

۱- تماس موضعی بدن با ارتعاش

راه انتقال انرژی ارتعاشی به بدن عمدتاً اندامهای فوقانی و تحتانی بخصوص دستهاست و بدین جهت است که اثرات موضعی ارتعاش بنام «سندرم دست و بازو ناشی از ارتعاش»^۱ خوانده شده است. مقادیر «حد تماس شغلی» ذکر شده در جدول ۱ به آن مقدار مؤلفه شتاب و مدت تماس با آن اشاره می‌کند که تحت آن شرایط تقریباً کلیه کارگران ممکن است مکرراً در تماس باشند، بدون آن‌که از مرحله یک طبقه بندی استکهلم برای ایجاد انگشت سفید ناشی از ارتعاش^۲ که به آن پدیده رینود^۳ با منشا شغلی هم می‌گویند، فراتر رود. بدلیل محدودیت اطلاعات مورد نیاز درخصوص ارتباط بین پاسخ-دوز و عارضه VWF ناشی از ارتعاش، این توصیه براساس مطالعات اپیدمیولوژیک و در بین کارگران جنگل کاری، معدن و فلزات تدوین شده است. این مقادیر بایستی جهت کنترل و کاهش تماس با ارتعاش مورد استفاده قرار گیرند و به جهت حساسیت برخی افراد نباید به عنوان مرز بین حد ایمن و خطر محسوب شوند و باید در نظر داشت که حفاظت دست و بازو در برابر سندرم ناشی از ارتعاش فقط با مراعات یک «حد تماس شغلی معین» میسر نمی‌شود و برای پیشگیری از عارضه مذکور باید توصیه‌های زیر مورد توجه قرار داده شود:

- ۱- ابزار کار به وسایل و قطعات ضد ارتعاش مجهز باشند.
- ۲- از دستکش‌های ضد ارتعاش در حین کار استفاده شود.
- ۳- برای کاهش مواجهه با ارتعاش، کار به روش مناسب انجام داده شود بطوری که دست‌ها و بقیه بدن در حین کار گرم نگه داشته شوند و همچنین انتقال ارتعاش از ابزار مرتعش به کارگر به حداقل ممکن کاهش یابد.
- ۴- انجام یک برنامه مراقبت پزشکی هوشیارانه می‌تواند سندرم دست-بازو ناشی از ارتعاش را از محیط کار حذف نماید.

جدول I- مقادیر حد تماس شغلی مواجهه دست با ارتعاش در هریک از جهات Z_h, Y_h, X_h

مقدار شتاب a_{rms}^{**} غالب در فرکانس مؤثر که نباید از a_{kg}, a_k تجاوز کند		کل مدت تماس روزانه *
$g^{\#}$	m/s^2	
۰/۴۰	۴	۴ ساعت و کمتر از ۸ ساعت
۰/۶۱	۶	۲ ساعت و کمتر از ۴ ساعت
۰/۸۱	۸	۱ ساعت و کمتر از ۲ ساعت
۱/۲۲	۱۲	کمتر از ۱ ساعت

* کل زمانی که ارتعاش طی یک روز کاری بصورت پیوسته یا متناوب به دست منتقل شده است.

** معمولاً ارتعاش در یک محور بیش از دو محور دیگر می‌باشد. اگر در یک یا چند محور میزان ارتعاش از «کل مدت تماس روزانه» تجاوز کند، از حد تماس شغلی نیز تجاوز کرده است

