INSO

20463-1

1st.Edition

2016

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۲۰۴۶۳-۱

چاپ اول

۱۳۹۵

ارتعاش مکانیکی- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال درکارکرد عصب- قسمت۱: روش‌های اندازه‌گیری در نوک‌انگشتان

Mechanical vibration - Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction

Part 1:

Methods of measurement at the fingertips

ICS: 13.160

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.org

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri.org

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد. نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف-کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی شخصی و کلیات، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. موسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل اندازه گیری، موسسه استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل اندازه گیری، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« ارتعاش مکانیکی- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب- قسمت۱: روش‌های اندازه‌گیری در نوک‌انگشتان»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
طهوری اصل، توحید	شرکت رایان اسکان خودرو
(کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک)	
دبیر:	
ابراهیمی، سهیلا	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
(کارشناسی فیزیک)	
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اخیاری، شهاب	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
(کارشناسی ارشد شیمی)	
ایامی، سمیه	پارک علم و فناوری استان آذربایجان شرقی
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)	
بانان خجسته، مهدی	کلینیک بهار آمل
(دکتری فیزیوتراپی)	
بهراملویان، المیرا	انجمن صنایع غذایی استان آذربایجان شرقی
(کارشناسی تغذیه)	
تقی‌پور صفایی، رویا	شرکت آذر سیوان پارسیان
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	

رجبیون، مهدی (دکتری مهندسی پزشکی)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد ممقان
رنجبریان، لیلی (کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)	آزمایشگاه همکار آرمان کاوشگران آزمون گستر
غفاری، مجتبی (کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی
محبیان، زهرا (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
مظلوم بشری، مینا (کارشناسی علوم آزمایشگاهی)	درمانگاه جدید شهر سهند
نصیر زنوزی، مونا (کارشناسی ارشد بیوالکتریک)	شرکت ترمه تاوریژ آذران
همت جو، یوسف (کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی

ویراستار:

فرجی، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	سازمان ملی استاندارد ایران- پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
پیش‌گفتار		خ
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۱
۴	روش‌های اندازه‌گیری	۶
۱-۴	کلیات	۶
۲-۴	محرک	۸
۳-۴	وضعیت قرارگیری و راحتی شخص مورد آزمون	۱۱
۴-۴	شرایط سطح پوست	۱۲
۵-۴	پراب محرک	۱۳
۶-۴	تماس پوست- محرک	۱۴
۷-۴	الگوریتم روان- فیزیکی	۱۶
۸-۴	پاسخ شخص مورد آزمون	۱۶
۹-۴	حرکت پوست	۱۷
۱۰-۴	کالیبراسیون و بررسی سیستم	۱۷
۱۱-۴	مخاطرات برای شخص مورد آزمون	۱۸
۵	آماده سازی و آموزش افراد مورد آزمون قبل از آزمون درک ارتعاش لمسی	۱۸
۱-۵	کلیات	۱۸
۲-۵	قبل از آزمون	۱۸
۳-۵	آموزش شخص مورد آزمون درباره روش آزمون	۱۹
۶	انجام آزمون درک ارتعاش لمسی	۱۹
۱-۶	آشنایی	۱۹
۲-۶	اندازه گیری آستانه‌های افزایشی و کاهشی	۲۰
۳-۶	تغییر پذیری مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی	۲۱
۴-۶	محاسبه آستانه درک ارتعاش لمسی	۲۱

۶-۵ اندازه‌گیری ارتعاش زمینه ۲۲
۶-۶ اندازه‌گیری دمای پوست ۲۳
۷ گزارش نتایج ۲۱
پیوست الف (الزامی) آزمون های تصدیق عملکرد دستگاه برای اندازه گیری آستانه درک ارتعاش لمسی ۲۵
کتابنامه ۳۱

پیش‌گفتار

استاندارد « ارتعاش مکانیکی- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب قسمت۱: روش‌های اندازه‌گیری در نوک‌انگشتان » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در پانصدو هفتاد و هفتمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علـوم و خـدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل ایـن استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهـد گرفـت. بنـابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 13091-1: 2001+ AMD 1:2010, Mechanical vibration — Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction — Part 1: Methods of measurement at the fingertips

مقدمه

تشخیص زودهنگام بیماری‌های اعصاب محیطی در اندام‌های انتهایی فوقانی که غالبا به صورت تغییراتی در عملکرد حس لامسه ظاهر می‌شوند، بسیار قابل توجه می‌باشد. این نوع بیماری‌های مرتبط به اعصاب (نوروپاتی[1]) ممکن است به واسطه بیماری و یا مشاغلی باشد که در آن کارگران در معرض عوامل سمی عصبی[2] و یا ارتعاش مکانیکی قرار دارند.

