وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی

مرکز سلامت محیط و کار

مواجهه انسان با ارتعاشات مکانیکی

(مفاهیم، اثرات و روشهای اندازه گیری و ارزیابی مواجهه در محیط کار)

ارائه دهنده: کیکاوس ازره

مقدمه

ارتعاش یکی از دستاوردهای توسعهٔ صنعتی است که همراه با صدا در اکثر محیط های کار دیده می‌شود؛ تقریباً تمام وسایل ماشینی (زمینی، هوایی و دریایی) که در صنعت، کشاورزی و حمل و نقل به کار می روند، به نحوی انسان را در معرض ارتعاش قرار می دهند.

معمولاً ارتعاش جز در برخی موارد که حرکت سیستم مرتعش با هدف خاصی طرح ریزی می شود، به عنوان یک عامل نامطلوب و یکی از راههای اتلاف انرژی می باشد . همچنین یکی از رایج ترین منابع مولد صدا در محیط های صنعتی تولید صدا توسط ماشین آلات مرتعش است.

به عنوان مثال، یک موتور با توان ۵hp که در ۱۸۰۰rpm می چرخد نسبتاً صدایی آرام دارد ، اما اگر مستقیماً به یک میز فلزی پیچ شود، سطح صدای آن می توان تا حدود ۹۰dB در فاصله ی ۵ فوتی هم برسد.

کلیات و تعاریف

بررسی چگونگی تاثیر ارتعاشات مکانیکی بر بدن انسان را ارتعاش انسانی می نامند

ارتعاش کل بدن (Whole Body Vibration) که مواجهه سر تا پا (head-to-toe) نیز نامیده می شود بر **شاغلین کامیون‌ها، اتوبوس، تجهیزات سنگین، وسیله نقلیه کشاورزی، بالابرها، راه آهن، و اپراتور جرثقیل سقفی** و غیره تأثیر می گذارد.

ارتعاش دست-بازو (HAV)، که مواجهه با ارتعاش موضعی نیز نامیده می‌شود، عمدتاً، اما نه منحصراً، بر افرادی تأثیر می‌گذارد که به طور منظم از انواع **ابزارهای دستی مرتعش** پنوماتیکی، الکتریکی، هیدرولیکی و بنزینی استفاده می‌کنند.

در موارد نادر، بسته به نوع شغل، ممکن است "مواجهه ترکیبی" روزانه با WBV و HAV نیز وجود داشته باشد.

آمارهایی از وسعت مواجهه در جهان

در یک مطالعه در سال ۱۹۷۴ در مورد مواجهه شغلی با ارتعاش، NIOSH تخمین می زند که ۱.۲ میلیون کارگر در ایالات متحده به طور بالقوه در معرض ارتعاش دست و بازو هستند.

تنها در **ایالات متحده** حدود **۸ تا ۱۰ میلیون نفر** وجود دارند که به **طور منظم هر روز در معرض ارتعاشات شغلی** هستند که **سالانه ۱ میلیون از این کارگران در مواجهه با سطوح بالایی از ارتعاش منتقله به دست قرار می گیرند. تقریباً ۸۰۰ مورد** HAVS **در سال گزارش می شود.**

دومین نظرسنجی اروپایی شرکت‌ها در مورد ریسک‌های جدید و نوظهور (ESENER-II) نشان داد که ۷۰.۹٪ از کارگران ادعا می‌کنند که به طور منظم در معرض عوامل فیزیکی در محل کار خود قرار دارند.

در میان این عوامل، ارتعاشات مکانیکی یکی از خطرات فیزیکی است که معمولاً کارگران در معرض آن قرار دارند. بیشترین نسبت کارگران در معرض ارتعاش حداقل در یک چهارم زمان کاری در بخش ساخت‌وساز و حمل‌ونقل (۴۵٪) و در بخش کشاورزی و صنعت بود. ۴۲ درصد.

آمارهایی از وسعت مواجهه در جهان

EU-OSHA Statistics

در اروپا ۳۳ درصد از مردان و ۱۰ درصد از زنان، در مجموع ۴۸.۶ میلیون کارگر، به طور منظم در معرض ارتعاشات گزارش شده اند . ساخت و ساز، تولید و معدن، کشاورزی، ماهیگیری و جنگلداری و تامین برق، گاز و آب بیشترین آسیب را می بینند.

تخمین زده می شود که پنج میلیون اروپایی در مواجهه با ارتعاش دست و بازو کار می کنند و ISSA گزارش کرده است که ۱.۷-۳.۶٪ به بیماری های شغلی مبتلا شده اند.

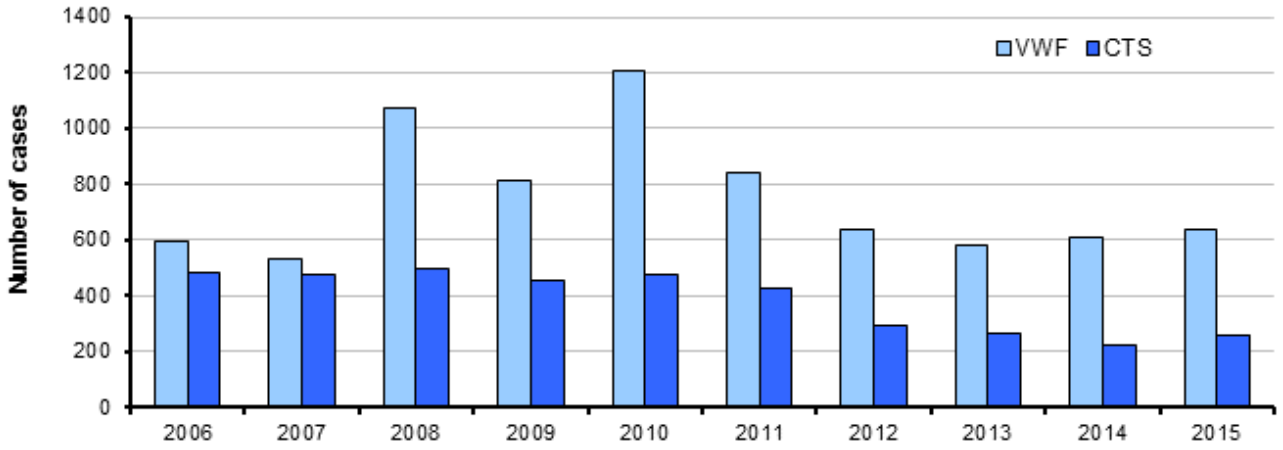
ارتعاش کل بدن۲۰ درصد از جمعیت احتمالاً در معرض ارتعاشات کل بدن هستند که مواجهه شغلی این گروه در محدوده یک میلیون نفر در اروپا است.

آمارهایی از وسعت مواجهه در جهان

HSE UK STATISTICS

نظرسنجی شورای تحقیقات پزشکی در سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۸ برآوردی از شیوع ۲۸۸۰۰۰ مبتلا به لرزش انگشت سفید در بریتانیا ارائه کرد (به ترتیب ۲۵۵۰۰۰ مرد و ۳۳۰۰۰ زن).

تعداد موارد جدید انگشت سفیدی ارتعاشی VWF برای دریافت مزایای معلولیت صدمات صنعتی ۵۱۰ مورد در سال ۲۰۰۶/۰۷ از ۶۴۵ در سال ۲۰۰۵/۰۶ کاهش یافته است. این کمترین تعداد موارد جدید در ده سال گذشته بوده است.



New cases of Prescribed Vibration White Finger (VWF) and Carpal Tunnel Syndrome (CTS) in Great Britain 1995-2007

تعداد موارد جدید سندرم تونل کارپال که برای مزایای ناتوانی ارزیابی شده اند از ۵۲۰ مورد (۵۵ زن) در سال ۲۰۰۵/۰۶ به ۴۳۵ (۴۵ زن) در سال ۲۰۰۶/۰۷ کاهش یافته است.

استخراج، تامین انرژی و آب، صنعتی بود که بیشترین میزان ابتلا به انگشت سفید ناشی از ارتعاش را داشتند.

اثرات مواجهه با ارتعاش دست و بازو

مواجهه با ارتعاش یک عامل خطر است که بیش از یک قرن است که هنوز در بخش های مختلف وجود دارد.

ارتعاش بسته به جهت، فرکانس، زمان مواجهه و ناحیه بدن که تحت تأثیر قرار می گیرد، اثرات سلامتی مختلفی دارد که بر توانایی کار کارگر تأثیر می گذارد. در مرحله نهایی اکثر بیماری های ناشی از آن غیر قابل درمان هستند، بنابراین پیشگیری ضروری است.

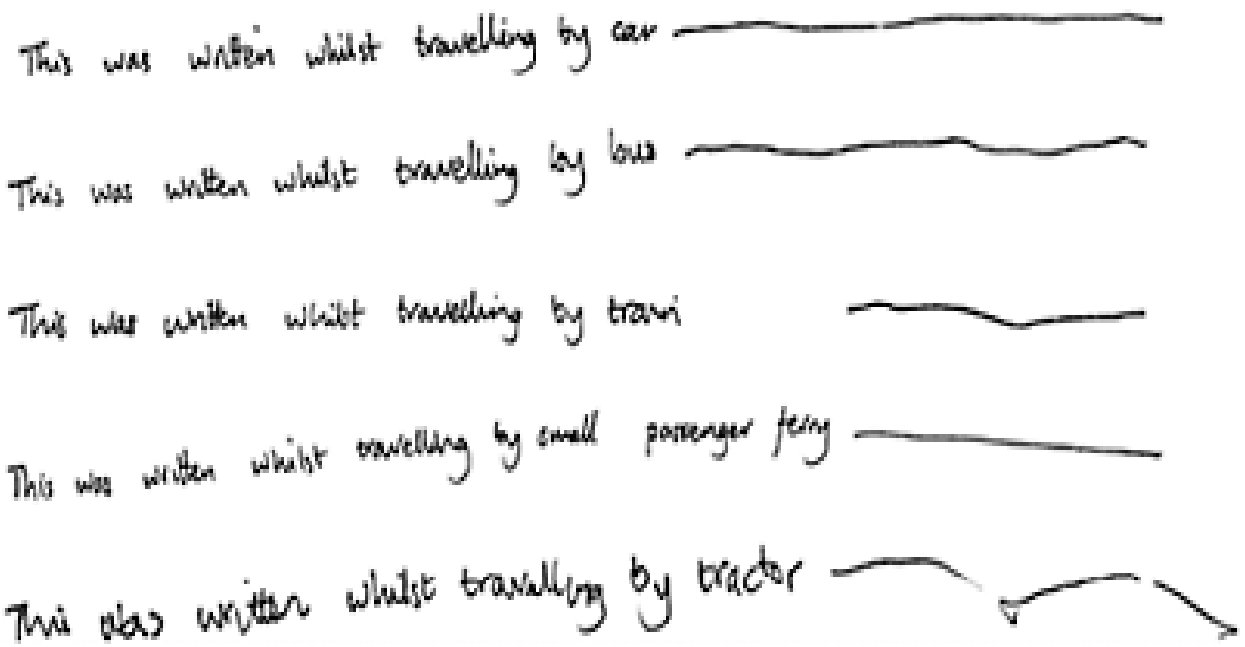
مشخصات فیزیکی ارتعاش، روش‌های ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک، مفاهیم ضروری، طبقه‌بندی عینی و ذهنی اثرات سلامتی، بیماری‌های رایج ناشی از ارتعاش و پیشگیری از آن در ادامه ارایه شده است.

قوانین اروپایی در ارتباط با ارتعاش در محل کار در دستورالعمل شورای ۲۰۰۲/۴۴/ EC ارایه شده است.

اثرات مواجهه با ارتعاش تمام بدن

مواجهه کوتاه مدت با ارتعاشات تمام بدن از شدت بالا برخوردار می باشند ممکن است در اندامهای داخلی ایجاد تروما نمایند. از سوی دیگر مواجهه دراز مدت با ارتعاشاتی با شدت پایین باعث آزار شده و به افزایش فشار خون و دیگر علائم وابسته به استرس منجر می شود.

شیوع انواع اختلالات گردن و قسمت تحتانی کمر(Lower back) نزدیک به دو برابرگروه شاهد در وضغیت نشسته بدون مواجهه با ارتعاش می باشد .



مثال هایی از اثرات ارتعاش تمام بدن روی دست نوشته ها در حین سفر با اتومبیل، اتوبوس، قطار، قایق و تراکتور کشاورزی

اثرات مواجهه با ارتعاش تمام بدن

مواجهه طولانی مدت می تواند با آسیبهای ذیل در ارتباط باشد:

کاهش درک؛ کاهش عملکردهای شناختی و آزردگی؛

اختلال در بینائی؛ اختلال در وظایف حرکتی ظریف؛

آسیب های نخاعی؛

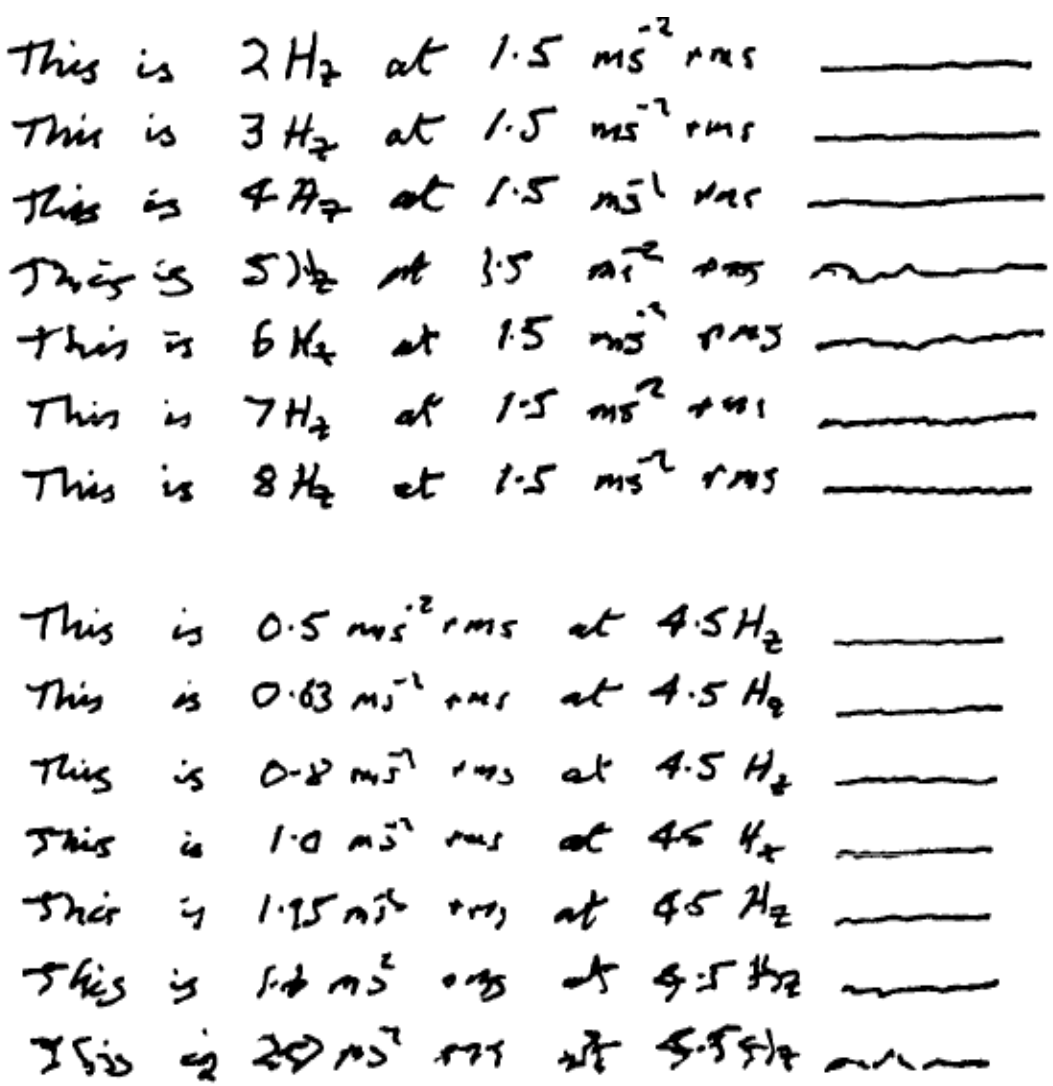
آسیب به سیستم گوارش و تولید مثلی

اما **کمردرد**، رایج ترین اثر بهداشتی گزارش شده است.

انواع دیگر اثرات بهداشتی مرتبط عبارتند از:

درد عصب سیاتیک، عوارض گوارشی،

مشکلات دستگاه تناسلی و آسیب شنوایی



نگارش جملات واحد در مواجهه با ارتعاشاتی با بزرگی و فرکانس یکسان

اثرات مواجهه با ارتعاش دست و بازو

مواجهه منظم و مکرر با ارتعاش دست و بازو می تواند منجر به دو شکل بیماری دائمی شود که به نام های زیر شناخته می شوند:

سندرم ارتعاش دست و بازو ((HAVS؛

سوزن سوزن شدن tingling ، بی حسی numbnessدر انگشتان که می تواند منجر به ناتوانی در انجام کار دقیق (مثلاً مونتاژ اجزای کوچک) یا کارهای روزمره (مثلاً بستن دکمه ها) شود.

از دست دادن قدرت در دست ها که ممکن است بر توانایی انجام ایمن کار تأثیر بگذارد؛

انگشتان سفید می شوند (بیرنگ می شوند) و در زمان بهبودی قرمز و دردناک می شوند، توانایی کار در شرایط سرد یا مرطوب، به عنوان مثال در فضای باز، کاهش می یابد.

کیست استخوان در انگشتان دست و مچ دست

شرایط سلامتی ناشی از ارتعاش به کندی پیشرفت می کند. در ابتدا معمولاً به صورت درد شروع می شود. درد اولین وضعیت سلامتی است که مورد توجه قرار می گیرد و برای جلوگیری از آسیب باید مورد توجه قرار گیرد.

اثرات مواجهه با ارتعاش دست و بازو

سندرم تونل کارپال CTS

علائم و اثرات CTS نیز می تواند رخ دهد و شامل موارد زیر است:

گزگز، بی حسی، درد و ضعف در دست که می تواند در محیط کار و کارهای روزمره اختلال ایجاد کند و ممکن است بر توانایی انجام کار ایمن تأثیر بگذارد.

علائم هر دو سندرم ممکن است ظهور کنند و سپس از بین بروند، اما با مواجهه مداوم با ارتعاش ممکن است طولانی یا دائمی شوند و باعث درد، پریشانی و اختلال خواب شوند.

این وضعیت می تواند تنها پس از چند ماه مواجهه رخ دهد، اما در بیشتر موارد در طی چند سال اتفاق می افتد.

پاسخ انسان به ارتعاش عمودی

حرکات سینوسی عمودی با فرکانسهای کمتر از ۲ هرتز اغلب موجب بالا و پایین رفتن هم زمان اکثر قسمتهای بدن می‌شود. در این حالت چشم ها قادر به تعقیب نمودن اجسام متحرک و ثابت می‌باشند علاوه بر این حرکات آزاد دست‌ها ممکن است مختل شده و از کارایی آنها کاسته شود اگر فرکانس ارتعاش کمتر از ۰/۵ هرتز باشد امکان بروز علائمی از قبیل بیماری حرکت (motion sickness)، تعریق، تهوع و استفراغ وجود دارد.

مقدار فرکانس تشدید برای قسمتهای مختلف بدن و در افراد مختلف، و با در نظر گرفتن طرز قرارگیری بدن متفاوت است. معمولاً اولین تشدید عمده در فرکانس حدود ۵ هرتز (قابلیت انتقال ارتعاشات عمودی به سر در فرکانس‌های حدود ۴ هرتز به حداکثر خود می رسد) و بیشترین احساس ناراحتی یا آزردگی در فرکانسهای حدود ۵ هرتز اتفاق می افتد. اختلال در حرکات و فعالیت‌های ساده دست از قبیل نوشتن و نوشیدن در فرکانسهای ۴-۵ هرتز به بیشترین حد خود می‌رسند.

در تمامی فرکانسها بینایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ اما در فرکانس‌های ۱۵ تا ۶۰ هرتز به دلیل رزونانس چشم و همچنین پاسخ دینامیکی پیچیده بدن، دید چشم تار می‌شود.

پاسخ انسان به ارتعاش افقی

ارتعاش افقی موجب تولید احساس متفاوتی در انسان می‌شود. فرکانسهای کمتر از ۱ هرتز هر چند می‌توانند باعث جلو و عقب رفتن و یا حرکات جانبی بدن فرد شوند اما فرد میتواند با منقبض نمودن، عضلات حالت عمودی بدن خود را حفظ کند.

در فرکانسهای ۳-۱ هرتز ثابت نگه داشتن قسمتهای فوقانی بدن مشکل و احساس عدم آسایش ایجاد می‌شود. با افزایش فرکانس ارتعاش افقی کمتر به قسمتهای فوقانی بدن منتقل می شود. **در فرکانسهای بالاتر از ۱۰ هرتز، بیشتر نیروی ارتعاشی در نقطه تماس بدن با صندلی جذب می‌شود.**

وجود پشتی صندلی تا حد زیادی اثر حرکات افقی را تغییر می‌دهد در فرکانس‌های پایین، پشتی به ثبات قسمت‌های فوقانی بدن کمک کرده و اثرات ارتعاش را کاهش می‌دهد. در فرکانس‌های بیشتر، پشتی باعث افزایش انتقال ارتعاش به قسمت‌های فوقانی شده و اثرات زیان بار ارتعاش به خصوص ارتعاش جلو و عقب (fore and aft vibration) را افزایش می‌دهد.

وضعیت ایستاده

در وضعیت‌های عادی ایستاده اثرات ارتعاش عمودی شبیه به وضعیت نشسته می‌باشد با خم نمودن زانوها اثر فرکانس‌های بیشتر از ۳ هرتز تا حد زیادی کاهش می‌یابد ارتعاش افقی با فرکانس‌های کمتر از ۲ هرتز منجر به بی ثباتی فرد ایستاده می‌شود که با استفاده از دستگیره ها قابل کنترل می‌باشد؛ و یا در مورد ارتعاش جانبی فرد با باز نمودن پاها، ثبات خود را حفظ می‌کند.

وضعیت بدن

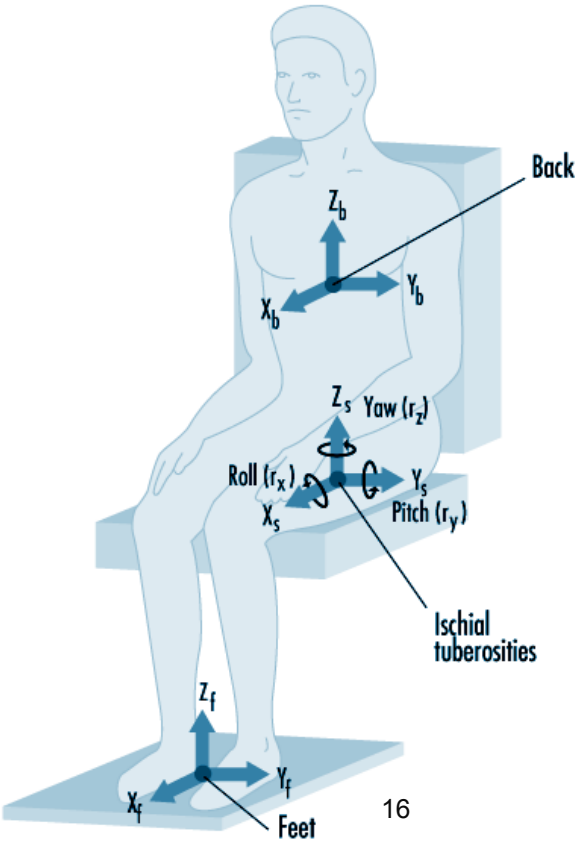
وضعیت بدن می‌تواند اثر بسیار زیادی بر میزان ارتعاش منتقله به فرد داشته باشد و نیز عامل مهمی در تعیین شدت اثرات زیان بار ارتعاش می‌باشد در محدوده رزونانس بدن، یک تغییر کوچک در وضعیت بدن و یا کشیدگی عضلات می‌تواند به کاهش شدت ارتعاش کمک کند اثرات تغییر وضعیت بدن با افزایش فرکانس زیاد می‌شود. تغییرات جزئی در جهت قرارگیری کمر و زاویه سر می‌تواند باعث تغییرات اساسی در ارتعاش منتقله از نخاع به سر شود تغییر در وضعیت بدن که منجر به تغییر میزان و نحوه تماس با سطح مرتعش شود، باعث تعدیل اثرات ارتعاش می‌شود.