$$g=9/81m/s^2 \#$$

¹ HAVS: HAND-ARM vibration syndrom

² Vibration-induced white finger

³ Raynaud's phenomenon





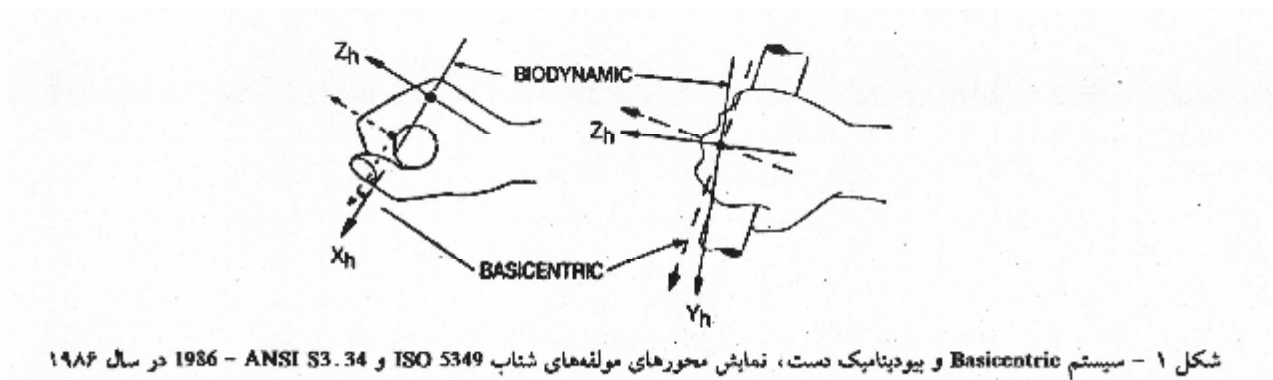
نکاتی درباره جدول ۱-

- ۱- در نمودار ۱ شبکه سنجش وزنی که مورد استفاده قرار گرفته شده است، بهترین وسیله برای دستیابی به مؤلفه‌های شتاب در فرکانس‌های وزن یافته می‌باشد. از آنجایی که مطالعات اخیر نشان داده که شبکه وزنی فرکانسی در فرکانس‌های بالا (بیش از ۱۶ هرتز) حفاظت را بطور کامل تامین نمی‌نماید بنابراین باید در هنگام استفاده از ابزارآلاتی که تولید فرکانس‌های بالا را می‌نمایند، جاتنب احتیاط را رعایت نمود.
- ۲- تماس‌های حاد با مؤلفه‌های شتاب مؤثر (rms) در فرکانس‌های وزن یافته در مقادیری بیش از حد تماس شغلی که بصورت گاهگاه یا نامکرر اتفاق می‌افتد، (مثلاً یک روز در هفته یا چند روز طی دو هفته) الزاماً زیان بیشتری ندارند.
- ۳- به‌نظر می‌رسد تماس‌های حاد با مؤلفه‌های شتاب مؤثر (rms) در فرکانس‌های وزن یافته به میزان سه برابر مقدار حد تماس شغلی، عوارضی مشابه اثرات ناشی از مواجهه ۵ تا ۶ سال با ارتعاش را به بار می‌آورد.
- ۴- برای جلوگیری از بروز عارضه و همچنین شناخت افراد حساس به ارتعاش، معاینات پزشکی سالانه و دوره‌ای در مورد کارگران در معرض ارتعاشات وارد بر دست - بازو باید انجام شود.
- ۵- در موارد تماس مداوم، برای کاهش اثرات زیان‌آور ناشی از ارتعاش، برنامه کار باید تعدیل شود و بصورت یک ساعت کار و ۱۰ دقیقه استراحت تنظیم شود.
- ۶- کار باید با روش مناسب انجام شود و بدین منظور کارگران باید در خصوص استفاده از ابزارها و فرآیندهای پرقدرت در شرایط ایمن آموزش داده شوند تا:
 - میزان نیروی مصرفی برای گرفتن دسته ابزار به حداقل برسد
 - بدن و دست‌ها را گرم و خشک نگه دارند.
 - از استعمال دخانیات پرهیز نمایند.
 - تا حد امکان از ابزارها و دستکش‌های ضد ارتعاش استفاده نمایند. به‌طور کلی دستکش‌ها برای میرایی ارتعاش فرکانس‌های بالا تاثیر بیشتری دارند.
- ۷- وزن شتاب سنج دستگاه همراه با وسایلی که برای تماس با منبع ارتعاش بکار می‌رود، باید کمتر از ۱۵ گرم باشد و باید خطای اندازه‌گیری در محورهای متقاطع (X,Y,Z) کمتر از ۱۰٪ باشد.
- ۸- اندازه‌گیری ارتعاشات از نوع ضربه‌ای با جابجایی زیاد مانند آن‌چه در وسایل بادی ضربه‌زن وجود دارد، توسط شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک (با میرایی مکانیکی کم) با خطای زیاد انجام می‌شود. با قراردادن فیلترهای مکانیکی پایین‌گذر، بین شتاب‌سنج و منبع ارتعاشی برای حذف فرکانس‌های ۱۵۰۰ هرتز و یا بیشتر، می‌توان خطای سنجش در هنگام خواندن مقادیر را کاهش داد.
- ۹- 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 باید گزارش شود.

ارتعاش دست - بازو از نوع پیوسته، منقطع، ضربه‌ای یا کوبه‌ای^۴:

اندازه‌گیری ارتعاش باید براساس روش‌ها و وسایل اندازه‌گیری که توسط ISO 5349^۵ و ANSI S3.43^۶ در سال ۱۹۸۶ توصیه شده است، انجام گیرد و خلاصه آن به شرح زیر است:

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



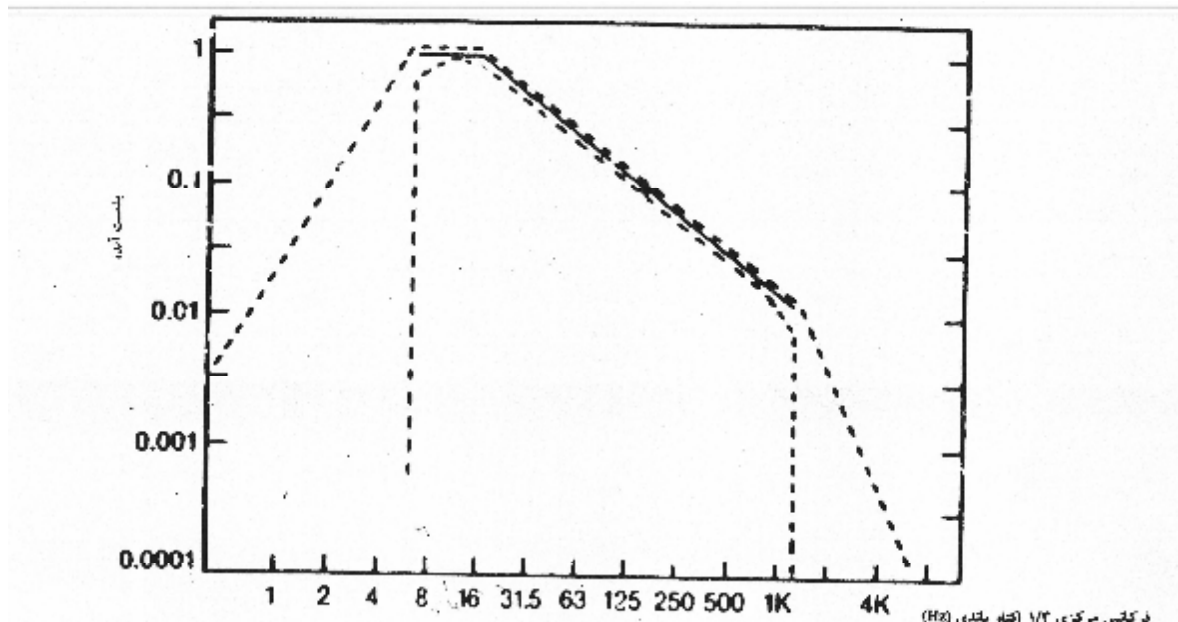
در هنگام اندازه‌گیری، شتاب سنج (سبک و کوچک) باید به گونه‌ای نصب شود که یک یا چند مؤلفه عمود برهم منتشره از منبع ارتعاشی در گستره فرکانس ۵ تا ۱۵۰۰ هرتز را به دقت ثبت نماید. هریک از مؤلفه‌های شتاب را باید در فرکانس وزن‌یافته^۷ ثبت نمود که این کار با کمک وسایل اندازه‌گیری «پاسخ انسان به ارتعاش» که مجهز به شبکه فیلتری برای سنجش شتاب در فرکانس‌های مورد نظر هستند می‌توان انجام داد. (نمودار ۱)

^۴ Continuous, intermittent, impulsive or impact Hand-Arm vibration

^۵ ISO 5349 (1986) guide for the measurement and Assessment of Hand Transmitted Vibration

^۶ ANSI S3.43 (1986) Guide for the measurement and evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand

^۷ Frequency-Weighted



شکل ۲: خصوصیت پلست آمله بر روی شبکه فیلتری مورد استفاده در فرکانس مؤثر مؤلفه های شتاب (خط مستقیم). (خطوط منقطع) مقاومت فیلترهایی از نوع ISO 5349 و ANSI S3.34 (۱۹۸۶) می باشد.

ارزیابی تماس با ارتعاش در سه محور (Z_h, Y_h, X_h) باید انجام شود چون ارتعاش یک کمیت برداری (دارای مقدار و جهت) می باشد. در هر امتداد، ارتعاش در مدت معمول کار با ابزار، ماشین یا قطعه کار پرتوان باید به وسیله مقدار جذر مربع میانگین شتاب (rms) مؤلفه ها در فرکانس وزن یافته برحسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) با واحدهای شتاب جاذبه (g) تعیین شود که بزرگترین مقدار a_k اساس و پایه ارزیابی تماس قرار می گیرد. برای اندازه گیری در هر محوری که انجام گیرد، انتگرال خطی برای ارتعاشاتی که مدت آن ها خیلی کوتاه و یا اساساً از نظر زمانی با یکدیگر متفاوت می باشند، بکار گرفته می شود. اگر تماس کلی روزانه با ارتعاش در یک امتداد معین، ترکیبی از چند تماس در شتاب های مؤثر (rms) مختلف باشد، در این موارد شتاب معادل در آن جهت خاص در فرکانس وزن یافته باید مطابق رابطه زیر اندازه گیری شود:

$$(a_{k\theta q}) = \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n [(a_{ki})^2 T_i] \right]^{1/2} = \sqrt{(a_{k1})^2 T_1 / T + \dots + (a_{kn})^2 T_n / T}$$

به طوری که :

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

و T برابر با کل مدت مواجهه روزانه

a_{ki} مؤلفه i شتاب مؤثر (rms) در فرکانس وزن یافته با مدت T_i

محاسبات مزبور ممکن است توسط دستگاه های سنجش پاسخ انسان به ارتعاش انجام شود.

حد تماس شغلی عوامل فیزیکی محیط کار - ارتعاش

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

جدول II : طبقه بندی استکهلم برای (HAVS) عارضه دست و پا زو ناشی از ارتعاش "علائم پالینی" اعصاب حسی و عروق محیطی که توسط سرما ایجاد میشود.