عملکرد لامسه‌ای انگشتان به فعالیت عصبی حداکثر چهار گروه[3] از پایانه‌های عصبی اختصاصی بستگی دارد. این نوع گیرنده‌های مکانیکی معمولا با پاسخ به فرورفتگی مکانیکی سطح پوست توصیف می‌شوند (یعنی SAI: تطابق آهسته نوع ۱؛ SAII: تطابق آهسته نوع ۲؛ FAI: تطابق سریع نوع ۱؛ FAII: تطابق سریع نوع ۲). اصولا تیزحسی گیرنده SAI، وضوح مشخصه‌های فضایی سطح از قبیل برآمدگی‌ها و بافت‌ها را تعیین می‌کند. این گیرنده‌ها به فشار پاسخ نشان می‌دهند. تیزحسی گیرنده‌های FAI و FAII مسئول اطلاعات به‌دست آمده از حرکت سطوح بر روی سطح پوست یا به‌طور معکوس، حرکت نوک‌انگشتان بر روی سطوح می‌باشد. این داده‌ها برای تهیه اطلاعات در مورد صافی یا نرمی سطوح و گرفتن صحیح اشیا به کار می‌روند (که با تشخیص میکرواسلیپ‌ها[4] کنترل می‌شود). اصولا گیرنده‌های SAII کشش پوست را علامت می‌دهند. با استفاده از شرایط اندازه‌گیری تعریف شده دقیق و تحریک با ارتعاش لمسی[5] در بسامدهای مختلف می‌توان می‌توان پاسخ‌های جداگانه‌ای از گروه‌های گیرنده؛ SAI، FAI و FAII به صورت روان- فیزیکی[6] تعیین کرد. در بعضی از شرایط، از قبیل اتلاف انتخابی عملکرد گیرنده، امکان به‌دست آوردن آستانه‌های جداگانه از هر گروه وجود ندارد.

اندازه‌گیری آستانه‌های درک ارتعاش لمسی به منظور به‌دست آوردن نتایج معنی‌دار و مقایسه نتایج به‌دست آمده با استفاده از دستگاه‌های مختلف، مستلزم روش‌های استاندارد شده می‌باشد. بدون استاندارد سازی، آستانه‌های حاصل از روش‌های مختلف اندازه‌گیری غالبا غیرقابل پیش‌بینی و تا حد قابل توجهی متفاوت خواهند بود و در نتیجه نمی‌توان آنها را مقایسه کرد. الزامات مورد نیاز برای روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری از خواص گروه‌های گیرنده مکانیکی ریشه می‌گیرد که این دستگاه‌ها از روی این خواص برای استنتاج پاسخ‌های مربوطه طراحی شده‌اند. هدف کلی این استاندارد تعریف روش‌های اندازه‌گیری و روش‌های آزمون بهینه شده می‌باشد.

1- Neuropathies
2- Neurotoxic
3- Population
4- Micro-Slipe
5- Vibrotactile
6- Psychophysically