HUMAN VIBRATION BASICS

4 factors are required to describe human response to vibration:

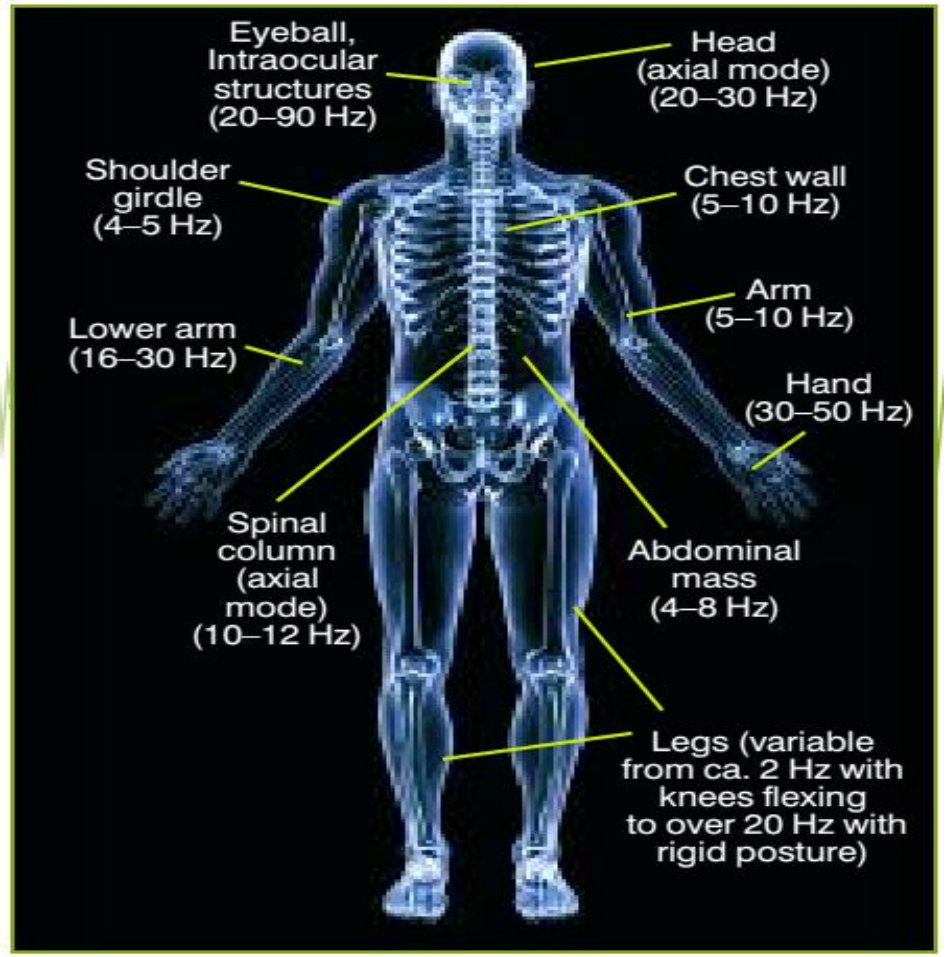
- ✓ *Magnitude*
- ✓ *Frequency*
- ✓ *Direction*
- ✓ *Duration*

(Neil J . Mansfield-2005)



VIBRATION FEREQUENCY فرکانس ارتعاش

EXPOSURE AT RESONANCE IS LINKED WITH INCREASE INJURY RISK



فرکانس که دومین مشخصه پر اهمیت ارتعاش میباشد تعداد نوسانات جسم مرتعش در واحد زمان (ثانیه) را نشان می دهد که اصطلاحاً با نام فیزیکدان معروف، هرتز ، خوانده می شود. **اهمیت این فاکتور به سبب به وجود آمدن پدیده تشدید است.** زمانی که فرکانس نیروی محرکه با فرکانس اندام خاصی از بدن انسان یکسان باشد **رزونانس** اتفاق می افتد که امکان تخریب و تاثیرات بهداشتی را بسیار بیشتر خواهد نمود. **فرکانسهای طبیعی اندامهای اصلی بدن انسان معمولاً در محدوده تا ۶۰ هرتز قرار دارند اما در استاندارد ها و تجهیزات اندازه گیری برای اطمینان خاطر بیشتر تا ۸۰ هرتز نیز مورد بررسی قرار می گیرد.**

FREQUENCY WEIGHING شبکه های توزین فرکانسی

محدوده های فرکانسی مورد نظر

۰/۵ تا ۸۰ هرتز در ارزیابی اثرات بهداشتی، آسایش و احساس **ارتعاشات تمام بدن**

۱تا ۱۰۰۰هرتز در ارزیابی اثرات بهداشتی، **ارتعاشات منتقله از دستها**

Commonly used filters for measurements of:

Hand-Arm vibration dose:

Wh for X axis

Wh for Y axis

Wh for Z axis

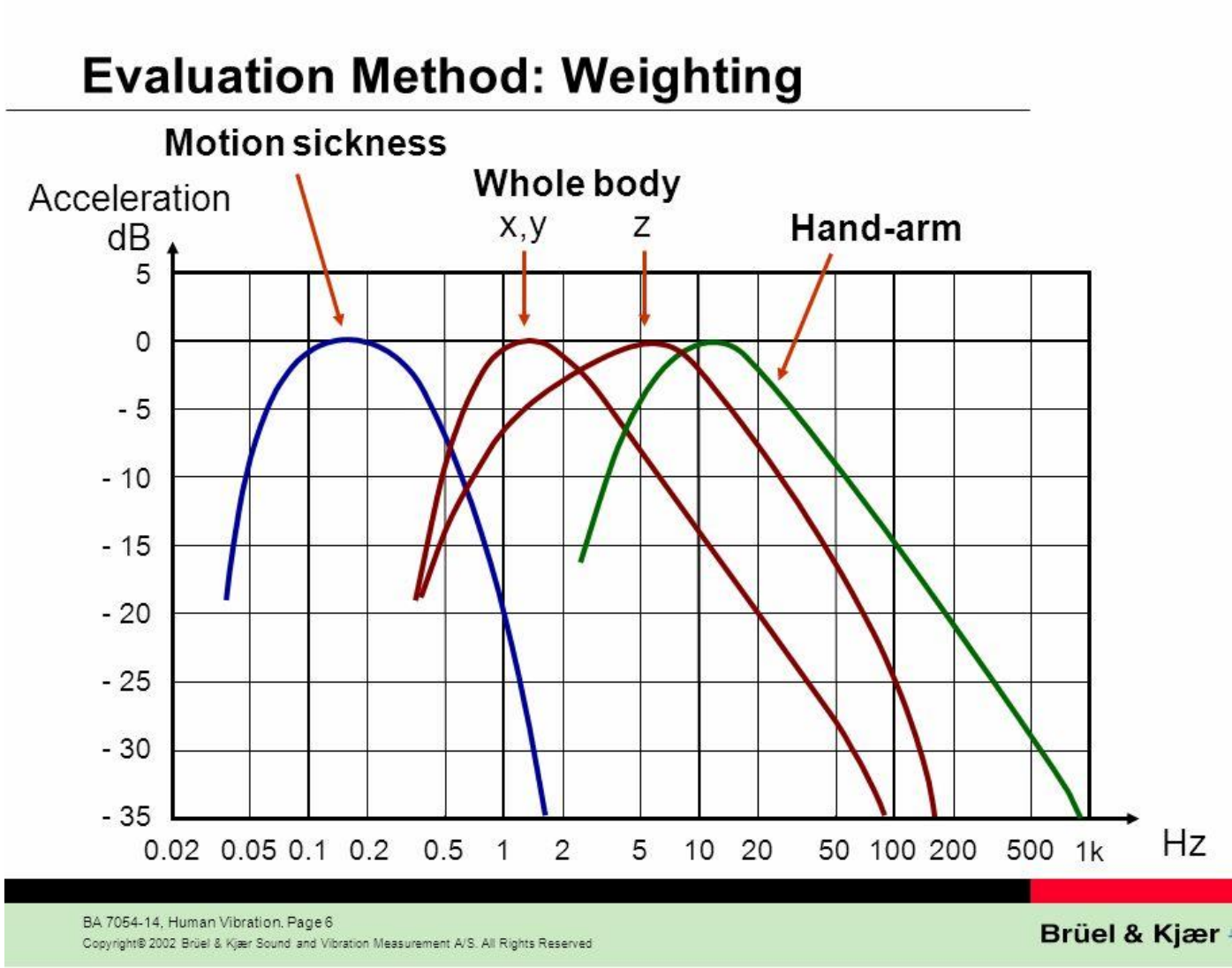
Whole-Body vibration dose:

Wd for X axis

Wd for Y axis

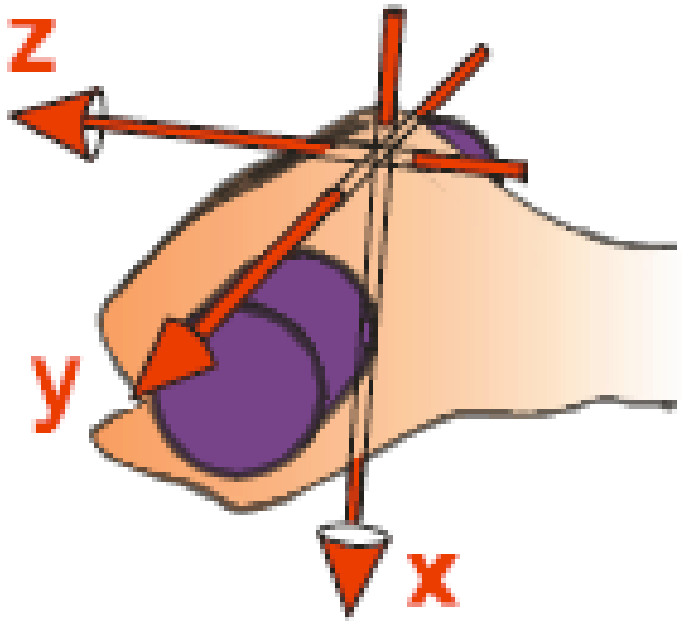
Wk for Z axis.

$$a_w = \left[\sum_i (W_i a_i)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

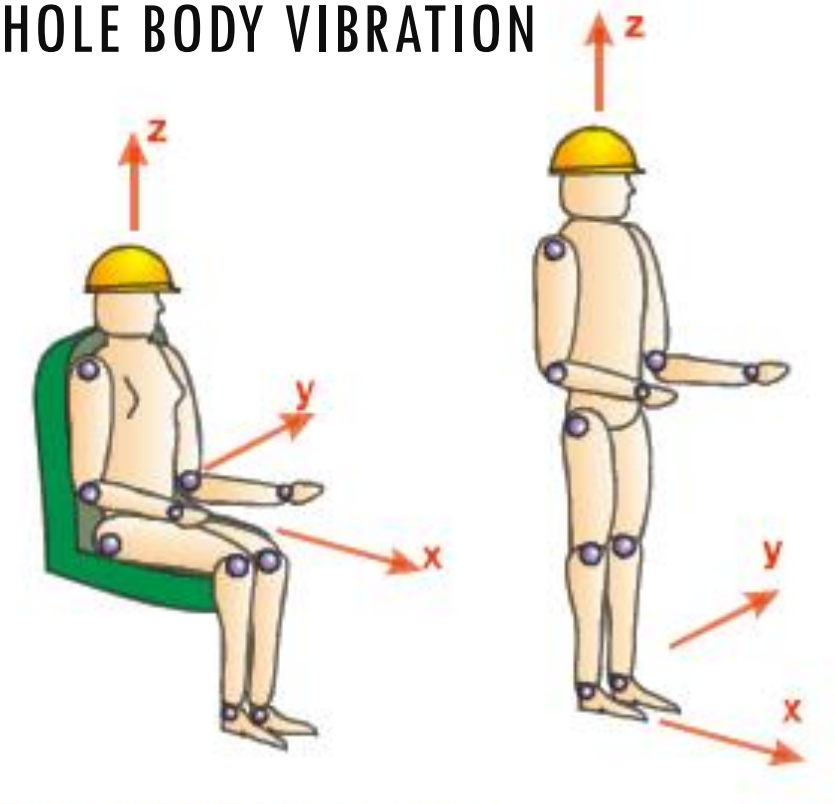


DIRECTION OF MEASUREMENT

HAND TRANSMITTED VIBRATION



WHOLE BODY VIBRATION



Vibration measurement axes

ترکیب محورها

HAND TRANSMITTED VIBRATION

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

WHOLE BODY VIBRATION

$$a_{hv} = \sqrt{k_x a^2{}_{hwx} + k_y a^2{}_{hwy} + k_z a^2{}_{hwz}}$$

محور	x	y	z	xپشتی صندلی
شبکه توزین فرکانسی	W_d	W_d	W_k	W_c
ضریب اعمالی مورد نیاز	۱/٤	۱/٤	۱	۰/۸

DURATION OF MEASUREMENT

HAND TRANSMITTED VIBRATION

تعیین حداقل مدت زمان قابل قبول اندازه گیری به سیگنال دریافتی، تجهیزات که برای سنجش به کار می روند و خصوصیات فرایند بستگی دارد. **کل زمان اندازه گیری** (یعنی تعداد نمونه ها × مدت زمان اندازه گیری) **بایستی حداقل ۱ دقیقه باشد.** معمولاً برای هر فرایند حداقل سه نمونه بایستی گرفته شود .

جایی که اندازه گیری در مدت زمانهای کوتاه غیر قابل اجتناب است توصیه می شود که تعداد نمونه های بیشتر از ۳ مورد که درباره نمونه های بزرگتر از یک دقیقه مطرح شد، گرفته شود.

WHOLE BODY VIBRATION

برای تعیین خطای اندازه گیری کمتر از ۳ دسی بل با سطح اطمینان ۹۰٪زمانی که تجزیه و تحلیل در ⅓ اوکتاو باند انجام شده است نیاز به حداقل زمان اندازه گیری ۱۰۸ ثانیه برای یک فرکانس حد پایینLLF، ۱ هرتزی و۲۲۷ ثانیه برای یک LLF۰/۵ هرتزی می باشد. معمولاً هر چه مدت مواجهه ارتعاشی بیشتر باشد بهتر است که طول زمان اندازه گیری نیز بیشتر گردد.

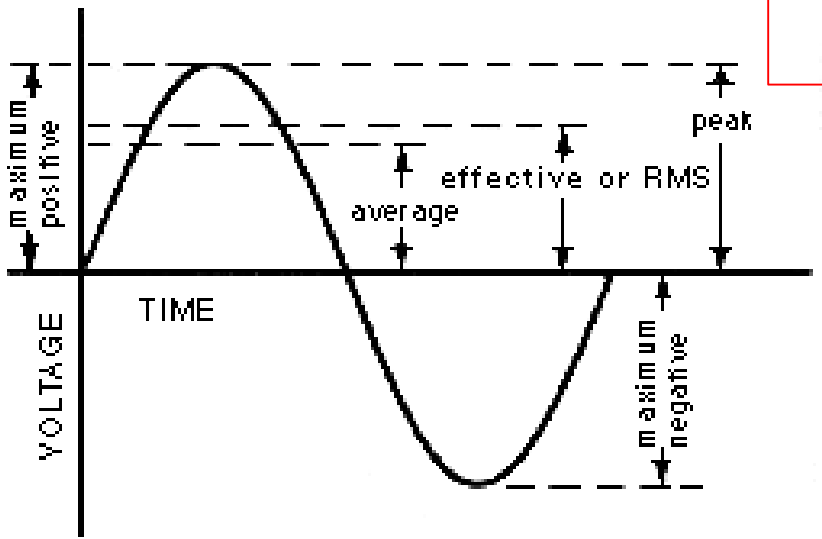
قاعده سرانگشتی این است که کل زمان اندازه گیری ارتعاش باید حداقل ۶۰ ثانیه باشد. ACGIH نیز حداقل مدت زمان ۱ دقیقه اندازه گیری را در هر محور انتقالی اصلی توصیه می کند.

مقالات و کتب معتبر توصیه می کنند که هر جا که ممکن است اندازه گیری حداقل در طول زمانی معادل ۲۰ دقیقه انجام گردد و در جایی که امکان ندارد ، زمان اندازه گیری بایستی حداقل ۳ دقیقه به طول بیانجامد. در صورت امکان هر اندازه گیری باید در مدت زمان حداقل ۳ دقیقه و با ۳ مرتبه تکرار انجام شود. همچنین در اندازه گیری های بیش از ۲۰ دقیقه نیز بایستی در صورت امکان نمونه های تکراری گرفته شود.

VIBRATION MAGNITUDE بزرگی ارتعاش

بزرگی ارتعاش را معمولاً با کمیت شتاب نشان می دهند، شتاب انتقالی را با با متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) و شتاب دورانی را با رادیان بر مجذور ثانیه (rad/s^2) بیان می کنند . معمولاً مقادیر به صورت **ریشه مجذور مربعات (r.m.s)** هستند مگر اینکه به شرح دیگری گزارش شده باشند. در مورد ارتعاشات با فرکانس بسیار پایین و دامنه ارتعاشی کم مانند ارتعاش ساختمان ها و کشتی ها، اندازه گیری سرعت ممکن است به جای شتاب انجام شود و سپس مقدار به دست آمده به شتاب تبدیل گردد.

شتاب حداقل ؛ شتاب میانگین؛ شتاب موثر (rms)؛ شتاب حداکثر(max)؛ شتاب پیک (peak)



شتاب موثر (rms)

میانگین شتاب نمی تواند بزرگی علامت را تعیین کند شتاب rms از طریق به توان دو رساندن هر علامت و گرفتن میانگین و سپس محاسبه ریشه دوم مقدار میانگین علامت ها، این مشکل را حل می نماید. واحد شتاب موثر m/s^2 می باشد.

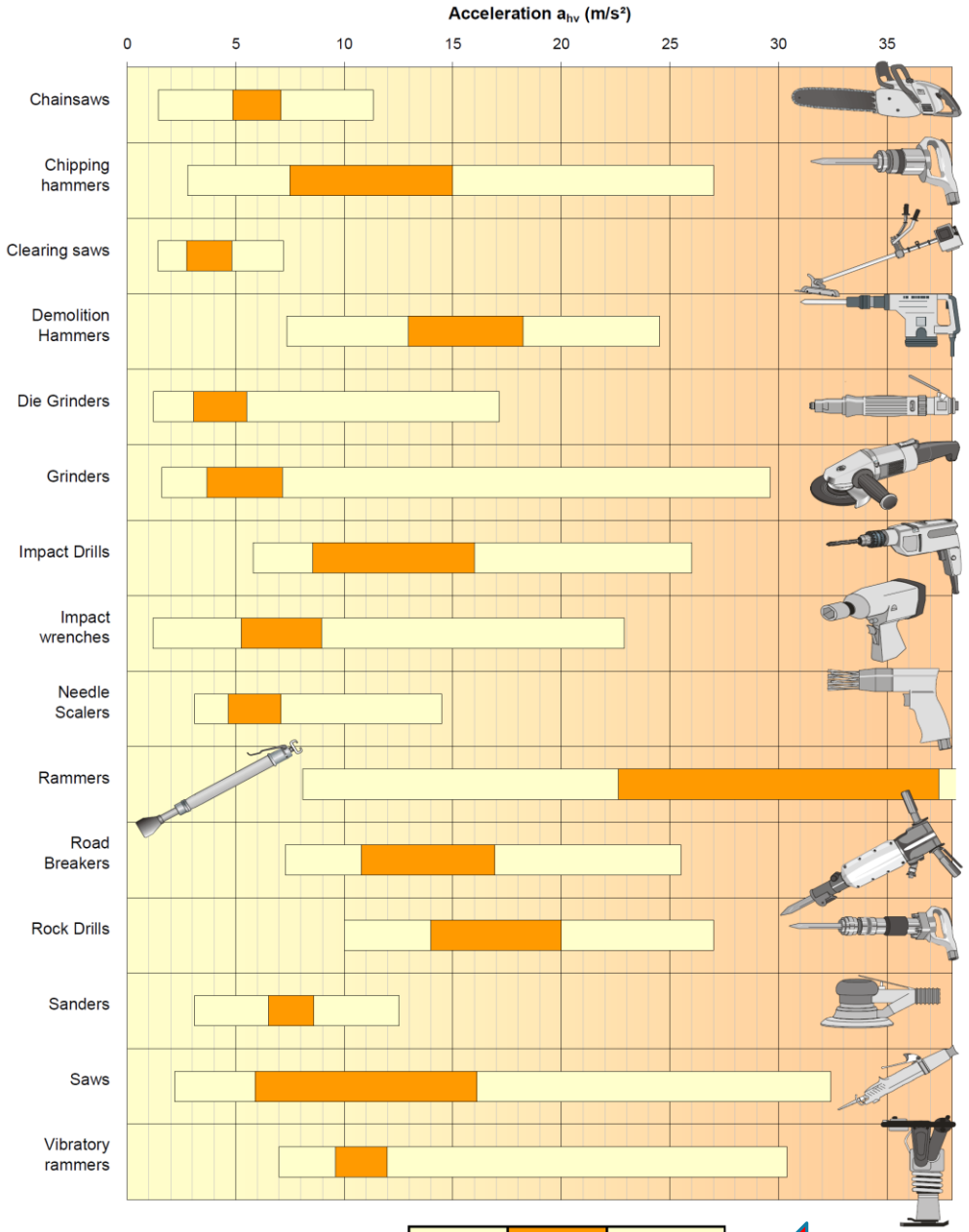
$$a_{wr.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2(a)dt}$$

ایجاد مقیاس ذهنی مواجهه

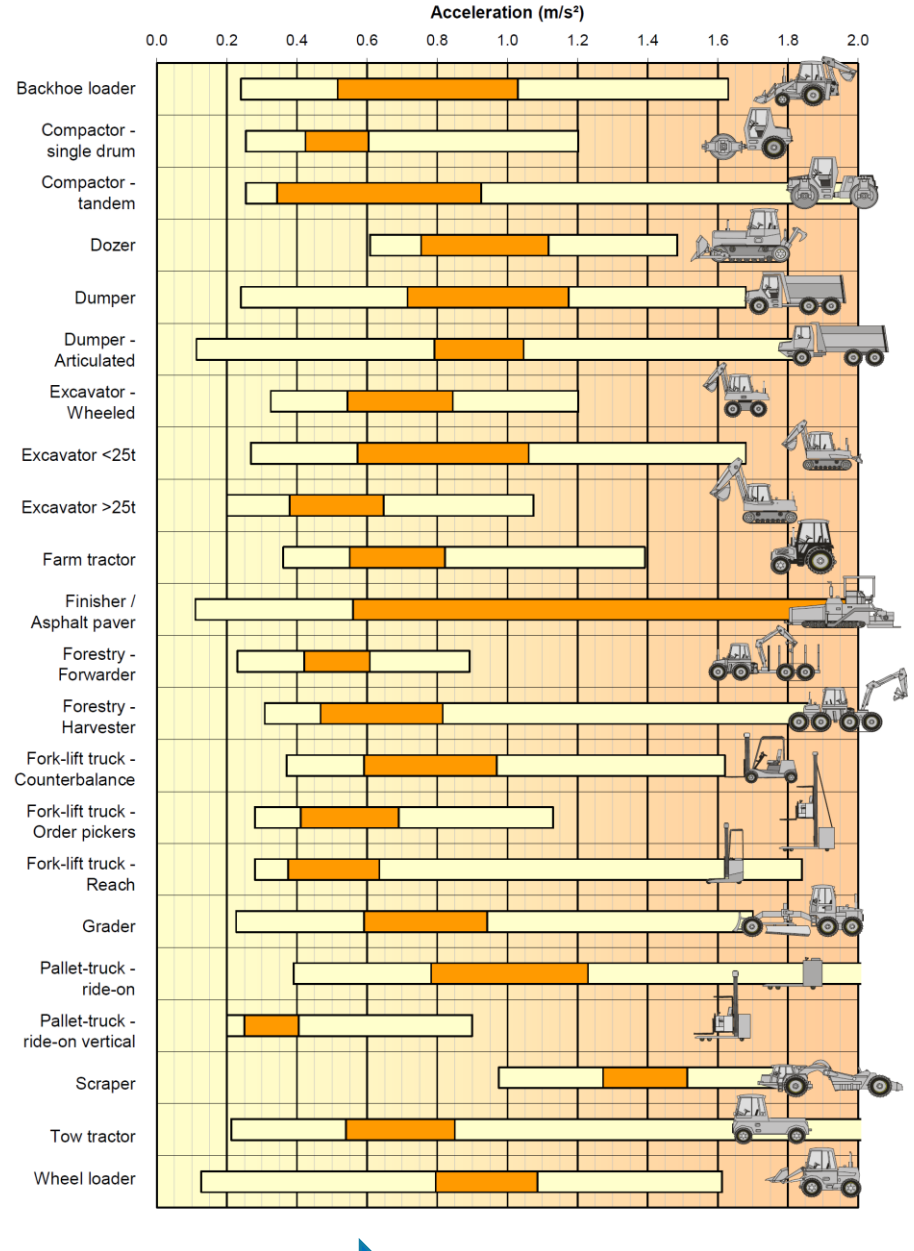
برای درک بهتر از مقادیر مختلف ارتعاش و پاسخهای انسان به ارتعاش به چند نمونه اشاره می‌شود. نوسانات عمودی کشتی دارای بزرگی شتاب $1 m/s^2$ با فرکانس ۰/۲ هرتز و میزان جابجایی پیک -پیک آن تقریباً ۲ متر می باشد. حرکت قطار موجب ارتعاش با فرکانس ۱ هرتز و جابجایی ۷۰mm می‌باشد. حرکت یک اتومبیل قدیمی بر روی سطح یک جاده پر دست انداز موجب تولید ارتعاشی با شتاب $1 m/s^2$ (rms) و فرکانس ۵ Hz می‌شود. فرکانس ارتعاشی ناشی از حرکت هلیکوپتر برابر ۲۰ Hz با جابجایی ۰/۲mm می‌باشد.

نکته ای که باید به آن اشاره شود این است که با ثابت در نظر گرفتن شتاب ارتعاش، میزان جابجایی با مربع فرکانس ارتعاش کاهش می‌یابد. در محدوده فرکانسی ۰/۲ تا ۶۰ هرتز، ارتعاش احساسات مختلف را باعث می‌شود که قابلیت پذیرش و یا میزان آزردگی ناشی از آنها نیز متفاوت است؛ در صورتی که با افزایش فرکانس میزان جابجایی به سرعت کاهش نمی یابد. بنابراین دیدن میزان جابجایی، ارتعاش شاخص مناسبی برای تعیین شدت ارتعاش نیست.

ایجاد مقیاس بزرگی مواجهه



Hand transmitted Vibration



Whole Body Vibration

برآورد بزرگی ارتعاش

مواجهه انسان با ارتعاشات مکانیکی

۱-۷-٤ اطلاعات منتشر شده توسط کارخانجات سازنده تجهیزات

اطلاعات ارایه شده توسط کارخانجات سازنده ابزار آلات معمولاً مقدار ارتعاش را کمتر از میزان واقعی نشان می هد و همچنین معمولاً فقط در یک محور ارایه می شوند. CEN/TR15350 توصیه می کند که هنگامی که به ناچار مجبور به ارزیابی ارتعاش براساس مقادیر ارایه شده سازنده وسایل هستیم جهت برآورد ریسک بایستی در اکثر موارد مقادیر ارایه شده را – وابسته به نوع ابزار– در یک فاکتور اضافی ضرب کرد.

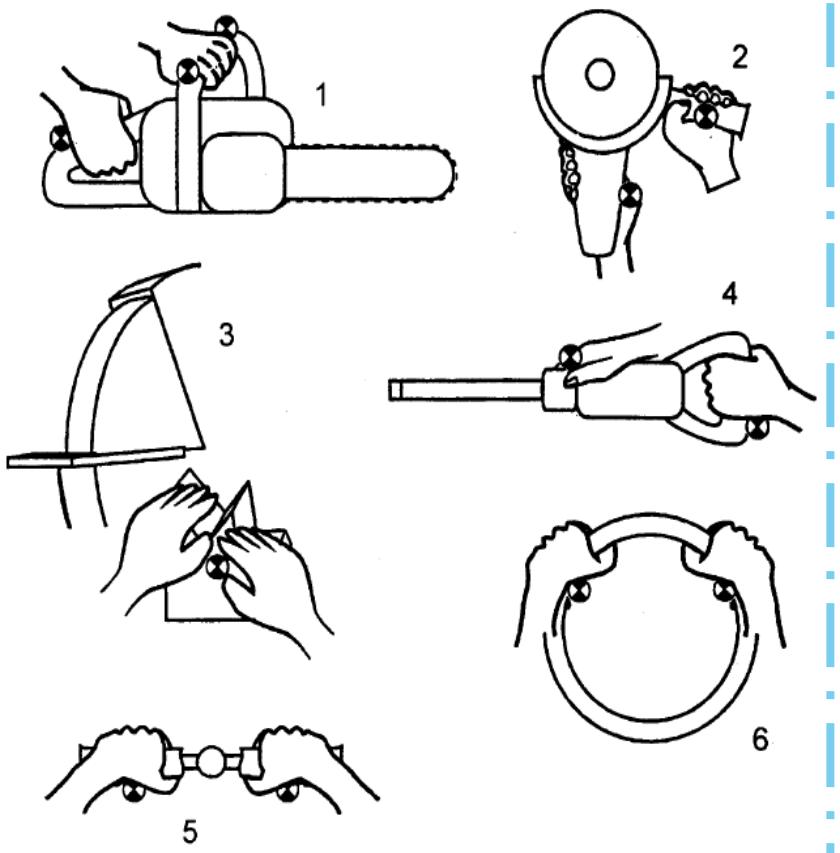
جدول ۷-٤ – مقادیر عددی ضرایب اعمالی حین برآورد بزرگی ارتعاش از اطلاعات سازندگان

فاکتور اضافی	تجهیزات
×۱	تجهیزات با موتور احتراق
۲ تا ۱/۵×	ابزار آلات پنوماتیکی
۲ تا ۱/۵×	ابزار آلات الکتریکی

HAND ARM VIBRATION

MEASUREMENT REQUIREMENTS AND ASSESSMENT METHOD SELECTION

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT REQUIREMENTS



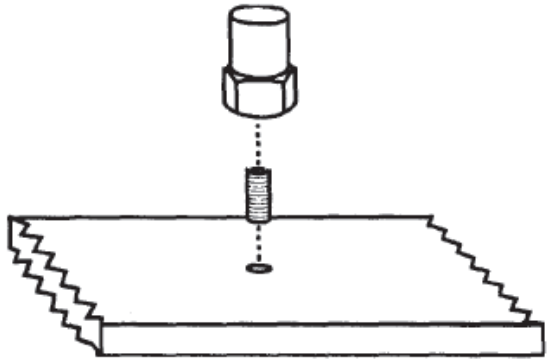
Key
1 Chainsaw
2 Angle grinder
3 Pedestal grinding
4 Chipping hammer
5 Hand-guided machine
6 Steering wheel
Measurement location

محل های اندازه گیری مشخص شده در ISO8662:2-14 ، ISO7505 ، ISO7916 **جهت اندازه گیری ارتعاش بر روی دسته های ابزار های قدرت دستی**

موقعیت شتاب سنج در دست ها

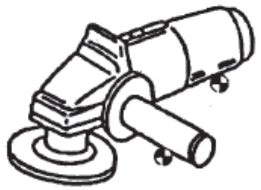
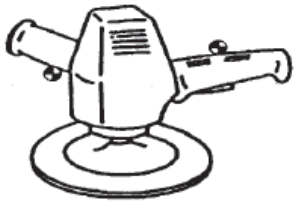
روشی بایستی انتخاب شود که:
اتصال به اندازه کافی محکمی به سطح مرتعش را ایجاد نماید،
تداخلی با فرایند ابزار ایجاد نکند و
بر روی مشخصه ارتعاش سطح مرتعش اثری نداشته باشد.

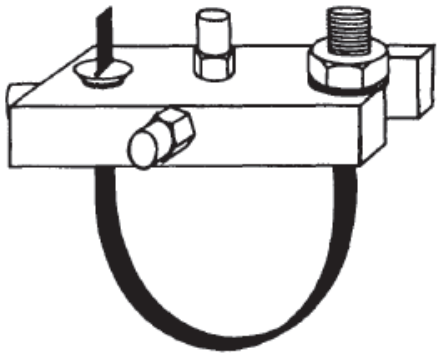
HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT REQUIREMENTS



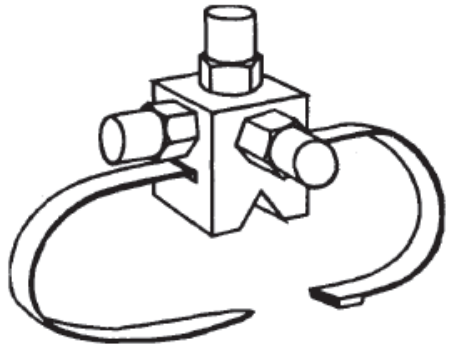
نصب میخی (پیچ کردن)

نصب مبدل ها

ISO standard	Type of power tool	Mounting location
8662-8	Polishers Sanders	Random orbital sander
		Orbital sander
		Angle sander/polisher 
		Vertical sander/polisher 



a) Metal "U" clamp (with metal strap)



b) With nylon strap or metal hose-clip

اندازه گیری ارتعاش بر روی دسته های انواع سنگ سنباده دستی

HAND – ARM VIBRATION حدود مجاز مواجهه

استاندارد ISO 5349 سعی کرده که حدود ایمن را در هر دو بخش ۱ و ۲ انتشار یافته ارایه نکند با این وجود در پیوست Cاستاندارد ISO 5349-1 بیان می کند که :

نتایج حاصل از مطالعات نشان می دهند که نشانه های سندرم ارتعاش دست و بازو ندرتاً در افرادی که با شتاب معادل ۸ ساعته کمتر از ۲ متر بر مجذور ثانیه در تماس اند بروز خواهد نمود و هیچ موردی از HAVS در تماسهای ۸ ساعته با بزرگی کمتر از ۱ متر بر مجذور ثانیه تا بحال مشاهده نشده است .

