضیحات

اعداد ارائه‌شده OEL در جداول ۱ و ۲ مطابق با مرز بالایی ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی تعریف‌شده توسط ISO 2631-1, ۲۰۱۰ است. همان‌طور که ذکر شد OEL به حداکثر شتاب وزن یافته برای یک دوره زمانی خاص اشاره دارد که چنانچه اپراتورها و راکبین وسایل نقلیه زمینی، هوایی و دریایی به‌طور مکرر در طول یک دوره ۲۴ ساعته شامل مواجهه و استراحت بعد از آن تا شیفت بعدی در مواجه با آن قرار گیرند، احتمال بروز اثرات بهداشتی در اکثر ایشان اندک است. مقادیر AL منطبق بر مرز پایینی ناحیه راهنمای احتیاط بهداشتی تعریف‌شده توسط ISO 2631-1 است. با توجه به ضمیمه ISO B

2631-1, ۱۹۹۷،۲۰۰۳ درصورتی 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 تعریف‌شده ISO است. حدود مجاز و اقدام شغلی 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 شغلی (OEL) و سطوح اقدام (AL) بر اساس روش ارزیابی بر اساس مقدار دوز ارتعاش (VDV) مطابق با ISO 2631-1

مدت‌زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت)	VDV وزن یافته فرکانسی (VDV_w) $(m/s^{1.75})$	
	حد اقدام (AL)	حد مواجهه شغلی (OEL)
(۱۰ دقیقه)	۲۲/۳۸	۴۴/۷۶
۰/۵ (۳۰ دقیقه)	۱۷	۳۴
۱	۱۴/۳	۲۸/۶
۲	۱۲	۲۴
۴	۱۰/۱	۲۰/۲۲
۸	۸/۵	۱۷
رابطه تعیین مقدار OEL در زمان موردنظر T (ساعت)		$VDV_{(OEL)}=\frac{28.6}{T^{\frac{1}{4}}}\ (m/s^{1.75})$
رابطه تعیین مقدار AL در زمان موردنظر T (ساعت)		$VDV_{(AL)}=\frac{14.3}{T^{\frac{1}{4}}}\ (m/s^{1.75})$
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با OEL برای VDV اندازه‌گیری شده		$T_{OEL}=8(\frac{17}{VDV_{mesu}})^4$ (hrs)
رابطه تعیین مدت‌زمان مواجهه T (ساعت) مطابق با AL برای VDV اندازه‌گیری شده		$T_{OEL}=8(\frac{8.5}{VDV_{mesu}})^4$ (hrs)

ترکیب محورها

مشابه با آنچه در مورد ارتعاش دست بازو اشاره شد در اینجا نیز سیگنال ورودی جهت‌دار بوده و در هر سه جهت مختصاتی یا بیودینامیکی منتشر می‌شود. مقادیر شتاب rms وزن یافته فرکانسی برای محورهای x، y و z به ترتیب به‌صورت a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} گزارش می‌شوند. در ارتعاش تمام بدن ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه بر اساس برآیند سه محور انجام می‌شود. مقدار ارتعاش کلی[1] a_v ، که در اینجا به‌اختصار a_v نامیده می‌شود، به‌صورت ریشه‌ی مجموع مربعات مقادیر اندازه‌گیری شده محورهای سه‌گانه با اعمال ضرایب اضافی مربوط به هر محور تعریف می‌شود:

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

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

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

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_zضرایب مربوطه در هر یک از محورهای مختصاتی می‌باشند. در ارزیابی اثرات بهداشتی ضرایب اعمالی K ، برای محورهای X,Y برابر با ۱/۴ و برای محور Z برابر با ۱ است. مقدار برآیند یا جمع برداری ارتعاش معمولاً در بیشتر شرایط به‌عنوان معیار نهایی ارزیابی بکار می‌رود.

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

1 Vibration Total Value

تعیین شتاب معادل در مدت زمان مواجهه

در صورتی‌که مواجهه با ارتعاش شامل مواجهه با 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 (۱۹۹۷،۲۰۰۳،۲۰۱۰) به‌صورت زیر محاسبه نمود:

$$a_{wl,e}=\left[\frac{\sum (a_{wlj}^2 . T_j)}{\sum T_j}\right]^{\frac{1}{2}}$$ (رابطه ۵)

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

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

T_j= *مدت‌زمان 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 استانداردشده محاسبه نمود:

$$\frac{m}{s^2} A(8) = \sqrt{\frac{(a_{w\,1}^2 . t_1)+(a_{w\,2}^2 . t_2)+\cdots+(a_{w\,n}^2 . t_n)}{8}}$$ (رابطه ۶)

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

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

T_0= *مدت‌زمان رفرنس (۸ ساعت یا ۲۸۸۰۰ ثانیه)*

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

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

که T_v کل مدت‌زمان روزانه‌ی مواجهه با ارتعاش a_{hv} و T_o 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، i، با بزرگی‌های متفاوت باشد مقدار دوز ارتعاشی برای کل مواجهه بایستی از ریشه چهارم تک‌تک مقادیر دوز ارتعاش محاسبه شود :

$$VDV_{total}=(VDV_1^4+VDV_2^4+\ldots+VDV_n^4)^{\frac{1}{4}}$$ (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 شتاب سنج

مبدل ارتعاشی باید به‌طور مناسب بین بدن انسان و منبع ارتعاشی قرار گیرد. ارتعاشی که به بدن منتقل می‌شود باید بر روی سطحی، بین بدن و سطح مرتعش اندازه‌گیری شود. ناحیه اصلی تماس بین بدن و سطح مرتعش ممکن است همیشه واضح و آشکار نباشد. ISO 2631 برای افراد نشسته سه ناحیه اصلی شامل سطح حمایت‌کننده نشیمنگاه یا صندلی، پشتی صندلی و پاها را به کار می‌برد. اندازه‌گیری بر روی سطح حمایت‌کننده صندلی بایستی در محل برآمدگی ورکی[1] (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. شتاب سنجی 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 ارائه‌شده است.

مدت‌زمان اندازه‌گیری[2]

مدت‌زمان اندازه‌گیری باید به‌اندازه‌ای باشد که از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شود و درواقع ارتعاش اندازه‌گیری شده باید منعکس‌کننده مواجهه معمول اپراتور باشد. مدت‌زمان اندازه‌گیری بایستی حتماً گزارش گردد. درجایی که کل مواجهه شامل دوره‌های متفاوت با مشخصات ارتعاشی مختلفی است تجزیه‌وتحلیل جداگانه هریک از دوره‌های مختلف موردنیاز است. برای سیگنال‌های تصادفی ثابت، صحت اندازه‌گیری به پهنای باند پالایه و مدت‌زمان اندازه‌گیری‌ها بستگی دارد به‌عنوان‌مثال برای تعیین خطای اندازه‌گیری کمتر از ۳ دسی‌بل با سطح اطمینان ۹۰٪ زمانی که تجزیه‌وتحلیل در ⅓ اکتاو باند

1 Ischia tuberosities
2 Duration of measurement

انجام شود نیاز به حداقل زمان اندازه‌گیری ۱۰۸ ثانیه برای یک فرکانس حد پایین[1] LLF، ۱ هرتزی و۲۲۷ ثانیه برای یک LLF، ۰/۵ هرتزی است. به‌عنوان یک قاعده سرانگشتی باید زمان اندازه‌گیری حداقل یک دوره کامل چرخه شغلی یا مسیر راهبری را پوشش دهد.

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 ۱-۱۰۳۲۶ قرار گیرد. کل وزن این دیسک لاستیکی، شتاب‌سنج‌ها و کابل‌ها و اتصالات مرتبط آن نباید از ۴۰۰ گرم تجاوز نماید. به‌منظور ارزیابی خطرات ارتعاش، باید حداقل یک شتاب سنج تمام بدن تعبیه‌شده درون دیسک لاستیکی بر روی کفی صندلی و نشیمنگاه راننده قرار بگیرد. شتاب سنج تعبیه‌شده در صفحه لاستیکی دیگر را می‌توان بین کمر و پشتی صندلی قرار داد. صفحه لاستیکی دوم به‌ویژه برای ارزیابی آسایش موردتوجه است (ISO ۲۰۰۳ ۱-۲۶۳۱).

۲- در ارتعاش تمام بدن محدوده فرکانسی حائز اهمیت از ۰/۵ تا ۸۰ هرتز است اما چون‌که ریسک صدمات در همه فرکانس‌ها برابر نیستند، یک باند توزین فرکانسی[2] جهت بیان احتمال صدمات در فرکانس‌های مختلف ارائه‌شده است. توصیه می‌شود که به‌منظور شناسایی فرکانس‌هایی که حداکثر مقادیر شتاب در آن‌ها اتفاق می‌افتد، از فنون پردازش سیگنال برای ایجاد محتوای طیفی استفاده شود. این طیف را می‌توان به‌صورت باند فرکانسی باریک با پهنای ثابت یا باندهای نسبی ایجاد کرد اما نباید پهنای باند بزرگ‌تر از یک‌سوم اکتاو باند باشد.

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 ۱-۲۶۳۱ (۱۹۹۷،۲۰۰۳،۲۰۱۰) انجام گیرد. این امر با استفاده از باندهای باریک فرکانسی یا یک‌سوم اکتاو باند به‌صورت تغییرات مقادیر بزرگی در دامنه زمانی یا دامنه فرکانسی سیگنال قابل انجام است. منحنی‌های توزین فرکانس برای تعیین ریسک بهداشتی ارتعاش تمام بدن در شکل ۴ نمایش داده‌شده است. ضرایب اضافی (k_i) برای برآورد ریسک بهداشتی برای هر محور در

1 lower limiting frequency
2 Frequency weighting

استاندارد ISO ۲۶۳۱ تعیین‌شده است. از رابطه ۹ جهت محاسبه مقدار کل شتاب rms وزن یافته در دامنه زمانی برای هر جهت استفاده می‌شود:

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

(رابطه ۹)

محاسبات در دامنه فرکانسی به‌صورت ذیل است:

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

(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)

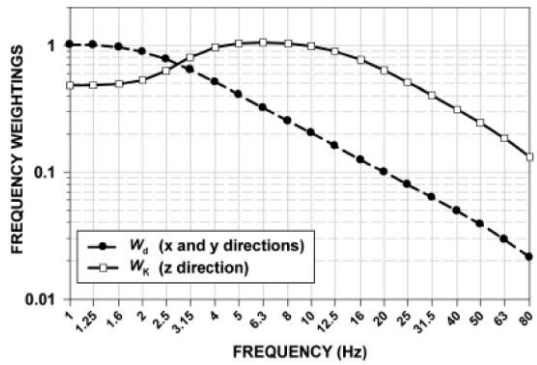
$a_{wl}(t)$: شتاب وزن یافته به‌عنوان تابعی از زمان بین ۰/۵ -۸۰ Hz برحسب m/s^2

T : دوره اندازه گیری (ثانیه)

W_{li}: وزن دهی فرکانسی برای محور l در باند فرکانسی باریک یا فرکانس مرکزی یک‌سوم اکتاو باند، i

a_{li}= مقدار شتاب rms برای محور l در باند فرکانسی متناظر، i از ۰/۵ -۸۰ Hz

اندازه‌گیری شتاب وزن یافته فرکانسی در ارزیابی ارتعاش انسانی، نیاز به استفاده از پالایه‌های توزین فرکانس و محدودکننده‌های باندهای فرکانسی دارد. دو شبکه وزن دهی فرکانسی، w_k برای ارتعاش عمودی(z) و w_d برای ارتعاشات افقی و عرضی(x,y)، به‌منظور پیش‌بینی اهمیت فرکانس‌های ۰/۵ تا ۸۰ هرتز در برآورد اثرات بهداشتی در انسان مورداستفاده هستند.



شکل ٤ . شبکه توزین فرکانسی W_d (برای محورهای x و y) و W_k (برای محور z, ۱۹۹۷: ISO ۲۶۳۱)

۴- توصیه می‌شود دامنه و زمان همه مواجهات ارتعاشی ارزیابی‌شده گزارش شوند. اگر روش ارزیابی ثانویه به کار می‌رود (مثل هنگامی‌که فاکتور قله بزرگ‌تر از ۹ باشد) هر دو مقادیر پایه و ثانویه بایستی گزارش گردند. اگر فاکتور قله تعیین‌شده است بایستی زمان اندازه‌گیری نیز حتماً گزارش شود. بهتر است که اطلاعات جزئی بیشتری راجع به شرایط مواجهه ارتعاشی گزارش شود. گزارش‌ها بایستی شامل اطلاعاتی درباره محتوای فرکانس (مثل طیف ارتعاش)، محورهای ارتعاشی، چگونگی تغییرات ارتعاش در طول دوره و هر فاکتور احتمالی دیگر مؤثر بر اثرات ناشی از ارتعاش باشد. از جمله فاکتورهای دیگری که ممکن است بر روی پاسخ انسان به ارتعاش مؤثر باشند می توان به این موارد اشاره نمود: نوع جمعیت (سن، جنس، سایز ، تناسب‌اندام و...)تجربه ، توقعات و انگیزه فردی، تحریک (مثلاً سختی وظیفه محوله)، وضعیت بدن، نوع فعالیت (مثلاً راننده یا مسافر)،گرفتاری‌های مالی .

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 :

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

مرحله ۲: بنابراین مواجهه روزانه (A8) محورهای x،y و z برای کامیون به شرح ذیل است:

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

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

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

و برای لیفتراک:

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

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

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

مرحله ۳: مقدار بزرگی مواجهه در هر محور؛

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

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

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

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

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

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

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

مرحله۱ : مقادیر ارتعاش اندازه‌گیری شده بر روی صندلی در مدت‌زمان ۱ ساعت برای لیفتراک و ۴ ساعت برای کامیون، برحسب $\mathrm{m/s}^{1.75}$ به شرح ذیل است :

محورهای 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 :

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

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

$$VDV_x = (8^4 + 6^4)^{\frac{1}{4}} = 9\, m/s^{1.75}$$
$$VDV_y = (6^4 + 9^4)^{\frac{1}{4}} = 9\, m/s^{1.75}$$
$$VDV_z = (12^4 + 7^4)^{\frac{1}{4}} = 12\, m/s^{1.75}$$

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

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

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.

مثال۳: 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 :

$$VDV_{epx,x} = 1.4 \times 3 \times (\frac{6.5}{2})^{\frac{1}{4}} = 5.6\ m/s^{1.75}$$
$$VDV_{epx,y} = 1.4 \times 5 \times (\frac{6.5}{2})^{\frac{1}{4}} = 9.4\, m/s^{1.75}$$
$$VDV_{epx,z} = 4 \times (\frac{6.5}{2})^{\frac{1}{4}} = 5.4\, m/s^{1.75}$$

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

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

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.

منابع :

1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinati, Ohaio, 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. Ottowa, 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- Interational 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 DTaylor W; et al: Measurement of vibration of hand-held tools: weighted or unweighted? J Occup Med 31(11):903-908 (1989) Taylor WPelmear PL (Eds): Vibration White Finger in Industry. Academic Press, London,England (1975)

10- US National instituie for Occupational Saleiy 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-ArmVibration 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 Hyg418):F22-F26 (1989a).

16- Wasserman DE: To weight or not to weight..that is the question. J Occup Med 31(11):909(19896)

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- Intemational 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, Rouhzendeh 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 ذکرشده تعیین نموده است. همچنین با توجه به نیاز برخی از مشاغل به تأمین روشنایی موضعی، حدود الزامی شدت روشنایی موضعی موردنیاز برای مشاغل مختلف در جدول ۲ آورده شده است. مقادیر تعیین‌شده در جداول ۱ و ۲ شرایط کمی روشنایی برای کار در شب و ساعات ابتدا و پایانی روز را تضمین می‌نماید و استفاده از روشنایی طبیعی به‌تنهایی یا تلفیق با روشنایی مصنوعی حتی در نوبت‌کاری ثابت روز (اماکن تک نوبت‌کاری) نمی‌تواند دلیلی برای تخفیف در مقادیر الزامی این مبحث گردد. 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) تعیین‌شده است.