این استاندارد روش‌هایی را توصیف می‌کند که برای کسب نتایج هم ارز برای اندازه‌گیری آستانه‌های درک ارتعاش لمسی (VPT[1]ها) در نوک‌انگشت‌ها طراحی شده‌اند. این روش‌ها برای افراد سالم و بیمار قابل اعمال هستند و برای ارزیابی اجمالی بالینی و غربال‌گری[2] سریع، مناسب هستند. مقادیر برای همه پارامترهای اندازه‌گیری توصیه می‌شود. بعضی از پارامترها با یک مقدار اصلی با رواداری وسیع در تشخیص مقادیر مختلفی که امروزه مورد استفاده می‌باشند، مشخص می‌شوند. مقادیر اصلی ارائه شده، مقادیر ترجیحی هستند. با استفاده از روش‌های توصیف شده، VPT در یک بسامد آزمون برای هر یک از نمونه‌ها می‌تواند تقریبا در عرض یک دقیقه تعیین شود (که ممکن است تقریبا در min ۵ تکمیل شود) این اطلاعات ممکن است برای بعضی از کاربردهای غربالگری کافی در نظر گرفته شود. در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۰۴۶۳ به تحلیل و شرح VPT های به‌دست آمده با استفاده از روش‌های مشخص شده در این استاندارد پرداخته شده است.

7- Vibrotactile perception thresholds
2- Screening

ارتعاش مکانیکی- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد اعصاب- قسمت۱: روش‌های اندازه‌گیری در نوک‌انگشتان

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین موارد زیر می‌باشد:

- روش‌های اندازه‌گیری آستانه VPT در نوک‌انگشتان؛
- روش‌های انجام اندازه‌گیری‌ها و
- گزارش نتایج.

روش‌های اندازه‌گیری در این استاندارد برای به‌دست آوردن آستانه‌های درک در نوک‌انگشتان، به طور جداگانه با گروه‌های گیرنده مکانیکی SAI، FAI و FAII تعریف می‌شوند. این روش‌ها طوری طراحی شده‌اند که برای افراد سالم و بیمار قابل اعمال، برای ارزیابی بالینی و اهداف غربالگری مناسب باشند.

این استاندارد در مورد اندازه‌گیری جابه‌جایی لحظه‌ای در آستانه درک ارتعاش لمسی یا آستانه‌های مورد نظر در محل‌های مختلف بدن به غیر از نوک‌انگشتان کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران ۴۰۱۹: سال ۱۳۹۰، ارتعاش و شوک- واژگان

2-2 ISO 5805, Mechanical vibration and shock - Human exposure - Vocabulary

2-3 IEC 60601-1, Medical electrical equipment — Part 1: General requirements for safety

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و علایم اختصاری

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹ و استاندارد ISO 5805، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱-۱

تن خالص

pure tone

سیگنال نوسانی که دامنه لحظه‌ای آن یک تابع سینوسی از زمان است (یعنی در یک بسامد تکی).

۳-۱-۲

تن برست

tone burst

منظور سیگنال تن خالص برست است.

۳-۱-۳

تن مختلط

gliding tone

تن خالصی که در آن بسامد به طور پیوسته با زمان تغییر می‌کند.

۳-۱-۴

بسامد معادل

equivalent frequency

بسامد منتخب نشانگر بسامد اندازه‌گیری، زمانی که بسامد در طول اندازه‌گیری‌های درک ارتعاش لمسی، با زمان تغییر می‌کند.

۳-۱-۵

اعوجاج هارمونیک کل

total harmonic distortion

درصد اعوجاج تن خالص که به صورت ۱۰۰ برابر ریشه دوم نسبت مجموع توان دوم دامنه‌های اجزاء هارمونیک در یک پهنای باند تعریف شده به دامنه مجذور اصلی

۳-۱-۶

پوشش، ماسکه کردن

masking,mask

فرآیندی که با آن آستانه‌ی درک برای یک محرک با حضور محرک دیگری (پوشش) از همان بسامد یا بسامد دیگر افزایش می‌یابد.

۳-۱-۷

ماسکه کردن رو به جلو

forward masking

فرایندی که با آن درک محرک آزمونی که اخیرا به شخص مورد آزمون ارائه شده، با وسیله محرک آزمون قبلی با همان بسامد یا بسامد دیگر به صورت غیر قابل تشخیص ارائه می‌شود.

۳-۱-۸

گیرنده مکانیکی

mechanoreceptor

منظور، پایانه عصبی اختصاصی برای تبدیل تغییر شکل مکانیکی پوست به ایمپالس‌های عصبی

۳-۱-۹

آستانه درک ارتعاش لمسی مخصوص گیرنده مکانیکی - آستانه درک ارتعاش لمسی مخصوص گیرنده

mechanoreceptor-specific vibrotactile perception threshold receptor-specific vibrotactile perception threshold

آستانه درک ارتعاش لمسی که در آن محرک با گروهی از گیرنده‌های مکانیکی در نقطه تحریک ارتباط برقرار می کند.