این عبارت را می توان به عنوان حد ایمن اولیه مواجهه با ارتعاش دست و بازو استنباط نمود.

با این حال می توان گفت که حدودی که کمیته عوامل فیزیکی اتحادیه اروپا مشابه با روش ارایه شده برای ارتعاش تمام بدن تعیین نموده است شاخص ترین و کم دردسرترین حدود ایمن مواجهه ای است که برای ارتعاش دست و بازو تعیین شده است.

حد عمل مواجهه برای ۸ ساعت مواجهه روزانه با ارتعاش دست و بازو برابر با ۲/۵ متر بر مجذور ثانیه و

حد مجاز مواجهه برای ۸ ساعت مواجهه روزانه با ارتعاش دست و بازو برابر با ۵ متر بر مجذور ثانیه

در حال حاضر (۲۰۲۲) حدود ارایه شده توسط اتحادیه اروپا توسط ACGIH نیز پذیرفته شده است.

بر همین اساس سال قبل با توجه به این اجماع بین المللی حدود تماس مواجهه شغلی ایران نیز بر همین مبنا تعیین و ارایه گردید.

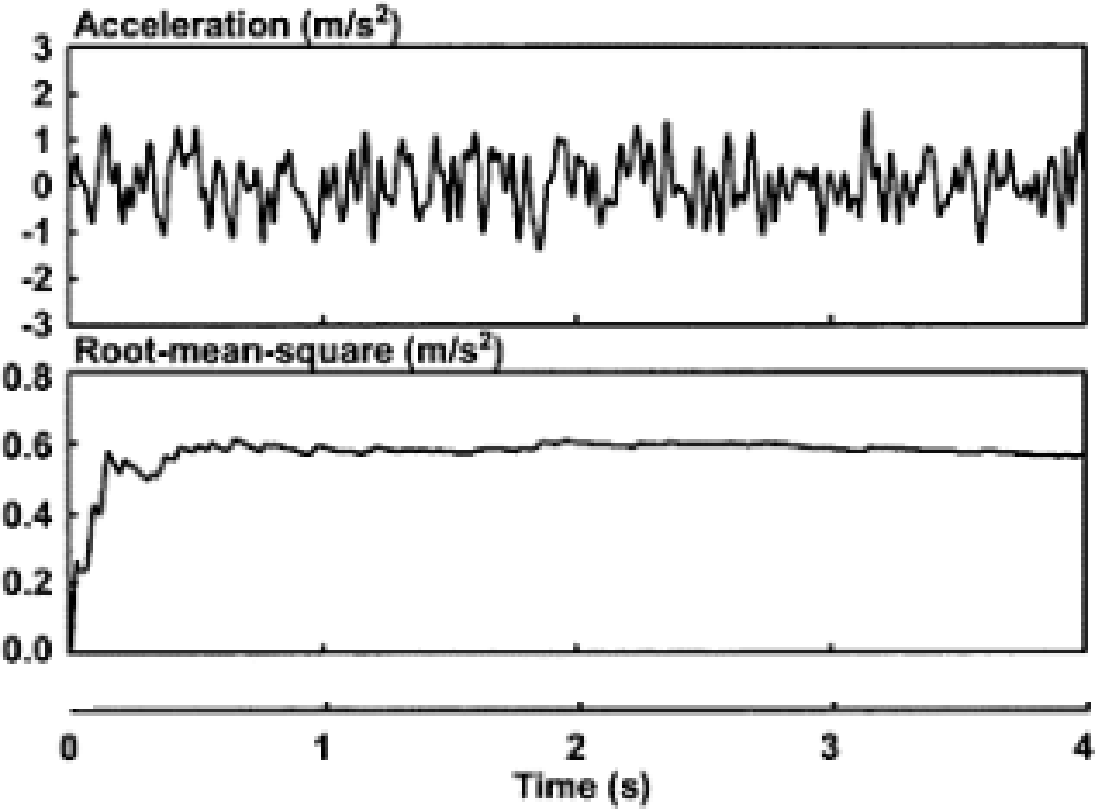
HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT REQUIREMENTS

VIBRATION MAGNITUDE ESTIMATION

برآورد بزرگی ارتعاش

ارتعاش منتقله از دستها (ISO 5349-1,2)

ریشه مجموع مربعات شتاب وزن یافته فرکانسی (Wrms)



$$a_w \, , \, a \, , \, a_{w.rms} \, , \, a_{hw} \, , \, a_{hv}$$

$$a_{wr.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2(a)dt}$$

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT REQUIREMENTS

VIBRATION MAGNITUDE ESTIMATION

برآورد بزرگی ارتعاش

اندازه گیری بر اساس روش محاسبه مجموع محورهای سه گانه ارتعاشی انجام می شود (بدون اعمال ضریب اضافی)

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

اندازه گیری در طول کار فرایند معمول یک شغل با N وظیفه شغلی در مدت زمانهای مواجهه مختلف

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{t}\sum_{j=1}^{N} a_{hwj}^2 t_j}$$

برآورد مواجهه روزانه A(8) با ارتعاش در شرایطی که مقدار مواجهه معادل در یک شیفت کاری ۸ ساعته در بازه زمانی دیگری مشخص باشد.

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

برآورد مواجهه روزانه A(8) با ارتعاش در شرایطی که مقدار مواجهه معادل در بخشهای مخالف شیفت کاری در بازه زمانی معینی مشخص باشد. $T_0 = 8\ h$

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0}\sum_{i=1}^{n} a_{hvi}^2 T_i}$$

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT REQUIREMENTS

VIBRATION MAGNITUDE ESTIMATION

برآورد بزرگی ارتعاش

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

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8\,h}\left[\left(2\ m/s^2\right)^2 \times 1\,h + \left(3{,}5\ m/s^2\right)^2 \times 3\,h + \left(10\ m/s^2\right)^2 \times 0{,}5\,h\right]} = 3{,}4\ m/s^2$$

مثال: کارگری در جنگل یک اره برقی را روزانه به مدت ۴/۵ ساعت استفاده می نماید. ارتعاش اره حین انجام کار برابر با m/s^2 ۴ است مواجهه روزانه $A_{(8)}$ ، وی چقدراست:

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

مواجهه روزانه برابر با m/s^2 ۳ بالاتر از حد عمل مواجهه و پایین تر از حد مجاز مواجهه قرار دارد .

مثال: یک تعمیرکار در طول یک روز کاری سه ابزار را به شرح ذیل بکار می برد:

۱- یک سنگ سنباده: ۲/۵ ساعت با بزرگی m/s^2 ۴

۲- یک اره مغناطیسی دوار : ۱ ساعت با بزرگی m/s^2 ۳

۳- یک چکش بادی : ۱۵ دقیقه ای با بزرگی m/s^2 ۲۰

مواجهه ارتعاشی هر یک از آن وظایف به شرح ذیل خواهد بود :

۱ـ سنگ سنباده $A\ (8) = 4\sqrt{\frac{2.5}{8}} = 2.2m/s^2$

۲ـ اره $A\ (8) = 3\sqrt{\frac{1}{8}} = 1.1m/s^2$

۳ـ چکش بادی $A\ (8) = 20\sqrt{\frac{15}{8\times60}} = 3.5m/s^2$

مواجهه روزانه ارتعاشی بنابراین برابر است با:

$$A(8) = \sqrt{A_{grind}\,(8)^2 + A_{cut}\,(8)^2 + A_{chipp}\,(8)^2}$$

$$= \sqrt{(2.2)^2 + (1.1)^2 + (3.5)^2} = \sqrt{18.3} = 4.3m/s^2$$

مواجهه روزانه برابر با m/s^2 ۴/۳ بالاتر از حد عمل و پایین تر از حد مجاز مواجهه می باشد.

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

D.1 نمودار محاسبه مواجهه روزانه

نمودار ارایه شده در شکل **D.1** روش ساده برای بررسی و محاسبه مواجهات جزئی و روزانه ی ارتعاش، بدون نیاز به انجام محاسبات فراهم می نماید.

به سادگی مقدار شتاب ۸ ساعته، $A_{(8)}$ ، را در خط محل تلاقی خطوط که برای بزرگی ارتعاش و مدت زمان مواجهه در دو بعد نمودار رسم می شوند تعیین نمائید. ناحیه سبز رنگ در شکل **D.1** بیانگر این است که مواجهه احتمالاً پایین تر از حد عمل قرار دارد. در این نمودار مقادیر بزرگی تا ۱۶ متر بر مجذور ثانیه و مدت زمانهای از صفر تا ۱۰ ساعت گنجانده شده است.

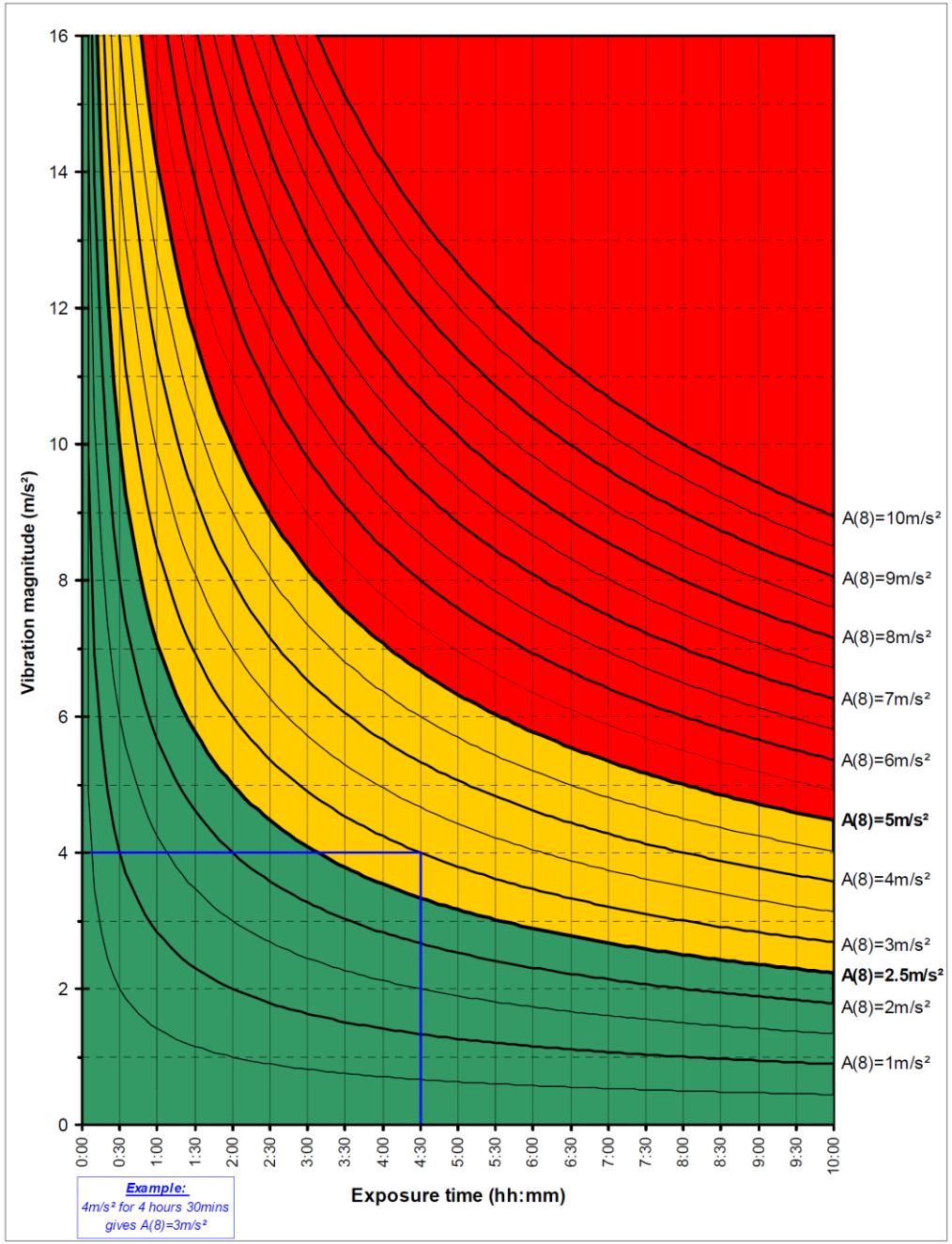


Figure D.1 Daily exposure graph

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

D.2 نموگرام محاسبه مواجهه روزانه

نموگرام ارایه شده در شکل D.2 یک روش ساده ی دیگر برای تعیین میزان مواجهه روزانه ارتعاشی را ، بدون اینکه محاسبات خاصی انجام گیرد، ارایه می کند . برای هر ابزار یا فرایند کاری:

یک خط از نقطه ی مورد نظر بر روی مقیاس سمت چپ (نشان دهنده ی بزرگی ارتعاش) به نقطه ی مورد نظر بر روی مقیاس سمت راست نموگرام (نشان دهنده ی مدت مواجهه) بکشید.

مقدار مواجهه ی جزئی را در جایی که خط مقیاس مرکز صفحه را قطع می کند ، بخوانید.

همه ی مقادیر مواجهه ارتعاش جزئی را به توان دو برسانید.

همه ی مقادیر مربعات بدست آمده در مرحله ی قبل را با هم جمع کنید.

برای بدست آوردن مقدار مواجهه ارتعاشی روزانه ، $A_{(8)}$ ، جذر مقدار بدست آمده در مرحله قبل را حساب کنید.

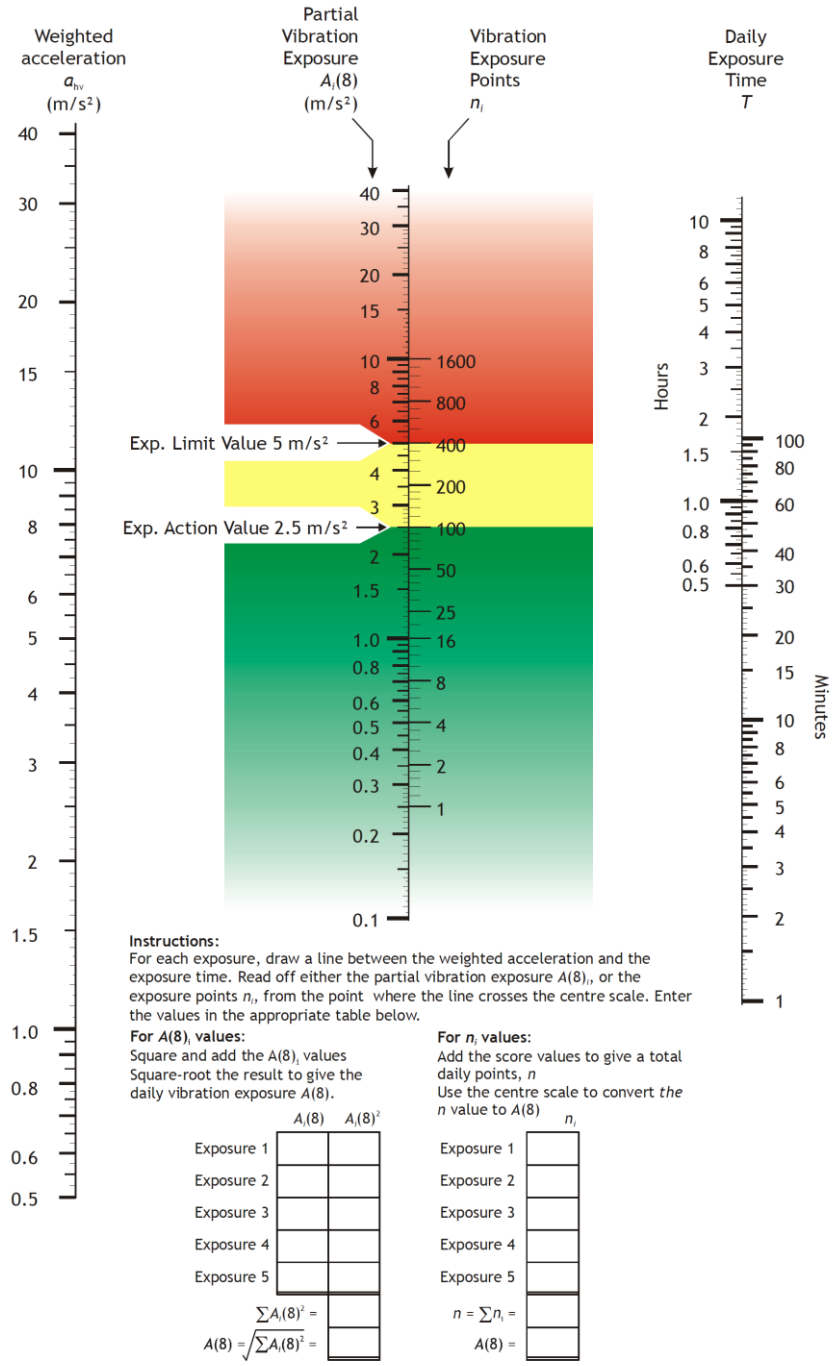


Figure D.2 Hand-arm vibration exposure nomogram

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

D.2 نموگرام محاسبه مواجهه روزانه

دستورالعمل استفاده :

برای هر مواجهه ، یک خط بین بزرگی ارتعاش و مدت زمان مواجهه بکشید. مقدار مواجهه جزئی یا روزانه ، $A_{(8)}$ ، یا تعداد نقاط مواجهه را از نقطه ای که از مقیاس وسط نموگرام می گذرد بخوانید. مقادیر را در جدول متناسب آن در زیر شکل وارد نمایید.

برای مقادیر $A_{(8)}$:

مقادیر $A_{(8)}$ را در ستون اول و مربعات آنرا در ستون دوم وارد نمایید. مجموع مقادیر مربعات شتاب در ابزارها یا فرایندهای مختلف را در زیر آن بنویسید و نهایتاً ریشه عدد مجموع مربعات را بدست آورید که برابر با $A_{(8)}$ خواهد بود.

برای مقادیر n_i ، نقاط مواجهه:

برای محاسبه نقاط کل مواجهه مقادیر نقاط مواجهه بخشی را با هم جمع نمایید. از مقیاس رسم شده در خط وسط نموگرام نقاط مواجهه را به شتاب ۸ ساعته ، $A_{(8)}$ ، تبدیل کنید.

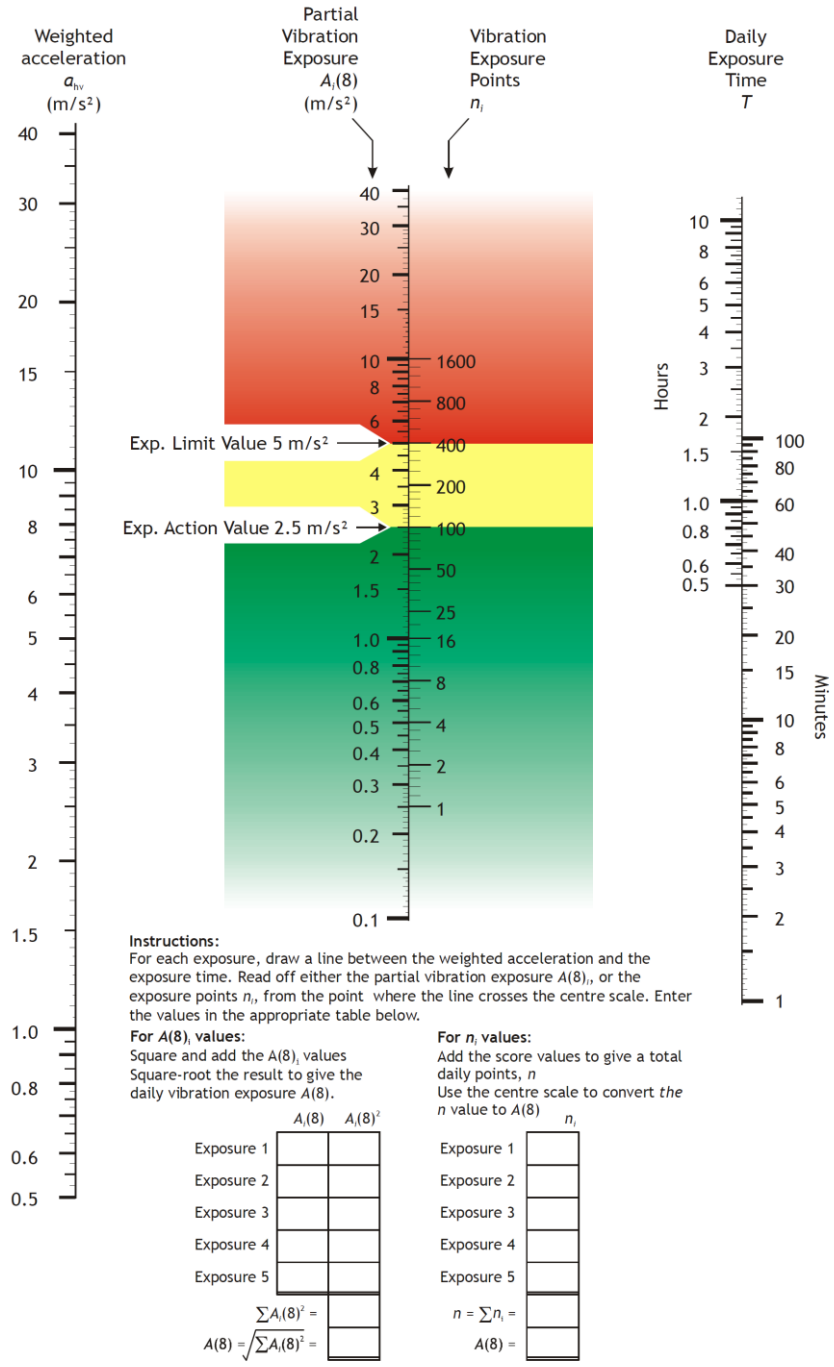


Figure D.2 Hand-arm vibration exposure nomogram

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

D.3 جدول تقاط مواجهه

Acceleration (m/s²)	5m	15m	30m	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h
20	67	200	400	800	1600	2400	3200	4000	4800	6400	8000
19.5	63	190	380	760	1500	2300	3050	3800	4550	6100	7600
19	60	180	360	720	1450	2150	2900	3600	4350	5800	7200
18.5	57	170	340	685	1350	2050	2750	3400	4100	5500	6850
18	54	160	325	650	1300	1950	2600	3250	3900	5200	6500
17.5	51	155	305	615	1250	1850	2450	3050	3700	4900	6150
17	48	145	290	580	1150	1750	2300	2900	3450	4600	5800
16.5	45	135	270	545	1100	1650	2200	2700	3250	4350	5450
16	43	130	255	510	1000	1550	2050	2550	3050	4100	5100
15.5	40	120	240	480	960	1450	1900	2400	2900	3850	4800
15	38	115	225	450	900	1350	1800	2250	2700	3600	4500
14.5	35	105	210	420	840	1250	1700	2100	2500	3350	4200
14	33	98	195	390	785	1200	1550	1950	2350	3150	3900
13.5	30	91	180	365	730	1100	1450	1800	2200	2900	3650
13	28	85	170	340	675	1000	1350	1700	2050	2700	3400
12.5	26	78	155	315	625	940	1250	1550	1900	2500	3150
12	24	72	145	290	575	865	1150	1450	1750	2300	2900
11.5	22	66	130	265	530	795	1050	1300	1600	2100	2650
11	20	61	120	240	485	725	970	1200	1450	1950	2400
10.5	18	55	110	220	440	660	880	1100	1300	1750	2200
10	17	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
9.5	15	45	90	180	360	540	720	905	1100	1450	1800
9	14	41	81	160	325	485	650	810	970	1300	1600
8.5	12	36	72	145	290	435	580	725	865	1150	1450
8	11	32	64	130	255	385	510	640	770	1000	1300
7.5	9	28	56	115	225	340	450	565	675	900	1150
7	8	25	49	98	195	295	390	490	590	785	980
6.5	7	21	42	85	170	255	340	425	505	675	845
6	6	18	36	72	145	215	290	360	430	575	720
5.5	5	15	30	61	120	180	240	305	365	485	605
5	4	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500
4.5	3	10	20	41	81	120	160	205	245	325	405
4	3	8	16	32	64	96	130	160	190	255	320
3.5	2	6	12	25	49	74	98	125	145	195	245
3	2	5	9	18	36	54	72	90	110	145	180
2.5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125

Daily Exposure time

Figure D.3 Exposure points table (rounded values).

D.4 سیستم نقاط مواجهه

میزان مواجهه با ارتعاش دست – بازو را می توان به سادگی با استفاده از سیستم "نقاط مواجهه" تعیین نمود. برای هر ابزار یا فرایند شغلی، تعداد نقاط مواجهه مجموع در یک ساعت ($P_{E,1h}$ بر حسب نقطه بر ساعت) را می توان با استفاده از مقدار بزرگی ارتعاش بر حسب m/s^2 با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$P_{E,1h} = 2a^2{}_{hv}$$

نقاط مواجهه نهایتاً با هم جمع می شوند. بنابراین شما می توانید تعداد حداکثر نقاط مواجهه برای هر فرد را در یک روز کاری تعیین کنید . مقادیر نقاط مواجهه معادل با حد عمل و حد مجاز به ترتیب برابرند با:

مقدار حد عمل مواجهه ($۲/۵ m/s^2$) = ۱۰۰ نقطه

مقدار حد مجاز مواجهه ($۵ m/s^2$) = ۴۰۰ نقطه

HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

D.3 محاسبات در سیستم نقاط مواجهه

مواجهه روزانه A(8) ، را می توان از تعداد نقاط مواجهه به صورت زیر محاسبه نمود :

$$A(8) = 2.5 m/s^2 \sqrt{\frac{PE}{100}}$$

بطور کلی تعداد نقاط مواجهه کلی در طول یک روز کاری،P_E ، را بصورت زیر می توان محاسبه نمود:

$$P_E = \left[\frac{a_{hv}}{2.5 m/s^2}\right]^2 \frac{T}{8h} 100$$

که a_{hv} بزرگی ارتعاش بر حسب m/s^2 و T مدت زمان مواجهه بر حسب ساعت است.

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

مثال: یک تعمیر کار سه ابزار را در طول یک روز کاری به شرح ذیل بکار می برد:

۱ـ یک سنباده زاویه ای : $4 m/s^2$ برای ۲/۵ ساعت

۲ـ یک اره مغناطیسی: $3 m/s^2$ برای ۱ ساعت

۳ـ یک چکش بادی: $20 m/s^2$ برای ۱۵ دقیقه

مرحله ۱: تعداد نقاط در ساعت برای ماشینهای فوق از جدول مربوطه برابر است با

سنباده	اره مغناطیسی	چکش بادی
۳۲ نقطه	۱۸ نقطه	۸۰۰ نقطه

مرحله ۲: بنابراین نقاط مواجهه با توجه به زمان مواجهه فوق برابر ند با

آسیاب	اره گیوتین	چکش بادی
$32 \times 2.5 = 80$	$18 \times 1 = 18$	$800 \times 0.25 = 200$

مرحله ۳: نقاط مواجهه ارتعاش روزانه برای هر سه ماشین برابر است با :

نقطه ۲۹۸=۲۰۰+۱۸+۸۰

مرحله ۴: مواجهه روزانه ارتعاشی برابر با ۲۹۸ نقطه است یعنی بالاتر از ۱۰۰ نقطه حد عمل مواجهه، اما پایین تر از ۴۰۰ نقطه حد مجاز مواجهه می باشد.