اندازه‌گیری مقادیر شدت روشنایی باید توسط دستگاه سنجش روشنایی دیجیتال با دقت ۰/۱ لوکس و به‌صورت کالیبره شده در ارتفاع سطح کار انجام شود، 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 مهندسین روشنایی[1](IES) در ارتفاع عمومی سطح کار و محاسبات مربوط به آن است. درصورتی‌که

1 Illumination Engineering Society

امکان تطبیق چیدمان چراغ‌ها بر یکی از الگوهای مذکور امکان‌پذیر نباشد، استفاده از روش شبکه‌ای با حداقل ۳۰ و حداکثر ۶۰ ایستگاه در هر محدوده سنجش مجاز است. در این روش محاسبات متوسط‌گیری باید به‌گونه‌ای باشد که نتایج سنجش روشنایی در ایستگاه‌هایی 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 مهندسین روشنایی در سطح معابر و محوطه‌ها با رعایت شاخص یکدستی توزیع روشنایی است. علاوه بر معیارهای ذکرشده سایر الزامات زیر نیز برای تأمین کیفیت روشنایی و سلامت شاغلین باید رعایت گردد:

برای اماکن با ارتفاع کمتر از ۴ متر استفاده از منابع الکتریکی نقطه‌ای (متال‌هالید، LED نقطه‌ای و فلورسنت فشرده کلافی) مجاز نیست و توصیه می‌شود منابع روشنایی به‌صورت خطی یا سطحی با نور مات شده[1] 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)[2] 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 روزکاران از ۵۰۰۰ درجه کلوین و برای شب کاران ۸۰۰۰ درجه کلوین بالاتر باشد.

شاخص تجلی رنگ[3] 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، افرادبه 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)

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

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

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

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

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

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

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

جنبه های 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.

غنای نور آبی یک 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 تاثیر 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 می نماید 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 ۱۰۰۰ cd/m^2 بیشتر نباشد و درخشندگی نسبت به زمینه نیز از منحنی معیار تعیین شده توسط انجمن مهندسین 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 غنی‌شده 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 می‌خوابند 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 غنی‌شده با آبی (ملانوپیک بالا) با شدت روشنایی بالا، هوشیاری را افزایش دهد. در طول روز، هر دو گروه از نور غنی‌شده 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 IES 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. Cincinati, Ohaio, 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. awilable 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[1] به شرایط اثر مواجهه با گرما در بدن افراد اطلاق می گردد 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 می تواند 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 می گردد 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 نسبتا 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[2] 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 می گردند. از آن جمله کاهش لباس، کاهش متابولیسم و سعی در تنظیم شرایط محیطی است. در این راستا، سازش یا تطابق فیزیولوژیک با گرما[3]، 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 ۳۷/۵±۰ 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 باسابقه بیشتر در مواجهه با گرما دارند. بنابراین، برنامه ایجاد تطابق به دو صورت قابل‌اجرا خواهد بود:

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

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

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

منظور از حدود مجاز 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 (WBGT[1]) 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 مورداستفاده، اصلاحاتی در آن مورد نیاز است.

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی (OEL) با شاخص دمای ترگوی‌سان(WBGT) بر مبنای این فرض تعیین‌شده‌اند، که کلیه افراد با شرایط گرمایی محیط کار تطابق یافته و لباس مناسب (مثلاً شلوار و پیراهن سبک) بر تن داشته و به مقدار کافی آب و نمک استفاده نموده‌اند تا تحت شرایط کاری معین بدون افزایش دمای عمقی بدن از حد ۳۸ °C (۱۰۰/۴ °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 ۰/۵± ۳۷/۵ 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 گرمازای قابل‌توجه هستند
- وجود گزارش‌هایی در خصوص اعلام ناراحتی‌ها و عوارض و بیماری‌های ناشی از تنش گرمایی

1 Action limit

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

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

الف- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به‌صورت مستمر (چند ساعت تا یک نوبت‌کاری کامل) باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به‌صورت یک‌ساعته (One- Hour-TWA/hr) محاسبه و تفسیر شود. به‌عبارت‌دیگر کل

مدت‌زمان نمونه‌برداری، در مخرج کسر رابطه محاسبه TWA عدد ۶۰ دقیقه خواهد بود (دقیقه t1+ t2+ …+tn = ۶۰).

ب- الگوی کار و استراحت افراد در مواجهه با گرما به‌صورت متناوب باشد، مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) به‌صورت دوساعته (Two- Hours-TWA/hr) محاسبه و تفسیر شود. به‌عبارت‌دیگر کل مدت‌زمان نمونه‌برداری در مخرج کسر رابطه محاسبه TWA عدد ۱۲۰ دقیقه خواهد بود (دقیقه t1+ t2+ …+tn =۱۲۰).

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

تعیین زمان اندازه‌گیری

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

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

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

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

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

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

ب- محیط‌های سرپوشیده: در مشاغل سرپوشیده که منابع گرمایی قابل‌ملاحظه‌ای دارند و گرمای فرایندی فراتر از گرمای اقلیمی برآورد می‌شود (مانند فرایندهای ذوب و ریخته‌گری و شیشه‌سازی و ...)، سنجش 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:

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

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

که در روابط فوق WBGT شاخص تر گوی‌سان با واحد درجه سانتی‌گراد، t_{nw} دمای تر طبیعی، t_g دمای گوی‌سان و t_a دمای خشک هوای محل کار است. برای تعیین مقدار WBGT لازم است که از دماسنج گوی‌سان، دماسنج تر طبیعی (یا چرخان) و دماسنج خشک استفاده شود. اندازه‌گیری دمای تر طبیعی و خشک باید در سایه انجام شود. 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 به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری نمود.

بهترین روش کالیبراسیون مورد تائید برای این منظور کالیبراسیون وسیله با وسایل استاندارد اولیه و در شرایط کنترل‌شده 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 (PHS)[1] و تصمیم‌گیری تنش گرمایی ارتش ایالات متحده (HSDA)[2] هستند.

صرف‌نظر 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 موردنیاز عبارت‌اند از: دماسنج خشک، دماسنج تر طبیعی(یا چرخان)، دماسنج گوی‌سان و پایه مناسب برای نصب آن‌ها. درصورتی‌که از دماسنج‌های مایعی یا دیجیتال استفاده شود همگی می‌توانند بر روی یک پایه در ارتفاع مناسب نصب شده باشند. دماسنج‌های مورداستفاده باید قبلاً از نظر دقت و صحت مورد تأیید قرارگرفته باشند. اندازه‌گیری عوامل محیط باید به شرح زیر انجام شود:

الف- گستره دماسنج خشک و دماسنج تر طبیعی بین ۵- تا ۵۰+ درجه سانتی‌گراد (۲۳ تا ۱۲۲ درجه فارنهایت) با دقت ۰/۵°C± باشد ضمن آنکه نباید جریان هوا در اطراف دماسنج خشک قطع یا محدود شود، دماسنج باید در برابر تابش آفتاب و سایر سطوح بازتاب دهنده محافظت

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 به‌وسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب شود. فتیله باید کاملاً روی مخزن دماسنج را پوشانده یا به‌اندازه یک طول و بیشتر روی مخزن دماسنج را احاطه نماید. فتیله باید همیشه پاکیزه باشد و فتیله نو قبل از استفاده باید شسته شود همچنین برای پر کردن مخزن از آب مقطر استفاده شود.

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

ج- پایه به‌منظور آویزان کردن سه دماسنج پیش گفت به کار می‌رود. پایه باید به‌گونه‌ای قرار داده شود که جریان هوا در اطراف سه دستگاه مذکور به‌طور طبیعی برقرار باشد و دماسنج گوی‌سان در سایه پایه قرار نگیرند.

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

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

و- اندازه‌گیری دماهای موردنظر جهت محاسبه 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 توصیه‌شده است.

درصورتی‌که محیط نامتجانس یا ناهمگون باشد (محیطی که اختلاف پارامترهای اندازه‌گیری شده آن بیش از ۵٪ باشد)، می‌بایست اندازه‌گیری‌ها در سه ارتفاع مقابل سر، شکم و قوزک پای کارگر

صورت گیرد که برای افراد نشسته به ترتیب برابر ۱/۱ ، ۰/۶ و ۰/۱متر و برای افراد ایستاده به ترتیب برابر ۱/۷، ۱/۱و ۰/۱ است.

معیار محاسبه شاخص WBGT میانگین حسابی مقادیر در ارتفاع ذکرشده است که در آن شاخص ارتفاع تنه در ۲ ضرب می‌گردد. پس از تعیین میزان WBGT در هر ارتفاع، مقدار میانگین آن برای هر ایستگاه کاری از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

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

مقادیر ذکرشده در جدول ۵ بر اساس این فرض استوار است که درجه حرارت محیط کار و محل استراحت (بر مبنای WBGT) مشابه و به هم نزدیک است. درصورتی‌که شرایط جوی این دو محیط متفاوت است، متوسط وزنی زمانی (TWA) می‌بایست محاسبه و به‌کار برده شود.

مقادیر میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT (WBGT-TWA) برای مواجهه مستمر با گرما(چند ساعت یا یک نوبت‌کاری کامل) به‌صورت یک‌ساعته (TWA/hr) محاسبه شود و برای مواجهه با گرما به‌صورت متناوب ، میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT دوساعته محاسبه شود .

تفسیر شاخص WBGT-TWA و پیشنهاد برنامه کار – استراحت بر مبنای مواجهه یک یا دو ساعت داده شود.میزان میانگین وزنی زمانی WBGT از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

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

در رابطه فوق $WBGT_n$, ... , $WBGT_2$, $WBGT_1$ مقادیر اندازه‌گیری شده WBGT در محیط‌های کاری و استراحت مختلف در طی دوره یک‌ساعته (برای مواجهه با گرما به‌طور پیوسته) و

یا دوره دوساعته (برای مواجهه با گرما به‌طور متناوب)کار روزانه است و t_n , ... ,t_1,t_2 مدت‌زمان گذرانده شده در هر محیط برحسب دقیقه است که توسط زمان‌سنجی تعیین می‌گردد.

اعمال اصلاحات لازم (اثر لباس و متابولیسم)

ازآنجاکه در شاخص WBGT محاسبه شده و یا اندازه‌گیری شده، علاوه بر پارامترهای محیطی، پارامترهای فردی شامل مقاومت حرارتی لباس تحت عنوان ضریب تصحیح لباس[1] (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 لباس‌زیر) ارائه‌شده است . درصورتی‌که شرایط شغلی ایجاب نماید که یکی از لباس‌ها یا پوشش‌های جدول ۱ مورد استفاده فرد قرار گیرد، لازم است با یافتن میزان ضریب اصلاحی آن لباس از جدول ۱ و افزودن آن به مقدار WBGT پایه (محاسبه‌شده یا اندازه‌گیری شده)، مقدار WBGT مؤثر ($WBGT_{eff}$) 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)
تی‌شرت 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 پلی‌پروپیلنی (تنفس پذیر)	۰/۵
لباس کار پلی‌اولفینی (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 لباس‌های کاملاً ایزوله، که معمولاً به عنوان سطح A توسط OSHA شناخته می‌شوند، استفاده شوند.

- مقادیر CAV را نمی‌توان برای لایه‌های متعدد البسه مورد استفاده جمع نمود .

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

- هیچ شواهدی وجود ندارد که نشان دهد ماسک‌ها یا پوشش‌های صورت بار تنش گرمایی را افزایش می‌دهند .

در حالت ایده آل ، حرکت هوای خنک و خشک از روی سطح پوست ، موجب حداکثر دفع گرما از طریق تبخیر عرق و جابجایی می‌شود. در شرایطی که دمای محیط از دمای پوست (۳۵ درجه سانتی گراد) بالاتر باشد مکانیسم غالب برای دفع گرمای بدن ، تبخیر عرق از سطح پوست است. لباس‌های ضد آب، لباس‌های نفوذناپذیر در برابر هوا و عایق گرما مانند لباس‌های کاملاً ایزوله حفاظتی در برابر سموم ، گازها و بخارات سمی، بیوآئروسل‌ها (ویروس‌ها، باکتری‌ها ، قارچ‌ها)، لباس آتش‌نشانان، نسوزها و غیره، دفع گرما از بدن را شدیداً محدود می کنند. به‌طوری که حتی در شرایط محیطی خنک، در صورت وجود گرمای متابولیکی قابل توجه، احتمال وجود فشار گرمایی وجود دارد.

ب- برآورد متابولیسم و طبقه‌بندی بارکاری

مجموع گرمای ایجادشده به‌وسیله بدن و گرمای محیط "کل بار گرمایی[1] "را تعیین می‌کند. لذا اگر کار باید در محیط گرم انجام شود برای محافظت کارگر در برابر مواجهه با گرمای بیشتر از مقادیر مجاز باید "طبقه‌بندی بارکاری " برای هر یک از مشاغل تعیین و "حد مجاز گرمایی" متناسب با "بارکاری" شغل موردنظر به شرح جدول ۲ تعیین گردد.

جدول ۲- مقادیر میزان متابولیسم در طبقه‌های کاری مختلف و نمونه‌هایی از مشاغل در هر طبقه

متابولیسم پایه : معادل ۷۰ وات (۴۰ وات بر مترمربع) برای یک مرد استاندارد است.
متابولیسم استراحت: معادل ۱۱۵ وات (۶۵ وات بر مترمربع) برای یک مرد استاندارد است.
کار سبک: شامل متابولیسم حداکثر ۱۸۰ وات (۱۰۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب کمتر از ۹۰ ضربه در دقیقه شامل مشاغل دستی و بازویی سبک در هنگام کار با ماشین های کنترلی در حالت‌های نشسته و یا ایستاده است.
کار متوسط: شامل متابولیسم ۲۹۵ وات (۱۶۵ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۹۰ تا ۱۱۰ ضربه در دقیقه مانند راه رفتن ضمن بلند کردن و هل دادن بار متوسط است.
کار سنگین: شامل متابولیسم حداکثر ۴۱۵ وات (۲۳۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ ضربه در دقیقه مانند کلنگ زدن و بیل زدن است.
کار خیلی سنگین: شامل متابولیسم حداکثر ۵۲۰ وات (۲۹۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۱۳۰ تا ۱۵۰ ضربه در دقیقه مانند کار در معدن است.

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 برحسب وات یا وات بر مترمربع ضروری است. نرخ متابولیسم وظیفه (M) نشان دهنده مصرف انرژی می باشد.

سطح بدن یک مرد استاندارد (قد= ۱۷۰ سانتی‌متر ، وزن = ۷۰ کیلوگرم) ۱/۸ مترمربع است و مقادیر ارائه شده در جدول فوق برحسب وات بر این مبنا ارائه شده است. برای افرادی با قد و وزن متفاوت با

1 Total Heat Load

مقادیر استاندارد، می‌توان مساحت سطح بدن را از طریق رابطه زیر (فرمول Du Bois) به دست آورد و مقادیر به دست‌آمده را در میزان متابولیسم وی برحسب وات بر مترمربع ضرب نمود. در این صورت طبقه‌بندی متابولیسم با توجه به جدول فوق و برحسب وات تعیین خواهد شد.