۳-۱-۱۰

وضعیت خنثی

neutral position

وضعیت طبیعی قرار گرفتن دست به صورتی که دست و بازو از شانه در حالت ایستاده، شخص آویزان باشد.

یادآوری- این وضعیت، به طور طبیعی، باز شدن[1] یا خم شدن[2] مچ دست لحاظ نمی‌شود.

۳-۱-۱۱

محرک

stimulator

وسیله‌ای برای ایجاد فرو رفتگی استاتیک در سطح پوست و یا حرکت نوسانی متناوب در سطح پوست است.

۳-۱-۱۲

پراب

Probe

وسیله‌ای که با آن محرک‌های نوسانی و حرکتی خارجی به سطح پوست اتصال می‌یابند.

1- Flexion
2- Extension

۳-۱-۱۳

محاط

surround

سطح صاف، سفت و استاتیکی که نوک انگشت بر روی آن قرار می‌گیرد و دارای حفره‌ای است که از میان آن یک پراب با سطح پوست تماس برقرار می‌کند.

۳-۱-۱۴

نیروی تماس

contact force

اجزای دینامیکی و ایستاتیکی نیرو که پراب سنسور یا محرک به‌وسیله آنها با پوست تماس برقرار می‌کند.

۳-۱-۱۵

فرورفتگی پوست

indentation of skin

فاصله‌ای که به‌وسیله نوک پراب از وضعیت اولیه تماس با سطح پوست (که نیروی تماس در آن صفر است) تا وضعیتی که در آن آستانه‌ها تعیین می‌گردند، نوردیده می‌شود.

۳-۱-۱۶

نشانه(های) شنیداری

aural cue (s)

تنی که با ارتعاش محرک ایجاد می‌شود

۳-۱-۱۷

نوفه فیزیولوژیکی

physiological “noise”

حرکت بدن انسان که شامل ارتعاش می‌باشد و به طور طبیعی از عملکردهای فیزیولوژیکی از قبیل جریان خون، ضربان قلب، حرکت ماهیچه و تنفس، ناشی می‌شود.

۳-۱-۱۸

ارتعاش زمینه

background vibration

ارتعاش باقیمانده در نوک‌انگشت در غیاب محرک، زمانی که شخص مورد آزمون با تحریک پراب با تماس با نوک‌انگشت در وضعیت شروع اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای قرار می‌گیرد.

یادآوری- ارتعاش زمینه می‌تواند ناشی از ارتعاش اتاق، دستگاه اندازه‌گیری و نوفه فیزیولوژیکی باشد.

۳-۱-۱۹

تابع روان سنجی

psychometric function

تابع بیان کننده رابطه بین نسبت یا درصد پاسخ‌های مثبت نشانگر محرک شناسایی شده توسط شخص مورد آزمون و اندازه فیزیکی شدت تحریک است.

۳-۱-۲۰

الگوریتم روان- فیزیکی

psychophysical algorithm

روش اندازه‌گیری که در آن محرک‌های فیزیکی برای استنتاج پاسخ حسی از پیش تعیین شده از قبیل درک حضور یا خصوصیات حرکت خارجی اعمال شده بر پوست، ارائه می‌شوند.

۳-۱-۲۱

آستانه

threshold

آغاز درک یا عدم درک محرک است.

۳-۱-۲۲

آستانه افزایشی

ascending threshold

آستانه‌ای که با اعمال محرک‌هایی با شدت فزاینده متوالی بر پوست تا زمان شناسایی تحریک، به‌دست می‌آید.

۳-۱-۲۳

آستانه کاهشی

descending threshold

آستانه‌ای که با اعمال محرک‌هایی با شدت کاهنده متوالی بر پوست تا زمان عدم شناسایی هیچ تحریکی، به‌دست می‌آید.