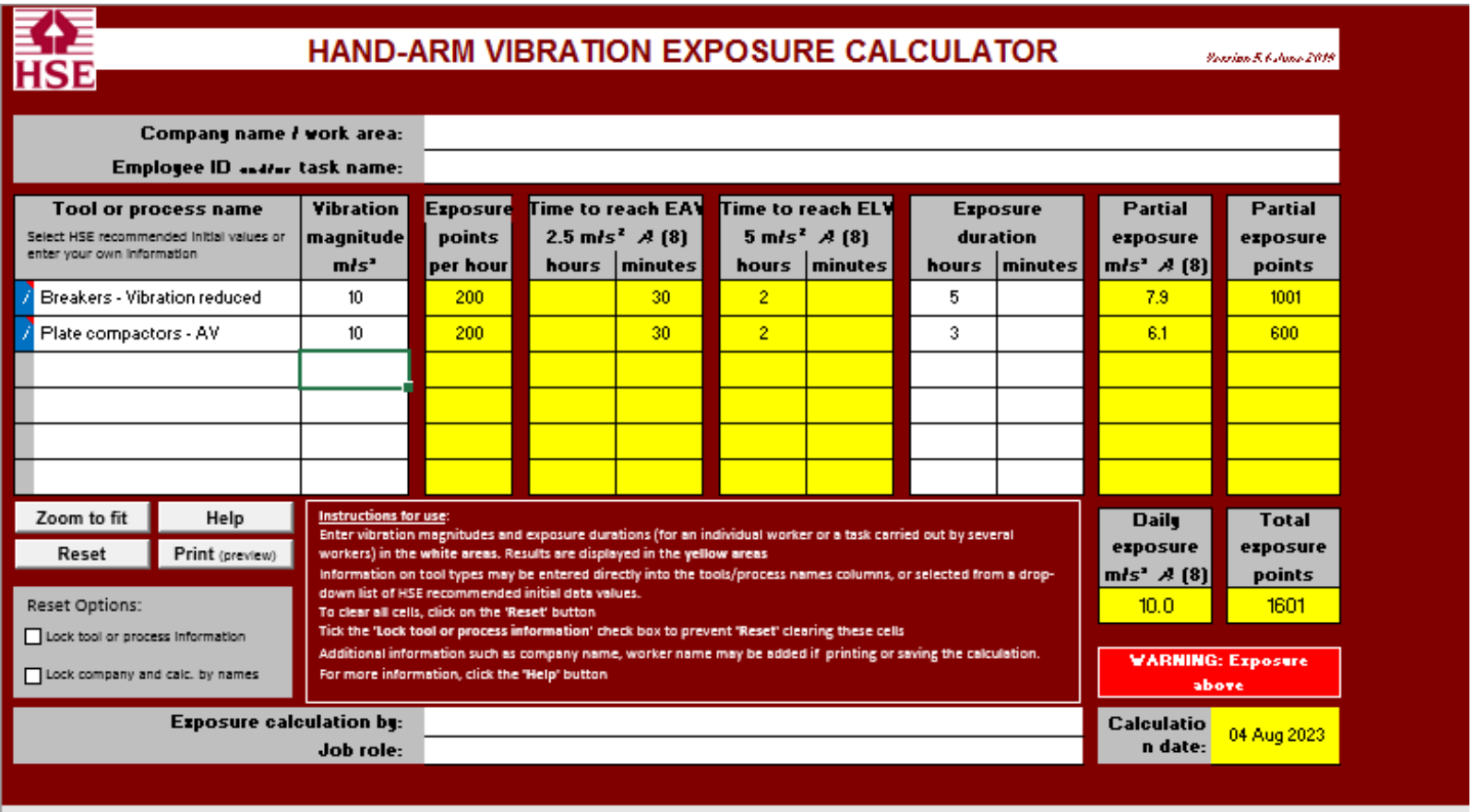
HAND – ARM VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT REQUIREMENTS

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

D.4 ابزار های ارایه شده توسط برخی سازمانها

تعدادی از سازمان ها، ماشین حساب های الکترونیکی را برای محاسبه مواجهات روزانه ارتعاش به شیوه ای ساده فراهم نموده اند:

HSE UK HAV Calculator



HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE CALCULATOR

Company name / work area:

Employee ID and/or task name:

Tool or process name (Select HSE recommended initial values or enter your own information)	Vibration magnitude m/s²	Exposure points per hour	Time to reach EAV 2.5 m/s² A(8) hours	Time to reach EAV 2.5 m/s² A(8) minutes	Time to reach ELV 5 m/s² A(8) hours	Time to reach ELV 5 m/s² A(8) minutes	Exposure duration hours	Exposure duration minutes	Partial exposure m/s² A(8)	Partial exposure points
Breakers - Vibration reduced	10	200		30	2		5		7.9	1001
Plate compactors - AV	10	200		30	2		3		6.1	600

Zoom to fit | Help | Reset | Print (preview)

Reset Options:
- Lock tool or process information
- Lock company and calc. by names

Instructions for use:
Enter vibration magnitudes and exposure durations (for an individual worker or a task carried out by several workers) in the white areas. Results are displayed in the yellow areas
Information on tool types may be entered directly into the tools/process names columns, or selected from a drop-down list of HSE recommended initial data values.
To clear all cells, click on the 'Reset' button
Tick the 'Lock tool or process information' check box to prevent 'Reset' clearing these cells
Additional information such as company name, worker name may be added if printing or saving the calculation.
For more information, click the 'Help' button

Daily exposure m/s² A(8)	Total exposure points
10.0	1601

WARNING: Exposure above

Exposure calculation by:

Job role:

Calculation date: 04 Aug 2023

WHOLE BODY VIBRATION

MEASUREMENT REQUIREMENTS AND ASSESSMENT METHOD SELECTION

WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT REQUIREMENTS

نصب شتاب سنجها حین اندازه گیری

روشی بایستی انتخاب شود که:

اتصال به اندازه کافی محکمی به سطح مرتعش را ایجاد نماید،

تداخلی با فرایند ابزار ایجاد نکند و

بر روی مشخصه ارتعاش سطح مرتعش اثری نداشته باشد.

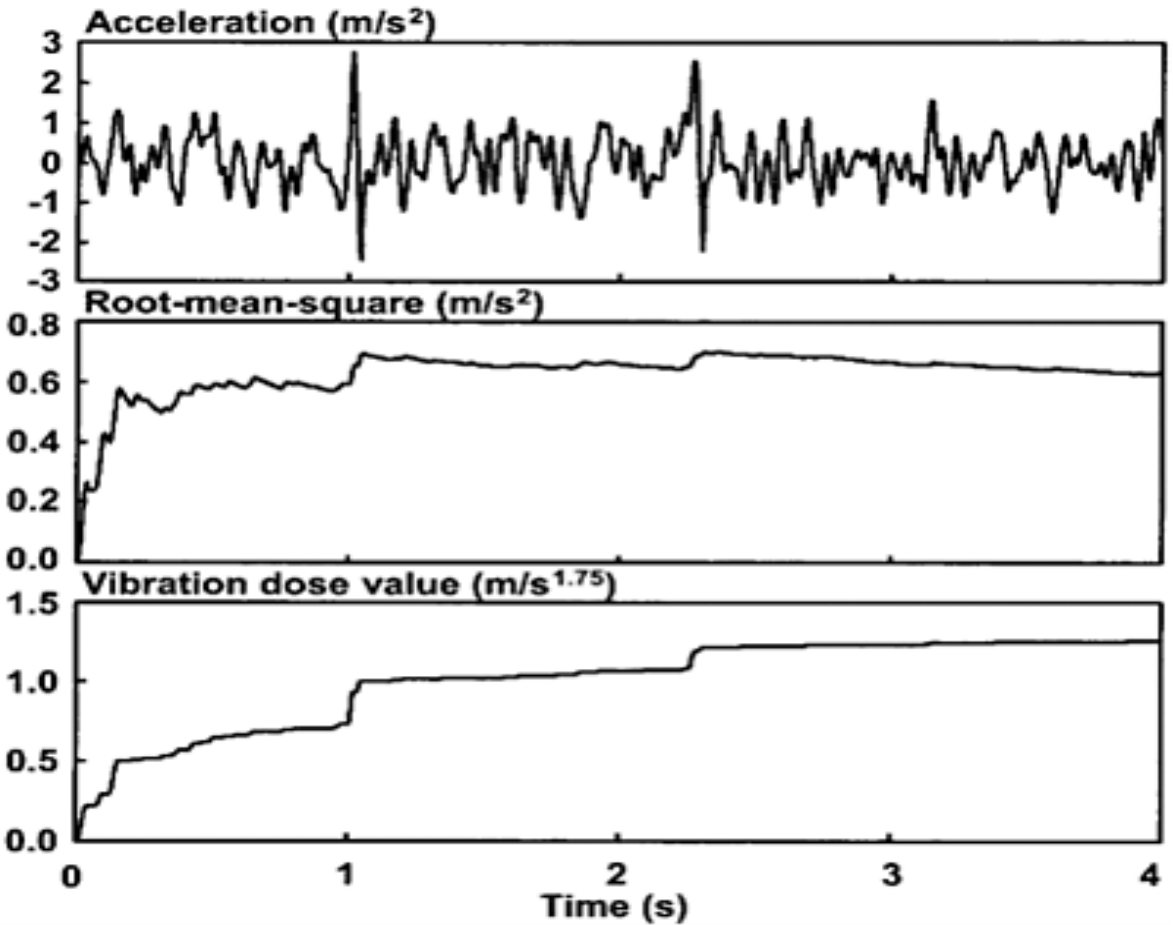
VIBRATION MAGNITUDE ESTIMATION روشهای ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن

ارتعاش تمام بدن (ISO 2631-1)

نمادهای رایج در متون مربوطه

$a_{(8)}$, $a_{w.rms}$, a , a_w

- Basic (rms) Method
- MTVV(Maximum Transient Vibration Value)
- VDV (Vibration Dose Value)
- Sed
- R factor



WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631-1

نسبت های مورد استفاده برای مقایسه روش های ارزیابی پایه و ثانویه

CF=Peak/r.m.s >9

CF=Max/r.m.s >6

$$\frac{MTVV}{a_w} = 1{,}5$$

$$\frac{VDV}{a_w T^{1/4}} = 1{,}75$$

WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631-1

روش ارزیابی پایه

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T}\left((a_{w\,1}{}^2 \times t_1) + (a_{w\,2}{}^2 \times t_2) + \cdots + (a_{w\,n}{}^2 \times t_n)\right)}$$

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

روشهای ارزیابی ثانویه Additional Evaluation methods

روش های ارزیابی ثانویه ارتعاشی هنگامی که روش ارزیابی پایه کافی نباشد.

$$\mathrm{MTVV} = \max\left[a_w(t_0)\right]$$

روش ارزیابی r.m.sجاری شوک ها و ارتعاش گذرا را توسط کاربرد یک ثابت زمانی پیوسته کوتاه مدت مورد توجه قرار می دهد. بزرگی ارتعاش با عنوان مقدار ارتعاش گذرای حداکثر (MTVV) تعریف شده است.

$$\mathrm{VDV} = \left\{\int_0^T \left[a_w(t)\right]^4 \, dt\right\}^{\frac{1}{4}}$$

WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631-1

Additional Evaluation methods **روشهای ارزیابی ثانویه**

روش توان چهارم دوز ارتعاش Vibration Dose Value

روش توان چهارم دوز ارتعاش نسبت به روش ارزیابی پایه با توجه به استفاده از توان چهارم به جای توان دوم شتاب ، جهت میانگین گیری در مورد پیک ها حساس تر است . توان چهارم مقدار دوز ارتعاش (VDV) بر حسب متر بر ثانیه با توان ۱/۷۵(m/s$^{۱/۷۵}$)یا بر حسب رادیان بر ثانیه به توان ۱/۷۵ ($^{۱/۷۵}$rad/s) به صورت زیر تعریف می شود:

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

$$\mathrm{VDV} = \left\{\int_0^T [a_w(t)]^4 \, dt\right\}^{\frac{1}{4}} \qquad (\mathrm{m/s^{1/75}})$$

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

$$\mathbf{VDV_{total}} = \left(VDV_1^4 + VDV_2^4 + \cdots + VDV_n^4\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$\mathrm{VDV_{total}} = \left(\sum_i \mathrm{VDV}_i^4\right)^{1/4}$$

WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT REQUIREMENTS

VIBRATION MAGNITUDE ESTIMATION

برآورد بزرگی ارتعاش

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

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

اندازه گیری بر اساس روش محاسبه مجموع محورهای سه گانه ارتعاشی انجام می شود (با اعمال ضریب اضافی)

اندازه گیری در طول کار فرایند معمول یک شغل با N وظیفه شغلی در مدت زمانهای مواجهه مختلف

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{t}\sum_{j=1}^{N} a_{hwj}^2 t_j}$$

برآورد مواجهه روزانه A(8) با ارتعاش در شرایطی که مقدار مواجهه معادل در یک شیفت کاری ۸ ساعته در بازه زمانی دیگری مشخص باشد.

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

برآورد مواجهه روزانه A(8) با ارتعاش در شرایطی که مقدار مواجهه معادل در بخشهای مخالف شیفت کاری در بازه زمانی معینی مشخص باشد. $T_0 = 8\ h$

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0}\sum_{i=1}^{n} a_{hvi}^2 T_i}$$

WHOLE BODY VIBRATION ASSESSMENT

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

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

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

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

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

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

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

و برای لیفتراک:

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

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

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

مرحله ۳: مقدار بزرگی مواجهه در هر محور؛

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

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

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

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

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

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

WHOLE BODY VIBRATION ASSESSMENT

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

WHOLE BODY VIBRATION ASSESSMENT

مثال : راننده یک یدک کش در یک بندر تجاری روزانه به مدت ۶/۵ ساعت مشغول به فعالیت است .

مرحله ۱: مقادیر VDV های اندازه گیری شده برروی صندلی در طول یک دوره ۲ ساعته به شرح ذیل است :

$$X : 3\, m/s^{1.75}$$
$$y : 5\, m/s^{1.75}$$
$$z : 4\, m/s^{1.75}$$

مرحله ۲: VDV مواجهه در محورهای x ، y و z به ترتیب برابر است با :

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

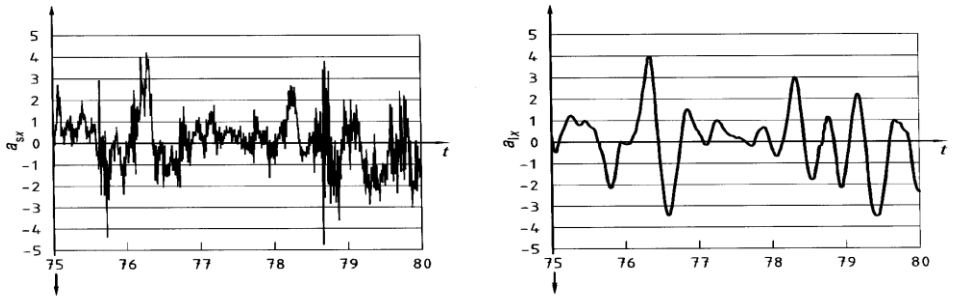
مرحله ۳:VDV روزانه بالاترین مقدار این سه مورد است. در این مثال محورy : $m/s^{1.75}$ ۹/۴ است که بالاتر از مقدار عمل مواجهه تعریف شده توسط کمیته عوامل فیزیکی اتحادیه ی اروپا و مرز پایینی مشخص شده توسط ISO 2631-1 قرار دارد .

WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631-5

روش توان ششم Sed فشار تراکمی وارده بر ستون مهره ها

استاندارد ISO 2631-5 در پاسخ به این نگرانی ها که ارتعاشات حاوی شتاب های بالا می توانند آسیب های ویژه ای را به وجود آورند توسعه یافته است و یک رویکرد جدید تر جهت ارزیابی فشار وارد بر ستون فقرات کمری در افراد در معرض مواجهه با شوک های تکراری ایجاد می کند . این روش ریاضی که در سال ۲۰۰۴ توسط ISO ارائه شد، ارتباط بین صدمات دیسک های مهره ای کمری و ارتعاش همراه با شوک های متعدد را بصورت کمی بیان می کند. اثر نامطلوب بر روی ستون مهره ها برجسته ترین ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه طولانی مدت با ارتعاش حاوی شوکهای تکراری است. بنابراین این بخش از ISO 2631 اساساً پاسخی است که ستون مهره ها در برابر ارتعاش را مورد بررسی قرار می دهد .



Accelerations a_{sx}, a_{lx} are in metres per second squared.
Time t is in seconds.

WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631-5

فشار تراکمی وارده بر ستون مهره ها

$$S_e = \left[\sum_{k=x,\,y,\,z} (m_k D_k)^6 \right]^{1/6}$$

فشار تراکمی استاتیک معادل

$m_x = 0{,}015$ MPa/(m/s²)

$m_y = 0{,}035$ MPa/(m/s²)

$m_z = 0{,}032$ MPa/(m/s²)

که D_K دوز شتاب در جهت K است .

$$S_{ed} = \left[\sum_{k=x,\,y,\,z} (m_k D_{kd})^6 \right]^{1/6}$$

روش توان ششم Sed

محاسبه دوز شتاب

$$D_k = \left[\sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6}$$

میانگین دوز روزانه وظیفه

$$D_{kd} = D_k \left[\frac{t_d}{t_m} \right]^{1/6}$$

میانگین دوز روزانه وظایف

$$D_{kd} = \left[\sum_{j=1}^{n} D_{kj}^6 \frac{t_{dj}}{t_{mj}} \right]^{1/6}$$

WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631-5

روش محاسبه فاکتور ریسک،R :

به طور کلی فاکتوری به عنوان Rنیز برای استفاده در ارزیابی اثرات بهداشتی نامطلوب مربوط به پاسخ انسانی دوز شتاب تعریف شده است. توسط این فاکتور در واقع ارزیابی مقدار n سال مواجهه با ارتعاش تمام بدن را می توان انجام داد. مجموع فاکتور R با افزایش سن به صورت پیوسته، همانطور که زمان مواجهه افزایش می یابد، بیشتر می شود. این شاخص به صورت زیر تعریف می شود :

اگر دوز روزانه S_{ed} ، شخصی مشابه، برابر ۰/۸ مگا پاسکال باشد. در سن ۶۵ سالگی دارای R=۱/۲ خواهد بود. این محاسبات بر اساس ۲۴۰ روز مواجهه معادل (N) در سال می باشد برای استفاده در تعداد روزهای مواجهه ی دیگر در سال، حدود S_{ed} مناسب بواسطه ی ضرب مقادیر۰/۵ Mpa و ۰/۸ Mpa در $(\frac{240}{N})^{\frac{1}{6}}$بدست می آید.

$$R=\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{S_{ed}\cdot N^{1/6}}{S_{ui}-C}\right)^{6}\right]^{1/6}$$

$$S_{ui}=6.75-0.066(b+i)$$

که N تعداد روزهای مواجهه در سال ،

I شمارنده[۲] سالهاست،

N تعداد سالهای مواجهه و

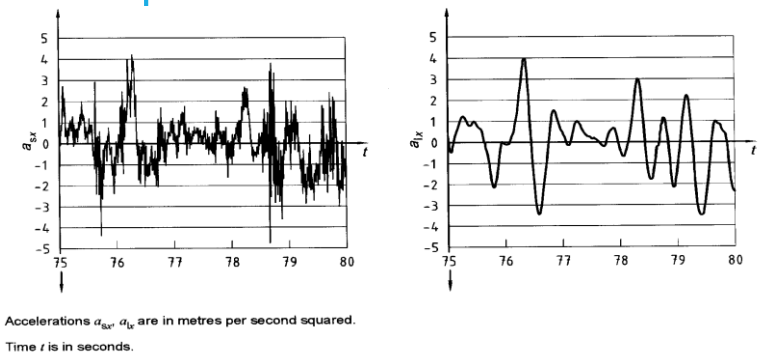
C ثابتی بیان کننده تنش[۳] استاتیک به علت نیروی گرانشی،

S_{ui} توان نهایی ستون مهره های کمری برای فردی با سن (b+i) سال

b سن در زمانی که مواجهه شروع شده است.

مقدار C =۰/۲۵ Mpa را می توان معمولاً برای وضعیت رانندگی استفاده نمود.

مثالی از ارزیابی اثرات بهداشتی نامطلوب با استفاده از روش ISO 2631-5



Accelerations a_{sx}, a_{ix} are in metres per second squared.
Time t is in seconds.

اندازه گیری در یک دوره ۲/۵ دقیقه ای برروی سطح صندلی در صندلی اپراتور یک ماشین خارج جاده ای در حین جابجایی ماشین انجام گرفته است. پاسخ ستون فقرات با استفاده از معادلات مرتبط محاسبه شده است. شکل A.2 ورودی و پاسخهای محور X را برای دوره زمانی بین ۷۵ ثانیه و ۸۰ ثانیه نشان می دهد.
شکل A.2 ورودی شتاب محور x و پاسخ کمری برای دوره زمانی از ۷۵ تا ۸۰ ثانیه برای اینکه دوز را مطابق با معادله (۴) محاسبه کنیم، مقدار شتاب مطلق پیکهای مثبت و منفی پاسخ محورهای y,x و مقادیر شتاب پیکهای مثبت در پاسخ محور Z تعیین شدند.

مقادیر دوز در طول دوره ثبت سیگنال اندازه گیری شده ۲/۵ دقیقه ای با در نظر گرفتن ریشه ی ششم از توان های ششم پیکهای محاسبه شدند. که این مقادیر به صورت زیر است:

$D_{x,\ 2{,}5\text{min}} = 8{,}6\ \text{m/s}^2$

$D_{y,\ 2{,}5\text{min}} = 13{,}6\ \text{m/s}^2$

$D_{z,\ 2{,}5\text{min}} = 7{,}2\ \text{m/s}^2$

فرض کنید که ذخیره دوره زمانی شتاب بیانگر شرایطی از کار اپراتور است که روزانه ۳۰ دقیقه طول می کشد و بنابراین دوز روزانه میانگین را می توان از معادله Dkd بصورت روبرو محاسبه نمود :

$D_{xd} = 8{,}6\ (30/2{,}5)^{1/6} = 13{,}0\ \text{m/s}^2$

$D_{yd} = 13{,}6\ (30/2{,}5)^{1/6} = 20{,}6\ \text{m/s}^2$

$D_{zd} = 7{,}2\ (30/2{,}5)^{1/6} = 10{,}9\ \text{m/s}^2$

از معادله A.2 فشار تراکمی استاتیک معادل روزانه نیز به صورت زیر محاسبه می شود :

$$S_{ed} = [(0{,}015 \times 13{,}0)^6 + (0{,}035 \times 20{,}6)^6 + (0{,}032 \times 10{,}9)^6]^{1/6} = 0{,}72\ \text{MPa}$$

مثالی از ارزیابی اثرات بهداشتی نامطلوب با استفاده از روش

مثالی از ارزیابی با استفاده از فاکتور ریسک، R

در صورتی که شروع مواجهه با ارتعاش راننده مثال قبل در سن ۲۷ سالگی باشد و تا بحال ۴ سال است که به طور متوالی سالی ۲۴۰ روز با ارتعاش وجود دارد میزان فاکتور R در حال حاضر را می توان به صورت ذیل محاسبه نمود:

بنابراین N=۲۴۰ ؛ مقدار C =۰/۲۵ Mpa را می توان معمولاً برای وضعیت رانندگی استفاده نمود.

Sed با استفاده از نتیجه نهایی مثال قبل برابر با ۰/۷۲ مگا پاسکال

b سن در زمان شروع مواجهه برابر با ۲۷ سال و i شمارنده سالهای مواجهه به صورت زیر برای محاسبه Sui بکار می رود:

$$S_{ui} = 6.75 - 0.066(27+1) = 4.902$$
$$S_{ui} = 6.75 - 0.066(27+2) = 4.836$$
$$S_{ui} = 6.75 - 0.066(27+3) = 4.77$$
$$S_{ui} = 6.75 - 0.066(27+1) = 4.704$$

همانطور که ملاحظه می شود مقادیر Sui که بیانگر توان نهایی ستون مهره ای است با افزایش سن، کاهش می یابد و بنابر این خواهیم داشت:

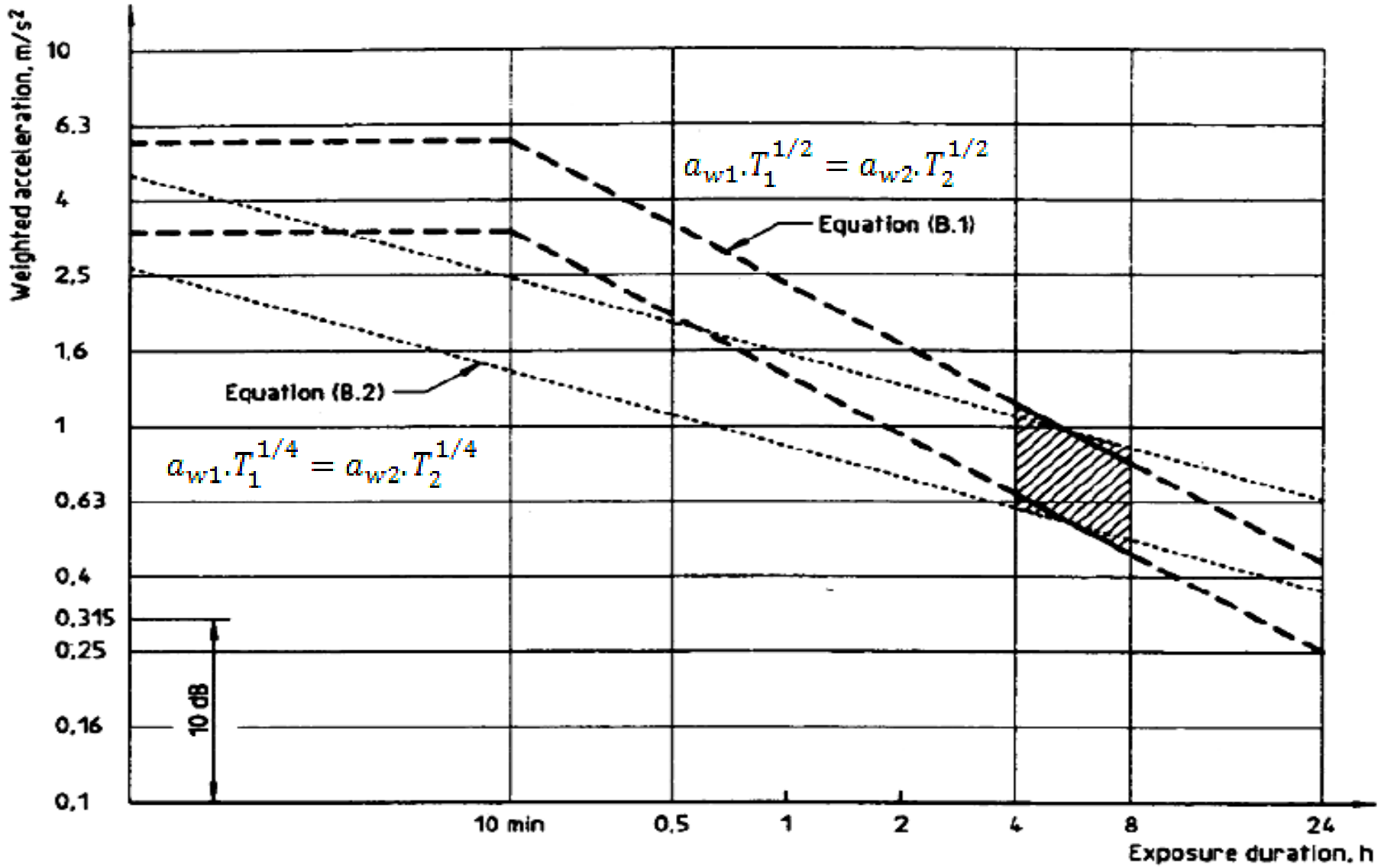
$$R = \left[\left(\frac{0.72 \times 240^{1/6}}{4.902 - 0.25}\right)^6 + \left(\frac{0.72 \times 240^{1/6}}{4.836 - 0.25}\right)^6 + \left(\frac{0.72 \times 240^{1/6}}{4.77 - 0.25}\right)^6 + \left(\frac{0.72 \times 240^{1/6}}{4.704 - 0.25}\right)^6\right]^{1/6}$$

$$R = 0.497$$

بنابراین برای فردی با وضعیت موجود و شرایط مواجهه مذکور ، مقدار فاکتور R کمتر از ۰/۸ می باشد و بنابراین احتمال ریسک بهداشتی پایینی وجود دارد.