ارزیابی عروقی		
شرح علائم پالینی	درجه عارضه	مرحله عارضه
حملاتی ندارد	—	صفر
حد ازلت سفید شدن پوست انگشت فقط در نوک یک انگشت یا بیشتر عارض میشود.	خفیف	یک
حملات سفید شدن گاه به گاه پوست انگشت در بندهای ناخن دار و بندهای میانی و بندرت در بند انگشت کوچک یا چند انگشت ظاهر میشود.	متوسط	دو
حملات سفید شدن پوست انگشت مکرراً در همه بندها و اغلب انگشتان ظاهر می شود	شدید	سه
تمام علائم مرحله سه به اضافه اختلال تغذیه در نوک انگشتان	خیلی شدید	چهار
ارزیابی اعصاب حسی		
علائم پالینی	مرحله	
یا ارتعاشی تماس دارد ولی علائم پالینی ندارد	صفر (اعصاب حسی)	
حالت گریختگی متناوب ، تنها و یا همراه با حس سوزن سوزن شدن در انگشتان	یک (اعصاب حسی)	
حالت گریختگی متناوب و یا پایدار و تقلیل حس در نوک پوستی	دو (اعصاب حسی)	
حالت گریختگی متناوب و یا پایدار و تقلیل حس لامسه برای تشخیص موارد متفاوت لمس همراه با تقلیل مهارت (حرکات سریع و دقیق دستی) در کارهای دستی	سه (اعصاب حسی)	
مراحل مختلف برای هر دست جداگانه گزارش میشود (برای مثال - مرحله دو در دست چپ در دو انگشت و مرحله یک در دست راست در یک انگشت) (۲L, ۲R) / (۱L, ۱R)		

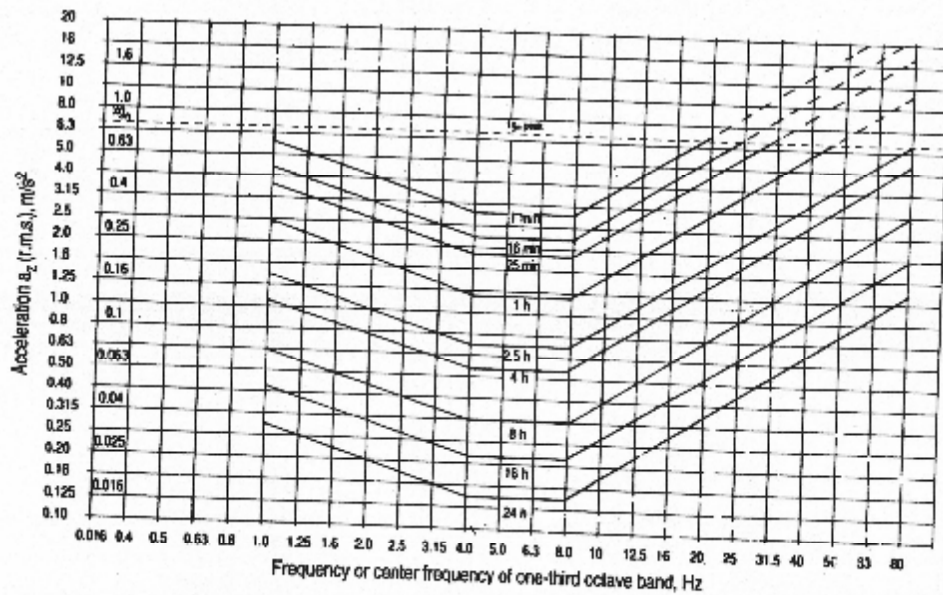
۲- ارتعاش تمامی بدن:

مقادیر حد تماس شغلی در اشکال ۱ و ۲ (جداول ۱ و ۲) به ارتعاش وارده به تمامی بدن ناشی از عوامل مکانیکی (WBV^8) با مقدار و جهت مؤلفه شتاب مؤثری (RMS) اشاره دارد که به نظر می رسد چنانچه تقریباً کلیه شاغلین بطور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند، احتمال عوارضی مانند کمردرد، اثرات سوء بر مهره های کمر و ناتوانی در رانندگی با وسایل نقلیه زمینی، ظاهر نگردد.

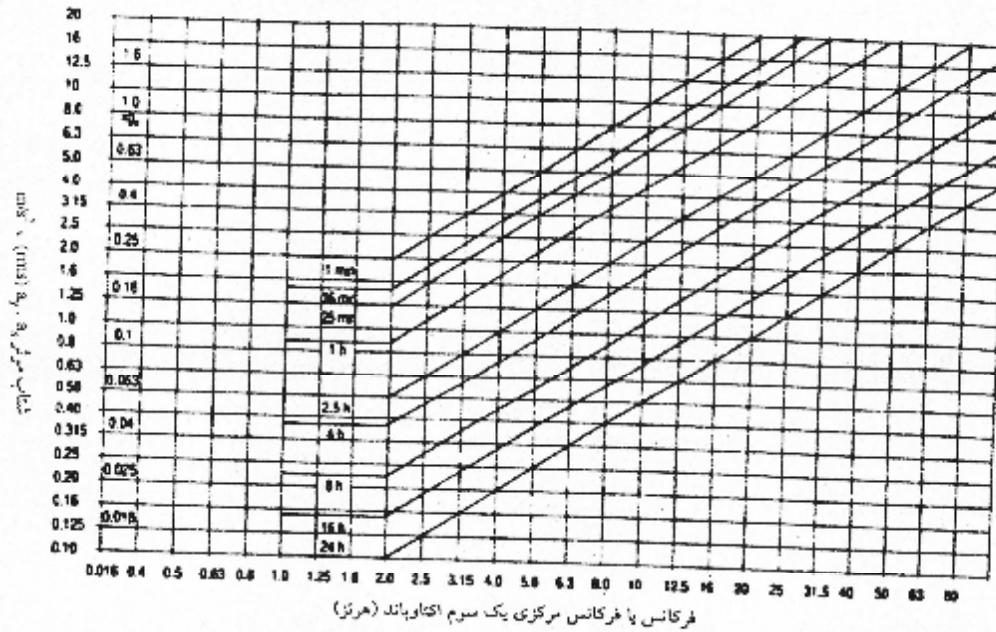
⁸ Whole –body Vibration

حد تماس شغلی عوامل فیزیکی محیط کار - ارتعاش

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



شکل ۱ - حدود شتاب طولی (a_z) بر حسب فرکانس و زمان تماس (ISO 2631)