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

BSA[1]: مساحت سطح پوست بدن(برحسب مترمربع)

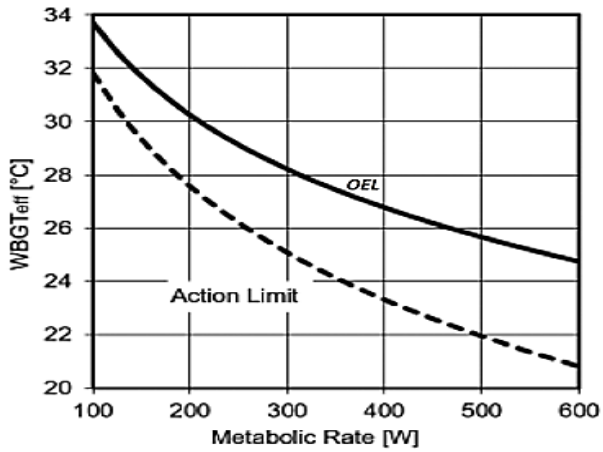
W: وزن بدن (برحسب کیلوگرم)

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 موردبحث و یا از طریق تخمین میزان متابولیسم کارگر با استفاده از جداول ۳ و ۴ تعیین می‌گردد و سپس با مراجعه به شکل ۲ و یا جدول شماره ۵ حد مجاز مواجهه شغلی برای تنش گرمایی مشخص می‌شود. برای اهداف محاسباتی مقادیر OEL و AL را می‌توان با روابط زیر محاسبه نمود:

(۱) $OEL[°C] = 56.7 – 11.5 \log10M[W]$

(۲) $AL[°C] = 60.0 – 14.1 \log10M[W]$



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

1 Body Surface Area

چنانچه سطح فعالیت فرد در زمان‌های مختلف از نوبت‌کار متفاوت باشد و یا به عبارتی فرد در شغل خود وظایف متفاوت با سطح متابولیسم مختلف داشته باشد، برای تعیین میزان متابولیسم فرد باید میانگین وزنی زمانی متابولیسم تعیین گردد و مقدار محاسبه‌شده مبنای تعیین حدود مجاز WBGT بر اساس مقادیر استاندارد باشد. میزان میانگین وزنی زمانی (TWA) برای متابولیسم از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

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

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

جدول ۳- ارزیابی بارکاری

الف- وضع بدن و حرکت		وات (W)	
حالت نشسته		۲۱	
حالت ایستاده		۴۲	
در حالت راه رفتن		۲۱۰-۱۴۰	
حرکت در سر بالایی		به مقدار تعین شده در حالت راه رفتن به ازاء هر متر ارتفاع ۵۵ وات اضافه شود	
ب- نوع کار		میانگین (W)	گستره تغییرات (W)
کار دستی	سبک	۲۸	۸۴-۱۴
	سنگین	۶۳	
کار با یک بازو	سبک	۷۰	۱۷۵-۵۰
	سنگین	۱۱۹	
کار با هر دو بازو	سبک	۱۰۵	۲۴۵-۷۰
	سنگین	۱۷۵	
کار با تمام بدن	سبک	۲۴۴	۱۰۴۶-۱۷۵
	متوسط	۳۴۸	
	سنگین	۴۸۸	
	فوق سنگین	۶۲۸	

جدول ٤- مثال‌هایی از درجه بارکاری با توجه به نوع کار

نوع کار	درجه بارکاری
نوشتن- بافندگی	کار سبک دستی
تایپ کردن	کار سنگین دستی
چکش‌کاری روی میخ (کفاشی و مبل‌سازی)	کار سنگین با یک بازو
سوهان‌کاری فلزات، رنده‌کاری چوب و کارهای باغبانی (با شن کش)	کار سنگین با دو بازو
تمیز کردن سطح زمین، تکان دادن فرش	کار متوسط با همه بدن
ریل‌گذاری، چاه‌کنی، پوست‌کنی تنه درختان	کار سنگین با همه بدن
مثال برای محاسبه بارکاری: مونتاژکاری با استفاده از ابزار سنگین	
راه رفتن در امتداد خط تولید	۱۴۰W
متابولیسم بین کار سنگین با هر دو بازو و کار سبک با همه بدن	۲۱۰W
جمع	۳۵۰W
متابولیسم پایه نیز اضافه می‌شود	۷۰W

مقایسه با حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL)

حدود مجاز ارائه‌شده بر مبنای شاخص دمای تر گوی‌سان (WBGT) است. پس از محاسبه WBGT و یا TWA-WBGT (در صورت نیاز) و اعمال اصلاحات مورد نیاز در مورد نوع لباس و متابولیسم، مقایسه با مقادیر OEL امکان‌پذیر خواهد بود. مقادیر مجاز مواجهه بر مبنای شاخص WBGT و در شکل شماره ۲ و جدول شماره ۵ ارائه‌شده است.

نکته: همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده‌شده است، مقادیر مجاز در هر سطح متابولیسم دارای دو حد مجاز و حد مراقبت است. حد مراقبت همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شده برابر حدی است که بیانگر آغاز مجموعه اقدامات پیشگیرانه است و برای افراد غیر سازش یافته جهت حفظ سلامتی در برنامه مدیریت تنش گرمایی باید اجرا می‌شود. بنابراین می‌توان گفت حد مراقبت حد مواجهه با گرما برای افراد سازش نیافته و حد مجاز، حد مواجهه با گرما برای افراد سازش یافته است.همچنین در جدول ۵، مقادیر ارائه‌شده برای الگوهای کار و استراحت مختلف، متفاوت است. الگوهای کار و

استراحت نشان داده شده برحسب درصد کار در یک ساعت ارائه شده است. بنابراین آنالیز وظیفه انجام‌شده در شغل مورد ارزیابی، در اینجا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌عبارت‌دیگر، به منظور تعیین مقدار مجاز مواجهه با 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 گرم‌تر از مقدار ذکرشده (به‌صورت کوتاه‌مدت) در جدول ۵ وقتی مجاز است که شاخص‌های فشار گرمایی کمتر از حد مجاز باشد و هم‌چنین این افراد تحت مراقبت‌های مرتب پزشکی قرار داشته و اثبات شود که قابلیت تحمل حرارت محیطی بیشتری نسبت به افراد عادی دارند.

تذکر مهم:

الف- مقادیر ذکرشده برای کار مداوم وقتی قابل‌اجرا است که برنامه «کار- استراحت» برای ۵ روز در هفته و ۸ ساعت کار روزانه با دو توقف کوتاه مدت هر یک حدود پانزده دقیقه، یک نوبت در صبح و یک نوبت در بعدازظهر و یک توقف طولانی‌تر حدود نیم ساعت برای نماز و ناهار همراه باشد. مواجهه با مقادیر بیش‌ازحد مجاز شغلی عنوان‌شده وقتی مجاز است که «استراحت اضافی» در برنامه کار گنجانده شده باشد. در مواردی که در برنامه کار روزانه به جهت حرارت زیاد محیط کار «استراحت اضافی» منظور شده است، کلیه توقف‌ها اعم از توقف بدون برنامه قبلی و یا موارد توقف توصیه‌شده توسط مدیریت یا توقف‌های فنی را می‌توان به‌حساب زمان استراحت حین کار منظور نمود.

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 پیش‌بینی شده (PHS[1]) 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 ترگوی‌سان (WBGT) مؤثر

چرخه کار- استراحت	کار سبک		کار متوسط		کار سنگین		کار خیلی سنگین	
	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز
کار ٪۷۵ الی ٪۱۰۰	۲۸	۳۱	۲۵	۲۸	–	–	–	–
کار ٪۵۰ الی ٪۷۵	۲۸/۵	۳۱	۲۶	۲۹	۲٤	۲۷/۵	–	–
کار ٪۲۵ الی ٪۵۰	۲۹/۵	۳۲	۲۷	۳۰	۲۵/۵	۲۹	۲٤/۵	۲۸
کار صفر الی ٪۲۵	۳۰	۳۲/۵	۲۹	۳۱/۵	۲۸/۰	۳۰/۵	۲۷	۳۰

ملاحظات مربوط به استفاده از جدول ۵:

۱- حد مراقبت (اقدام) درواقع مشابه شرایط افراد سازش نیافته است و شرایطی را توصیف می‌کند که در حدود توصیه شده برنامه‌های پیشگیرانه کنترل مدیریتی و پایش فردی در تنش حرارتی به کار گرفته شود.

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

۳- مقادیر WBGT به نزدیک‌ترین ۰/۵ °C گرد و بیان می‌شوند .

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

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

۶- اگر محیط‌های کار و استراحت متفاوت باشند یا کار و استراحت در بیش از یک مکان توزیع شده باشند، میانگین‌های 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- درصورتی‌که لباس کار سبک و تابستانی نباشد، مقدار شاخص WBGT مؤثر (اصلاح اثر کلوی[1] 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 نوبت‌کاری در نظر گرفته‌شده است. تناوب کار- استراحت در حالت‌های بعدی باید به صورت متناوب باشد و کار یکسره در این حد مجاز ممنوع است. نوبت‌های استراحت صرف غذا، نماز، نوشیدن آب و مایعات حاوی نمک و شستشوی بدن می‌گردد.

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 بارکاری جسمانی به اندازه پارامترهای محیطی اهمیت دارد.

با اندازه‌گیری شاخص WBGT ، محاسبه شاخص WBGT مؤثر و تعیین میزان بارکاری جسمانی و مراجعه به جدول ۵ ، چنانچه مقدار شاخص WBGT مؤثر با در نظر گرفتن بارکاری جسمانی کمتر از مقدار حد مراقبت بود، 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 فیزیولوژیک توصیه می‌شود.

---

1 Clo Value

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) ، پیش بینی دمای عمقی و میزان آب از دست رفته بدن (میزان تعریق) برآورد گردد. در این صورت مطابق خروجی شاخص PHS مدت زمانی که طول می کشد تا دمای عمقی بدن از حد ۳۸ درجه سانتی گراد عبور نماید مشخص خواهد شد که مدت زمان فعالیت کارگر باید مدیریت شود تا قبل از رسیدن دمای عمقی بدن به ۳۸ درجه سانتی گراد (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 مجرای گوش، دمای زیرزبانی و زیر بغل، دمای سطحی پوست، فشارخون، ضربان قلب، میزان تعریق و غیره

از بین پاسخ‌های فیزیولوژیک ارائه‌شده، دمای عمقی رکتال و میزان تعریق یا آب ازدست‌رفته از بدن از صحت و اعتبار بالاتری برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر سایر شرایط و مداخله‌گرها قرار می‌گیرد.

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

همین‌طور دمای دهانی نیز به‌عنوان یکی دیگر از جایگزین‌های مناسب برای دمای عمقی بدن موردتوجه است. در سنجش این پارامتر باید دقت شود که دهان فرد کاملاً بسته نگاه داشته شود و حس‌گر دماسنج در زیر زبان فرد به مدت ۳ تا ۵ دقیقه قرار گیرد. همچنین فرد ۱۵ دقیقه قبل از اندازه‌گیری نباید مایعات و یا غذای سرد و یا گرم مصرف نموده باشد.

دماسنج مورداستفاده برای این کار، دماسنج‌های زیرزبانی پزشکی است و برای هر فرد باید از دماسنج شخصی استفاده نمود. مقدار حد مجاز این دما، ۰/۵ درجه کمتر از دمای رکتال در نظر گرفته می‌شود.

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

جدول ٦ – راهنمای پایش فیزیولوژیکی بار گرمایی

پایش فشار گرمایی و علائم و نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما، یک وظیفه مهم در بهداشت کار است، به‌ویژه زمانی که لباس کار مورداستفاده، 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:	
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.	۱
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 .	۲
ضربان قلب در زمان بهبودی ۱ دقیقه بعد از حداکثر تلاش کاری بیشتر از ۱۲۰ bpm است.	۳
باید با درخواست توقف از سوی کارگر یا با نشانه‌ها یا علائم خستگی گرمایی یا سکته 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.	۴
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 نوبت‌کاری و (۳) دفع ادراری سدیم ۲۴ ساعته کمتر از ۵۰ میلی مول 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.	۵

اخطار: *هرگز شخصی را با علائم و نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما نادیده نگیرید.*

بر اساس مقادیر ارائه‌شده در سازمان‌های NIOSH و ACGIH، حد تحمل گرمایی برای یک فرد (Heat tolerant level) بر مبنای دمای رکتال، برابر مقدار ۰/۳± ۳۸ درجه سانتی‌گراد، بر مبنای ضربان قلب ۱۵± ۱۲۰ ضربه در دقیقه و بر اساس میزان تعریق برابر ۱۶۰±۷۸۰ گرم بر ساعت است. زمانی که دمای رکتال به بالاتر از ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد برسد و یا ضربان قلب از حد ۱۴۵ ضربه در دقیقه بیشتر شود، از حد تحمل فرد بالاتر رفته و آسیب‌رسان خواهد بود.

چنانچه سطوح فشار گرمایی اشاره‌شده در جدول ۶ در محدوده قابل‌قبول بود، انجام کنترل‌های عمومی، و سپس ادامه کار، تثبیت اقدامات کنترلی، پایش شرایط محیط کار ضروری است.

درصورتی‌که سطوح فشارهای گرمایی بیشتر از محدوده قابل‌قبول بود، مواجهه با گرما باید قطع گردد و اقدامات کنترلی اختصاصی آن شغل یا پست کاری می‌بایست انجام گیرد و بعد از انجام اقدامات کنترلی متناسب، اثربخشی آن‌ها موردبررسی قرار گیرد.

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 فاکتور های 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 گرمازدگی) است . لازم به یادآوری است احتمال بروز حوادث و آسیب‌ها با افزایش سطح تنش گرمایی، افزایش می‌یابد.

برنامه اجرایی مدیریت تنش گرمایی[1]

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 مورداستفاده، دفع گرما را محدود نماید ضروری است که اقدامات کنترلی عمومی انجام گیرد و در شرایطی که شاخص WBGT مؤثر از حد مجاز بالاتر باشد ضروری است علاوه بر انجام اقدامات کنترلی عمومی، اقدامات اختصاصی برای آن شغل یا پست کاری انجام شود.

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، فعالیت های بهداشتی مربوط به تنش گرمایی، نظارت، پایش فیزیولوژیک، ثبت سوابق و یک برنامه اضطراری را برنامه ریزی می کند.

آموزش‌ها در برنامه مدیریت تنش گرمایی (HSMP) باید به فعالیت های 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 سکته 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 می گذارند.

۳) وضعیت سازش با گرما.

۴) ظرفیت هوازی پایین‌تر، 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 می کنند.
سیاست‌گذاری: برنامه تطابق یا سازش با گرما، شناسایی زودهنگام 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
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، عایق‌کاری حرارتی منابع گرمایی، کاهش بخار آب ، ایجاد سایه و استقرار سپرهای حفاظتی در برابر تابش‌های گرمایی و اصلاح لباس کار و ... می شود.
کنترل‌های اداری: انجام کنترل‌های مدیریتی- اداری که زمان مواجهه قابل‌قبول با گرما (تنظیم برنامه کار- استراحت)، بازیابی کافی برای شاخص‌های فشارگرمایی و محدود سازی فشارهای فیزیولوژیک را امکان‌پذیر می سازد.
خنک‌سازی شخصی (هوا، مایع، یخ)؛ که برای شرایط و شیوه‌های کاری خاص مؤثر هستند.
پایش فیزیولوژیکی
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 می گردد.

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 درنتیجه ظرفیت تحمل گرمایی کارگر تقلیل می‌یابد و مقادیر مندرج در جدول ۵ دیگر کاربرد ندارد، در چنین مواردی وقتی برای انجام کاری لباس کار مخصوص موردنیاز است، جهت راهنمایی در جدول ۱ برای انواع لباس کار مقدار ضریب تصحیح لباس ذکرشده است.

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

ج ـ تطابق گرما و سلامتی بدن: ضمن هفته اول مواجهه با محیط گرم، درنتیجه توازن عوامل متعدد روانی و فیزیولوژیک، تطابق با گرما[1] 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.

دـ عوارض ناشی از گرمازدگی: گرمازدگی ازجمله عوارض جدی و نامطلوب مواجهه با درجه حرارت‌های بالا است و ممکن است زندگی را تهدید کند و یا ضایعات غیرقابل‌برگشت به‌جا بگذارد. بی‌حالی و خستگی مفرط[2] ناشی از گرمازدگی ممکن است موجب عارضه Heat Prostration

1 Acclimatization
2 Heat Exhaustion

(مجموع علائم سرگیجه و تهوع و حالت Collapase) گردد، که در برخی موارد غیرقابل‌برگشت است. انقباض دردناک عضلات[1] ، اگرچه ناتوان‌کننده است ولی قابل برگشت است بخصوص اگر سریع و به‌موقع درمان شود. از دیگر عوارض ناشی از مواجهه با گرمای زیاد، اختلال شدید الکترولیت، کم‌آبی بدن، سرخی پوست و ادم گرمایی و کم شدن ظرفیت‌های کار فکری و جسمی است.

بر طبق نتایج سازمان OSHA، دمای محیطی ۴۰ تا ۵۴ درجه سانتی‌گراد می‌تواند باعث Heat exhaust و بالاتر از ۵۴ درجه سانتی‌گراد اغلب باعث گرمازدگی که یک وضعیت اورژانسی است می‌شود.