HAND – ARM VIBRATION

حدود مجاز مواجهه



HAND – ARM VIBRATION

حدود مجاز مواجهه

ارزیابی اثرات نامطلوب بهداشتی ISO 2631-1	عبارت مورد استفاده جهت توصیف ریسک بهداشتی	ISO 2631-1	
		A (8 h) (m/s^2rms)	VDV_{total} ($m/s^{1.75}$)
کمتر از مرز پائین HGCZ(اثرات بهداشتی کاملاً مستند نبوده و عیناً مشاهده نشده اند)	پایین	۰/۴۵ >	۸/۵>
در ناحیه HGCZ ، (احتیاط با توجه به خطرات بهداشتی بالقوه)	متوسط	۰/۴۵ – ۰/۹	۸/۵ – ۱۷
بالاتر از ناحیه HGCZ ، (خطرات بهداشتی محتمل)	بالا	۰/۹<	۱۷ <
ارزیابی اثرات نامطلوب بهداشتی ISO 2631-5	**واژه مورد استفاده در این مقاله جهت توصیف ریسک بهداشتی**	**ISO 2631-5**	
		(Mpa)S_{ed}	R
احتمال پائین اثرات بهداشتی	پایین	۰/۵ >	۰/۸ >
احتیاط با توجه به خطرات بهداشتی بالقوه	متوسط	۰/۸ – ۰/۵	۱/۲ – ۰/۸
احتمال بالای اثرات بهداشتی نامطلوب	بالا	۰/۸<	۱/۲ <

سطوح عمل و مجاز برگرفته از راهنمای کاربردی عوامل فیزیکی (ارتعاش) EU

روش ارزیابی	حد عمل مواجهه	حد مجاز مواجهه
r.m.s	۰/۵ $\frac{m}{s^2}$	۱/۱۵ $\frac{m}{s^2}$
VDV	۹/۱ $\frac{m}{s^{1.75}}$	۲۱ $\frac{m}{s^{1.75}}$
تعداد نقاط مواجهه	۱۰۰ نقطه	۵۲۹ نقطه

WHOLE BODY VIBRATION CRITERIA

ISO 2631

تعیین زمان مجاز مواجهه با ارتعاش

$$T_{ud} = T\left(\frac{UB}{r.m.s_{measured}}\right)^2 \qquad T_{ud} = T\left(\frac{UB}{VDVmeasured}\right)^4 \qquad T_{ud} = T\left(\frac{UB}{S_{ed}}\right)^6$$

$$T_{Ld} = T\left(\frac{LB}{r.m.s_{measured}}\right)2 \qquad T_{Ld} = T\left(\frac{LB}{VDVmeasured}\right)^4 \qquad T_{Ld} = T\left(\frac{LB}{S_{ed}}\right)^6$$

مثال : در صورتی که مقدار دوز ارتعاش برآورد شده برای فرایند پولیش زنی برابر با ۱۱ باشد مدت زمان مجاز انجام کار را برای حدود بالا و پایین HGCZ محاسبه کنید.

$$T_{ud} = T\left(\frac{UB}{VDVmeasured}\right)^4 = 8\left(\frac{17}{11}\right)^4 = 24h <$$

$$T_{Ld} = T\left(\frac{LB}{VDVmeasured}\right)^4 = 8\left(\frac{8.5}{11}\right)^4 = 2.85h$$

WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش تمام بدن

D.1 نمودار محاسبه مواجهه روزانه

این نمودار در شکل **D.1** ارایه شده است و یک روش جایگزین ساده برای محاسبه مواجهه روزانه یا مواجهه ارتعاش جزئی (در مدت زمانهای غیر از ۸ ساعت) بدون نیاز به انجام محاسبات می باشد.

بسادگی می توان از روی نمودار مقدار ارتعاش **A(۸)** روزانه یا مقدار ارتعاش در دیگر مدت زمان ها را در جایی که خطوط مقدار بزرگی ارتعاش $(Ka_w)_{max}$ و مدت زمان مواجهه همدیگر را قطع می کنند، بدست آورد. (فاکتور**K** برای هر یک از محورهای **x** و **y** برابر با ۱/۴ و برای محور **Z** برابر با یک است.)

ناحیه سبز رنگ در شکل **D.1** بیانگر این است که احتمالاً مواجهه با پایین تر از حد عمل (مشابه با حد پایین در **ISO**) قرار دارد. این میزان مواجهه را نبایستی ایمن پنداشت. این میزان از مواجهه نیز می تواند سبب صدمات ناشی از ارتعاش تمام بدن در شاغلین خصوصاً بعد از چندین سال مواجهه شود.

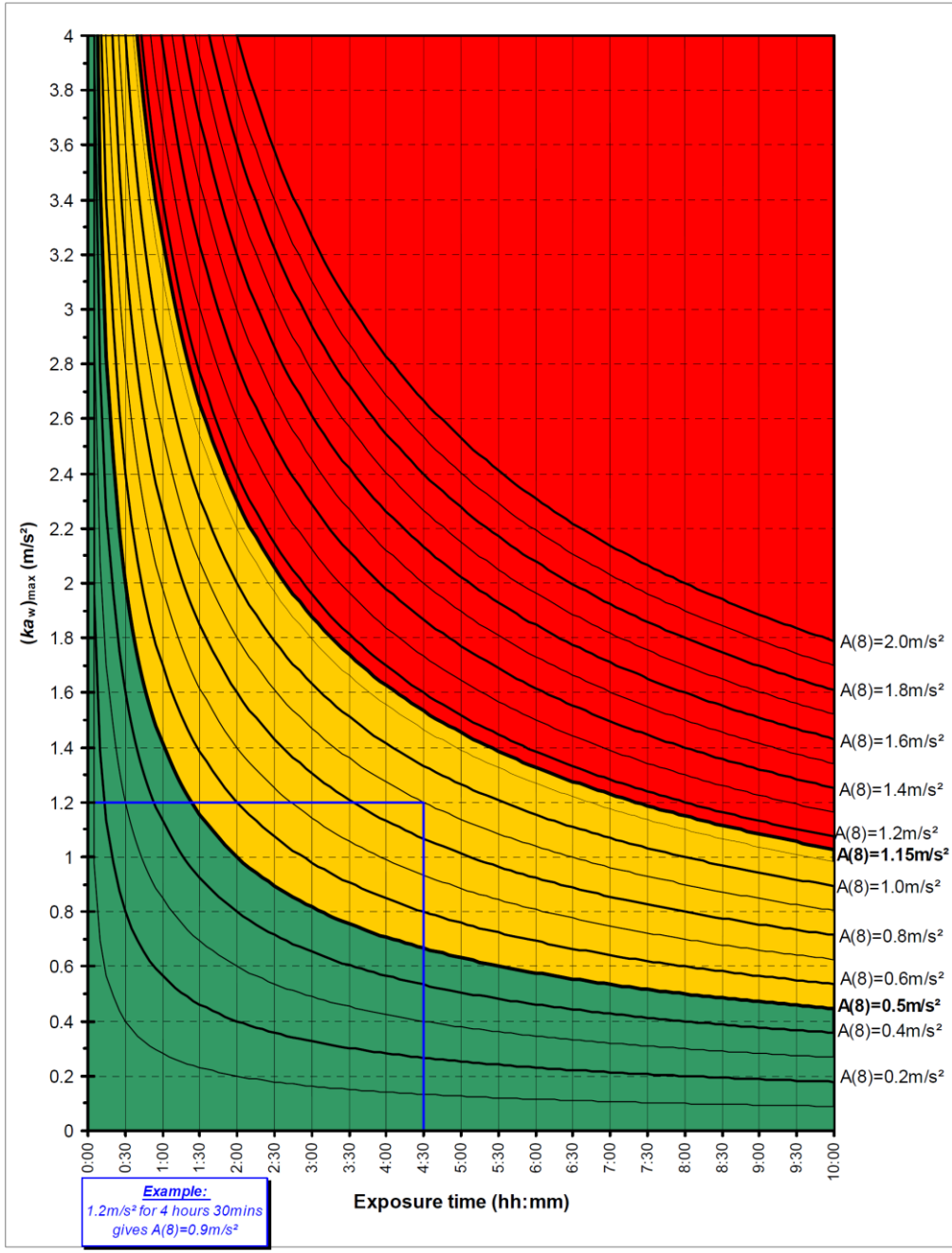


Figure D.1 Daily exposure graph

WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

D.2 نموگرام محاسبه مواجهه روزانه

نموگرام ارایه شده در شکل D.2 یک روش دیگر محاسبه مواجهه روزانه ارتعاشی را بدون انجام محاسبات ارایه می کند :

(a) بر روی خط سمت چپ بزرگی ارتعاش مورد نظر را بیابید (مقیاس سمت چپ این خط را برای محورهای x وy و مقیاس سمت راست را برای محور zبکار ببرید.

(b) یک خط از نقطه مورد نظر در سمت چپ نموگرام (بزرگی ارتعاش) به سمت مدت زمان مواجهه بر روی خط سمت راست نموگرام (بیان کننده زمان مواجهه) بکشید.

مقدار ارتعاش جزئی روزانه را بر روی نقطه ای که خط وسطی نموگرام را قطع می کند قرائت کنید.

دستورالعمل استفاده :

برای هر مواجهه خطی بین شتاب وزن یافته (با استفاده از مقیاس مناسب برای محورهای ارتعاش) و مدت زمان مواجهه بکشید مقدار مواجهه ارتعاش(۸) A، را بر روی منحنی مرکزی نموگرام قرائت کنید.

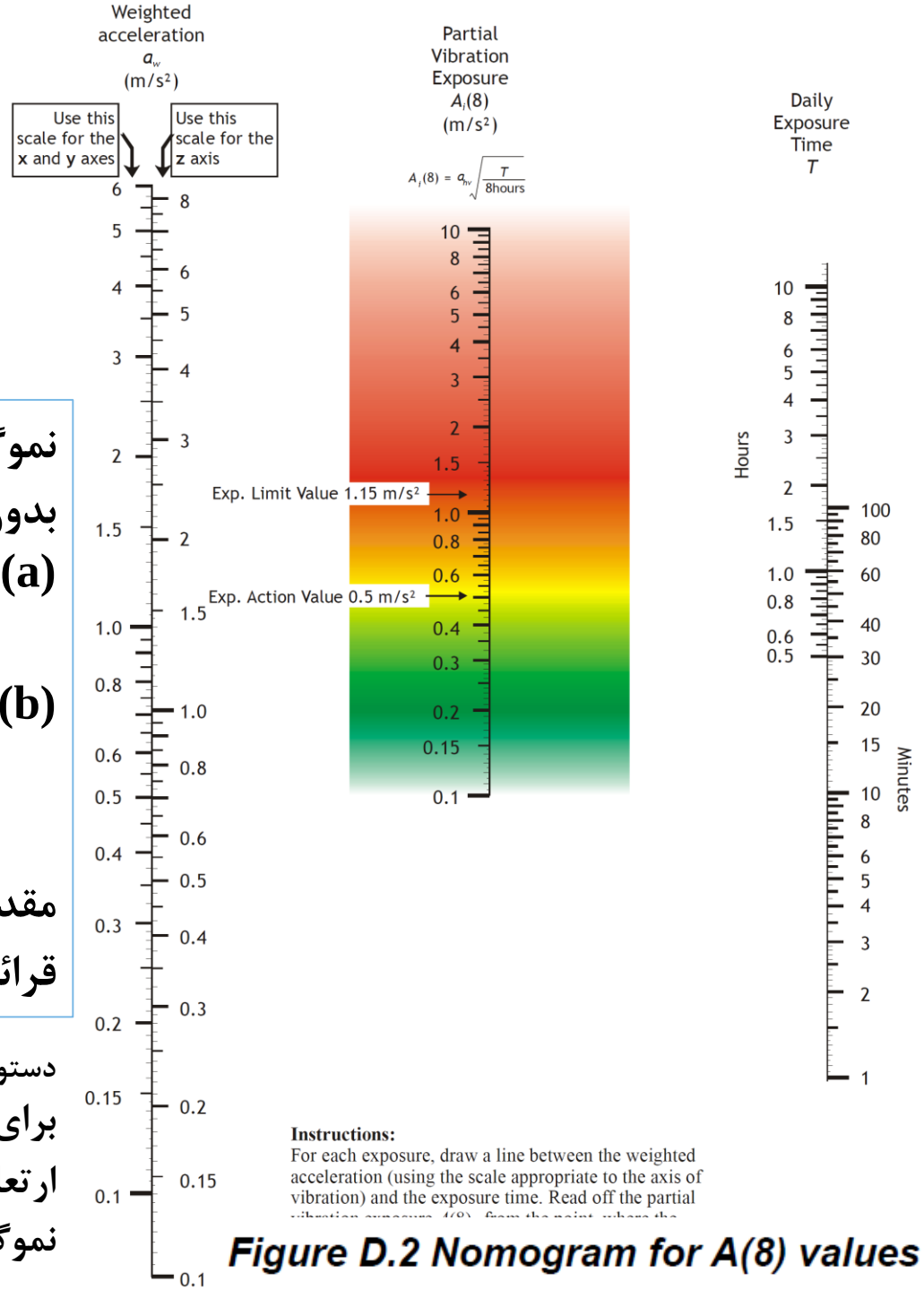


Figure D.2 Nomogram for A(8) values

WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش تمام بدن

محاسبه مواجهه با ارتعاش تمام بدن را می توان به سادگی با اســتفاده از سیستم "نقاط مواجهه " انجام داد. برای هر وسیله نقلیه یا دستگاه، تعداد نقاط جمع شده در یک ساعت ($P_{E,1h}$) بر حسب نقطه در ساعت را می توان از مقدار بزرگی ارتعاش a_w بر حسب متر بر مجذور ثانیــه و فاکتور K (متناسب با محورهای مذکور بــرا محــور xو ۴/۱y و بــرای محور Z برابر با ۱) بدست آورد:

$$P_{E,lh} = 50(ka_w)^2$$

نقاط مواجهه به سادگی با هم جمع می شوند، بنابراین شما می توانید حداکثر نقاط مواجهه را برای هر فرد در یک ساعت تنظیم کنید . مقادیر اعداد مواجهه مربوطه به حد عمل و حد مجاز به شرح ذیل است :

۱۰۰ و ۵۲۹

D.3 جدول نقاط مواجهه

Acceleration × k (m/s²)	15m	30m	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	12h
2	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000	2400
1.9	45	90	180	360	540	720	905	1100	1450	1800	2150
1.8	41	81	160	325	485	650	810	970	1300	1600	1950
1.7	36	72	145	290	435	580	725	865	1150	1450	1750
1.6	32	64	130	255	385	510	640	770	1000	1300	1550
1.5	28	56	115	225	340	450	565	675	900	1150	1350
1.4	25	49	98	195	295	390	490	590	785	980	1200
1.3	21	42	85	170	255	340	425	505	675	845	1000
1.2	18	36	72	145	215	290	360	430	575	720	865
1.1	15	30	61	120	180	240	305	365	485	605	725
1	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500	600
0.9	10	20	41	81	120	160	205	245	325	405	485
0.8	8	16	32	64	96	130	160	190	255	320	385
0.7	6	12	25	49	74	98	125	145	195	245	295
0.6	5	9	18	36	54	72	90	110	145	180	215
0.5	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125	150
0.4	2	4	8	16	24	32	40	48	64	80	96
0.3	1	2	5	9	14	18	23	27	36	45	54
0.2	1	1	2	4	6	8	10	12	16	20	24

Daily Exposure time

Figure D.3 Exposure points table (rounded values)

WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

D.3 محاسبات در سیستم نقاط مواجهه

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش تمام بدن

به طور کلی تعداد نقاط مواجهه کلی P_E ، را بدین صورت تعریف می نمایند:

$$P_E = \left[\frac{ka_w}{0.5\frac{m}{s^2}}\right]^2 \frac{t}{8Hours}100$$

که a_w بزرگی ارتعاش بر حسب $\frac{m}{s^2}$

T مدت زمان مواجهه بر حسب ساعت و k ضرایب محورها برای محورهای xوy برابر با ۱/۴ و برای z برابر با ۱ است.

جدا از این روش شکل D.3 یک روش ساده را برای تعیین نقاط مواجهه ارایه می کند .

مواجهه روزانه A(8) را می توان با کاربرد نقاط مواجهه بدست آورد:

$$A(8) = 0.5 m/s^2 \sqrt{\frac{P_E}{100}}$$

مثال : یک راننده تحویل روزانه یک ساعت با یک لیفتراک کوچک مشغول بارگذاری یک کامیون و ۶ ساعت مشغول رانندگی با یک کامیون است .

مرحله ۱: مواجهات روزانه محورهای x، y و z برابر است با :

مرحله ۲: نقاط مواجهه ارتعاش روزانه برای هر محور برابر است با :

نقطه ۵۲ = ۲۵ +۲۷= محور x

نقطه ۸۸ = ۷۵ +۱۳= محور y

نقطه ۶۸ = ۲۷ +۴۱= محور z

مرحله ۳: مواجهه روزانه با ارتعاش تمام بدن راننده بیشترین تعداد نقاط مواجهه در محورهاست. در این مورد محور y با ۸۸ نقطه است. که در پایین تر از حد عمل معادل با ۱۰۰ نقطه قرار دارد.

محور	لیفتراک	تعداد نقاط بعد از یک ساعت استفاده (از شکل D.3)
X	۱/۴ × ۰/۵ =۰/۷	۰/۷ m/s^2 برای ۱ ساعت برابر است با ۲۵ نقطه
Y	۱/۴ × ۰/۳ =۰/۴۲	۰/۵* m/s^2 برای ۱ ساعت برابر است با ۱۳ نقطه
z	۰/۹	۰/۹ m/s^2 برای ۱ ساعت برابر است با ۴۱ نقطه

*0.42 m/s^2 در شکل D.3 نشان داده نشده است بنابراین نزدیکترین مقدار بیشتر به آن 0.5 m/s^2 مورد استفاده قرار گرفته است.

محور	کامیون تحویل	تعداد نقاط بعد از ۶ ساعت استفاده (از شکل D.3)
X	۱/۴ × ۰/۲ =۰/۲۸	۰/۳* m/s^2 برای ۶ ساعت برابر است با ۲۷ نقطه
Y	۱/۴ × ۰/۳ =۰/۴۲	۰/۵* m/s^2 برای ۶ ساعت برابر است با ۷۵ نقطه
z	۰/۳	۰/۹ m/s^2 برای ۶ ساعت برابر است با ۲۷ نقطه

*مقادیر دقیق ارتعاش مورد نظر در شکل D.3 نشان داده نشده است بنابراین نزدیکترین مقدار بیشتر به آن مورد استفاده قرار گرفته است.

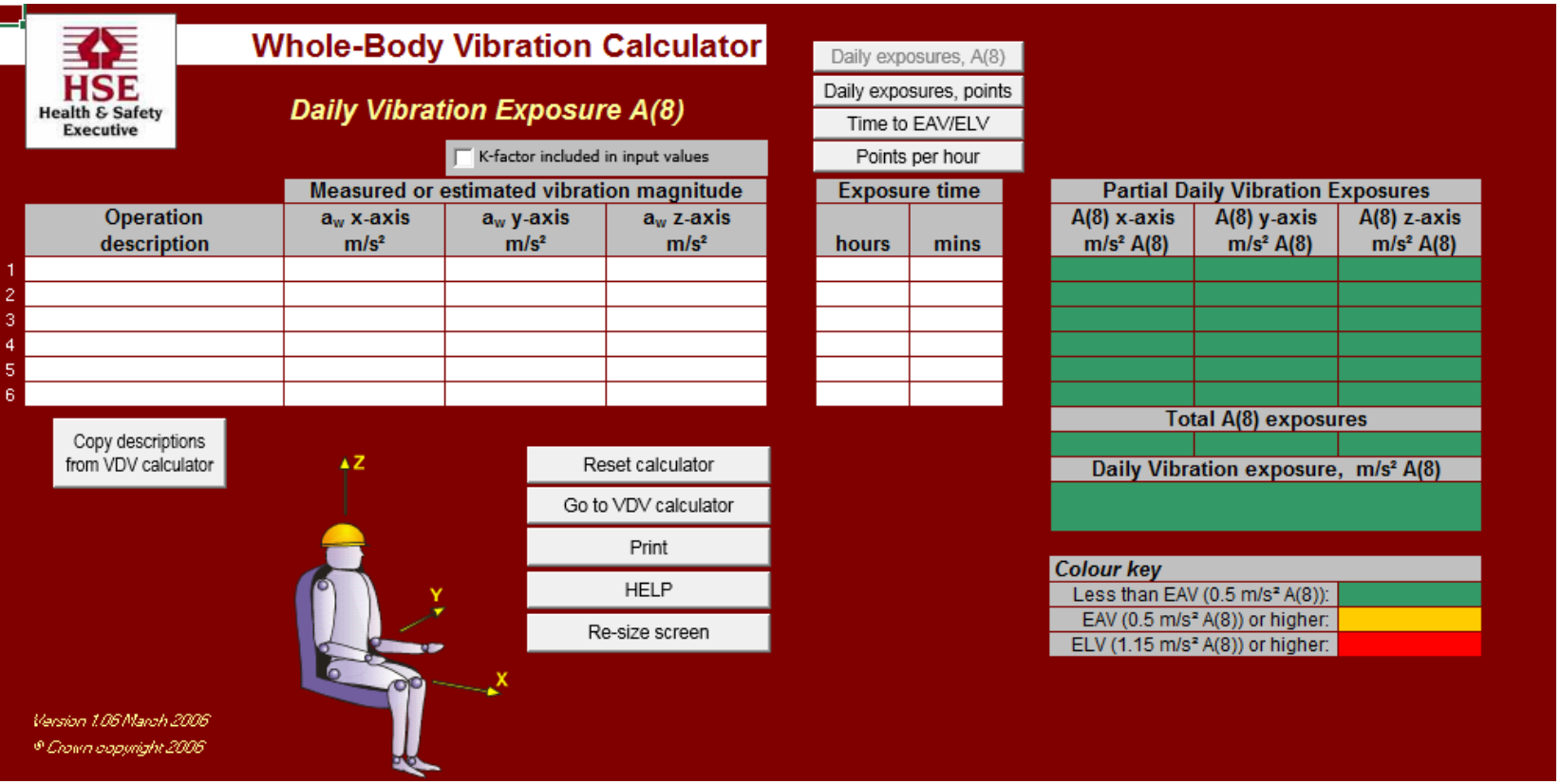
WHOLE BODY VIBRATION MEASUREMENT AND ASSESSMENT

ابزار های محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش تمام بدن

D.4 ابزار های ارایه شده توسط برخی سازمانها

تعدادی از سازمان ها، ماشین حساب های الکترونیکی را برای محاسبه مواجهات روزانه ارتعاش به شیوه ای ساده فراهم نموده اند:

[HSE UK WBV Calculator]

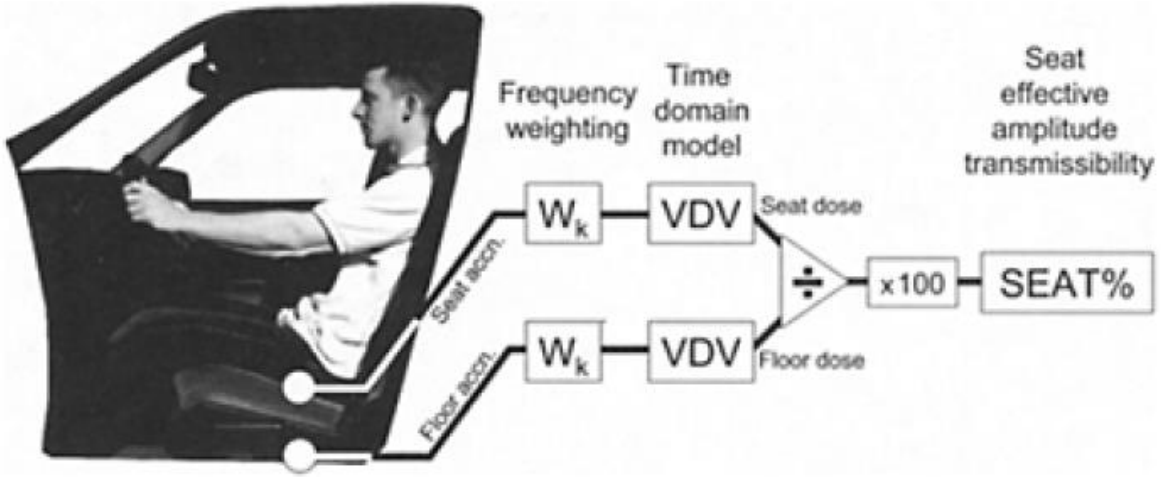


صندلی

احتمالاً شما نیز اثر افزایشی و یا کاهشی میزان ارتعاش یک صندلی نرم اتومبیل را تجربه کرده اید. در فرکانسهای کم (زیر ۱ تا ۲ هرتز) به دلیل خواص دینامیکی اکثر صندلی‌ها اثر کمی بر روی ارتعاش می-گذارند؛ اما در ناحیه ۴ هرتز ارتعاش عمودی به شدت تقویت می‌شود به نحوی که شتاب ارتعاش $1m/s^2$ به میزان غیر قابل قبول $2m/s^2$ افزایش می یابد. در فرکانس‌های بیشتر، بسیاری از صندلی‌ها ارتعاش عمودی را کاهش می‌دهند و در فرکانس‌های بیشتر از ۱۰ هرتز کاهش ارتعاش بسیار مشهود است.

SEAT

شاخص **SEAT** (میزان انتقال پذیری دامنه موثر صندلی) در حقیقت شامل سه فاکتور مهم برای عملکرد دینامیکی صندلی است : بزرگی ارتعاشی، میزان انتقال پذیری و شبکه ی وزنی پاسخ فرکانسی انسان

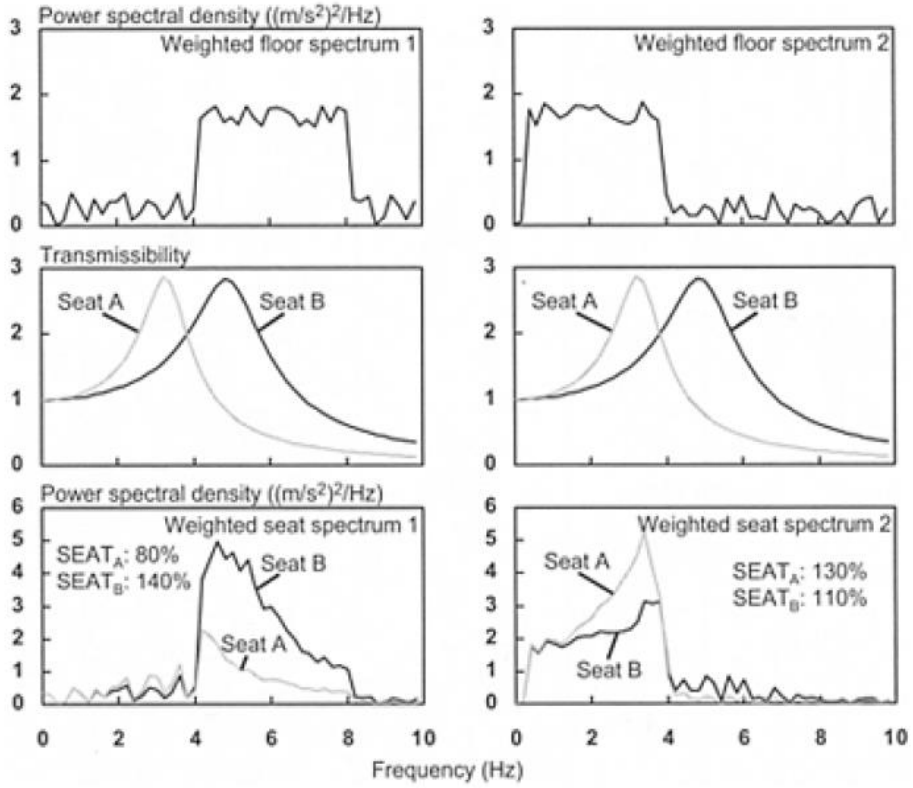


صندلی

SEAT

مقدار SEAT به نوع وسیله نقلیه نیز بستگی دارد. به عنوان مثال در اتومبیل های سواری مقدار قابل توجهی از ارتعاش در فرکانس ۱۰ هرتز می باشد که می توان به راحتی با استفاده از صندلی های متداول آن را ایزوله نمود.

نوع کوسن[۲]	SEAT(%)
۳۰ میلی متر فوم[۳]	۱۰۲
۶۰ میلی متر فوم	۱۰۹
بافت لاستیکی[۴]	۱۲۴
کوسن اسفنجی[۵]	۱۲۷
فنر نوع A[6]	۱۴۱
کوسن فنری[۷]	۱۴۰



مثال برای تعیین صندلی مناسب

در صندلی الف فرکانس تشدید در حدود ۳ هرتز و در صندلی ب در حدود ۵ هرتز می باشد. در شکل شماره ۱ محرک ارتعاشی در محدوده ی فرکانسی ۴تا۸ هرتز و در شکل شماره ۲، صفر تا ۴ هرتز غالب می باشد. در مورد محرک ارتعاشی نشان داده شده در شکل ۱، صندلی الف نسبت به صندلی ب ارجحیت دارد چرا که بیناب سطح صندلی در فرکانس هایی که انرژی ارتعاشی قابل توجه است،کمتر می باشد. در این مورد مقدار SEATبرای صندلی الف ۸۰ درصد و برای صندلی ب ۱۴۰ درصد است.در شکل۲ ، صندلی الف در مقایسه با صندلی ب وضعیت نامساعدتری را نشان می دهد، زیرا که طیف سطح صندلی در فرکانس هایی که انرژی ارتعاشی قابل توجه است، بیشتر می باشد.در این مورد مقدار SEATبرای صندلی الف ۱۳۰ درصد و برای صندلی ب ۱۱۰ است.این مثال اهمیت انتقال پذیری صندلی و طیف فرکانسی ارتعاشی را روی مقدار SEATو راحتی صندلی نشان می دهد.