شکل ۲ : حدود شتاب عرضی (a_x, a_y) بر حسب فرکانس و زمان تماس (ISO 2631)

حد تماس شغلی عوامل فیزیکی محیط کار - ارتعاش

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

جدول ۱: مقادیر عددی برای شتاب طولی ارتعاش در جهت z (از جهت سر به طرف پا) (مراجعه به شکل ۱). مقادیر تعیین شده برای حد تماس شغلی بر حسب مقادیر

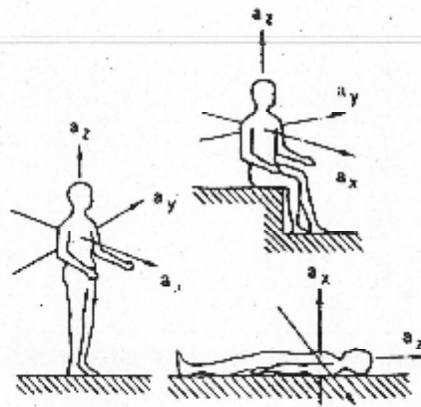
rms ارتعاش تک فرکانس خاص (سینوسی) یا مقادیر (rms) در یک سوم اکتاو باند برای ارتعاش منتشره (ISO 2631)

شتاب (m/s^2)									
مدت مواجهه									فرکانس
۱ min	۱۶ min	۲۵ min	۱ h	۲/۵ h	۴ h	۸ h	۱۶ h	۲۴ h	Hz
۵/۶۰	۲/۲۵	۲/۵۵	۲/۲۶	۱/۴۰	۱/۰۶	۰/۶۲	۰/۳۸۳	۰/۲۸۰	۱/۰
۵/۰۰	۲/۷۵	۲/۱۵	۲/۱۱	۱/۲۶	۰/۹۵	۰/۵۶	۰/۳۳۸	۰/۲۵۰	۱/۲۵
۴/۵۰	۲/۳۵	۲/۸۰	۱/۹۰	۱/۱۲	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۳۰۲	۰/۲۲۴	۱/۶
۴/۰۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۱/۷۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۰/۴۵	۰/۲۷۰	۰/۲۰۰	۲/۰
۳/۵۵	۲/۶۵	۲/۲۲	۱/۵۰	۰/۹۰	۰/۶۷	۰/۴۰	۰/۲۴۹	۰/۱۸۰	۲/۵
۳/۱۵	۲/۳۵	۲/۰۰	۱/۳۲	۰/۸۰	۰/۶۰	۰/۳۵۵	۰/۲۱۲	۰/۱۶۰	۳/۱۵
۲/۸۰	۲/۱۲	۱/۸۰	۱/۱۸	۰/۷۱	۰/۵۳	۰/۳۱۵	۰/۱۹۲	۰/۱۴۰	۴/۰
۲/۸۰	۲/۱۲	۱/۸۰	۱/۱۸	۰/۷۱	۰/۵۳	۰/۳۱۵	۰/۱۹۲	۰/۱۴۰	۵/۰
۲/۸۰	۲/۱۲	۱/۸۰	۱/۱۸	۰/۷۱	۰/۵۳	۰/۳۱۵	۰/۱۹۲	۰/۱۴۰	۶/۳
۲/۸۰	۲/۱۲	۱/۸۰	۱/۱۸	۰/۷۱	۰/۵۳	۰/۳۱۵	۰/۱۹۲	۰/۱۴۰	۸/۰
۲/۸۰	۲/۱۲	۱/۸۰	۱/۱۸	۰/۷۱	۰/۵۳	۰/۳۱۵	۰/۱۹۲	۰/۱۴۰	۱۰/۰
۲/۵۵	۲/۶۵	۲/۲۲	۱/۵۰	۰/۹۰	۰/۶۷	۰/۴۰	۰/۲۴۹	۰/۱۸۰	۱۲/۵
۲/۵۰	۲/۳۵	۲/۸۰	۱/۹۰	۱/۱۲	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۳۰۲	۰/۲۲۴	۱۶/۰
۲/۴۰	۲/۲۵	۲/۵۵	۲/۲۶	۱/۴۰	۱/۰۶	۰/۶۲	۰/۳۸۳	۰/۲۸۰	۱۶/۰
۲/۱۰	۵/۳۰	۲/۵۰	۲/۰۰	۱/۸۰	۱/۲۲	۰/۸۰	۰/۴۷۷	۰/۳۵۵	۲۰/۰
۱/۰۰	۵/۷۰	۵/۶۰	۳/۷۵	۲/۲۲	۱/۷۰	۱/۰	۰/۶۰۵	۰/۴۵۰	۲۵/۰
۱۱/۲	۸/۵۰	۷/۱۰	۴/۷۵	۲/۸۰	۲/۱۲	۱/۲۵	۰/۷۶۵	۰/۵۶۰	۳۱/۵
۱۲/۰	۱۰/۶	۹/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۵	۲/۶۵	۱/۶۰	۰/۸۵۵	۰/۷۱۰	۴۰/۰
۱۸/۰	۱۲/۲	۱۱/۲	۷/۵۰	۲/۵۰	۳/۳۵	۲/۰	۱/۱۹	۰/۹۰۰	۵۰/۰
۲۲/۲	۱۷/۰	۱۴/۰	۹/۵۰	۵/۶۰	۴/۲۵	۲/۵	۱/۵۳	۱/۱۲۰	۶۳/۰
۲۸/۰	۲۱/۲	۱۸/۰	۱۱/۸	۷/۱۰	۵/۳۰	۳/۱۵	۱/۹۱	۱/۴۰۰	۸۰/۰