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

1 Heat Cramps

منابع:

1- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinati, Ohaio, 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

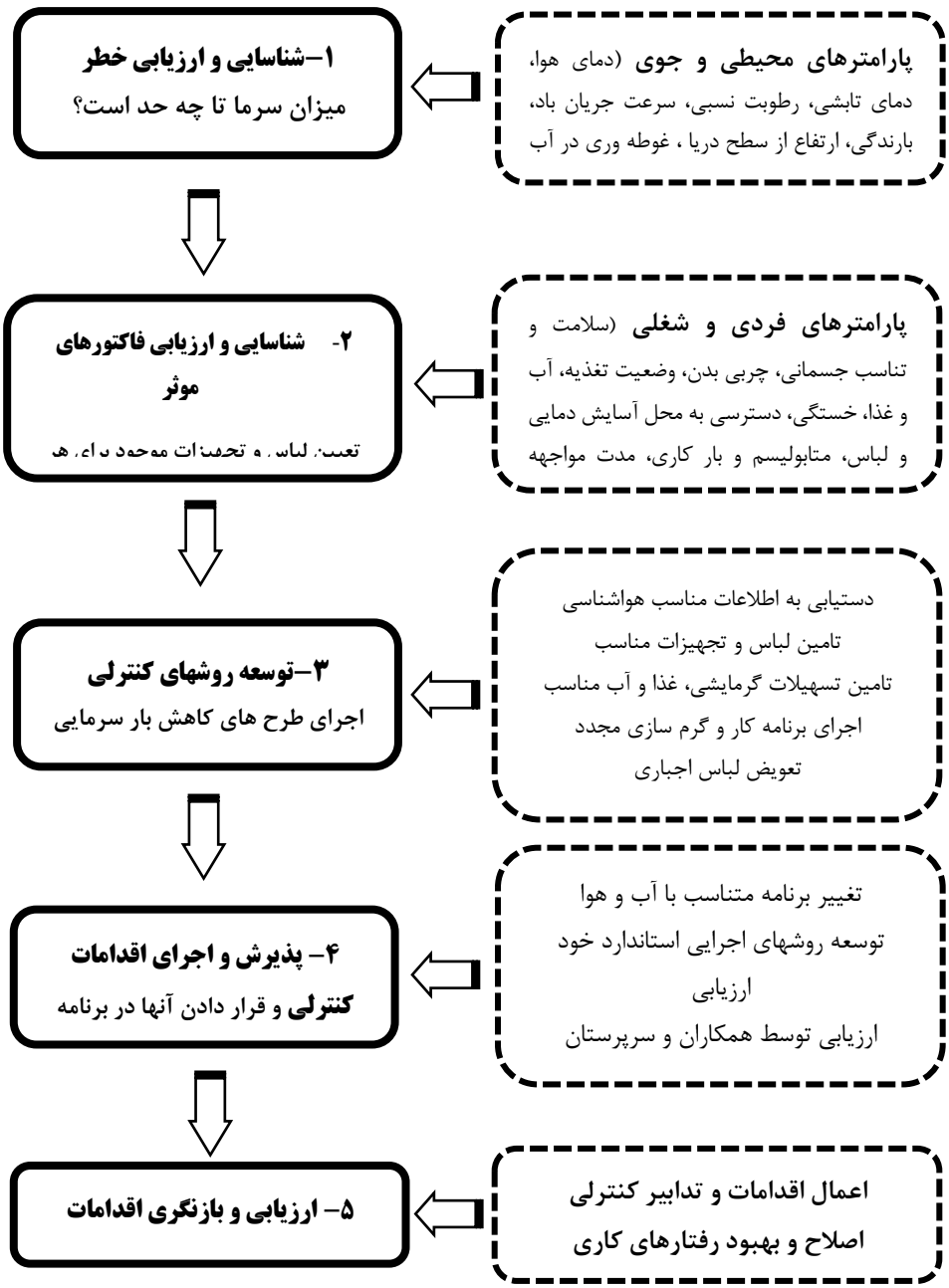
7- heat strain decision aid (HSDA). J Therm Biol. 2017; 64:78-85.

ب ـ تنش سرمایی[1] در محیط کار

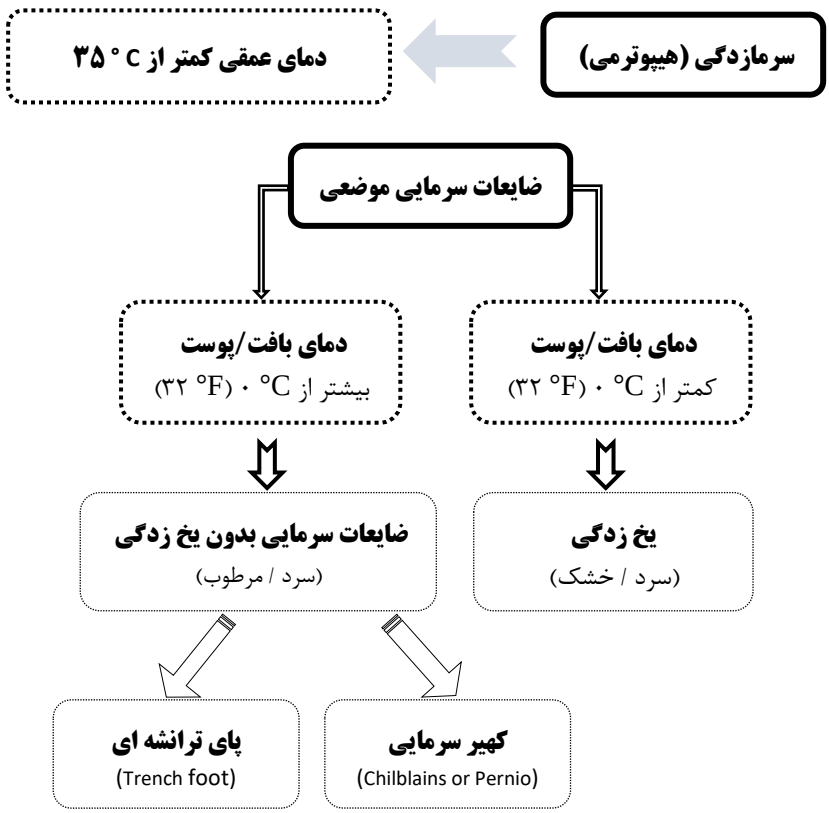
مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به‌منظور حفظ شاغلین در برابر اثرات شدید سرما (سرمازدگی و یخ زدگی) و ضایعات ناشی از آن تدوین‌شده است و بیانگر حالتی از مواجهه شغلی با سرما است که تحت آن شرایط تقریبا همه شاغلین می توانند مکرراً با سرما مواجهه داشته باشند بدون آنکه عارضه یا اختلال مشهود ناشی از سرما در آنان بروز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

پیشگیری از صدمات ناشی از سرما بهترین اقدام است که از طریق یک استراتژی مدیریت ریسک انجام شده و در آن خطرات سرما را ارزیابی و سپس کنترل می کنند تا اثرات سرما کاهش یابد. شکل ۱ فرایند مدیریت ریسک برای استفاده در محیط های سرد را نشان می دهد. شکل ۲ انواع آسیب های ناشی از سرما را نشان می دهد.

1 Cold Stress


۱–شناسایی و ارزیابی خطر
میزان سرما تا چه حد است؟
پارامترهای محیطی و جوی (دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت نسبی، سرعت جریان باد، بارندگی، ارتفاع از سطح دریا ، غوطه وری در آب
۲- شناسایی و ارزیابی فاکتورهای موثر
پارامترهای فردی و شغلی (سلامت و تناسب جسمانی، چربی بدن، وضعیت تغذیه، آب و غذا، خستگی، دسترسی به محل آسایش دمایی و لباس، متابولیسم و بار کاری، مدت مواجهه
۳–توسعه روشهای کنترلی
اجرای طرح های کاهش بار سرمایی
دستیابی به اطلاعات مناسب هواشناسی
تامین لباس و تجهیزات مناسب
تامین تسهیلات گرمایشی، غذا و آب مناسب
اجرای برنامه کار و گرم سازی مجدد
تعویض لباس اجباری
۴– پذیرش و اجرای اقدامات کنترلی و قرار دادن آنها در برنامه
تغییر برنامه متناسب با آب و هوا
توسعه روشهای اجرایی استاندارد خود ارزیابی
ارزیابی توسط همکاران و سرپرستان
۵– ارزیابی و بازنگری اقدامات
اعمال اقدامات و تدابیر کنترلی
اصلاح و بهبود رفتارهای کاری

شکل ۱- فرایند مدیریت ریسک برای ارزیابی تنش و فشار سرمایی



شکل ۲- انواع ضایعات ناشی از سرما

پیشگیری از هیپوترمی یا سرمازدگی[1]

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 می کند در جدول ۱ ارائه شده است. شاغلین باید همواره از مواجهه با سرما محافظت شوند. به‌طوری‌که درجه حرارت عمقی مرکزی بدن به کمتر از ۳۶ درجه سانتی‌گراد (۹۶/۸ ^{o}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 می گردد. 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 (۹۵ ^{o}F) مجاز نمی باشد. هنگامی که دمای عمقی بدن به زیر۹۱/۴درجه فارنهایت (۳۳ درجه سانتیگراد) برسد، کارگران به شدت ناتوان می شوند.

علائم اولیه هیپوترمی شامل احساس سرما، لرز، بی علاقگی و کناره گیری اجتماعی است. ناظران و کارگران باید از این علائم اولیه آگاهی داشته باشند تا اقدامات پیشگیرانه مناسب را در این زمان انجام دهند. در شدت های بالاتر هیپوترمی علائمی همچون گیجی یا خواب آلودگی ، اختلال در گفتار و تغییر در رفتار یا شکل ظاهری مشاهده می شود. در هر صورت مواجهه با سرما برای هر فردی که دچار لرز شدید شد فوراً باید قطع گردد. لرز عمومی بدن و درد در انتهای اندام‌های حرکتی ممکن است اخطاری زودرس و اولیه از خطر سرمازدگی باشد. هنگام مواجهه با سرما که درجه حرارت مرکزی بدن تا ۳۵ درجه 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. ازآنجاکه مواجهه طولانی با هوای سرد یا فرو

1 Hypothermia

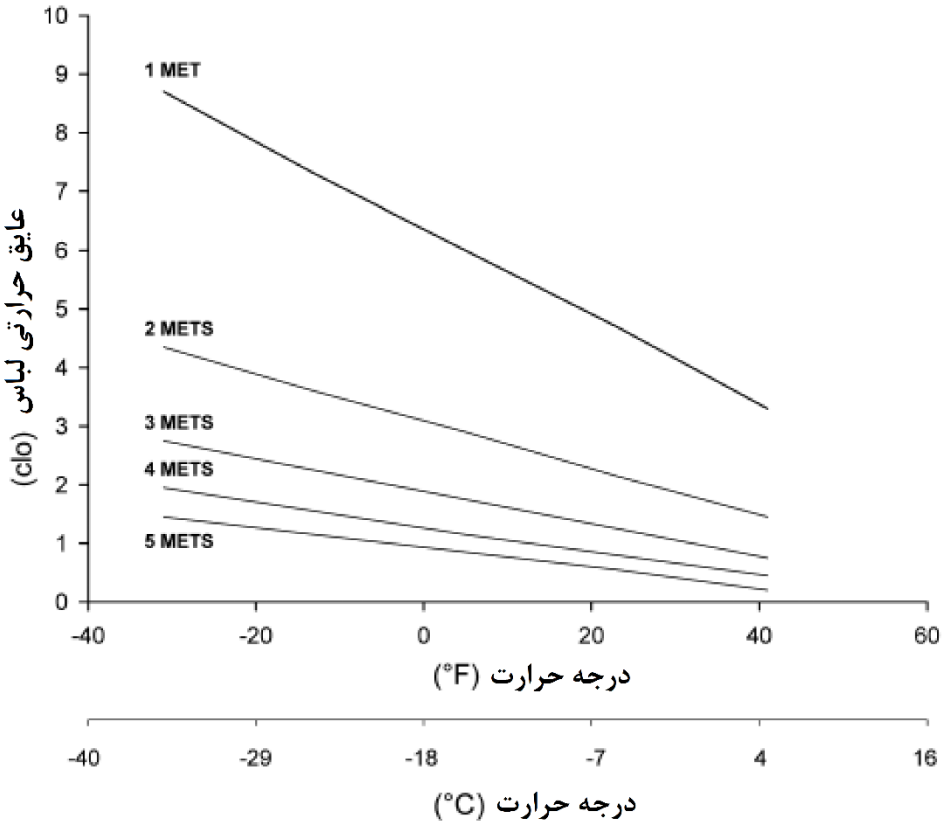
رفتن در آب سرد و در دمای بالای انجماد می‌تواند موجب کاهش دما در حد خطرناک شود، لذا باید تمام بدن را با اقدامات زیر در مقابل سرما محافظت نمود:

- اگر کار در محیطی انجام می‌شود که درجه حرارت هوای محیط کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد (۴۰°F) است برای حفظ دمای عمقی بدن به میزان بیش از ۳۶ درجه سانتی‌گراد (۹۶/۸ °F) باید لباس خشک و عایق‌بندی مناسب در اختیار کارگران قرار گیرد.
- هرچه سرعت باد بیشتر و دمای محیط کار کمتر باشد باید میزان عایق بودن لباس موردنیاز افزایش یابد. در این شرایط، استفاده از امکاناتی نظیر پاراوان محافظ باد، چادر یا کانکس‌های محدودکننده جریان هوا در محل کار به‌طور مؤکد توصیه می‌گردد.
- از آنجا که مواجهه طولانی مدت با هوای بسیار سرد ، شرایط سرد و مرطوب ، و غوطه وری در آب سرد می تواند منجر به هیپوترمی شود ، محافظت از کل بدن باید مورد توجه قرار گیرد. هوای سرد ، رطوبت و وزش باد بیشترین خطر را در ایجاد هیپوترمی دارا می باشند. شکل ۳ عایق لباس مورد نیاز به عنوان تابعی از دمای هوا و میزان کار ارائه می کند. همانطور که مشاهده می‌شود ، میزان عایق بندی با کاهش دما و مقدار کار افزایش می یابد. در هوای مرطوب ، ضروری است که لایه بیرونی لباس ضد آب باشد.
- در شرایط هوای بادی، یک لایه خارجی ضد باد مورد نیاز است. جدول ۲ فعالیتهای مختلف و میزان کار مربوطه را بر حسب واحد معادل متابولیک (MET[1])نشان می دهد. این جدول را می توان همراه با شکل ۳ برای تعیین تقریبی عایق مورد نیاز لباس در دماهای مختلف استفاده کرد. اگر حفاظت مناسبی وجود نداشته باشد، غوطه وری در آب سرد می‌تواند در مواردی، در مدت کوتاهی باعث هیپوترمی شدید و نهایتا مرگ گردد. جدول ۳ مقدار زمانی را نشان می‌دهدکه یک فرد متوسط می‌تواند بر اساس دما و عمق آب در آب غوطه ور بماند. این راهنما براساس استفاده از وسایل حفاظتی معمولی است که ضد آب نیست. همچنین لازم به ذکر است نوع دیگری از آسیب سرما (بدون یخ زدگی) زمانی رخ می‌دهد که پوست بدن در مدت طولانی در آب سرد غوطه ور بماند یا با سرمای مرطوب بین ۶۰- ۳۲ درجه فارنهایت (۰-۱۵ درجه سانتیگراد) مواجهه

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 ازجمله تدابیر احتیاطی است که باید مدنظر باشد. تدابیر احتیاطی اتخاذشده تابع وضع جسمی شاغلین است و باید با مشورت و راهنمایی یک پزشک مطلع به مسائل 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 می‌دهد. پاسخ افراد در هر سطح از درجه حرارت عمقی متفاوت می‌باشد.