روش کار با شتاب سنج و آنالیزور SVANTEK

Front panel of the SVAN 958A instrument

Rear panel of the SVAN 958A instrument

مشخصات و نمای کلی ارتعاش سنج و آنالیزور SVAN 958 ساخت کمپانی SVANTEK

با ابعاد ۱۴۰*۸۲*۴۲ میلیمتر و وزن ۵۱۰ گرم همرا با ۴ باطری AA استاندارد حین اندازه گیری

شتاب سنج نشیمنگاه سه محورهSV39A/L (در محدوده فرکانسی ۰.۵ تا ۳ کیلو هرتز)، که مطابق با استاندارد ISO 2631-1 و SAE j1013 طراحی شده و درون یک پد لاستیکی با ضخامت ۱۲ mm نصب شده است.

دارای دتکتورهای r.m.s و r.m.q دیجیتال همراه با تشخیص پیک دارای ثابت زمانی از ۱۰۰میلی ثانیه تا ۱۰ ثانیه

شتاب سنج با حساسیت ۱۰۰mv/g و محدوده اندازه گیری ۰/۰۰۳rms تا ۵۰۰ پیک

مقاومت به شرایط دمایی از ۱۰- تا ۵۰ درجه سانتیگراد و رطوبت تا ۹۰ درصد

داری فرکانس رزونانس ۵.5 و ۱۶.۵ K Hz

انواع مختلف شتاب سنجها

SV 150
HAV Accelerometer

0.661 mV/ms-2 at 79.58 Hz

SV 105 AF
HAV Accelerometer

SV 38 V
WBV Accelerometer

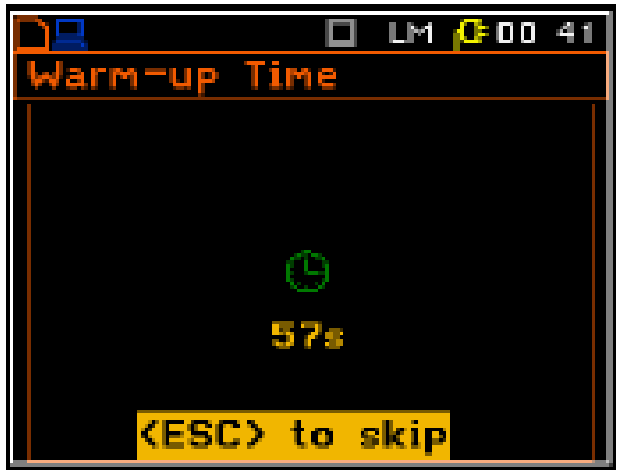
50 mV/(ms-2) at 15.915 Hz

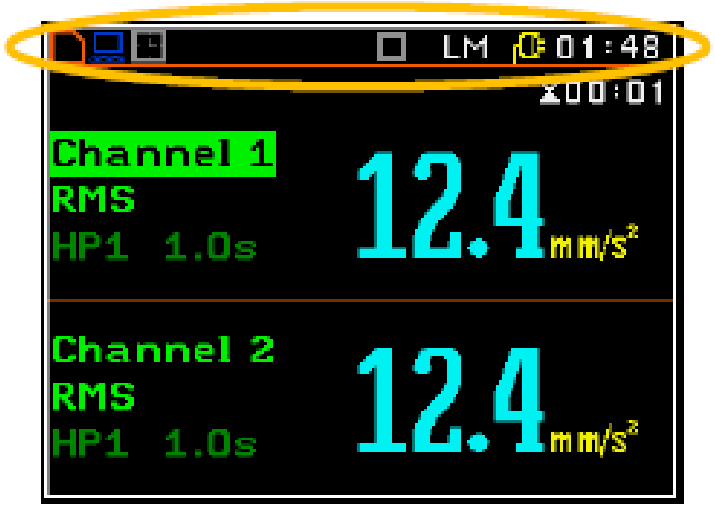
انواع مختلف شتاب سنجها

SV 84 Building / Ground Vibration Accelerometer 1000mV/g

SV 80 General Purpose Accelerometer 100mV/g

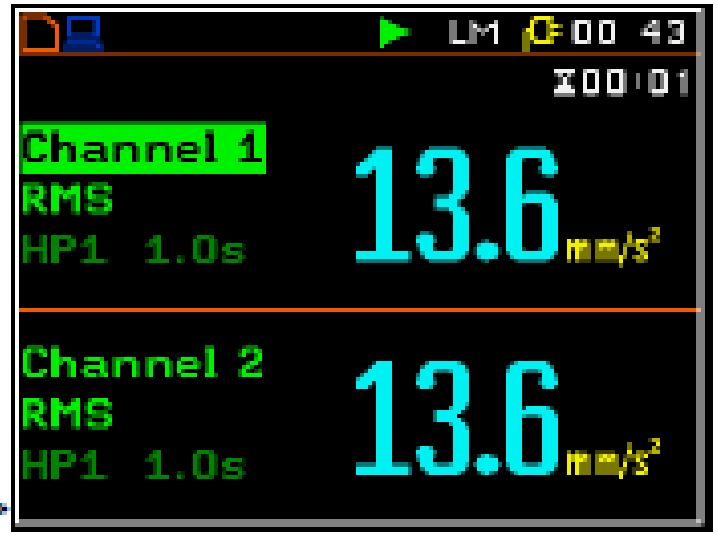
MANUAL CONTROL OF THE INSTRUMENT

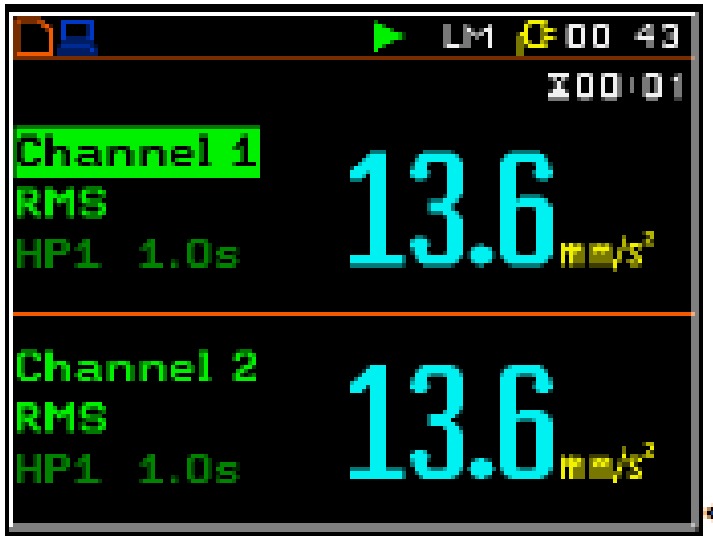




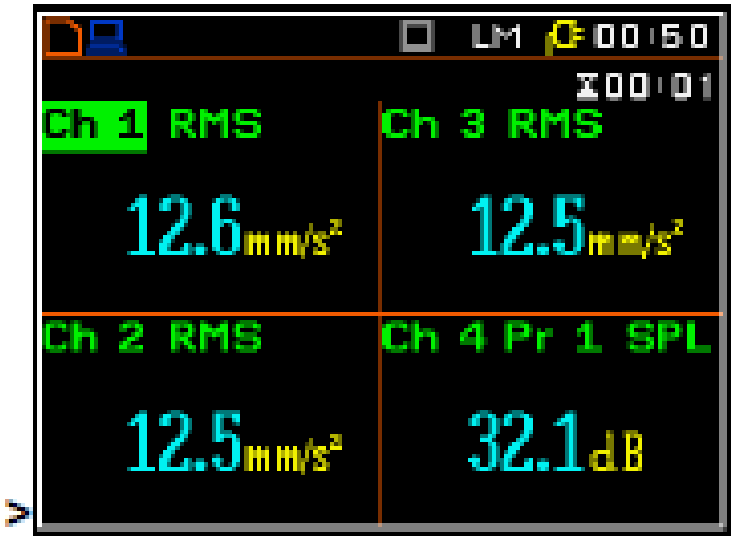
MANUAL

<Start>



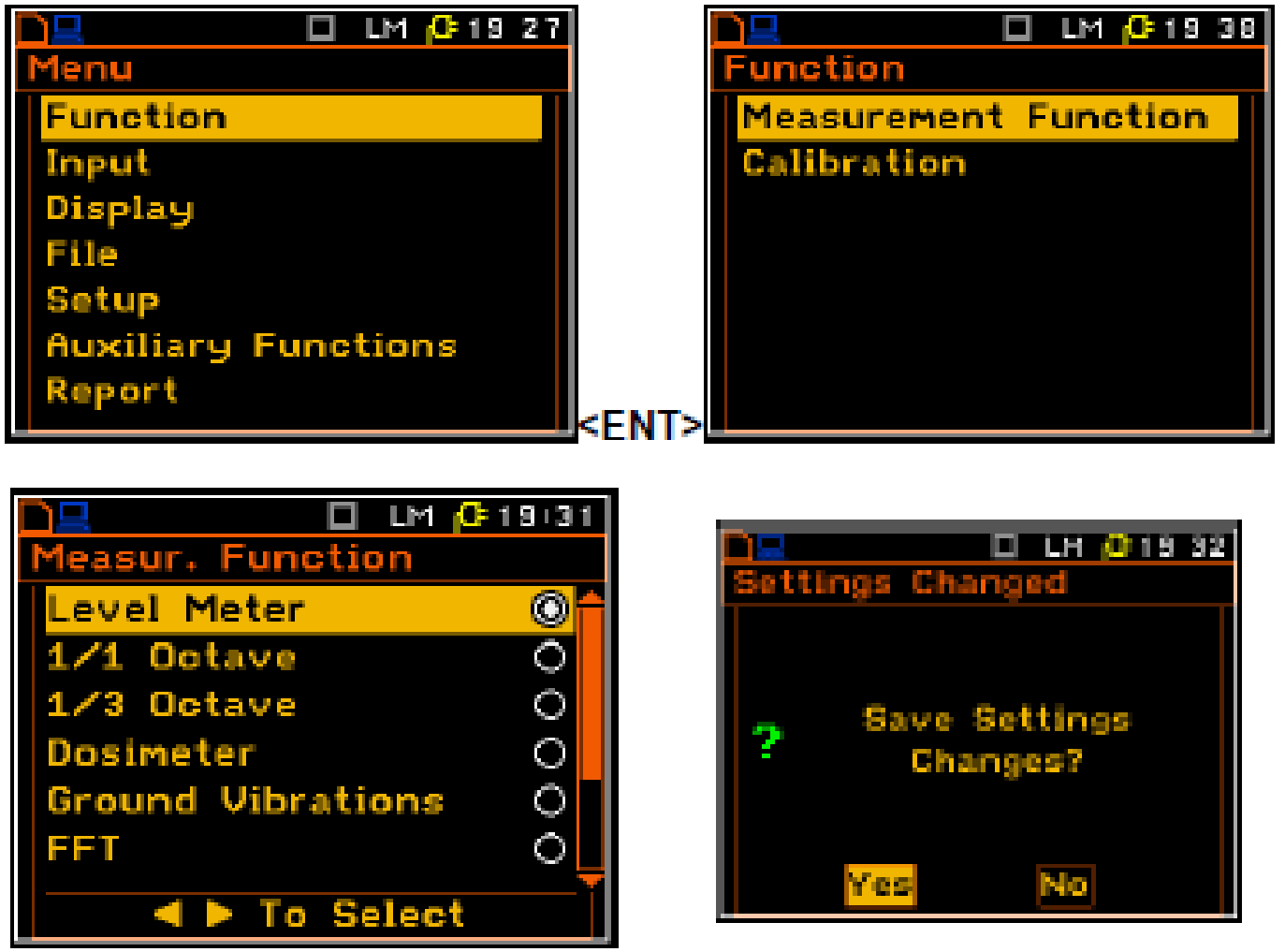


<Alt/ ▼ >

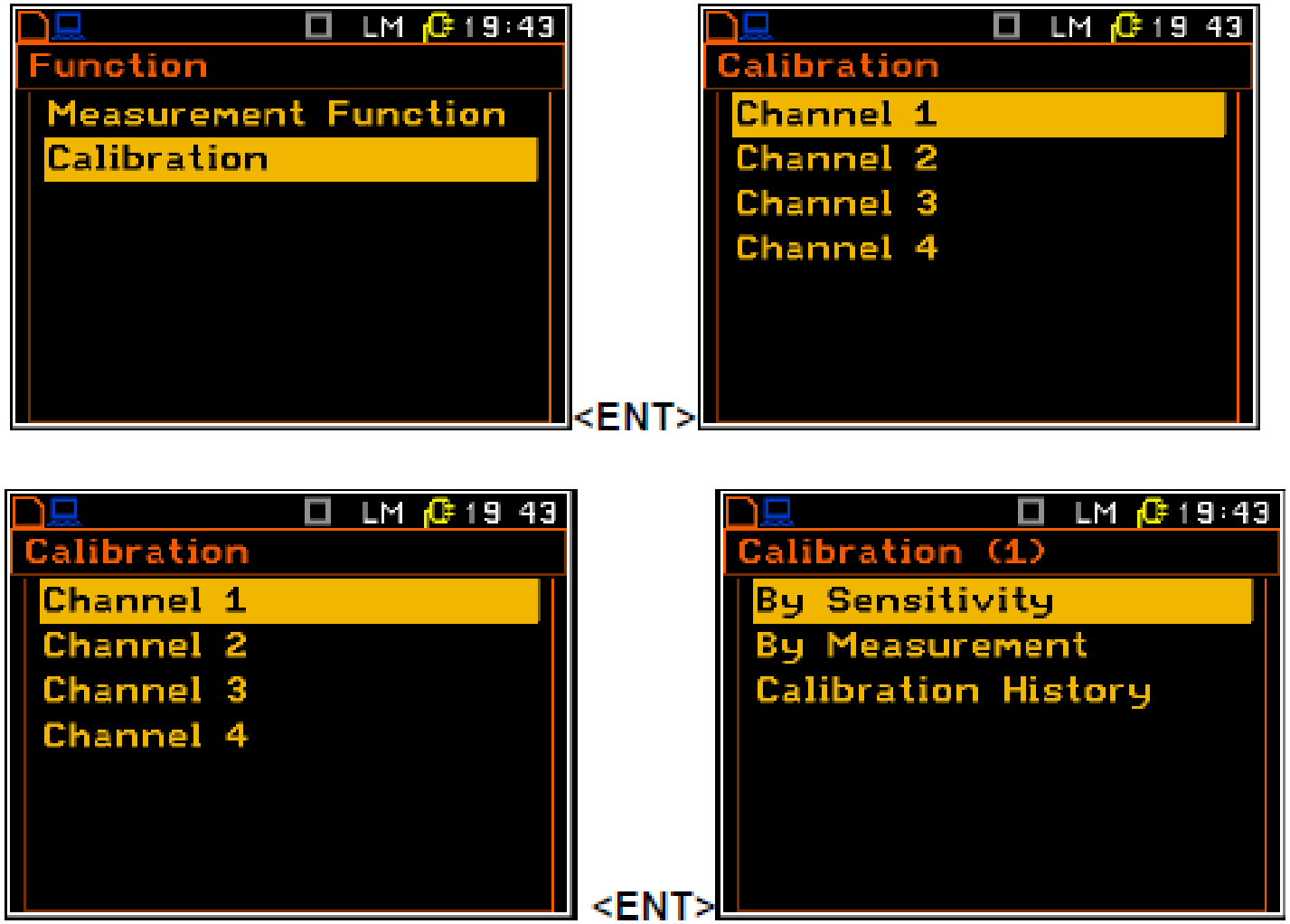


BASICS OF THE INSTRUMENT'S CONTROL

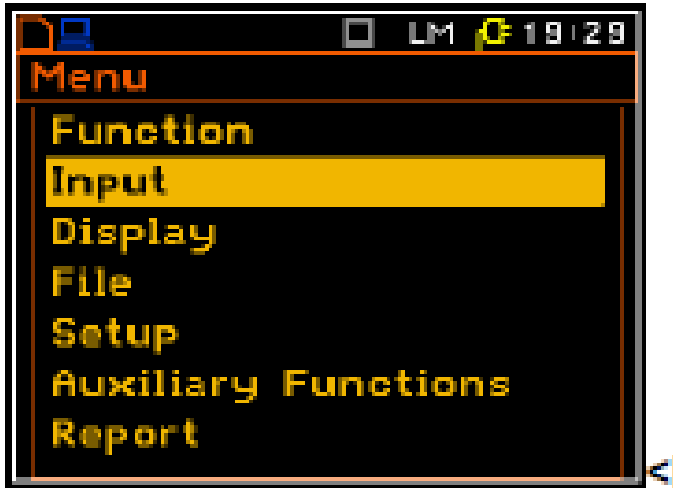
FUNCTIONS OF THE INSTRUMENT FUNCTION
MENU>FUNCTION>MEASUR. FUNCTION



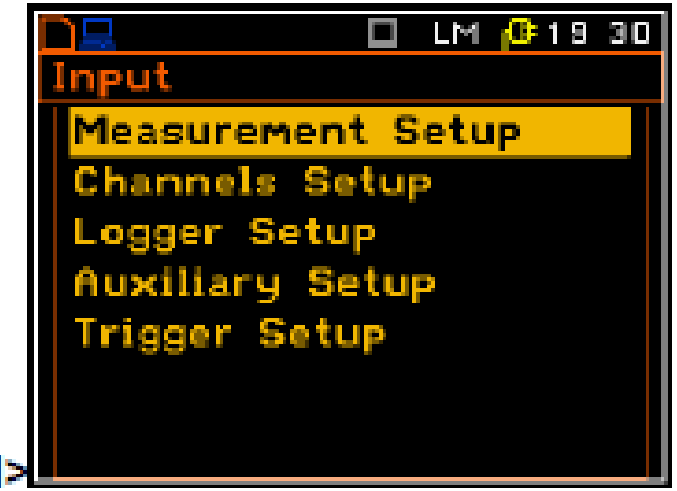
MENU>FUNCTION>CALIBRATE(SEN/MEASR)

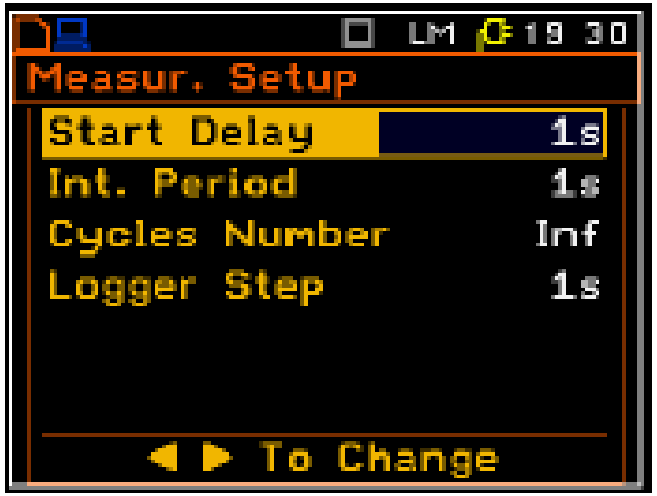


MEASUREMENT PARAMETERS SETTING
INPUT

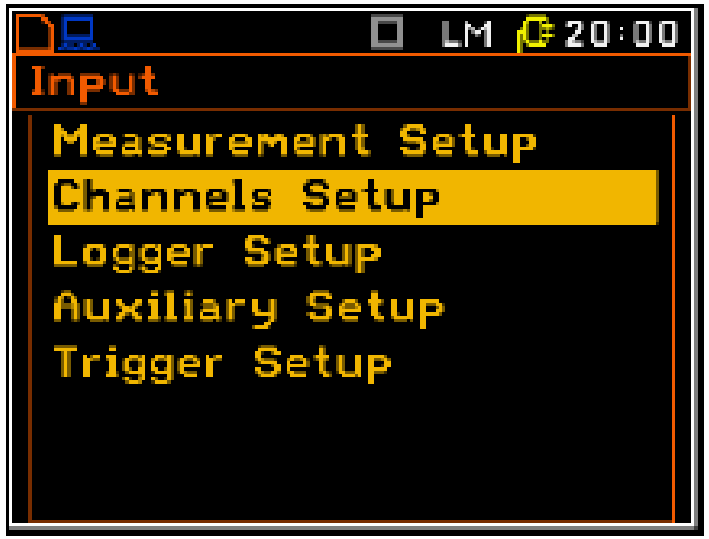


<EN>



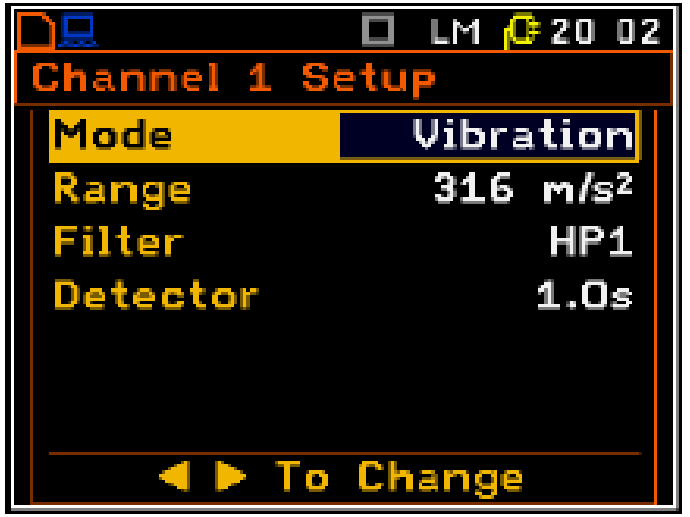


SETTING PARAMETERS IN A CHANNELS CHANNELS SETUP

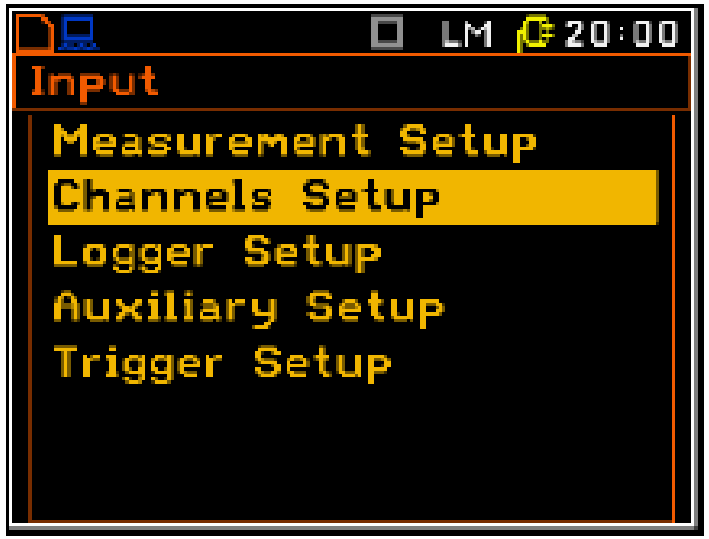


<ENT>

In case of vibration measurements:
HP1, HP3, HP10, W-Bxy, W-Bz, H-A, W-Bc, KB, Wk, Wd, Wc, Wj, Wm,
Wh, Wg, Wb and Wv (for acceleration measurement);
- Vel1, Vel3, Vel10 and Vel MF (for velocity measurement);
- Dil1, Dil3 and Dil10 (for displacement measurement).



SETTING PARAMETERS IN A CHANNELS CHANNELS SETUP

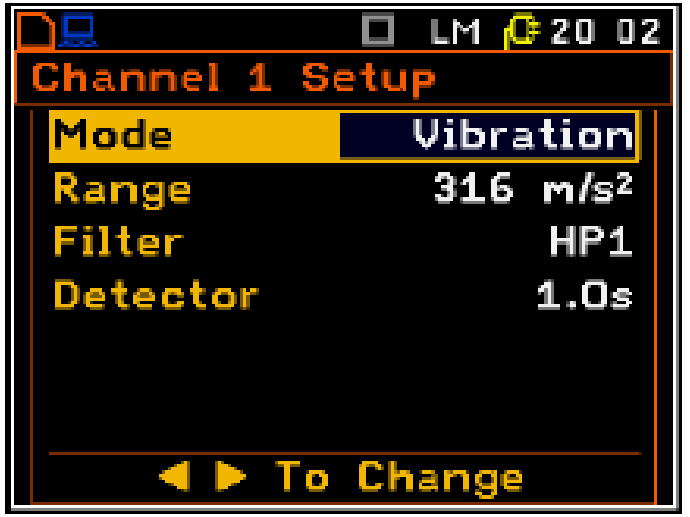


<ENT>

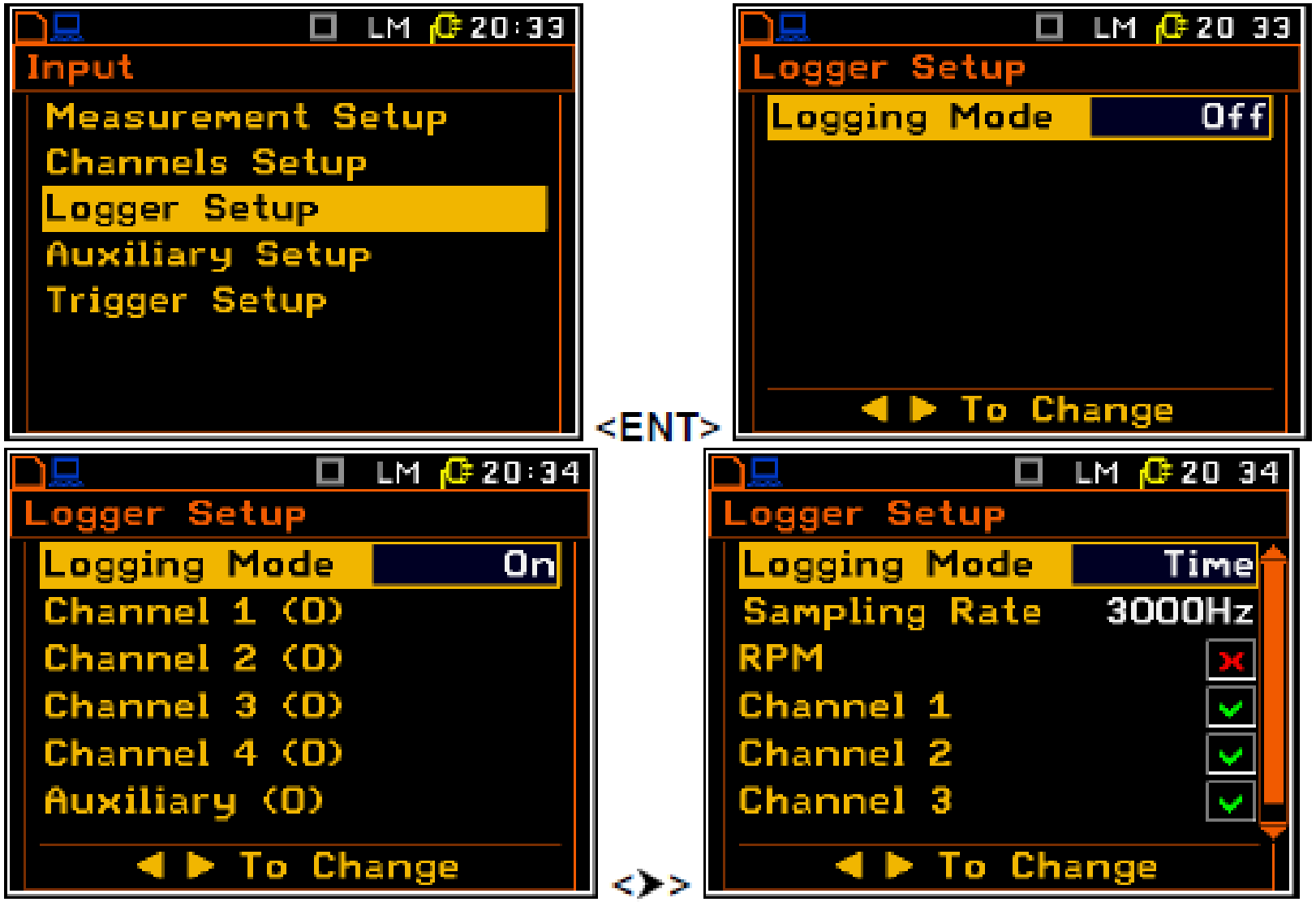
The following RMS detectors are available:

- IMP., FAST and SLOW (in case of sound measurements) and

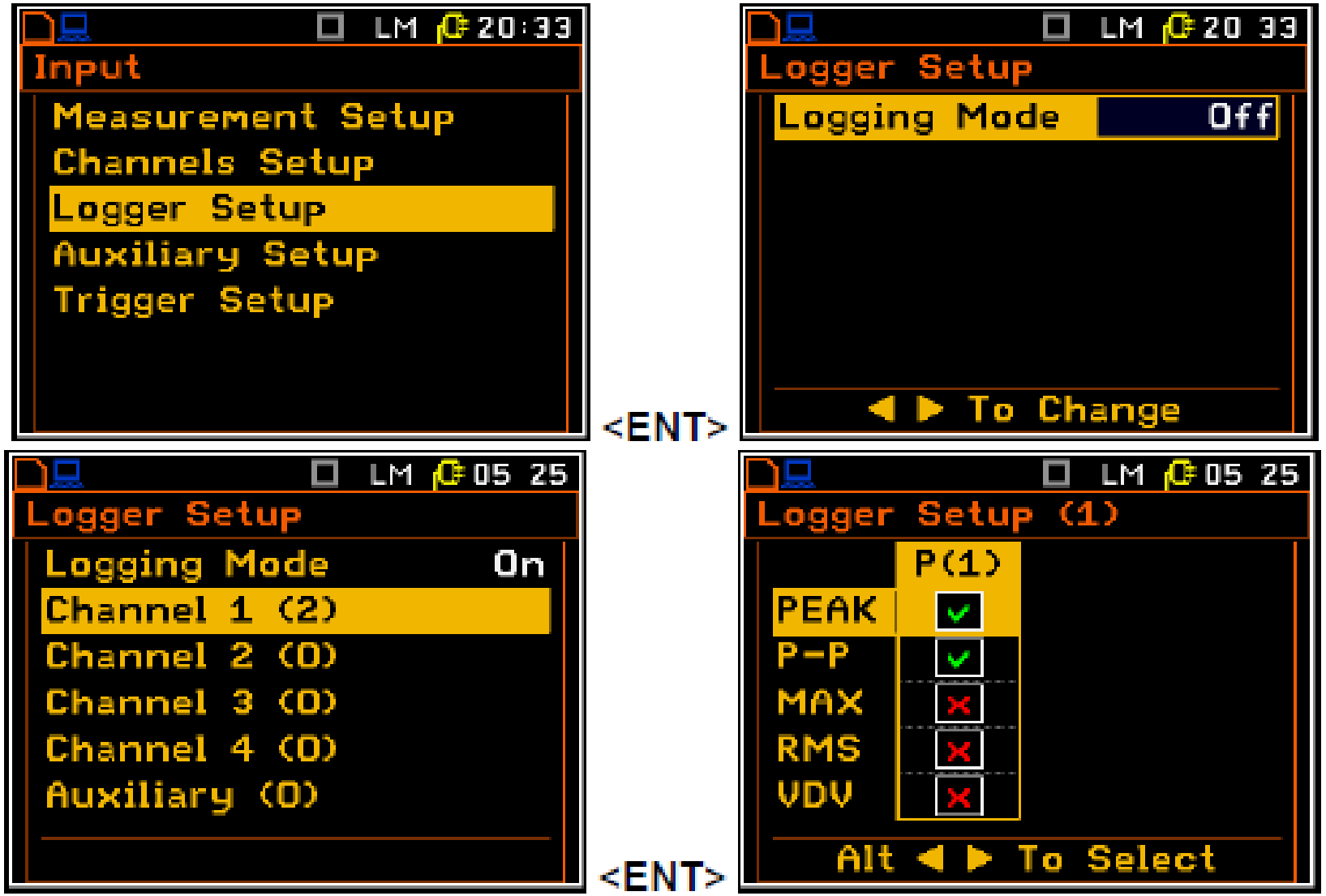
- 100ms, 125ms, 200ms, 500ms, 1.0s, 2.0s, 5.0s, 10.0s (in case of vibration measurements).