جدول ۲: مقادیر عددی شتاب عرضی ارتعاش در جهت x و y (از جهت پشت بطرف سینه یا پهلو بطرف پهلو) (مراجعه به شکل ۲) مقادیر تعیین شده حد تماس شغلی بر حسب مقادیر rms ارتعاش تک فرکانس خاص (سینوسی) یا مقادیر (rms) در یک سوم اکتاو باند برای ارتعاش منتشره (ISO 2631)

شتاب (m/s^2)									
مدت مواجهه									فرکانس
۱ min	۱۶ min	۲۵ min	۱ h	۲/۵ h	۴ h	۸ h	۱۶ h	۲۴ h	Hz
۲/۰	۱/۵۰	۱/۲۵	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۳۵۵	۰/۲۲۴	۰/۱۳۵	۰/۱۰۰	۱/۰
۲/۰	۱/۵۰	۱/۲۵	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۳۵۵	۰/۲۲۴	۰/۱۳۵	۰/۱۰۰	۱/۲۵
۲/۰	۱/۵۰	۱/۲۵	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۳۵۵	۰/۲۲۴	۰/۱۳۵	۰/۱۰۰	۱/۶
۲/۰	۱/۵۰	۱/۲۵	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۳۵۵	۰/۲۲۴	۰/۱۳۵	۰/۱۰۰	۲/۰
۲/۵	۱/۹	۱/۶	۱/۰۶	۰/۶۳	۰/۴۵۰	۰/۲۸۰	۰/۱۷۱	۰/۱۲۵	۲/۵
۳/۱۵	۲/۳۶	۲/۰	۱/۳۲	۰/۸	۰/۵۶۰	۰/۳۵۵	۰/۲۱۲	۰/۱۶۰	۳/۱۵
۲/۰	۳/۰	۲/۵	۱/۷۰	۱/۰	۰/۷۱۰	۰/۴۵۰	۰/۲۷۰	۰/۲۰۰	۴/۰
۵/۰	۳/۷۵	۳/۱۵	۲/۱۲	۱/۲۵	۰/۹۰۰	۰/۵۶۰	۰/۳۳۸	۰/۲۵۰	۵/۰
۶/۳	۲/۷۵	۲/۰	۲/۶۵	۱/۶	۱/۱۲	۰/۷۱۰	۰/۴۲۸	۰/۳۱۵	۶/۳
۸/۰	۶/۰	۵/۰	۳/۳۵	۲/۰	۱/۴۰	۰/۹۰۰	۰/۵۲	۰/۴۰	۸/۰
۱۰/۰	۷/۵	۶/۲	۴/۲۵	۲/۵	۱/۸۰	۱/۱۲	۰/۶۷۵	۰/۵۰	۱۰/۰
۱۲/۵	۹/۵	۸/۰	۵/۲۰	۳/۱۵	۲/۲۴	۱/۲۰	۰/۸۵۵	۰/۶۳	۱۲/۵
۱۶/۰	۱۱/۸	۱۰/۰	۶/۷۰	۴/۰	۲/۸۰	۱/۸۰	۱/۰۶	۰/۸۰	۱۶/۰
۲۰/۰	۱۵/۰	۱۲/۵	۸/۵	۵/۰	۳/۵۵	۲/۲۴	۱/۳۵	۱/۰۰	۲۰/۰
۲۵/۰	۱۹/۰	۱۵/۰	۱۰/۶	۶/۳	۴/۵۰	۳/۱۵	۱/۷۱	۱/۲۵	۲۵/۰
۳۱/۵	۲۳/۶	۲۰/۰	۱۳/۲	۸/۰	۵/۶۰	۳/۵۵	۲/۱۲	۱/۴۰	۳۱/۵
۴۰/۰	۳۰/۰	۲۵/۰	۱۷/۰	۱۰/۰	۷/۱۰	۴/۵۰	۳/۷۰	۲/۰۰	۴۰/۰
۵۰/۰	۳۷/۵	۳۱/۵	۲۱/۲	۱۲/۵	۹/۰۰	۵/۶۰	۳/۳۸	۲/۵۰	۵۰/۰
۶۳/۰	۴۵/۷	۴۰/۰	۲۶/۵	۱۶/۰	۱۱/۲	۷/۱۰	۴/۲۸	۳/۱۵	۶۳/۰
۸۰/۰	۶۰/۰	۵۰/۰	۳۳/۵	۲۰/۰	۱۴/۰	۹/۰۰	۵/۴	۴/۰۰	۸۰/۰

سیستم بیو دینامیک در شکل ۳ نشان داده شده است. این مقادیر باید به عنوان راهنما در کنترل مواجهه با ارتعاش تمامی بدن مورد استفاده قرار گیرند و نباید به عنوان حد مرز میان حد ایمن و خطر تلقی شوند.