مرحله	درجه حرارت		تغییرات فیزیولوژیکی
	°F	°C	
درجه حرارت طبیعی بدن (Normothermia)	۹۸/۶	۳۷/۰	
کاهش دمای اندک (Mild Hypothermia)	۹۵/۰	۳۵/۰	حداکثر لرز، افزایش فشار خون
	۹۳/۲	۳۴/۰	فراموشی، اختلال در تکلم، درک ضعیف، اختلال رفتار
	۹۱/۴	۳۳/۰	عدم تعادل، بی‌حسی، بی‌علاقگی
کاهش دمای متوسط (Moderate Hypothermia)	۸۹/۶	۳۲/۰	لجبازی
	۸۷/۸	۳۱/۰	توقف لرز، گشاد شدن مردمک‌ها
	۸۶/۰	۳۰/۰	آریتمی قلبی، کاهش برون ده قلبی
	۸۴/۲	۲۹/۰	عدم هوشیاری
کاهش دمای شدید (Severe Hypothermia)	۸۲/۴	۲۸/۰	احتمال فیبریلاسیون بطنی، کاهش تنفس
	۸۰/۶	۲۷/۰	از دست دادن رفلکس‌ها و حرکات ارادی
	۷۸/۸	۲۶/۰	برهم خوردگی تعادل اسید- باز، عدم پاسخ به درد
	۷۷/۰	۲۵/۰	کاهش جریان خون به مغز
	۷۵/۲	۲۴/۰	افت فشارخون، کندی ضربان قلب
	۷۳/۴	۲۳/۰	عدم رفلکس قرنیه، عدم رفلکس
	۶۶/۲	۱۹/۰	عدم رسم موج در الکتروانسفالوگرافی[1]
	۶۴/۴	۱۸/۰	فقدان فعالیت الکتریکی قلب[2]
	۵۹/۲	۱۵/۲	پایین‌ترین حد اتفاقی کاهش دما که نوزاد امکان بهبودی دارد.
	۵۶/۷	۱۳/۷	پایین‌ترین حد اتفاقی کاهش دما که فرد بالغ امکان بهبودی دارد.

1 Electroensephalographic silence
2 Asystole

جدول ۲- شدت فعالیت برای فعالیتهای انتخاب شده در فضای باز اقتباسی از ACGIH 2025

کار نشسته ۱۰۰ وات (۱ مت)	کار سبک ۲۵۰ وات (۲-۳ مت)	کار متوسط ۴۵۰ وات (۴-۵ مت)	کار سنگین ۶۰۰ وات (۶ مت)
خواب، نشستن در حالت آرام	قدم زدن در سطح صاف با سرعت ۳ تا ۴ کیلومتر در ساعت، برف روبی	قدم‌زدن در برف یا شن نرم با سرعت ۴ کیلومتر در ساعت بدون حمل بار، راه رفتن روی سطح سخت با سرعت تقریبی ۵/۵ کیلومتر در ساعت و حمل بار کمتر از ۴۰ پوند (تقریبا ۱۸ کیلوگرم)، جابجایی کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی؛ بیل زدن	راه رفتن روی سطح سخت با سرعت تقریبی ۵/۵ کیلومتر در ساعت و حمل بار ۴۰ پوند (تقریبا ۱۸ کیلوگرم)، راه رفتن روی شن نرم با سرعت ۴ کیلومتر در ساعت همراه با حمل بار، کار کردن در حالی که کفش مخصوص برف استفاده می‌شود.

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 غوطه وری 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 یخ زدگی[1]

یخ زدگی زمانی رخ می دهد که دمای بافت به زیر ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتی گراد) کاهش یابد.

یخ زدگی اغلب در مواجهه پوست (بینی، گوش‌ها، گونه‌ها، مچ دست‌ها) رخ می‌دهد. انجماد آنی می‌تواند وقتی که پوست در تماس با مایعات فوق سرد مثل محصولات پتروشیمی، روغن، سوخت‌های مایع، ضدیخ، الکل که همه در دمای ۴۰- درجه سانتی گراد به شکل مایع باقی می‌مانند رخ دهد.

1 Frostbite

همچنین تماس پوست برهنه با اشیاء سرد بویژه فلز رسانا یا سنگ می‌تواند یخ زدگی بافت رخ دهد. برای جلوگیری از این حالت،کارگران باید از دستکش‌های ضدتماس استفاده نمایند.

معمولاً اولین نشانه یخزدگی بی‌حسی 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 می‌شود، اما هنگامی که دمای پوست به ۵۰- درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتیگراد) می‌رسد، این احساسات با بی‌حسی جایگزین می‌شوند. افراد اغلب احساس چوبی شدن[1] را در نواحی آسیب دیده گزارش می کنند. پس از گرم کردن مجدد احساس درد قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود. 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 می‌شود.

ریسک فاکتورهای یخزدگی شامل دما، نمناکی، خنک‌کنندگی باد، لباس چسبان، نژاد، جنس، هیپوکسی، سندرم رینود و داروهای عروقی می‌باشد.

دمای خنک‌کنندگی باد (WCT[2])یا شاخص سرمای هوا (WCI) (جدول ۴) با ادغام سرعت باد و دمای هوا، امکان برآورد قدرت خنک کنندگی باد را فراهم می‌کند. این شاخص برای استاندارد نمودن قدرت خنک کنندگی محیط به دمای هوای معادل آن در شرایط هوای ساکن بکار می‌رود و از رابطه زیر بدست می‌آید:

وقتی دما بر حسب درجه فارنهایت (°F) و سرعت باد بر حسب مایل بر ساعت (mph) باشد:

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

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

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

T = Air Temperature , V = Wind Speed

1 Wooden
2 Wind Chill Temperature (TWC) Index

جدول ٤- 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 خنک کنندگی باد (°C)											
5	1.4	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	2.8	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	4.2	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	5.6	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	6.9	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
30	8.3	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	9.7	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	11.1	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	12.5	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	13.9	-1	-8	-15	-22	-29	-36	-42	-49	-56	-63	-69	-76
55	15.3	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	16.7	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	18.1	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	19.4	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
75	20.8	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	22.2	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

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 می‌دهد.*

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

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

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

جدول۵-زمان بر حسب دقیقه تا بروز یخ‌زدگی 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)*

نکته: *پوست مرطوب می تواند رخداد یخ زدگی را تسریع نماید*

**مایل بر ساعت (mph)*

ویژگی شاخص خنک‌کنندگی باد در کاربرد صحیح آن است و تنها خطر خنک شدن پوست در معرض افرادی که با سرعت ۳ مایل در ساعت (تقریبا ۴/۸ کیلومتر در ساعت) راه می‌روند را برآورد می‌کند. باد باعث نمی‌شود دمای بدن یک فرد در معرض سرما، از دمای محیطی خنک‌تر شود، بلکه باعث می‌شود فرد در معرض دمای محیطی مشخص، بیشتر از زمانی که باد وجود ندارد، احساس سرما کند. سرعت باد به دست آمده از گزارش‌های هواشناسی، جریان‌های باد ایجاد شده از طریق مصنوعی و بوسیله فعالیت‌های شغلی انسان را مورد توجه قرار نمی‌دهد.

WCT خطر نسبی یخ‌زدگی و زمان پیش‌بینی شده برای یخ زدن پوست صورت افراد درمعرض سرما را نشان می‌دهد (جداول ۴ و ۵). پوست صورت از این جهت انتخاب شده است که معمولا این ناحیه از بدن دارای هیچگونه حفاظتی نمی‌باشد. اگر دمای هوا بالاتر از ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتیگراد) باشد، یخ زدگی 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 (۱۹/۴درجه 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 (۰/۵ درجه فارنهایت) یا کمتر است، دست ها باید توسط دستکش‌ها محافظت شوند. همچنین کنترل ماشین آلات و ابزار برای استفاده در شرایط سرد باید به گونه‌ای طراحی شوندکه بدون برداشتن دستکش‌ها بتوان آنها را اداره کرد.

مهارت دستی 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.

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

الف- اگر کارهای ظریف دستی با دست‌های بدون دستکش برای مدت بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در محیطی زیر ۱۶ درجه سانتی‌گراد (۶۰/۸ ^{o}F) انجام می‌شود، برای گرم نگه‌داشتن دست‌ها باید 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 (۳۰/۲ ^{o}F) دسته‌های فلزی ابزارآلات و اهرم‌های کنترل باید با مواد عایق حرارتی روکش شوند.

ب- اگر دمای هوا برای کارهای نشسته به پایین‌تر از ۱۶ ^{o}C (۶۰/۸ ^{o}F) ، در کارهای سبک به ۴ ^{o}C (۳۹/۲ ^{o}F) و برای کار متوسط ۷- درجه سانتیگراد (۱۹/۴ درجه فارنهایت) کاهش باید و کارهای دستی ظریف دقیق و ماهرانه موردنیاز نباشد، آنگاه شاغلین باید از دستکش استفاده نمایند. مهارت در درجه اول تحت تأثیر درجه حرارت محیطی پوست و عضله قرار می گیرد و کمتر تحت تاثیر دمای عمقی بدن قرار می گیرد.

مواجهه حاد با آب سرد

غوطه‌وری ناگهانی با آب سرد موجب واکنش شوک سرمایی می‌شود. واکنش‌های فیزیولوژیکی به غوطه‌وری ناگهانی شامل نفس 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 مواجه، 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 نیازمندی های 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[1] می‌شوند.

همه کارگران لازم است که آگاه شوند که اگر هوا مرطوب باشد و لباس هوای مرطوب فراهم نباشد و شدت کار نیز سبک باشد خطر سرمازدگی افزایش 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 بایداطمینان حاصل نماید که لباس در اثر تعریق خیس نشده باشد. اگر لباس خیس است، افراد باید آن را با لباس خشک تعویض نمایند قبل از آنکه وارد محیط سرد شوند. کارگران باید جوراب‌ها و هرنوع کفی نمدی قابل تعویض را بطور منظم در فواصل مختلف روز تعویض نمایند و یا از 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. مثلا اگر محیط مرطوب است ، کفش باید در برابر نفوذ آب محافظت کافی را تامین کند. به همین ترتیب، اگر دمای هوا این پتانسیل را دارد که تا حد زیادی کاهش یابد (کمتر از صفر درجه فارنهایت (۱۸- درجه سانتیگراد)، چکمه‌های مخصوص این محیط باید فراهم شود.

افرادی که در دمای کمتر از ۴ ^{o}C (۳۹/۲ ^{o}F) مایعات قابل تبخیر (بنزین، الکل و یا مواد پاک‌کننده و غیره) را جابجا می‌کنند، به جهت افزایش خطر بروز ضایعات ناشی از سرما که درنتیجه خاصیت خنک‌کنندگی مواد تبخیر شونده حاصل می‌شود. باید احتیاطات لازم برای پرهیز از خیس شدن لباس

1 Overdressed

یا دستکش با مایعات مذکور را به‌عمل آورند. به‌خصوص به اثرات حاد پاشیدن مایعات سرمازا[1] یا مایعاتی که نقطه‌جوش آن‌ها مختصری بالاتر از درجه حرارت متعارف است باید توجه کافی بشود.

برنامه کار- استراحت توأم با گرم شدن بدن

جدول ۶ تعیین‌کننده مدت هر بار مواجهه در دوره کاری ۴ ساعته است و در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه است. اگر کار در سرمای کمتر از $-۷^{o}C$ ($۱۹/۴^{o}F$) و یا درجه حرارت معادل سرماباد آن به‌طور مداوم انجام می‌شود باید پناهگاه گرمی در مجاورت محل کار مهیا گردیده و افراد برای استفاده از آن در فواصل منظم ترغیب شوند. دفعات استفاده از پناهگاه تابع شدت سرمای محیط کار است. در صورت بروز علائمی از قبیل لرز شدید، احساس سرما، خستگی مفرط، خواب‌آلودگی، تحریک‌پذیری و گیجی مراجعت فوری به پناهگاه ضروری است. پس از ورود به پناهگاه باید لباس را از تن خارج و بقیه لباس‌ها شل و آزاد گردند تا عرق تبخیر شود و یا لباس با یک لباس کار خشک تعویض گردد. برای جلوگیری از برگشت به کار کارگران با لباس مرطوب، ضروری است، چند دست لباس خشک به تعداد کافی در محل مزبور وجود داشته باشد. در محیط سرد کاهش آب یا مایعات بدن بندرت رخ می‌دهد، اما ممکن است استعداد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما به جهت تغییرات قابل‌ملاحظه در جریان خون انتهای اندام‌ها افزایش یابد. برای تأمین کالری و حجم مایعات دریافتی بدن، مایعات گرم و شیرین در محل کار مهیا باشد. مصرف مایعات مدر (همانند چای) باید محدود شود.

برای انجام کار در درجه سرمایی $-۱۲^{o}C$ ($۱۰/۴^{o}F$) و یا کمتر از آن رعایت نکات زیر ضروری است:

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

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

1 Cryogenic Fluids

۳- در روزهای اولیه اشتغال و قبل از هماهنگ شدن فرد با رفتارهای مناسب در شرایط جوی سرد محیط کار نباید از شاغلین به‌طور تمام‌وقت استفاده کرد.

۴- باید حتی‌المقدور از لباس‌های سبک، کم‌حجم و مناسب استفاده گردد تا مانع کار راحت نشود.

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

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

الف ـ تمرینات استفاده از لباس‌های مخصوص

ب ـ عادات صحیح خوردن و آشامیدن

ج ـ شناسایی سرمازدگی قریب‌الوقوع

د ـ شناسایی نشانه‌ها و علائم بالینی کاهش دمای قریب‌الوقوع یا سرد شدن فزاینده بدن حتی وقتی‌که لرز ظاهر نشود.

ه ـ انجام کار بدون مخاطره

و- کمک‌های اولیه ضروری و درخواست امداد

کار در دمای بین ۱+ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد باید حداکثر در دوره‌های ۷۵ دقیقه قطع گردد و کارگر به مدت ۱۵ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نماید. این حدود مجاز برای سرعت باد کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه (۱/۱ مایل بر ساعت) و لباس کار خشک تدوین‌شده است. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد، به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل در ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین‌تر خواهد بود. به‌طور مثال درصورتی‌که فرد در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد و جریان هوای آرام به مدت حداکثر ۵۰ دقیقه مواجهه داشته است تکرار مواجهه وی در دوره ۴ ساعته در صورتی مجاز است که حداقل ۳۰ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نموده باشد. درصورتی‌که همین کارگر در دمای مذکور و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه مشغول به کار باشد مدت مواجهه مجاز وی یک مرحله پایین‌تر، یعنی ۳۰ دقیقه مداوم

خواهد بود و تکرار مواجهه منوط به ۳۰ دقیقه استراحت در هر دوره است. اگر اطلاعات صحیحی برای تخمین یا اندازه‌گیری سرعت باد موجود نیست، پیشنهادهای زیر به‌صورت راهنما به کار می‌رود:

- سرعت باد ۵ مایل در ساعت (۵ mph[1]) معادل حرکت آرام پرچم
- سرعت باد ۱۰ مایل در ساعت (۱۰ mph) معادل پرچم کاملاً بازشده در اثر جریان باد
- سرعت باد ۱۵ مایل در ساعت (۱۵ mph) معادل بلند شدن صفحات روزنامه در هوا
- سرعت باد ۲۰ مایل در ساعت (۲۰ mph) در شرایط بوران برف

جدول ٦- حدود مجاز مواجهه شغلی با سرما (برای یک دوره ٤ ساعته کار)

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

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

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

**** در شرایط پایین‌تر از این مرحله کارهای غیر اضطراری باید متوقف شود. در موارد اضطراری مواجهه کوتاه‌مدت ۱۰ دقیقه‌ای برای یک‌بار مواجهه مجاز است.*

1 Miles Per Hour

توصیه‌هایی برای محیط کار خاص

مقررات خاص برای سردخانه‌ها عبارت‌اند از:

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

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

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

۴- لازم است چشم‌های افرادی که در فضای باز در هوای برفی و یا وقتی پهنه وسیعی از زمین پوشیده از یخ است کار می‌کنند، حفاظت گردند. عینک‌های ایمنی مخصوص برای حفاظت چشم‌ها در مقابل نور فرابنفش و یا درخشندگی خیره‌کننده برف و یخ که می‌تواند موجب خیرگی و ورم ملتحمه گردد، به کار 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 ۱۶ درجه سانتی‌گراد (۶۰/۸ °F) است می‌بایست نسبت به نصب دستگاه مناسب برای اندازه‌گیری دمای محیط در محل کار اقدام نمود. با چنین تدبیری نگهداری وضعیت دمای محیط کار در راستای توصیه‌های حد مجاز شغلی میسر است.