SETTING THE DATA LOGGING FUNCTIONALITY
LOGGER SETUP

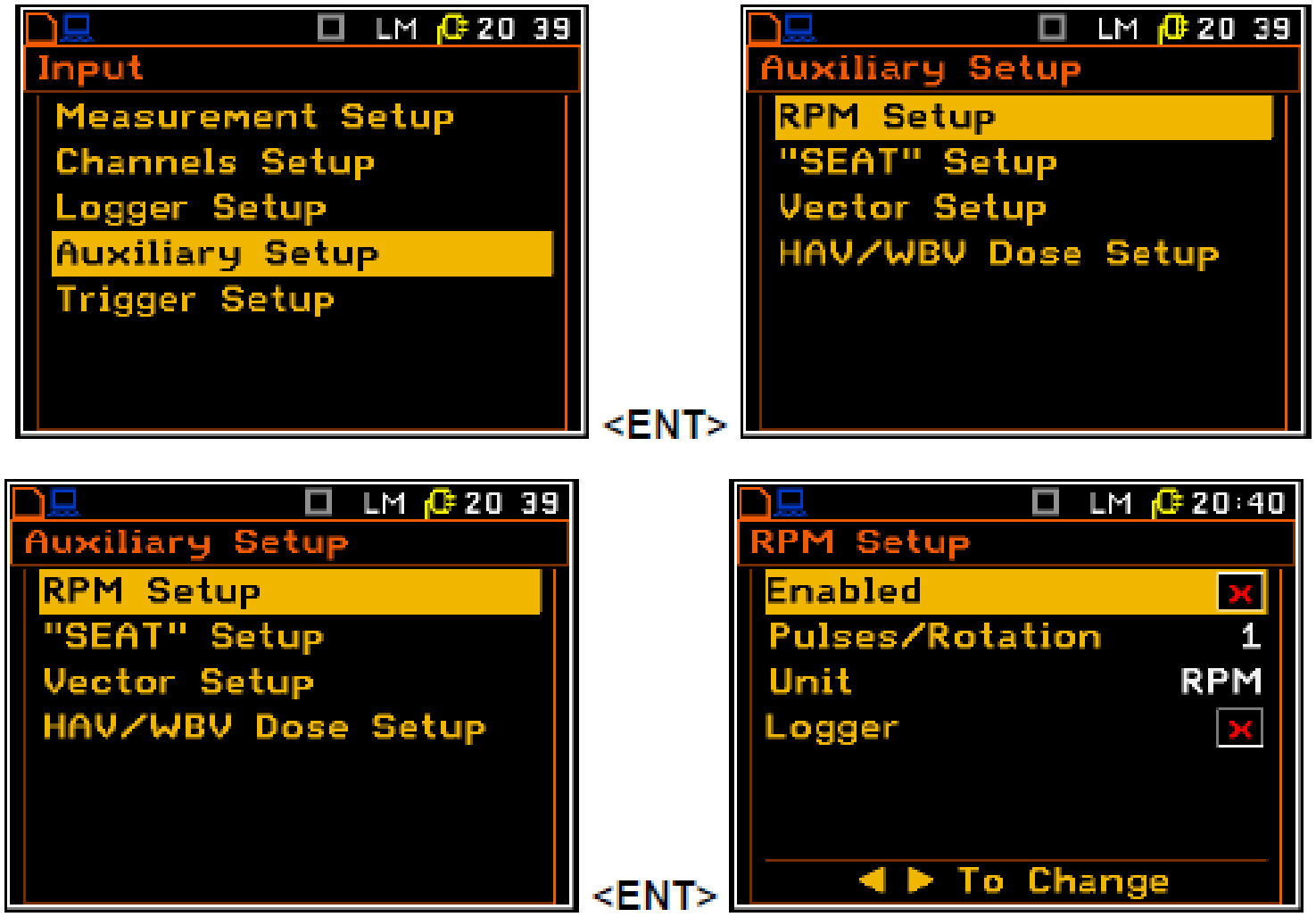


SETTING THE DATA LOGGING FUNCTIONALITY
LOGGER SETUP



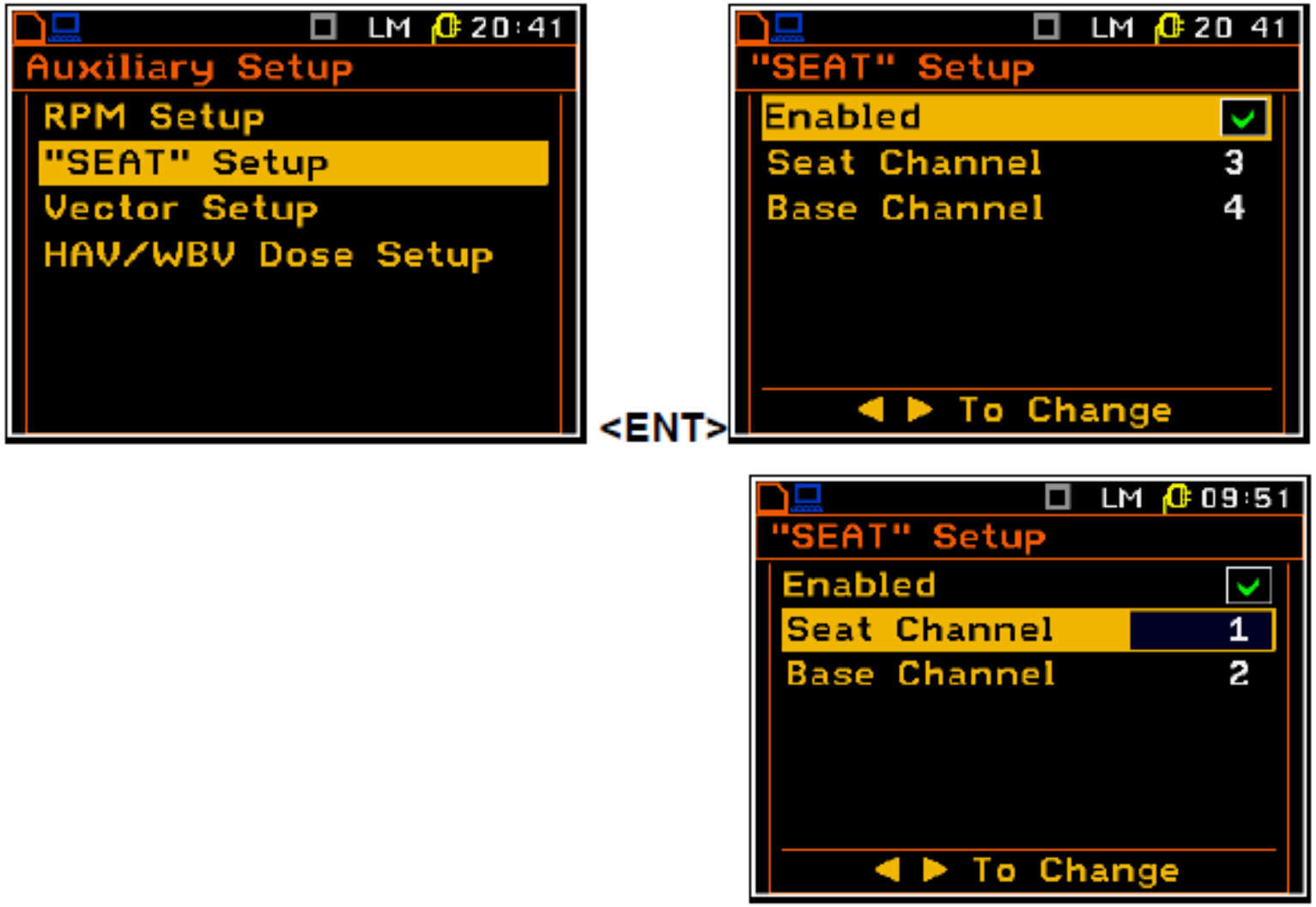
SETTING PARAMETERS OF AUXILIARY FUNCTIONS

AUXILIARY SETUP



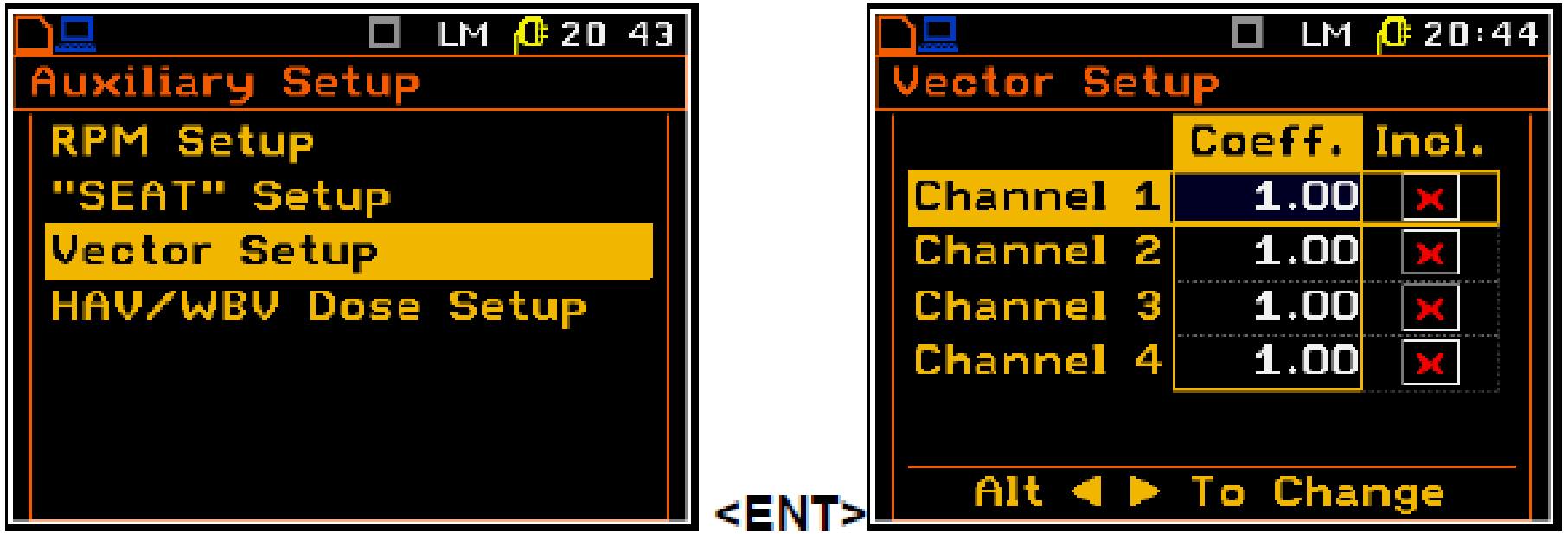
SETTING PARAMETERS OF AUXILIARY FUNCTIONS

SEAT SETUP

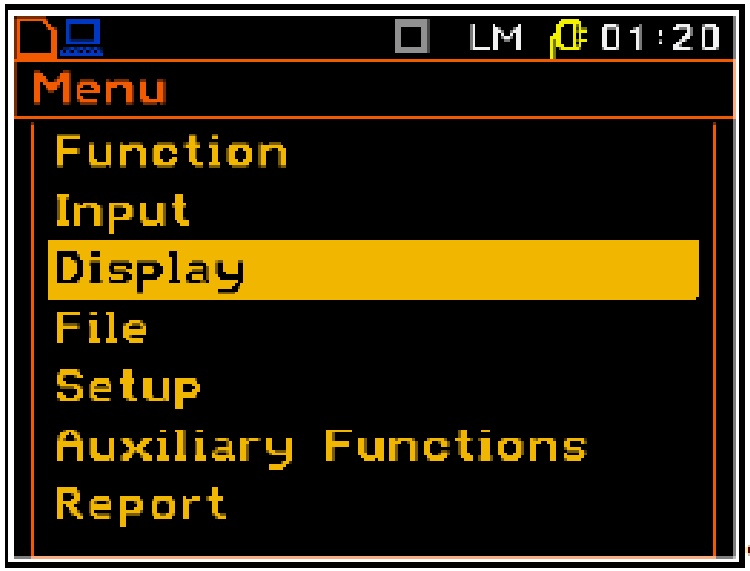


SETTINGS FOR VECTOR CALCULATIONS – VECTOR SETUP

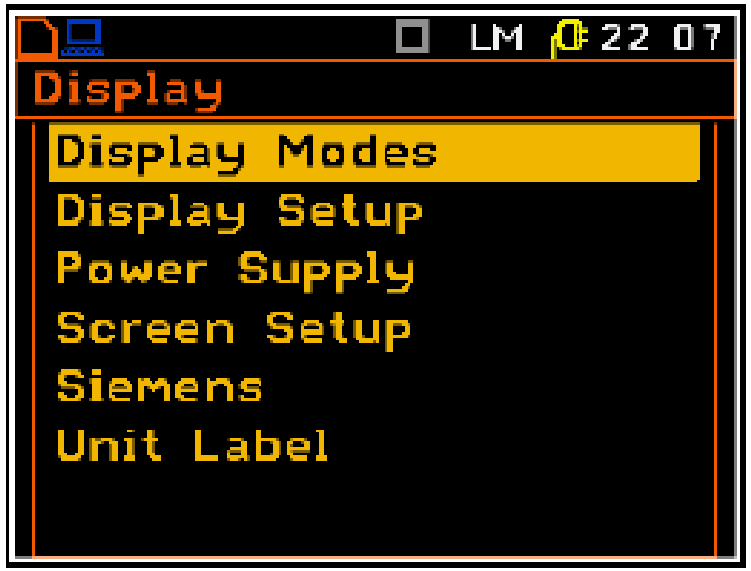
$$\text{VECTOR} = \sqrt{k_1 x_1^2 + k_2 x_2^2 + k_3 x_3^2 + k_4 x_4^2}$$