سیستم بیودینامیک منجشهای شتاب (ISO 2631)

a_x, a_y, a_z = شتاب در جهت محورهای X و Y و Z محور X = از جهت پشت به طرف سینه، محور Y = از راست به چپ، محور Z = از پا به طرف سر

نکات:

۱. شتاب ارتعاش کمیتی برداری است که برحسب m/s^2 بیان می‌شود. شتاب ثقل (g) معادل $9.81 m/s^2$ است.
۲. در هریک از اشکال ۱ و ۲ تعدادی منحنی مستقل از یکدیگر ارائه شده است که براساس زمان‌های مواجهه مختلف تنظیم شده‌اند. منحنی‌های مزبور نشان می‌دهد در گستره فرکانس ۴-۸ هرتز در محور Z و در گستره فرکانس ۱-۲ هرتز در محور X و Y در ارتعاش وارده به انسان تشدید (رزونانس) صورت می‌گیرد. محورهای مزبور در شکل ۳ تعریف شده‌اند.
۳. سنجش ارتعاش تمام بدن و زمان مواجهه معادل برای مواجهه‌های منقطع هنگامی محاسبه می‌شود که میزان شتاب مؤثر (rms) در طول زمان بطور محسوس متغیر است و این نوع سنجش باید مطابق با ISO 2631 و یا ANSI S3.18 در سال ۱۹۷۹ انجام شود.
۴. حد تماس شغلی عنوان شده برای ضرایب قله ۶ و کمتر از آن معتبر است. ضریب قله نسبت شتاب قله (peak) به شتاب مؤثر (rms) می‌باشد. البته سنجش باید در یک جهت همسان در مدت یک دقیقه برای هریک از محورهای X, Y, Z انجام شود. حد تماس شغلی مزبور برای اثرات ارتعاش تمامی بدن برآورد شده است و در صورت یکه ضریب قله بیش از ۶ باشد، باید با احتیاط لازم مقادیر مزبور را بکار گرفت.
۵. حد تماس شغلی مزبور نباید برای ساختمان‌های ثابت (مراجعه شود به ANSI S3.29) در سازه‌های دریایی یا در کشتی‌ها بکار برده شود.
۶. خلاصه‌ای از سنجش ارتعاش تمامی بدن و روش تحلیل یافته‌ها به شرح زیر می‌باشد:
الف- در هر نقطه برای حداقل یک دقیقه در محورهای بیودینامیکی که در شکل ۳ نشان داده شده است، مقادیر مؤثر شتاب (rms) باید بطور همزمان و مستمر در سه محور اندازه گیری شود.
ب- سه شتاب سنج با وزن خیلی کم، هریک با حساسیت محور عرضی کمتر از ۱۰٪ بطور عمودی بر روی یک مکعب فلزی سبک وزن نصب شده و در داخل مرکز یک دیسک لاستیکی سخت قرار داده شده است (per SAE, J 1013) کل وزن این

دیسک مکعب، شتاب سنج و کابل‌های آن نباید از ۱۰٪ وزن کل مورد در حال اندازه‌گیری بیشتر باشد. سنجش‌ها باید با قرار دادن دیسک لاستیکی روی نشیمنگاه صندلی راننده یا زیر باسن راننده در زمانی که وسیله نقلیه در حال کار است، انجام شود. ج- برای هریک از محورها، در یک سوم اکتاو باند (۱ تا ۸۰ هرتز) برای مقایسه با شکل ۱ یا شکل ۲ بطور متناسب باید بطور جداگانه آنالیز بیناب به روش معادل انجام شود.

د- اگر شتاب مؤثر (rms) هریک از قله‌های بیناب در مدت زمان مربوطه، معادل یا بیش از مقادیر ارائه شده در شکل ۱ یا ۲ شود، در این صورت از حد تماس شغلی برای زمان مواجهه مورد نظر فراتر رفته است و در این صورت محوری که بالاترین قله بیناب منحنی و کوتاه‌ترین زمان غالب مواجهه را قطع می‌کند، برای تعیین حد مواجهه مجاز بکار می‌رود.