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

1Feet Per Minute

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

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

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

ملاحظات پزشکی

شاغلین بیمار و شاغلینی که تحت درمان با داروهایی هستند که در تنظیم درجه حرارت طبیعی بدن دخالت می‌کنند و یا میزان تحمل کار در سرما را کاهش می‌دهند، باید از کار در درجات ۱- درجه سانتی‌گراد (۳۰/۲°F) و کمتر معاف گردند.

شاغلینی که معمولاً در درجات کمتر از ۲۴- درجه سانتی‌گراد (۱۱/۲ °F-) همراه با سرعت باد کمتر از پنج مایل در ساعت و یا هوای کمتر از ۱۸- درجه سانتی‌گراد (۰/۰°F) همراه با سرعت باد بیشتر از ۵ مایل در ساعت در مواجهه هستند، باید گواهی پزشکی دال بر مناسب بودن برای چنین مواجهه‌ای را داشته باشند. مصدومی که در دمای انجماد یا زیر صفر می‌ماند نیاز به توجه ویژه دارد، زیرا فرد مصدوم مستعد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما است. پیش‌بینی‌های مخصوص برای پیشگیری از بروز عوارض کاهش دما و انجماد نسوج آسیب‌دیده لازم است، مضافاً اینکه 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. Cincinati, Ohaio, 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 ۱۰۰۰میکرون 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 برهم‌کنش سیستم انسان- ماشین می‌پردازد تا از این طریق به پیشگیری از بیماری و آسیب نیروی کار و ارتقای سلامت، عملکرد شغلی و بهره‌وری کمک نماید. در ارگونومی تلاش می‌شود تا مشاغل و فعالیت‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که با توانایی‌های کارگر منطبق باشند.

آسیب‌های اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار[1] (WMSDs)

یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشت شغلی، آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار است که با به‌کارگیری برنامه‌های بهداشتی، ایمنی و ارگونومی می‌توان آن را مدیریت نمود. اصطلاح آسیب‌های اسکلتی- عضلانی این‌گونه 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[2] (CTDs)، آسیب‌های ناشی از حرکات تکراری[3] (RMIs) و آسیب‌های ناشی از تنش‌های تکراری[4] (RSIs). برخی از این آسیب‌ها دارای علائم تشخیصی اختصاصی هستند مثل سندرم تونل کارپال[5] (CTS). سایر آسیب‌های اسکلتی- عضلانی ممکن است به‌صورت 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 به‌عنوان 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

راهبردهای کنترل

با به‌کارگیری برنامه جامع ارگونومیک می‌توان میزان بروز و شدت MSDs را کنترل نمود. اجزای اصلی این برنامه به شرح زیر است:

- تشخیص مشکل
- ارزیابی مشاغل مشکوک به داشتن ریسک فاکتورهای احتمالی
- شناسایی و ارزیابی عوامل ایجادکننده
- مشارکت کارکنان به‌عنوان شرکت‌کنندگان فعال که به‌طور کامل از محیط کار آگاهی دارند
- ارائه مراقبت‌های بهداشتی مناسب برای کارگرانی که دچار اختلالات اسکلتی عضلانی شده‌اند

هنگامی که ریسک اختلالات اسکلتی عضلانی تشخیص داده می‌شود، باید فعالیت های برنامه‌ریزی‌شده عمومی اجرا شود، که شامل موارد زیر است:

- آموزش کارگران، سرپرستان، مهندسان و مدیران
- گزارش اولیه علائم توسط کارگران
- نظارت و ارزیابی مستمر آسیب، داده‌های بهداشتی و پزشکی

برنامه‌ریزی برای اقدامات کنترلی در هر شغل به نوع MSDs بستگی دارد. این اقدامات شامل کنترل‌های مهندسی و مدیریتی است. حفاظت‌های فردی ممکن است در موارد خاص مناسب باشند. در کنترل مهندسی که به‌منظور حذف یا کاهش ریسک فاکتورهای شغلی به کار گرفته می‌شوند، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

- به‌کارگیری روش‌های مهندسی کار نظیر انجام مطالعه کار- زمان و آنالیز حرکت جهت حذف اعمال فشارهای بیش از حد و حرکات غیرضروری.
- به‌کارگیری وسایل مکانیکی کمکی جهت محدود نمودن یا کاهش اعمال نیروی لازم برای نگه‌داشتن ابزار و اشیای مورد استفاده در حین کار.
- انتخاب یا طراحی ابزارهایی که میزان نیروی موردنیاز و زمان در دست داشتن را کاهش داده و باعث بهبود وضعیت بدن شود.
- طراحی ایستگاه‌های کار قابل تنظیم به منظور بهبود وضعیت بدن در نواحی مختلف بدن.

- اجرای برنامه‌های کنترل کیفیت و نگهداشت تجهیزات به منظور کاهش میزان اعمال نیرو به‌ویژه در فعالیت‌های غیرمفید.

روش‌های کنترلی مدیریتی از طریق کاهش 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 نوبت‌کاری در یک شغل سخت مشغول به کار نباشد)

ازآن‌جایی‌که آسیب‌های اسکلتی- عضلانی ماهیتی پیچیده دارند، برای همه آن‌ها رویکرد واحدی به‌منظور کاهش شدت و بروز موارد ابتلا وجود ندارد. اصول کاربردی جهت انتخاب اقدامات به شرح زیر می‌باشند:

- کنترل‌های مهندسی و مدیریتی مناسب در هر صنعت و محیط کار متفاوت است.
- جهت انتخاب روش‌های مناسب کنترلی نیاز به اظهارنظر متخصصین آگاه در این زمینه است.
- زمان موردنیاز جهت بهبود علائم MSDs از چند هفته تا چند ماه متغیر است و تعیین اثربخشی راهکارهای پیشگیری و کنترلی باید با در نظر گرفتن این امر صورت گیرد.

عوامل غیر شغلی

حذف همه اختلالات اسکلتی- عضلانی از طریق کنترل‌های مهندسی و مدیریتی امکان‌پذیر نیست. عوامل فردی و سازمانی موجود نیز ممکن است بر احتمال ابتلای فرد به اختلالات اسکلتی - عضلانی تأثیرگذار باشند. برخی از موارد مرتبط با عوامل غیرشغلی عبارت‌اند از آرتریت روماتوئید، اختلالات غدد درون‌ریز، ترومای حاد، چاقی، بارداری، سن، جنسیت، میزان آمادگی جسمانی، آسیب‌های قبلی، دیابت، فعالیت‌های تفریحی/ اوقات فراغت.

حد مجاز 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 می توان 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[1]، روش‌های دستگاهی[2] یا مستقیم، روش‌های خودگزارشی[3] و دیگر روش-های 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 حاضرتعداد 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 به‌تنهایی 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 این‌رو، 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 هرکدام 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 نه‌تنها 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 به‌کارگیری ابزارهای کمک تصمیم گیری مبتنی بر شواهد علمی، می‌تواند شکاف موجود میان دانش نظری روش‌ها و کاربرد صحیح آن‌ها در میدان عمل را پر کند. درهمین راستا برای رفع مشکلات فوق‌الذکر و با هدف کاهش خطا در انتخاب روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی، پیشنهاد می‌شود از یک ابزار تصمیم یار تحت عنوان DAT[۱] که کارایی آن درمطالعه 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 تصمیم یار 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 می بایست 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

---

۱ Decision Aid Tool

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 RULA[1] و REBA[2]) و اگر هدف، ارزیابی کل بدن در قالب یک عدد ریسک کلی باشد استفاده از روش‌هایی مانند RULA و REBA اشتباه بوده و باید از روش‌های دیگری (مانند OWAS[3] و WERA[4]) 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.

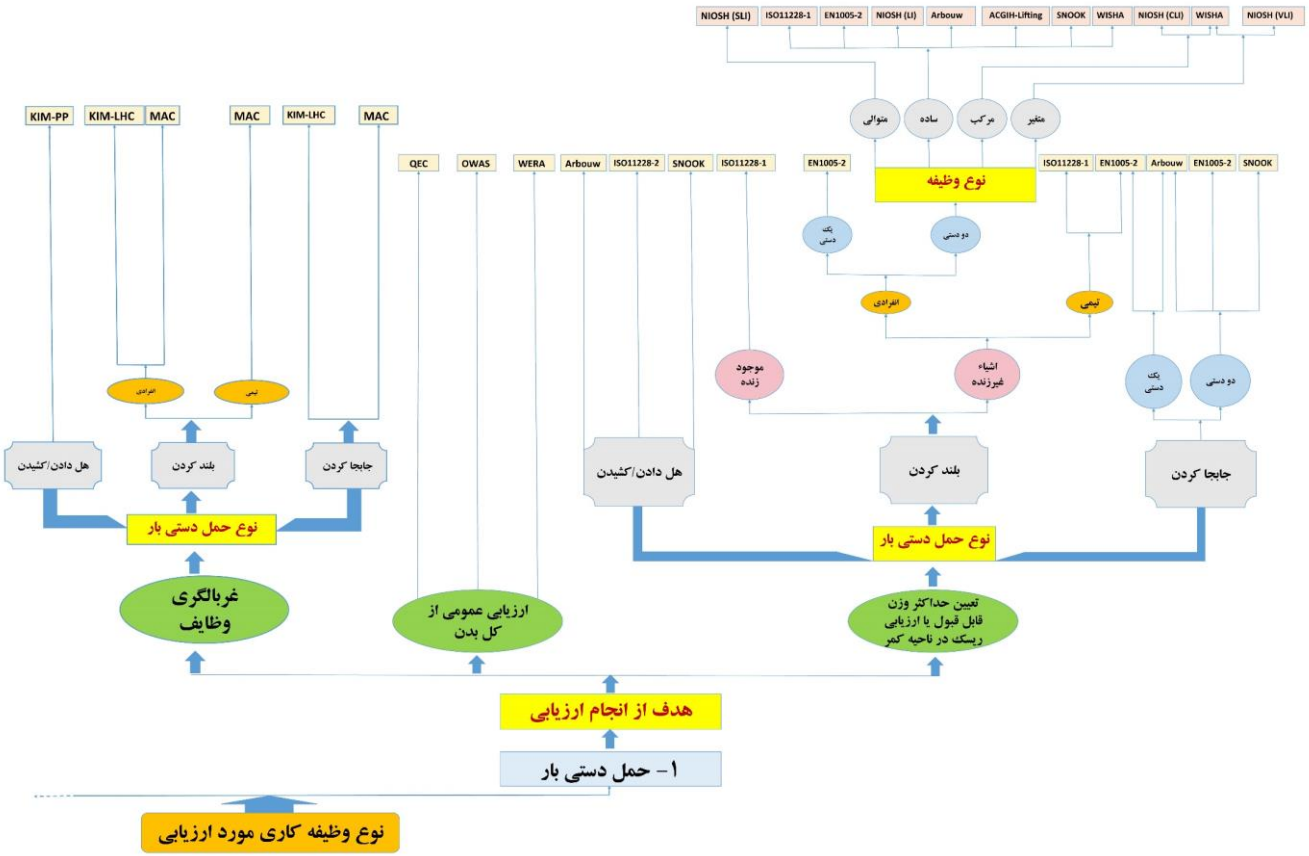
استفاده از این ابزار که تصویر آن در ادامه آورده شده است می‌تواند نقش مهمی در ارتقای کیفیت ارزیابی‌های ارگونومی، افزایش همسانی رویه‌ها، کاهش خطای انتخاب ابزار و در نهایت بهبود تصمیم‌گیری‌های کنترلی و قانونی- حقوقی ایفا نماید. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه روش‌های استفاده شده دراین ابزار دائماً درحال 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

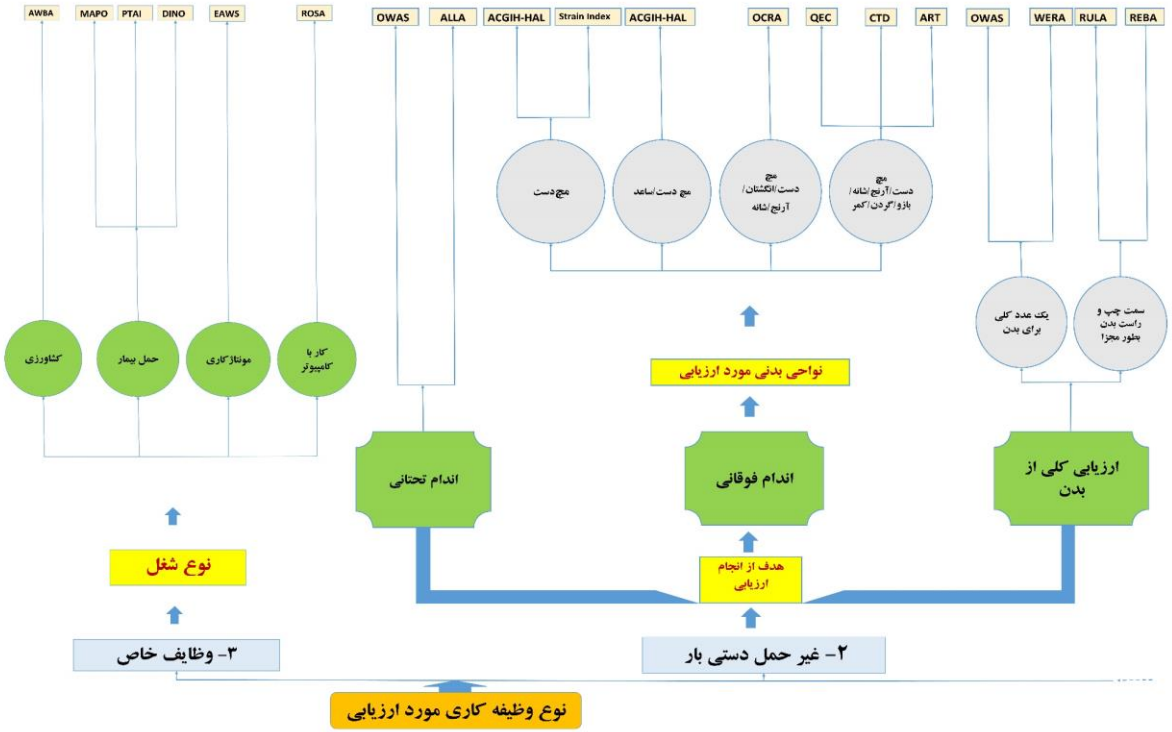
ارزیابی ارگونومی برخی مشاغل خاص توسعه پیدا کند که در صورتی که این روش‌ها از روایی و پایایی مناسبی برخوردار باشند می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

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

درخت تصمیم گیری برای انتخاب روش یا روش‌های ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار



(ادامه) درخت تصمیم گیری برای انتخاب روش یا روش‌های ارزیابی ریسک اختلالات



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 = ۲۲۰ – سن

۳- حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR[3]) در طول یک نوبت‌کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

MWHR =)MHR/۳(+ RHR

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

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

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

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 به‌دست‌آمده است بیشتر از MWHR حاصل از مرحله ۳ باشد، شرایط نامطلوب ارزیابی می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین است.

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

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

شدت کار	VO2 (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 دست۱ یا حد آستانه مجاز۲ فعالیت دست، در سال ۲۰۰۲ توسط کنفرانس آمریکایی متخصصان دولتی بهداشت صنعتی۳ پیشنهاد شده است. این ارزشیابی 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 شدهٔ بیشینه (NPF) (جدول ۲ را ببینید)
		تعیین سطح فعالیت دست (HAL) (شکل ۱ را ببینید)
		محاسبه نرخ یا نسبت NPF Ratio = NPF / (10-HAL)
☐ >TLV ☐ Al تا TLV ☐ <AL	☐ >TLV ☐ Al تا TLV ☐ <AL	تفسیر نتایج TLV= ۰/۷۸ AL= ۰/۵۶

در **اولین گام** میزان بیشینه تلاش موردنیاز برای اعمال نیروی بالا در چرخهٔ کار مشخص می‌شود. نیروی نرمال شده بیشینه۱ (NFP)، سطح نسبی تلاش بر روی یک شاخص صفر تا ۱۰ است که فردی با قدرت متوسط می‌تواند در پوسچرموردنظر 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 مشاهده‌ای که از روش شاخص تنش مور-گارگ۲ اقتباس شده است. روش کمی تعیین NPF اندازه‌گیری میزان اعمال نیروی بیشینه‌ی جمعیت (برای مثال صدک ۹۰ اُم) و مقایسه‌ی آن با قدرت میانگین جمعیت در همان پوسچر است (جدول ۲).