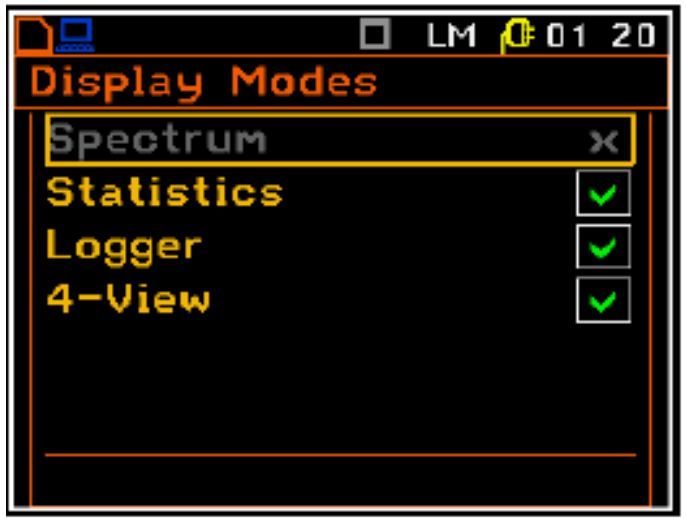


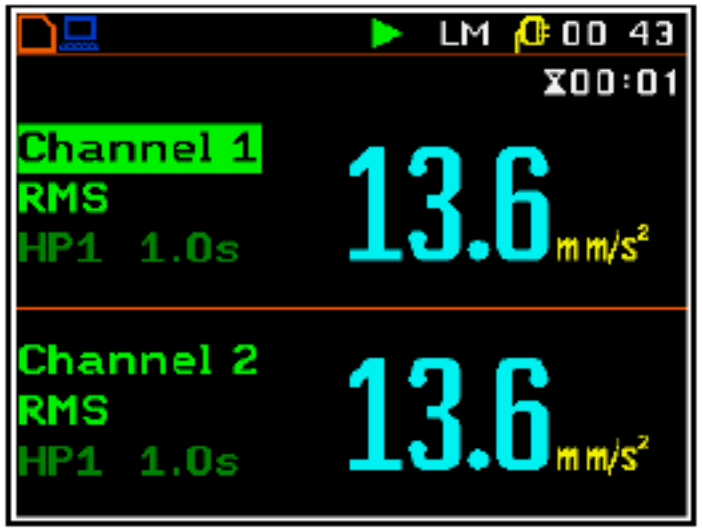
DATA AVAILABLE ON THE DISPLAY – DISPLAY



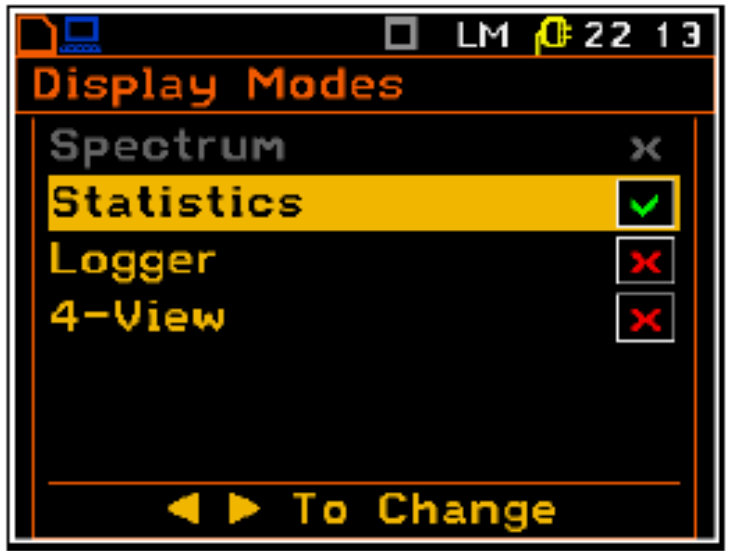
<ENT>

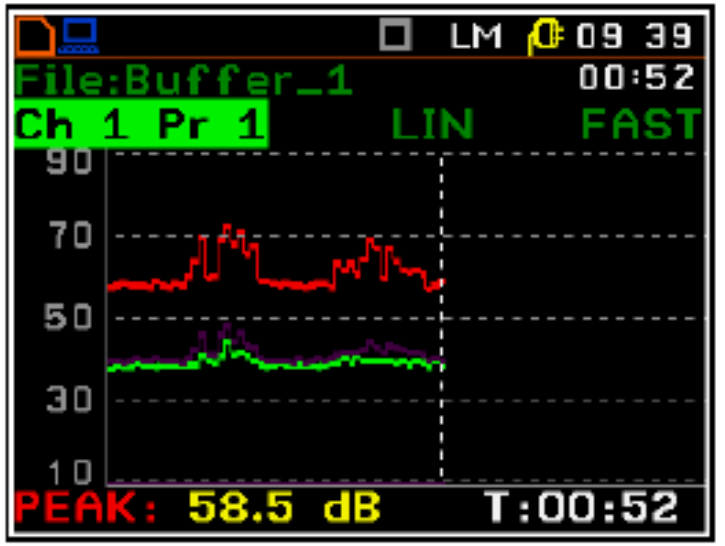


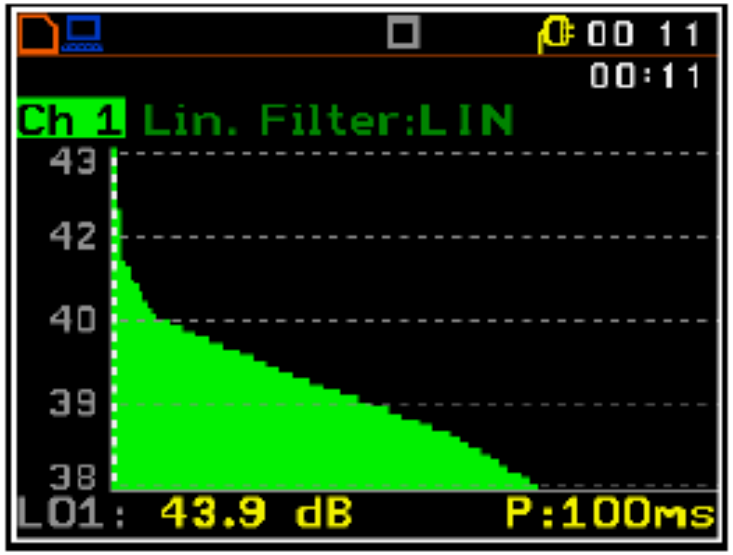


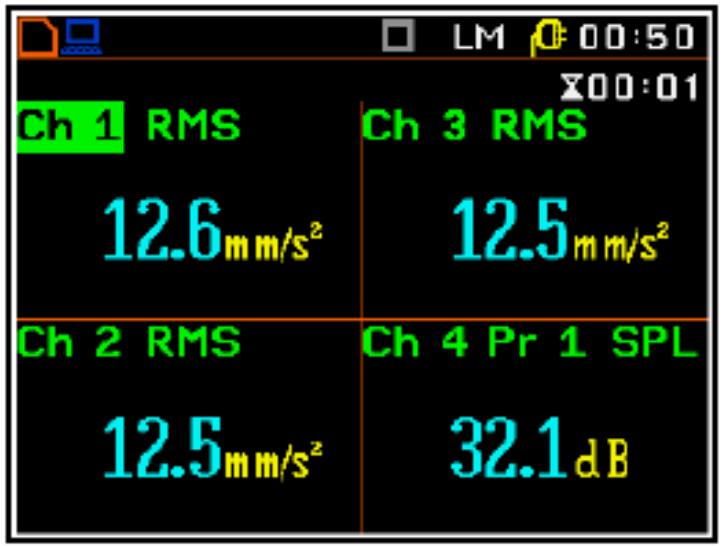


DATA AVAILABLE ON THE DISPLAY – DISPLAY

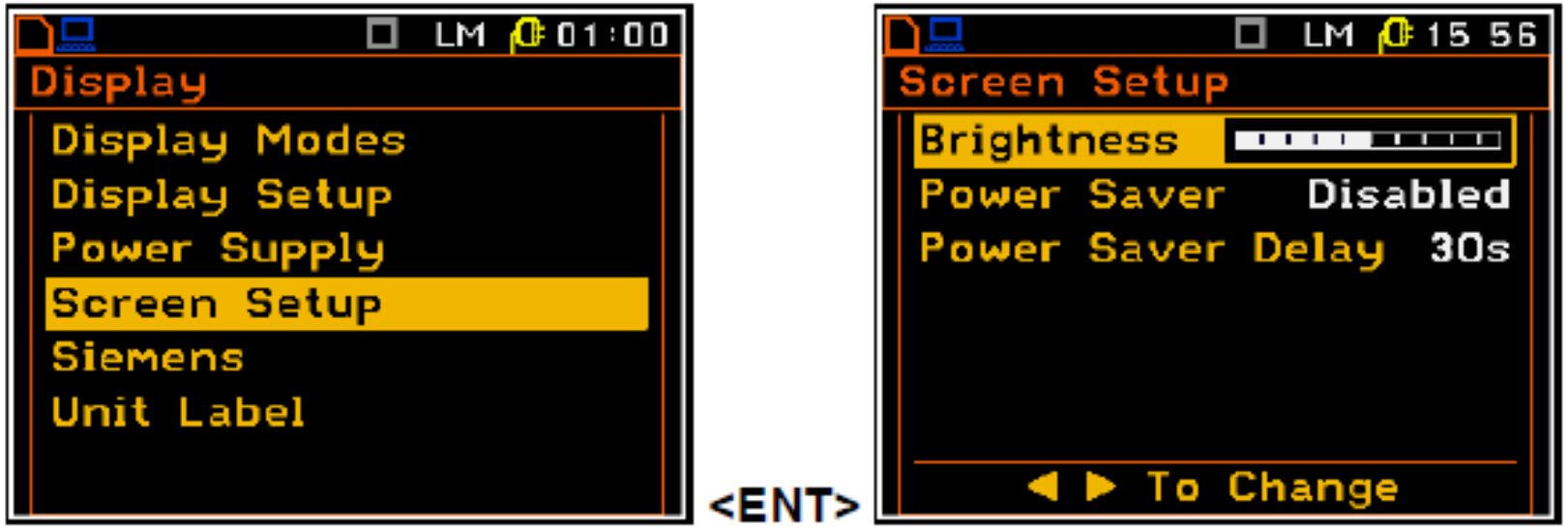




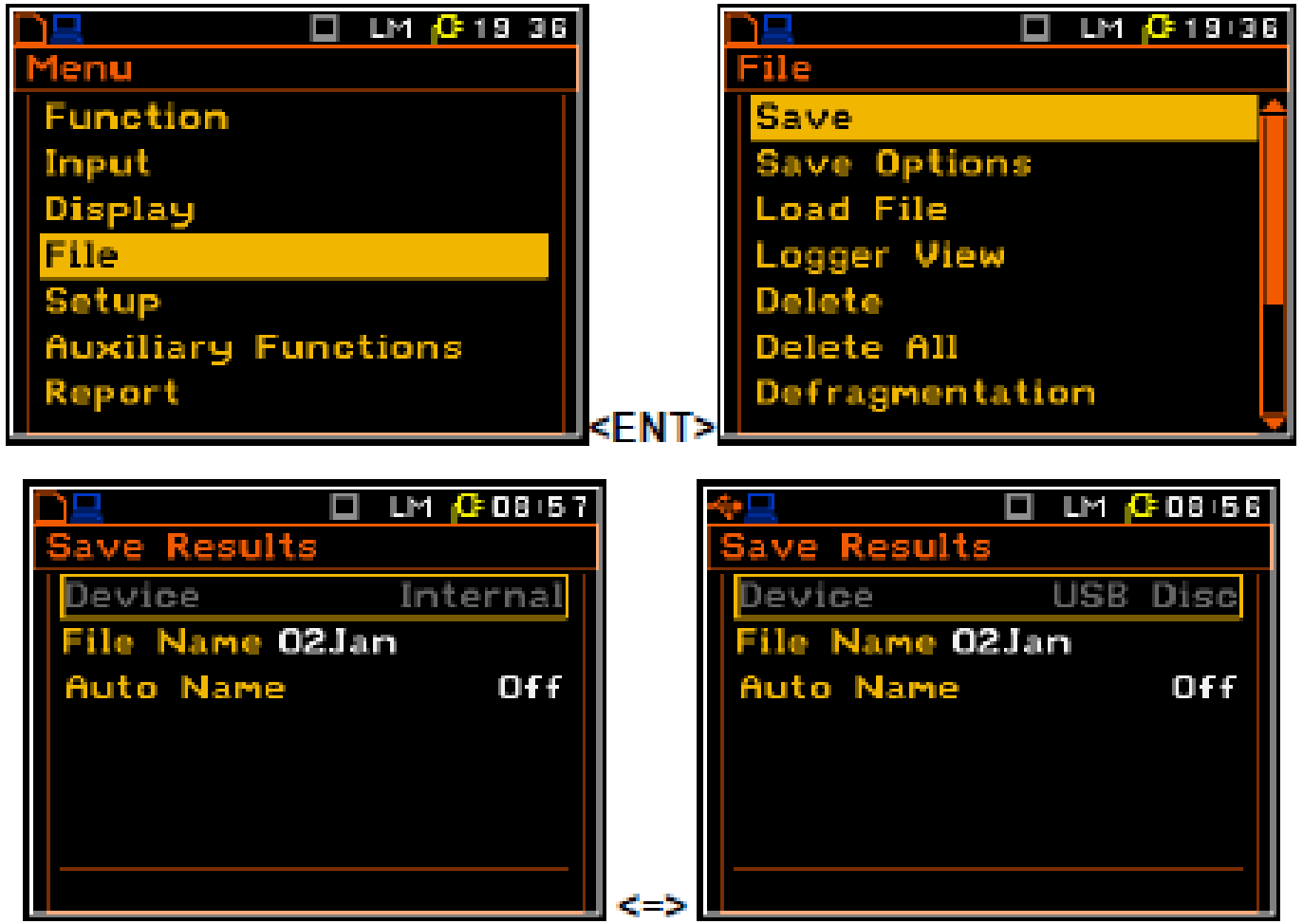




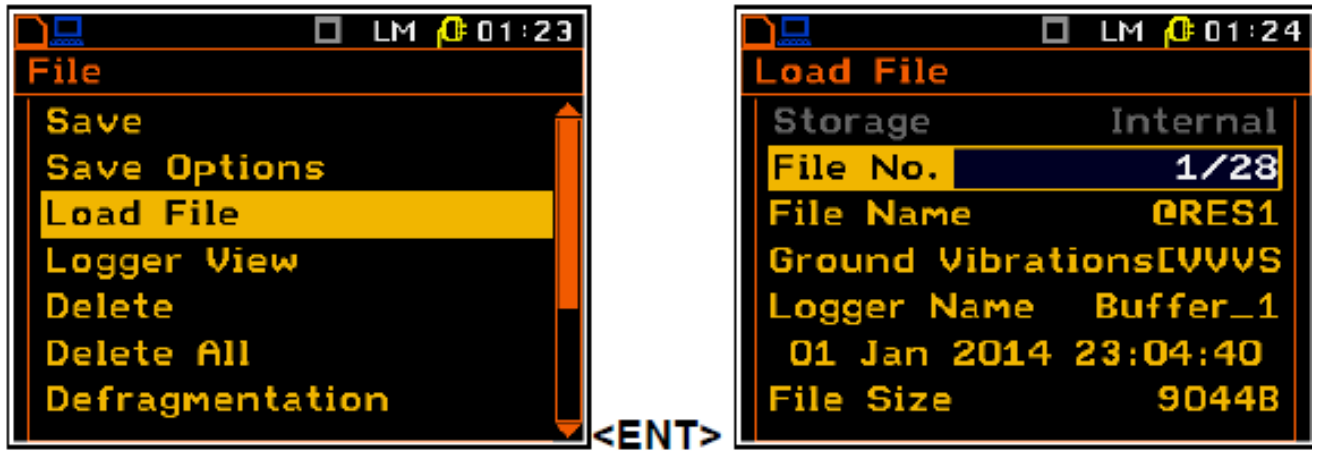
DATA AVAILABLE ON THE DISPLAY – DISPLAY

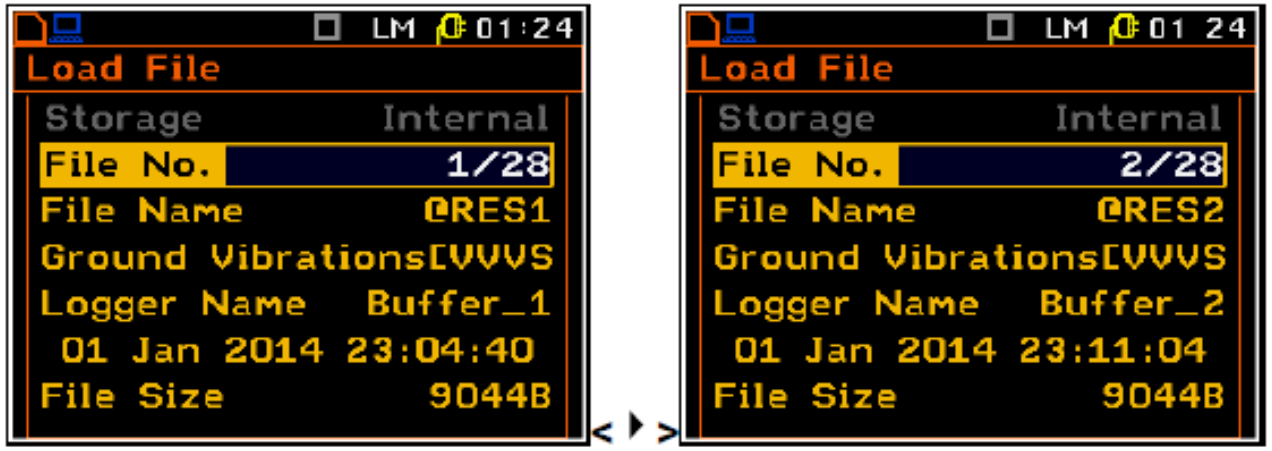


MENU>FILE>SAVE/LOAD/DELETE

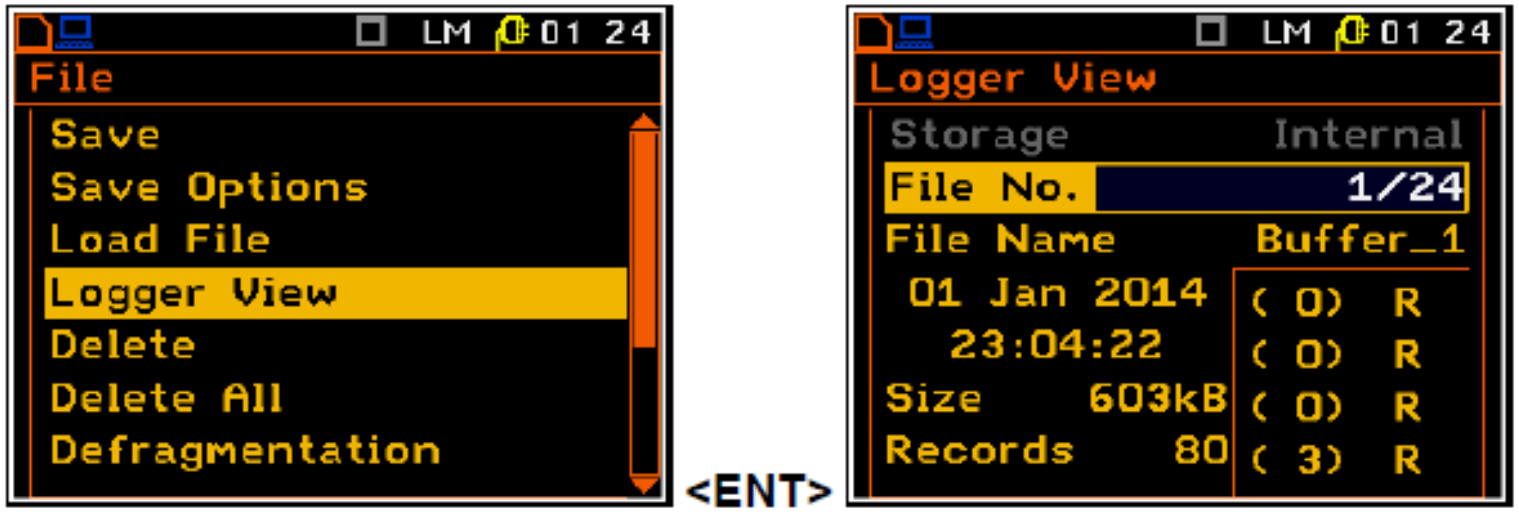


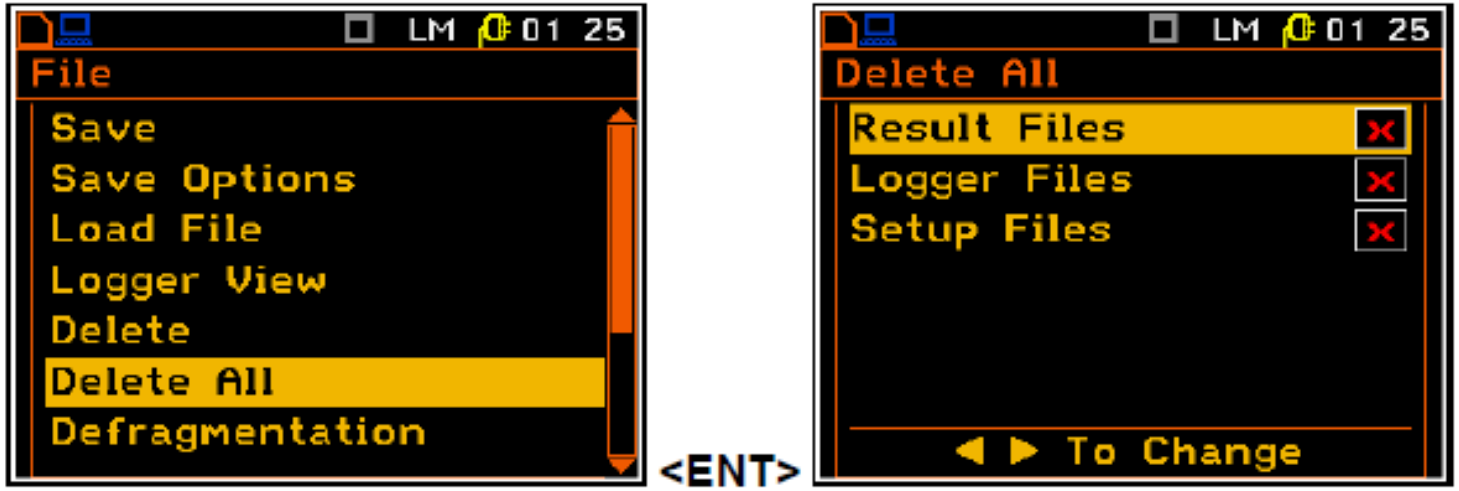
MENU>FILE>SAVE/LOAD/DELETE





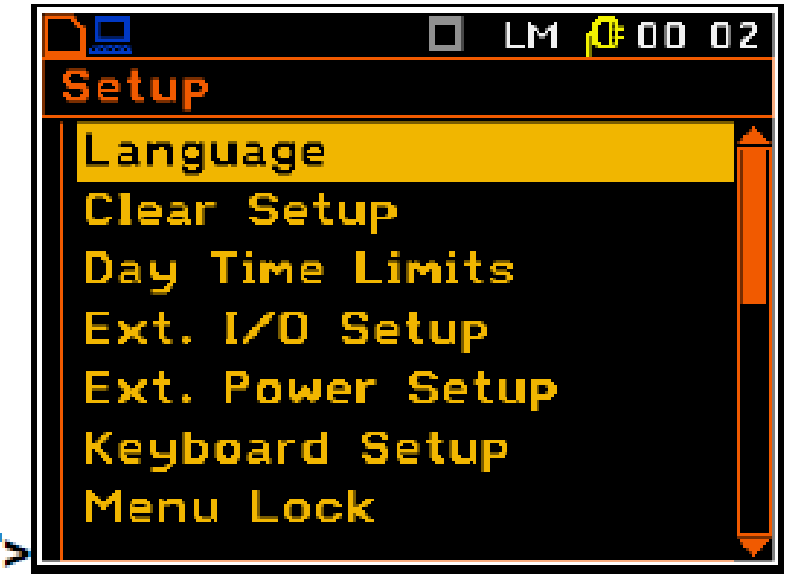
MENU>FILE>SAVE/LOAD/DELETE





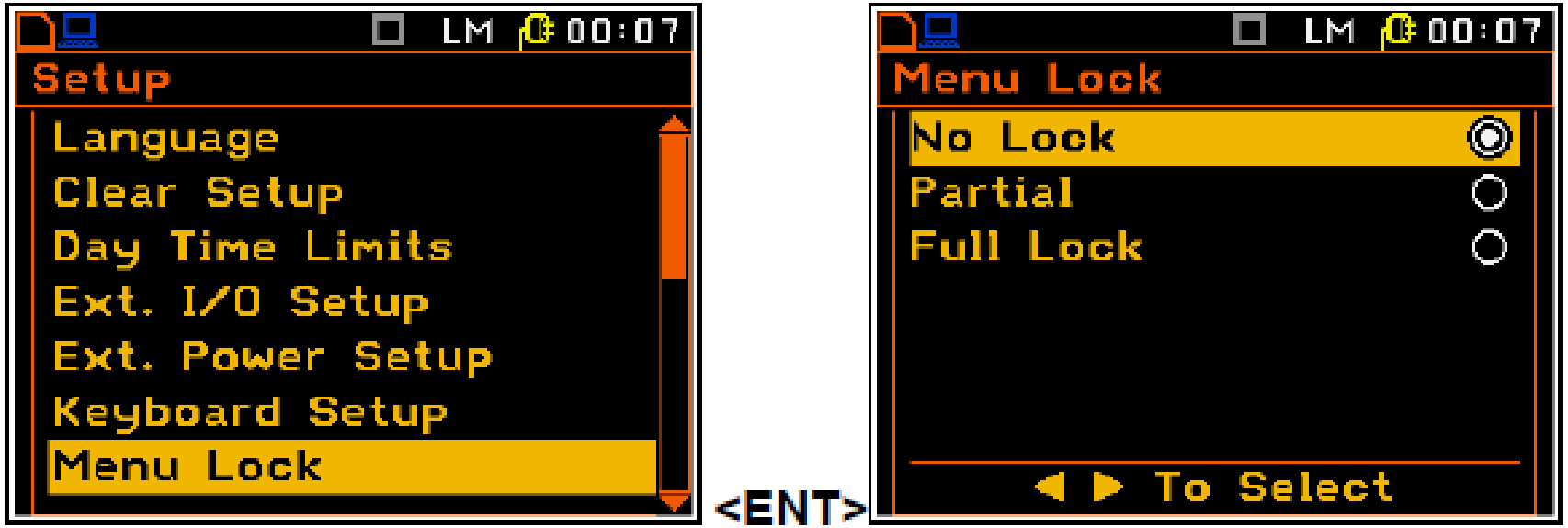
ADDITIONAL SETTINGS – SETUP

<ENT>

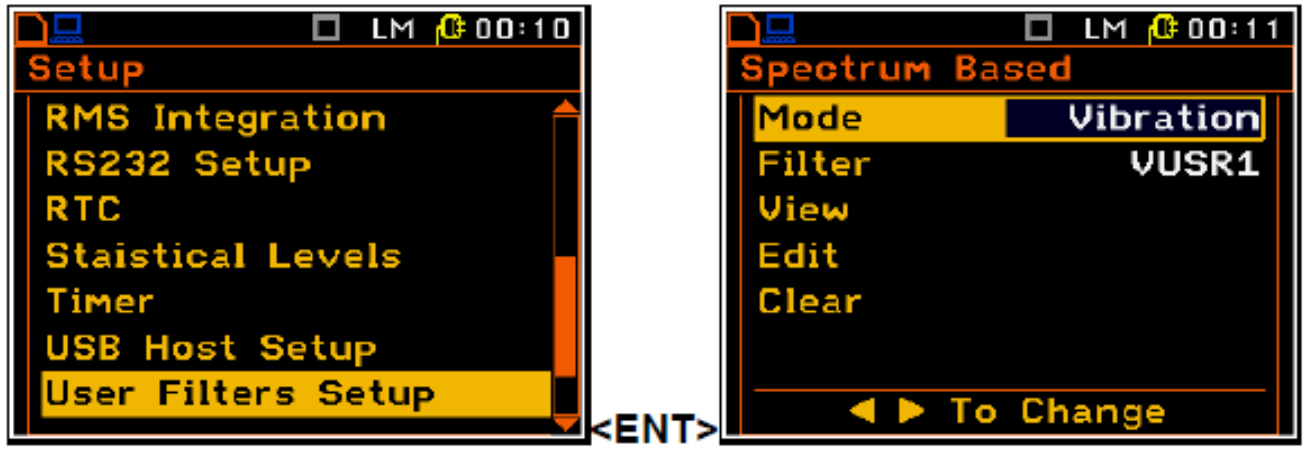


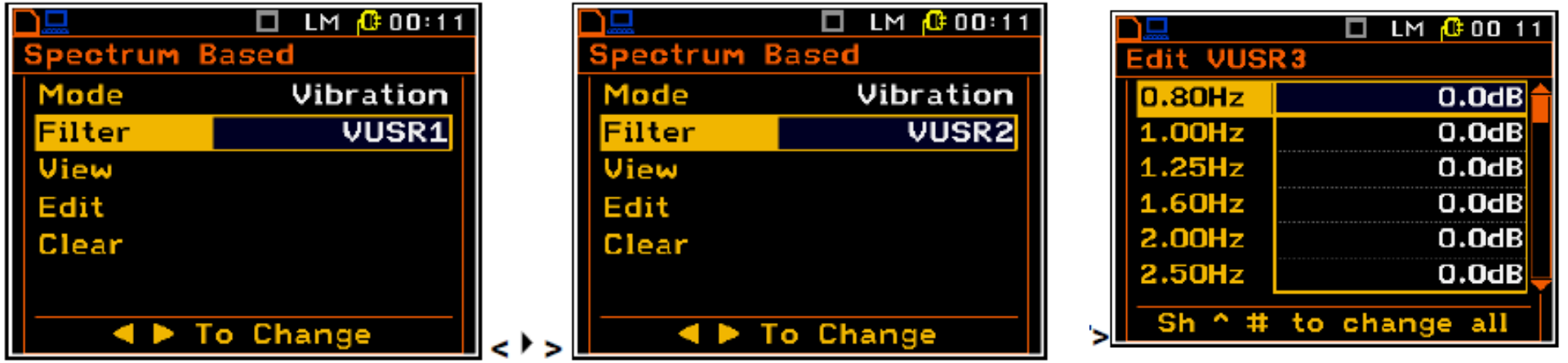
SELECTION OF KEYBOARD MODES – KEYBOARD SETUP

LOCKING THE MENU - INSTRUMENT LOCK

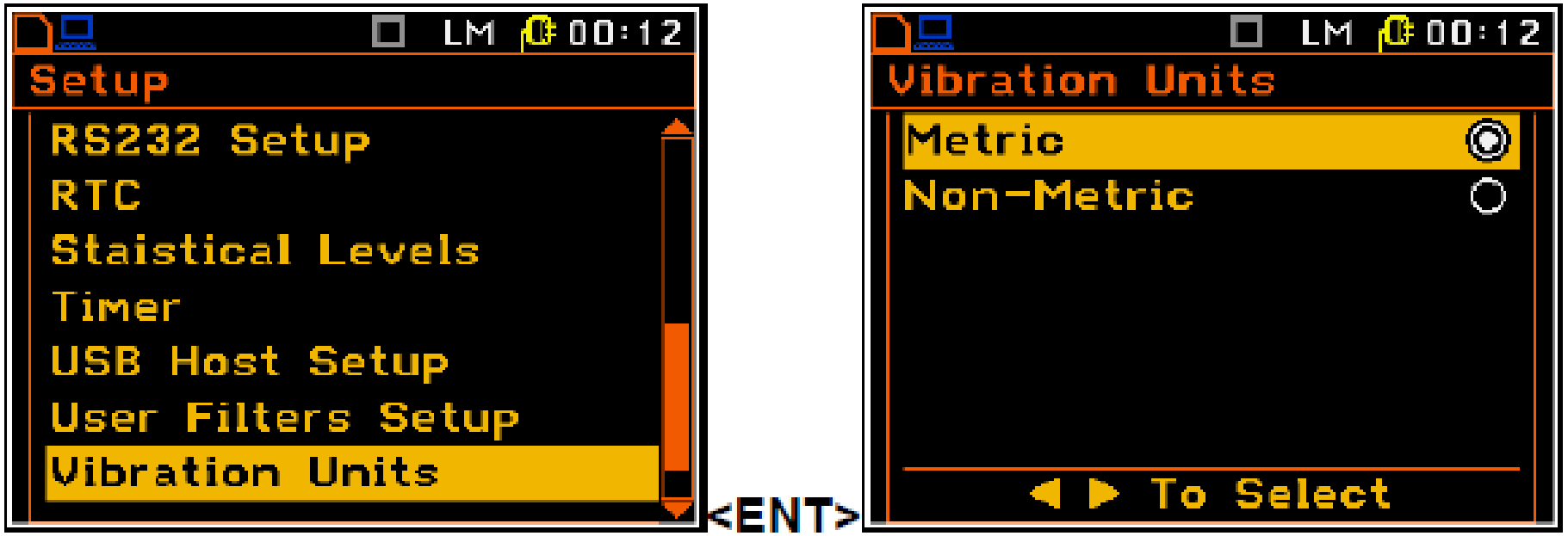


SETTING USER FILTER COEFFICIENTS FOR 1/1 OCTAVE AND 1/3 OCTAVE ANALYSIS – USER FILTERS





SELECTION OF THE VIBRATION UNITS - VIBRATION UNITS



تکنیک های کنترل

در کنترل صدا معمولاً سه ناحیه قابل ملاحظه وجود دارد : منبع ، مسیر عبور ، و گیرنده . این نواحی را در ارتباط با موضوع ارتعاش هم می توان بکار گرفت .کنترل ارتعاش ممکن است شامل یک یا ترکیبی از چند تکنیک ارائه شده د اینجا باشد.

تغییر در منبع

در کنترل ارتعاش مهم است که ابتدا بررسی نماییم که آیا ممکن است که سطح صدا یا ارتعاش را با تغییر منبع کاهش دهیم؟ این کار را می توان توسط ساخت منابعی سخت تر از سازه موردنظر، تغییر بخشی معین از سازه ، تنظیم و متعادل سازی سیستم ، یا تقویت تحمل ابعادی سازه انجام داد. سستم جرم و سختی را می توان با چنین روشهایی بطوریکه فرکانس رزونانس سیستم با فرکانس نیروی اعمالی منطبق نباشد، تنظیم نمود. این فرایند را غیر میزان سازی می نامند. برخی اوقات همچنین ممکن است که تعداد رزوناتورها یا تشدید کننده های زوجی که بین منبع ارتعاش و گیرنده قرار دارند را کاهش داد. این تکنیک را واشدگی زوج های تشدیدکننده می نامند. با این حال بایستی مطمئن شد که استفاده از چنین طرح هایی مشکل دیگری تولید ننماید.

تکنیک های کنترل

روشهای کلی کنترل ریسک مواجهه با ارتعاش

تعلیق صندلی
وسایل و دستگیره های ضد لرزش
مواد فنری/ ارتجاعی
نیرو های فشارش و چنگش
تجهیزات حفاظتی در برابر ارتعاش

جایگزینی روشهای کاری
انتخاب تجهیزات
خط مشی خرید
طراحی فرایند و وظیفه شغلی
آموزش و ارایه اطلاعات بر کارگران
زمان بندی کاری
تعمیر و نگهداری

تکنیک های کنترل

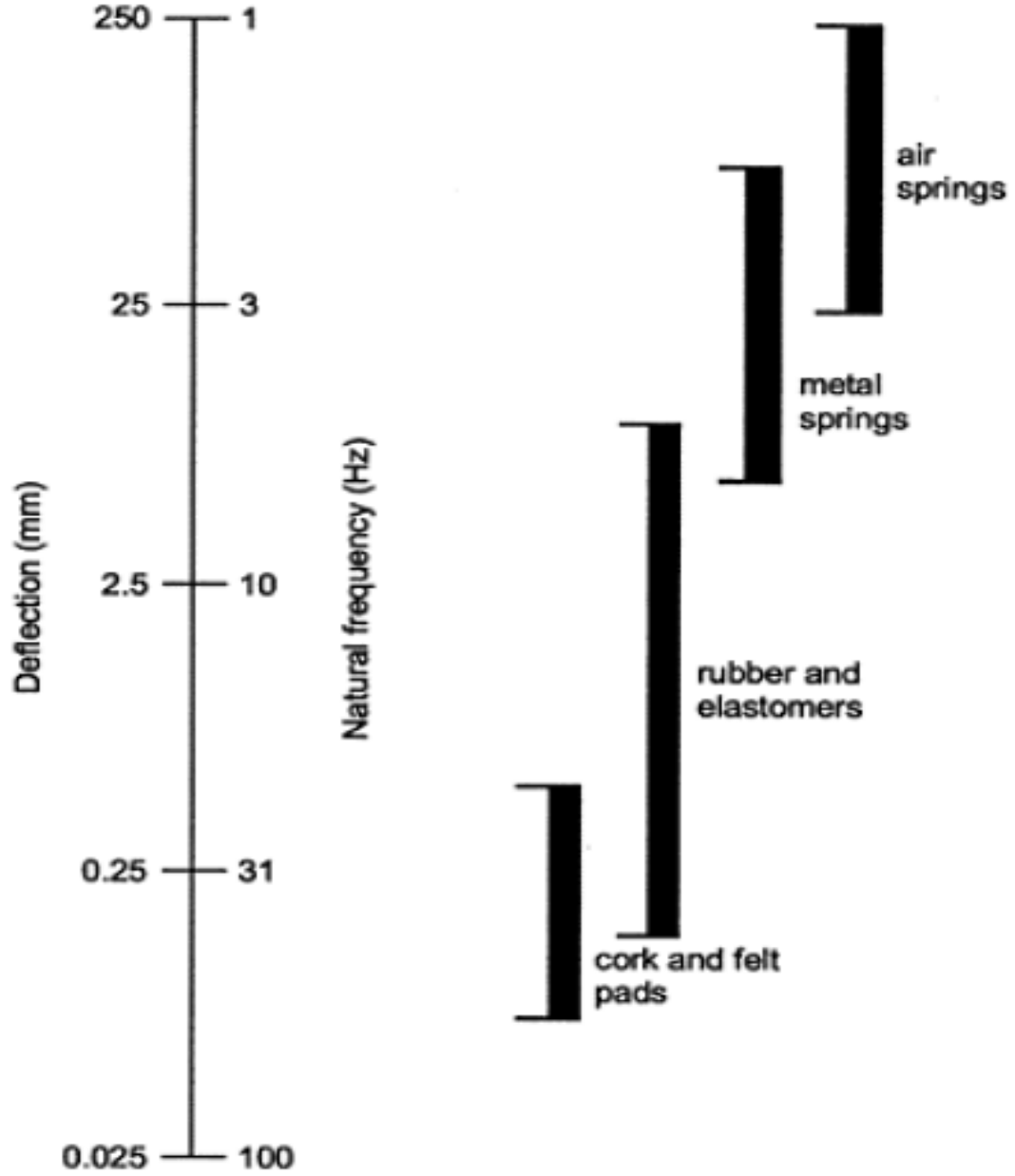
ایزولاسیون (جداسازی)

بطور کلی ایزولاتورهای ارتعاشی را می توان به سه دسته تقسیم نمود :

1. **فنرهای فلزی ؛**
2. **پایه های الاستومریک و ؛**
3. **صفحات قابل انعطاف**

قبل از بیان هریک از انواع ایزولاتورهای مذکور ، چند نکته لازم به ذکر است که به همه دسته های ایزولاتورها مربوط است. بایستی توجه داشت که عموماً ما سیستم را یک درجه آزادی فرض می کنیم و بنابراین بررسی های ما در اکثر موارد دقت بالایی ندارد. با این حال سیستم های کاربردی معمولاً برای این مدل تولید شده اند چون که همین مدل است که به طور کامل قابل فهم است.

تکنیک های کنترل



ایزولاسیون (جداسازی)

انتخاب مواد ایزولاتور برای کاربردهای مختلف معمولاً به **جابجایی استاتیکی** مورد نیاز علاوه بر نوع محیطی که قرار است ایزولاتور در آنجا بکار رود (روغنی، خورنده و ...) وابسته است. محدوده ی معمول جابجایی استاتیکی در کاربردهای معمول برای مواد ایزولاتور متداول در شکل گرافیکی روبرو نشان داده شده است.