۷. کل شتاب مؤثر (rms) وزن یافته برای هریک از محورها با استفاده از معادله ۱ با ضریب وزن یافته در محور متناسب در جدول ۳ ارائه شده است برای محور X معادله بصورت زیر است:
(برای محورهای Y, Z معادله‌ها و تعاریف مشابه معادله مزبور اعمال می‌شود)

$$A_{wx} = \sqrt{\sum (W_{fx} A_{fx})^2}$$

بطوریکه :

A_{wx} = کل شتاب مؤثر وزن یافته برای محور X

W_{fx} = ضریب وزن یافته برای محور X در هر یک سوم اکتاو باند فرکانس‌های ۱ تا ۸۰ هرتز (جدول ۳)

A_{fx} = مقدار شتاب مؤثر (rms) برای بیناب محور X در یک سوم اکتاو باند فرکانس‌های ۱ تا ۸۰ هرتز

۸- اگر با استفاده از معادله ۱ مقادیر شتاب در سه محور یکسان باشد، حرکت ترکیبی تمامی محورها می‌تواند از هر یک از مؤلفه‌ها بزرگتر و لاجرم عملکرد راننده وسیله نقلیه را بشدت تحت تاثیر قرار دهد. یا لحاظ نمودن نتایج حاصل از معادله ۱ در معادله ۲، می‌توان نتایجی بدست آورد که کل شتاب مؤثر وزن یافته را تعیین نمود (A_{wT})

$$A_{wT} = \sqrt{(1.4A_{wx})^2 + (1.4A_{wy})^2 - (A_{wz})^2}$$

ضریب ۱/۴ را که مقادیر کل شتاب مؤثر وزن یافته در محورهای X و Y ضرب شده است، در حقیقت نسبت مقادیر منحنی‌های طولی و عرضی پاسخ‌های معادل است که بر اساس دامنه پاسخ حساسترین افراد طراحی شده است. کمیسیون جامعه اروپا پیشنهاد می‌کند حد عمل در ۸ ساعت کار روزانه، برای شتاب مؤثر وزن یافته ۰/۵ متر بر مجذور ثانیه باشد. مقدار مزبور قابل مقایسه با نتایج معادله ۲ است.

حد تماس شغلی عوامل فیزیکی محیط کار - ارتعاش

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

جدول ۳ - ضریب وزن یافته مربوط به گستره فرکانس در حداکثر حساسیت شتاب *

منحنی های پاسخ شکل ۱ و ۲ (ISO 2631)

ضریب وزن یافته		
ارتعاشات عرضی Y, X (شکل ۲)	ارتعاشات طولی Z (شکل ۱)	فرکانس (Hz)
۱/۰۰	۰/۵۰	۱/۰
۱/۰۰	۰/۵۶	۱/۲۵
۱/۰۰	۰/۶۳	۱/۶
۱/۰۰	۰/۷۱	۲/۰
۰/۸۰	۰/۸۰	۲/۵
۰/۶۳	۰/۹۰	۳/۱۵
۰/۵۰	۱/۰۰	۴/۰
۰/۴۰	۱/۰۰	۵/۰
۰/۳۱۵	۱/۰۰	۶/۳
۰/۲۵	۱/۰۰	۸/۰
۰/۲۰	۰/۸۰	۱۰/۰
۰/۱۶	۰/۶۳	۱۲/۵
۰/۱۲۵	۰/۵۰	۱۶/۰
۰/۱۰	۰/۴۰	۲۰/۰
۰/۰۸	۰/۳۱۵	۲۵/۰
۰/۰۶۳	۰/۲۵	۳۱/۵
۰/۰۵	۰/۲۰	۴۰/۰
۰/۰۴	۰/۱۶	۵۰/۰
۰/۰۳۱۵	۰/۱۲۵	۶۳/۰
۰/۰۲۵	۰/۱۰	۸۰/۰

* ۱ تا ۲ هرگز در موردی که $\frac{1}{2}$ - تشدید ارتعاش وجود دارد
۱ تا ۲ هرگز در موردی که $\frac{1}{2}$ - تشدید ارتعاش وجود دارد

۸. در طول کار روزانه ممکن است ضربه‌ها یارتعاشی مرکب کوتاه مدت با دامنه زیاد و یا ضریب قله بیش از ۶ وجود داشته باشد. در این موارد، حد تماس شغلی حفاظت افراد را تامین نخواهد کرد (نکته ۴) در این موارد روش محاسبه براساس «اصل توان ۴» توصیه می شود.

۹. ارتعاش تمام بدن را می توان با استفاده از بالشک های هوایی برای نشیمن گاه صندلی، تعلیق بدنه ماشین، نگهداری سیستم های تعلیق وسیله نقلیه، تنظیم باد تایر ماشین و کنترل از راه دور فرآیندهای ارتعاش را کنترل نمود. صندلی با دسته برای تکیه دادن دست، وجود تکیه گاه کمری، پستی و صندلی قابل تنظیم همگی از فنون مناسب برای کنترل ارتعاش می باشند.

۱۰. برای شاغلینی که روی وسیله نقلیه کار می کنند، اجرای موارد ذیل که در ارتباط با نحوه مناسب انجام کار می باشد، توصیه می شود:

الف- اجتناب از بلند شدن یا خم شدن ناگهانی پس از مواجهه

ب- استفاده از حرکات ساده، با حداقل چرخیدن یا پیچیدن بدن در هنگام خروج از وسیله نقلیه

منبع: حدود تماس شغلی عوامل بیماری زا: معاونت سلامت - مرکز سلامت محیط و کار - ۱۳۸۱ صص: ۲۹۶-۲۷۶