، Normalized Peak Force: NPF
2Moore-Garg Strain s Index

جدول۲ : نرخ‌دهی به سطح فعالیت دست

MVC٪	شاخص ذهنی		شاخص مشاهده‌گر Moore-Garg (روش جایگزین)	NPF
	نمره	عبارت شفاهی		
۰	۰	به هیچ‌وجه		۰
۵	۰/۵	فوق‌العاده ضعیف	تلاش راحت و به ندرت محسوس	۰/۵
۱۰	۱	خیلی ضعیف		۱
۲۰	۲	ضعیف	تلاش معین و محسوس	۲
۳۰	۳	متوسط		۳
۴۰	۴		تلاش مشهودی که باعث تغییر حالت چهره نمی‌شود	۴
۵۰	۵	قوی (سنگین)		۵
۶۰	۶		تلاش چشمگیر با تغییر در حالت چهره	۶
۷۰	۷	خیلی قوی		۷
۸۰	۸			۸
۹۰	۹		استفاده از شانه و تنه برای اعمال نیرو	۹
۱۰۰	۱۰	شدیداً قوی (تقریباً بیشینه)		۱۰

گام دوم، با هدف تعیین سطح فعالیت انجام می‌شود. تعیین سطح فعالیت دست با استفاده از یک شاخص لیکرت (صفر تا ۱۰) انجام می‌شود. بدین‌ترتیب که صفر نشانگر این است که هیچ فعالیتی با دست انجام نمی‌شود و ۱۰ به بیشترین سطح قابل تصور فعالیت دست اشاره دارد.همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود محاسبات فعالیت دست با در نظر گرفتن اثرات ترکیبی تعداد تکرارهای هر تلاش و بازه‌های زمانی تلاش‌ها انجام می‌شود. هرچه تعداد تکرار و بازه‌های تلاش بیشتر شود، سطح فعالیت دست بالاتر رفته و شانس بازیابی و استراحت کمتر می‌شود.



شکل ۱: *شاخص نمره‌دهی تخمین نیروی نرمال‌شدهٔ بیشینه برای نیروی دست‌ها. سطح فعالیت دست (HAL) (۱۰-۰) با استفاده از این راهنما می‌تواند انجام شود*

گام سوم محاسبهٔ نرخ یا نسبت NFP ratio است. نسبت‌هایی که کمتر از سطح اقدام (AL: Action Level) باشند ممکن است مورد پایش قرار گیرند، اما به تجزیه‌وتحلیل‌های تکمیلی نیازی نیست. اگر NFP ratio بیشتر از TLV باشد تجزیه‌وتحیل‌های 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 قابل‌توجهی در شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط است. اقدامات کنترلی مناسب باید به کار گرفته شود تا میزان

نیروی فعالیت دست کمتر از خط ممتد بالایی در شکل ۱ باشد. امکان تعریف یکOEL که همه کارگران را در همه موقعیت‌ها بدون تأثیر زیاد بر میزان کار محافظت کند، وجود ندارد. بنابراین، یک حد عمل تعیین‌شده در بالا که در آن کنترل‌های کلی، شامل نظارت و آموزش باشد، توصیه می‌شود.

روند انجام کار

۱- تعیین وظایف مربوط به فعالیت دستی انجام‌شده در طول روز کاری. ممکن است یک وظیفه یا بیشتر وجود داشته باشد که به‌طورکلی چهار ساعت یا بیشتر از کل زمان را به خود اختصاص دهد.

۲- برای هر وظیفه، یک دوره از آن را انتخاب کنید که نشان‌دهنده متوسط فعالیت باشد. دوره انتخاب‌شده باید شامل چندین چرخه کاری کامل باشد. برای مستندسازی و سهولت درجه‌بندی شغل می‌توان از فیلم‌برداری استفاده نمود.

۳- میزان فعالیت دست را با استفاده از مقیاس نشان داده‌شده در شکل ۲ درجه‌بندی کنید. درجه‌بندی مستقل مشاغل و بحث در مورد نتایج توسط سه یا چند نفر می‌تواند به ایجاد درجه‌بندی دقیق‌تری نسبت به درجه‌بندی‌های انفرادی کمک کند.

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، نارحتی یا کاهش کنترل حرکتی اندام‌های فوقانی تأثیرگذار باشند. همچنین این حد آستانه مجاز توصیه‌شده 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 وکارها 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 به‌صورت 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 یابد 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 بارکاری

عملکرد کاری به‌صورت توانایی تکرار و/یا تداوم بارهای بیومکانیکی برای دسترسی، گرفتن، نگه‌داشتن 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، نگه‌داشتن 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 براندام ها 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 اعمال شده 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 به‌صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی (%MVC[1]) گزارش می‌شوند.

بارها می‌توانند بر اساس مشاهده، برآورد ادراک‌شده از میزان تلاش توسط کارگران، اندازه‌گیری‌های مستقیم، اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم (مانند الکترومایوگرافی) و محاسبات بیومکانیکی تخمین زده شوند. قدرت عضلانی کارگر نیز می‌تواند به‌طور 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 بارکاری در مقالات علمی مستند گریده‌اند.

معادله مربوط به حد آستانه مجاز در شکل ۱:

$$\%MVC = (100\%) \bullet (-0.143 \ln (DC/100\%) + 0.066)$$

در این رابطه، %MVC بیانگر درصدی از حداکثر قدرت یا تلاش در دست، آرنج یا شانه است و DC[2] چرخه وظیفه است که به‌صورت 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:

$$\%DC = (100\%) \bullet e^{((0.066 - (\%MVC/100\%))/0.143)}$$

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 می‌کشند، هیچ‌یک از این فعالیت‌ها نباید از این حدود مجاز مجاز فراتر روند. در مورد اعمال نیروی استاتیک در دست، آرنج یا شانه، انتظار نمی‌رود که مدت زمان اعمال نیرو بیش از ۲۰ دقیقه باشد.

حداقل زمان بازیابی (RT[1]) از یک اعمال نیرو در فعالیت‌های تکراری را می‌توان با استفاده از رابطه زیر برآورد کرد:

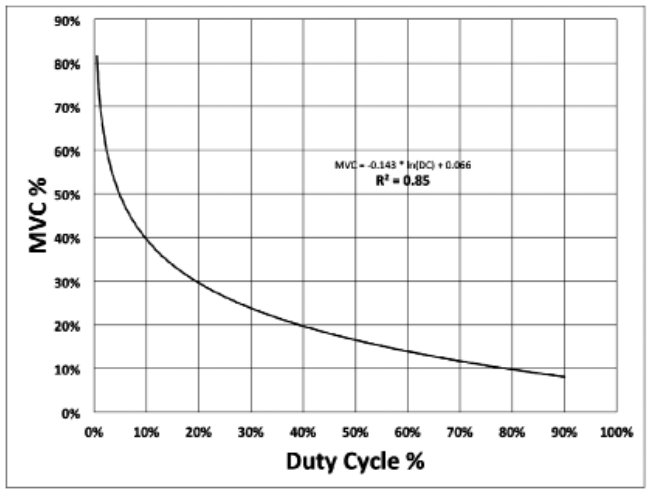
$$RT = (ET/e^{((0.066-\%MVC)/0.143)}) - ET$$

در این رابطه، ET[2] زمان اعمال نیرو است. چرخه وظیفه (DC) نیز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$DC = ET/(ET + RT)$$

این معادله را می‌توان در محدوده قابل اجرایی از حد آستانه مجاز به کار برد؛ یعنی زمانی که چرخه وظیفه بین ۰/۵٪ تا ۹۰٪ باشد، که مرتبط با با سطوح اعمال نیرو در محدوده تقریبی ۱۰٪ تا ۸۰٪ حداکثر انقباض ارادی (MVC) است.

[1] Recovery Time
[2] Exertion Time



شکل۱: حد آستانه مجاز ارزیابی خستگی موضعی اندام فوقانی بر اساس چرخه کاری

کار بالاتر از سطح شانه

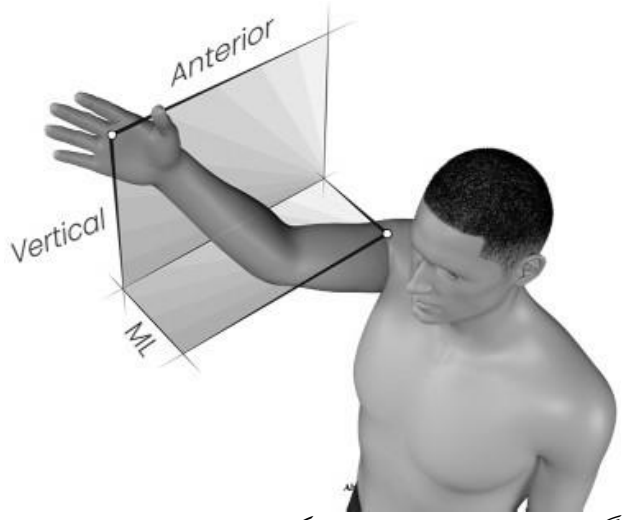
OEL شرایط فیزیکی محیط کار را برای کارهایی که در سطح یا بالاتر از ارتفاع شانه انجام می‌شوند، توصیه می‌کند. این حدود به گونه‌ای تعیین شده‌اند که اکثر کارگران می‌توانند به‌طور مکرر و روزانه در معرض این شرایط قرار گیرند بدون اینکه دچار خستگی یا اختلالات شانه مرتبط با کار شوند. با این حال، برخی عوامل خطر 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 به‌صورت 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، موقعیت-های دست هستند که که توسط زن بزرگسال در صدک ۵۰ قابل دسترسی نیستند.

اگر یک وظیفه هل دادن بالاتر از سطح شانه به‌طور 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 اعمال‌شده 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 می‌کند
- 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 نمی‌گیرد. این وظایف شامل فشار دادن یا کشیدن در ارتفاع پایین‌تر از شانه، بلند کردن یا حمل کردن می‌شوند. 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 نمی‌گیرند.

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.، شیوه های 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. IISE 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 بیولوژیک اطلاق می‌شود که قادر به ایجاد اثرات سوء بر سلامتی است (به عنوان مثال، عفونت یا حساسیت بیش از حد، ایجاد تحریک، التهاب یا سایر واکنش های نامطلوب).

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

برای برخی از مواد با منشأ بیولوژیکی، مثل سلولز، حد آستانه مجاز وجود دارد. این مواد شامل مواردی نظیر: برخی از انواع چوب، آرد، پنبه و غبار دانه ها، نیکوتین، پیرتروم، نشاسته، سابتیلیسین‌ها (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 می باشند. به دلایلی که در ادامه بحث مشخص شده است، هیچ حد مجازی وجود ندارد که بتواند غلظت هوای محیطی عوامل میکروبی را با هم مقایسه کند.

آلودگی بیولوژیکی محیط داخلی را می‌توان به این صورت تعریف کرد:

الف) بیوآئروسل‌هایی که احتمالاً اثرات سوء بر سلامت انسان دارند یا وی را مستعد می‌سازند

ب) غلظت‌های نامناسب هوابرد بیوآئروسل‌ها در محیط داخلی، که با لحاظ نوع فضا یا اهداف سکونتی تعیین می‌شوند.

ج) رشد میکروبی در محیط‌های سرپوشیده، تقویت یا ابقای رشد بیولوژیکی، منابع عوامل عفونی یا بیماری‌زا، یا 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 بیوآئروسل‌ها بر این نظر است که، در حال حاضر، اندازه گیری و تجزیه و تحلیل غلظت موجود بیوآئروسلها در هوا را نمی‌توان فقط با تکیه بر شرایط و مواجهه خطرات نامطلوب سلامتی تعیین کرد.

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

با توجه به طبیعت متنوع و تعاملی محیط‌های داخلی (سرپوشیده)، نمونه‌برداری محیطی برای بیوآئروسل‌ها باید فقط با پیروی از قواعد فرضیات دقیق قابل آزمایش در مورد منابع بالقوه بیوآئروسل و همچنین سازوکارهایی باشد که ساکنین از این منابع در معرض بیوآئروسل قرار بگیرند. حتی وقتی

محققان از فرضیه‌های قابل آزمایش و برنامه‌های نمونه‌گیری به خوبی فرموله شده استفاده می‌کنند، نتایج حاصل از بررسی بیوآئروسول‌های محیطی می‌تواند غیرقطعی و گمراه کننده باشد. تفسیر نتایج 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 روش های تحلیلی، روابط دوز–پاسخ نامشخص، حساسیت فردی و تنوع ذاتی در غلظت پس زمینه، هیچ حد آستانه مجازی برای غلظت های موجود در هوا وجود ندارد: به عنوان مثال، الف) کل باکتری‌ها، قارچ‌ها یا ویروس‌ها؛ ب) بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش خاص (مانند،آسپرژیلوس فومیگاتوس[1] ؛ ج) عوامل عفونی (مانند لژیونلا پنوموفیلا[2]، سارس–کووید–۳۲، یا مایکوباکتریوم توبرکلوزیس[4] د) آلاینده‌های بیولوژیکی قابل سنجش (به عنوان مثال، اندوتوکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، آنتی ژن‌ها یا ترکیبات آلی فرار میکروبی[5]).

الف – کل بیوآئروسل‌های قابل کشت یا قابل شمارش. بیوآئروسل‌های قابل کشت آن دسته از باکتری-ها، ویروس‌ها و قارچ‌هایی هستند که می‌توان با روش‌های شناخته شده و پذیرفته شده آنها را نمونه-برداری کرد و سپس در محیط کشت در آزمایشگاه رشد داد. چنین نتایجی به عنوان تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFU[6]) در هر حجم نمونه گزارش می شود (به عنوان مثال، متر مکعب هوا). بیوآئروسل‌های قابل شمارش نیز اسپورهای قارچی، سلول‌های باکتریایی و سایر موادی هستند که می-توانند 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 بیوآئروسل قابل کشت یا قابل شمارش وجود ندارد:

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

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

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

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

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

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

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

داده های موجود برای توصیف روابط مواجهه – پاسخ کافی نیستند. دلایل عدم وجود 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 قارچ های قابل کشت برای نشان دادن مواجهه آنتی ژن‌های قارچی موجود در هوا استفاده می‌کنند. علاوه بر این، بیشتر اندازه گیری‌ها یا از نمونه‌های ناحیه و یا از نمونه‌های منبع انجام می‌شود. این رویکردهای نظارتی، در بهترین حالت، برآوردی خام از مواجهه با انسان است. برای ایجاد داده‌های لازم برای استخراج OEL، نمونه‌برداری فردی از عوامل موثر ضروری است.

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

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

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

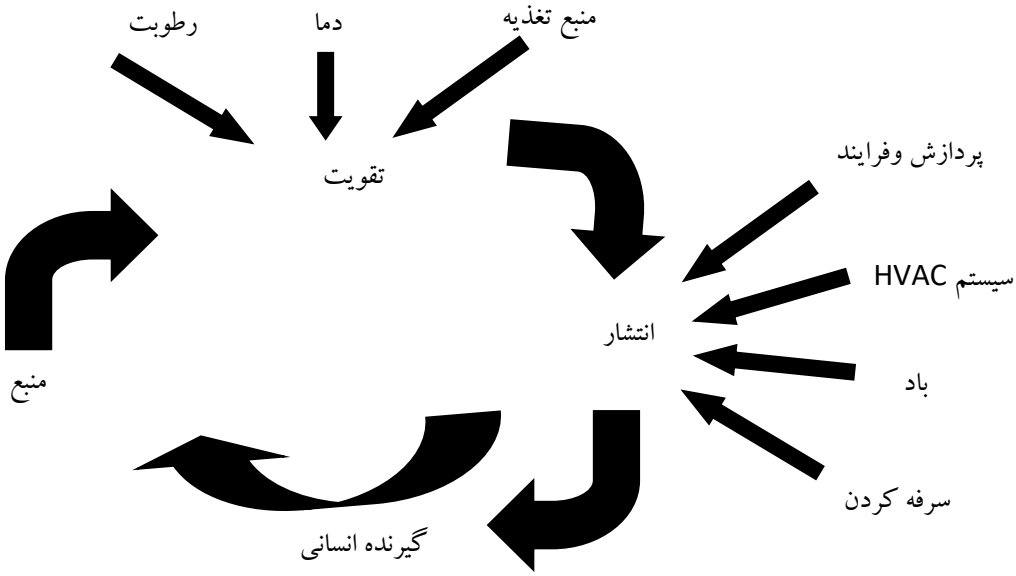
ج- عوامل عفونی: روابط مناسب مواجهه و پاسخ انسان برای بیوآئروسل‌های عفونی برای اکثر میکروارگانیسم‌ها و ویروس‌ها مشخص نشده است. در حال حاضر، پروتکل‌های نمونه‌برداری هوا برای عوامل عفونی بسیار محدود است. نمونه برداری هوا برای تعیین TWA یا مواجهه گذرا در اکثر محیط‌ها عملی نیست. این موارد می‌توانند برای امور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

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

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

استراتژی ارزیابی مواجهه با بیوآئروسول ها

چنانکه پیش از این بیان شد با وجود رابطه اثبات نشده بین مواجهه با آلاینده‌های بیولوژیکی خاص و اثرات بهداشتی، اطلاعات علمی کافی برای ایجاد TLV یا حد آستانه مجاز برای این آلاینده‌ها وجود ندارد. برای مثال رابطه بین مواجهه واقعی با میکروارگانیسم های هوابرد و مواجهه ای که اندازه‌گیری می‌شود (مثلاً با جمع آوری میکروارگانیسم ها، کشت آنها و در نهایت شمارش کلونی‌ها) نامعلوم است و به میزان زیادی به روش جمع آوری و آنالیز بستگی دارد. علاوه بر این آسیب‌پذیری انسان به این دسته از آلاینده‌ها به شدت متغیرست و بدست آوردن رابطه دوز – پاسخ معتبر را بسیار مشکل کرده است. به خاطر دلایل بالا، هیچ‌گونه استراتژی ارزیابی مواجهه استاندارد شده‌ای برای بیوآئروسول‌ها وجود ندارد. هر موقعیت از برخی جهات یکتاست، و استراتژی اندازه‌گیری برای هر موقعیت باید متناسب با آن گردد. با این حال در زمینه ای از یک چارچوب کاری می‌توان 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، جمع آوری 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 جمع آوری انواع نمونه های 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 می‌توانند 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 میکروارگانیسم ها را افزایش دهند. مناطق معمول مورد استفاده، ورودی‌های هوای بیرون، برج‌های خنک کننده، فیلترهای هوا و تبادل کننده های هوا مثل کویل یا پیچه‌های گرم کننده و سرد کننده، (اتاقک یا) پلنوم های تأمین هوا، پخش کننده های هوای پشتیبان، واحدهای تهویه مطبوع، فرش‌ها، رطوبت زاها، لوله کشی ها، 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.

قاعده مندسازی فرضیه

براساس دانش موجود دربارهٔ طبیعت علائم و شکایات و محیط ساختمان و منابع و مسیرهای ممکن آلاینده، می‌توان فرضیه ای 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 نمونه های کافی جمع آوری گردد. ترکیب نمونه های هوا و منبع بایستی برای آزمون این فرضیه کافی باشد که آیا یک منبع معین علت افزایش بیوآئروسول با گونهٔ خاص هست یا خیر.

اطلاعات جمع آوری 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.

نمونه های هوای خارج از نزدیک ورودی هوای پاک بیرون به داخل ساختمان گرفته می‌شوند. اگر منبع داخلی وجود ندارد، در این صورت هوای داخلی حاوی میکروارگانیسم هایی مشابه هوای بیرون خواهد بود، البته با غلظت بیوائروسول کمتر. با این حال اگر گونه های خاصی از میکروارگانیسم ها از سطوح معمول آن بیشتر باشند، این نشان دهندهٔ وجود یک منبع داخلی میکروارگانیسم است.

اگر چه نمونه های 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 گروه های 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 قرارمی دهد و بنابراین بر روی قسمت انتهایی نمودار توزیع مواجهه تمرکز می کند. سطوح بیوائروسول 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 می‌باشد، با این حال در یک محل کار که یک منبع داخلی بیوائروسول دارد، سطوح قارچی احتمالاً در طول زمستان در حداکثر مقدار خود می‌باشند.

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 می‌شود (مثلاً زمان میانگین یک شیفت ۸ ساعته کاری)، در حالی که برای اثرات حاد بر سلامتی یک میانگین زمانی کوتاه تر ترجیح داده می‌شود. (حدود ۵ تا ده دقیقه). چنین معیارهای برای تعداد اندکی از بیوائروسول ها (مثل غبار چوب، کتان، و غبارات حبوبات) تعیین شده است، اما برای بسیاری از بیوائروسول ها به خصوص میکروارگانیسم های 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 اندازه‌گیری‌های بیشتر می‌تواند جهت کنترل مواجهه صورت پذیرد.

روش‌های اندازه گیری بیوائروسول ها

بیوائروسول‌ها می‌توانند یا توسط میکروسکوپ یا به وسیله کشت دادن در واسطه رشدی که روی آن جمع آوری شده‌اند 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 می گردد.

بسیاری از جنبه های حاصل از نمونه برداری بیوائروسول 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 جمع‌آوری، 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 می گردد. برای مثال در حالی که اسپورهای آسپرژیلوس می‌توانند برای دوره های طولانی مدت زمانی زنده بمانند، استاکیبوتریس چارتاروم به سرعت می‌میرد.

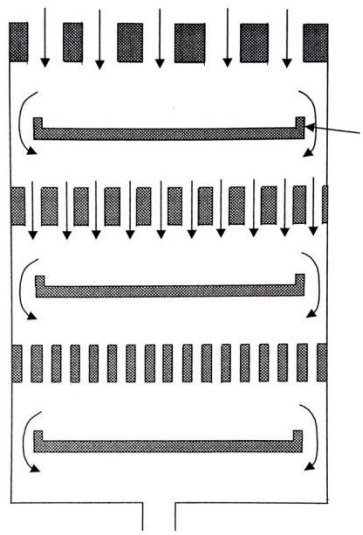
انتخاب واسطه رشد در این زمینه بسیار مهم است. آگارها واسطه‌هایی هستند که حاوی مواد غذایی و آب اند که رشد میکروارگانیسم را افزایش می‌دهند، در حالی که مالت استخراجی از اگار برای بسیاری از قارچ‌های ساپروتروفیک و زیرافیلیک مناسب است، استاکیبوتریس چارتاروم نیاز به واسطه یا محیط کشتی دارد که از نظر گلوکز غنی نباشد و بنابراین محیط کشت سلولزآگار ترجیح داده می‌شود. برای باکتری‌هایی هوابرد، واسطهٔ کشتی مثل بلادآگار (که در نوع خود دارای فرمولاسیون های متفاوتی است)، تریپتیک سوی آگار با ظرف هوازی و پپتون واتر ۱٪ (V/V) استفاده می‌شود. انتخاب واسطه کشت بستگی به گونه های 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 بیوائروسول در دمای مخصوص انکوبه می‌شوند (داخل دستگاه انکوباتور قرار داده می‌شوند) که بهترین دمایی است که رشد میکروارگانیسم مورد نظر در آن می‌تواند صورت بگیرد. برخی گونه های میکروبی در دمای ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتی گراد انکوبه می‌شوند، در حالی که دیگر گونه‌ها در دمای ۲۸ تا ۳۵ درجه سانتی گراد بایستی انکوبه شوند.

سه دسته از روش‌های نمونه برداری برای جمع آوری بیوائروسول ها استفاده رایج‌تری دارند:

۱- برخورد بیوآئروسول ها به صفحه آگار

ایمپکتورهای براساس اثر اینرسی عمل می کنند. چندین نوع از طرح‌های ایمپکتور برای نمونه برداری از بیوائروسول‌ها استفاده می‌شود. این موارد شامل *مولتی اوریفیس، ایمپکتور یک مرحله ای* و *ایمپکتور کاسکید (یا برخورد ساز آبشاری)* می‌باشد. به جای جمع آوری ذرات بر روی پیش ماده (سوبسترا) های آلومینیومی، آنها را بر روی صفحات آگاری جمع آوری می کنند (شکل زیر).



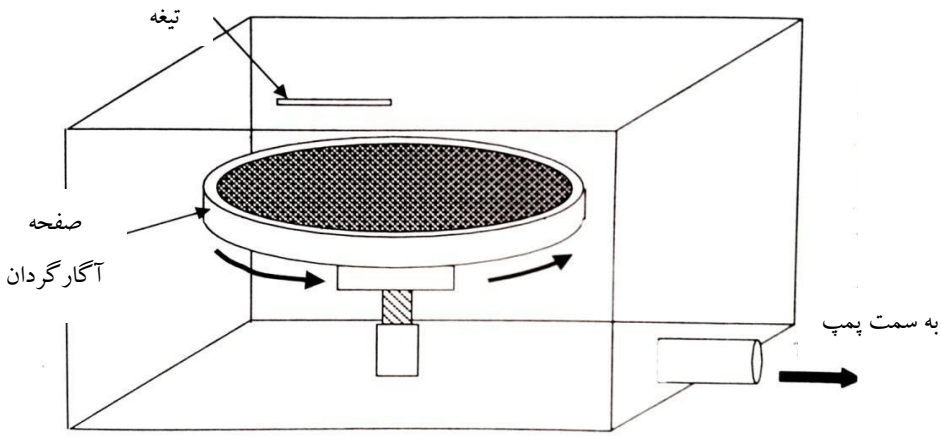
ایمپاکتور کاسکید مولتی اوریفیس برای نمونه برداری از بیوائروسول ها

صفحات آگار را بعد از نمونه برداری بیرون آورده شده و برای احیای بیوائروسول های قابل کشت انکوبه می‌شوند. مولتی اوریفیس ها توزیع یکنواخت بیوائروسول را مطمئن می‌سازند. 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 می‌کنند 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 می‌باشد. نمونه بردار ائروسول سیستم هوای سطحی (SAS) ایمپکتور رایج دیگری است که نقطه انقطاع ۲ میکرومتری دارد. *ایمپاکتور کاسکید فردی مارپل* در ۲ لیتر بر دقیقه عمل می‌کند و برای نمونه برداری فردی استفاده دارد. ایمپاکتورهای کاسکید می‌توانند 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 می‌گردد. (مثل نمونه بردار تک شکاف کاسلا)؛ یا اینکه روی یک نوار نازک نمونه برداری می‌شوند و از آنها آنالیز میکروسکوپی به عمل می‌آید (مثل نمونه بردارهای اسپور و گرده گیاهان). معمولاً واسطه نمونه برداری به آرامی در زیر تیغه می‌چرخد 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 جمع‌آوری آنها استفاده می‌کند. یک موتور با عمل چرخش، نمونه برداری از هوا را در یک فلوی ۴۰ لیتر بر دقیقه‌ای ممکن می‌سازد و ذرات به طور شعاعی بر روی صفحه نوار آگار با نیروی گریز از مرکز برخورد می‌کنند. هوا از طریق دهانه ای یکسان وارد و خارج می‌شود.

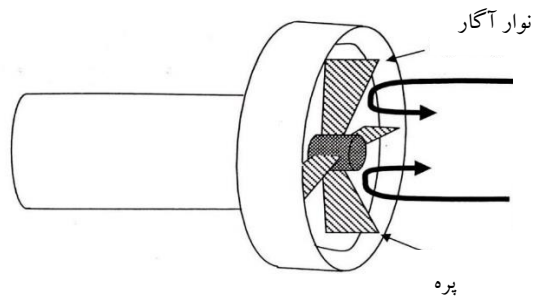


ایمپکتور گریز از مرکز

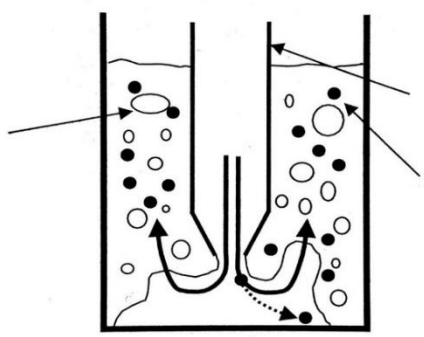
۲- نمونه برداری از بیوائروسول ها به وسیله ایمپینجرهای حاوی مایع

ایمپینجرها (که در فصل ۶ توضیح داده شد) نیز با استفاده از برخورد در اثر اینرسی ذرات را جمع آوری می‌کنند. جریان هوا وارد یک حجم از مایع می‌شود و ذرات در مایع به دام می‌افتند (شکل ۱۴-۶). انتشار ذرات کوچک‌تر بر روی سطح حباب‌دار نیز مکانیسمی برای ذرات کوچک‌تر است.

ایمپینجرهای AGI-۴ و AGI-۳۰ برخی از ایمپینجرهای رایج‌تر مورد استفاده‌اند. آنها در یک فلوی ۱۲/۵ لیتر بر دقیقه عمل می‌کنند 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 (کوتوله) 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 بیوائروسول در یک ایمپینجر

سیکلون‌های تر (که به سیکلون اسکرابر نیـز معروف‌اند) یک لایـه 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 دورهٔ 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، توده های سلولی به سلول‌های منفرد در آب تجزیه می‌گردند و در نتیجه برآوردی دقیق‌تر از غلظت بیوائروسول بدست می‌آید.

۳- نمونه برداری از طریق فیلتر

جمع آوری بیوائروسول 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 می‌شوند.

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 ۲۸/۳ لیتر بر دقیقه و زمان نمونه برداری ۳ دقیقه، بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$LOD = \frac{1CFU}{28/3 L y \min \times 3 \min \times 10^{-3} m^3 / L} = 12 CFU / m^3$$

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 می‌شود را مد نظر قرار دهیم. برای مثال برای یک ایمپینجر که در فلوی ۱۲/۵ 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 می‌شود)، میزان LOD

برابر است با :

$$LOD = \frac{1CFU / ml \times 20 ml}{12/5 L / \min \times 30 \min \times 10^{-3} m^3 / L} = 53 CFU / m^3$$

حدود تعیین مقدار

از آنجا که تعیین مقدار، با شمارش تعداد نسبتاً کم کولونی‌ها صورت می گیرد، مناسب‌ترین گزینه برای تشخیص توزیع، استفاده از توزیع آماری پوآسون است. ضریب تغییرات به طور تقریبی برابر با

عکس ریشه مجذور تعداد کلونی‌هاست. 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 ارگانیسم‌ها 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 نمونه‌برداری 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 $/cm^2$ ۱۰۴، 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 $\#/cm^2$) که می‌تواند به طور دقیق اندازه گیری شود برابر خواهد بود با:

$$C_{man} = \frac{\delta A}{Qt}$$

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 بیوائروسول 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 می کنند. 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 هایندس (۱۹۹۹) بیانی را برای این فاکتور تصحیح فراهم آورده که آن را بدین صورت تعیین می کند:

$$N_C = N_f \left(\frac{۱/۰۷۵}{۱/۰۵۲ - f}\right)^{۰/۴۸۳} \qquad \text{برای} \quad F < ۰/۹۵$$

که در آن N_f تعداد CFN ها با محل‌های اشغال شده یا دریچه های مثبت است، N_C برابر تعداد CFU های تصحیح شده و f جزئی از جایگاه‌هایی است که اشغال شده‌اند، یعنی $\frac{N_t}{N_{total}}$.

برای ایمپکتور ۴۰۰ سوراخه می‌توانیم حداکثر ۴۰۰ کلونی 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 :

$$C_{\max} = \frac{۲۶۲۸ CFU}{۲۸/۳ L/\min \times ۳ \min \times ۱۰^{-۳} m^۳/L} \approx ۳۱۰۰۰ CFU/m^۳$$

همان‌طور که می‌بینید حداکثر غلظت قابل اندازه گیری 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 Gurumurthy, 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