۳-۱-۲۴

آستانه درک ارتعاش لمسی

vibrotactile perception threshold

میزان شتاب سطح پوست که در آن برای شناسایی محرک نوسانی تن خالص در تابع روان سنجی، نرخ پاسخ مثبت ۵۰ درصدی وجود دارد.

۳-۱-۲۵

جابه‌جایی آستانه‌ای

threshold shift

منظور تغییر آستانه درک ارتعاش لمسی از مقدار خط مبنا[1] تثبیت شده قبلی در زمان ثابت است.

یادآوری- به عنوان مثال مقدار خط مبنا می‌تواند آستانه درک قبلی ارتعاش لمسی باشد که از همان شخص آزمون شونده به دست آمده است. مقدار خط مبنا همچنین می‌تواند آستانه میانگین به‌دست آمده از افراد سالم با سن مشابه، بدون هیچ علائم

یا سابقه بیماری‌های نورولوژیکی محیطی، یا بدون هیچ گونه قرارگیری در معرض عوامل سمی عصبی یا ارتعاشات انتقالی دست باشد. این موضوع در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۰۴۶۳ مورد بررسی قرار گرفته است.

۲۶-۱-۳

جابه‌جایی آستانه‌ای موقتی

temporary threshold shift

افزایش موقتی در آستانه درک (یعنی کاهش در تیزحسی) که با زمان از بین می‌رود.

۲۷-۱-۳

الگوریتم بالا- پایین

up-down algorithm

روش اندازه‌گیری روان- فیزیکی که در آن دو آستانه محدودکننده (افزایشی و کاهشی) با ارائه متوالی محرک‌های کوتاه مدت ثابت اما دارای شدت‌های متفاوت، به شخص آزمون شونده، تعیین می‌شوند.

یادآوری- این روش معمولاً با اعمال محرک‌های متوالی با شدت فزاینده پی در پی به پوست می‌پردازد تا زمانی که شخص آزمون شونده سیگنال شناسایی محرک را بدهد (آستانه افزایشی)، پس از شدت محرک‌های متوالی کاسته می‌شود تا زمانی که شخص آزمون شونده علامت دهد که دیگر محرک را احساس نمی‌کند (آستانه کاهشی). الگوریتم پلکانی یک الگوریتم بالا- پایین یا وارونه است که در آن توالی محرک‌ها در مراحلی باشد با شدت مساوی افزایش و کاهش برقرار می کند.

۲۸-۱-۳

الگوریتم ون بکسی

Von Békésy algorithm

روش اندازه‌گیری روان- فیزیکی که در آن یک تحریک پیوسته با شدت متغیر که اغلب با تغییر بسامد نسبت زمان (تن مختلط) همراه است، برای تعیین آستانه‌های افزایشی و کاهشی متوالی به‌کار می‌رود.

۳-۲ نمادها و اصطلاحات اختصاری

نمادها و اصطلاحات اختصاری زیر در این استاندارد به کار می‌روند:

FAI گیرنده‌های مکانیکی نوع ۱، تطابق سریع

FAII گیرنده‌های مکانیکی نوع ۲، تطابق سریع

SAI گیرنده‌های مکانیکی نوع ۱،تطابق آهسته

VPT آستانه درک ارتعاش لمسی

$t_a(r)$ توالی سطوح آستانه‌ای افزایشی

$t_d(r)$ توالی سطح آستانه‌ای کاهشی

که در آن $r = ۱,۲,۳,..., n$ می‌باشد.

n تعداد زوج‌های آستانه‌ای افزایشی و کاهشی است به عنوان مثال :

$t_a(۱), t_d(۱), t_a(۲), t_d(۲),..., t_a(n), t_d(n)$

۴ روش‌های اندازه‌گیری

۴-۱ کلیات

الزامات مورد نیاز برای رویه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری از خواص گروه‌های گیرنده مکانیکی ناشی می‌شود که آن‌ها برای پاسخ‌های استنتاجی طراحی شده‌اند و در جدول ۱ خلاصه شده‌اند.

جدول ۱- خلاصه الزامات مورد نیاز برای روش‌های اندازه‌گیری

تحریک (به زیربند ۴-۲ مراجعه شود)	SAI	FAI	FAII
بسامد[a]، Hz	۴٫۰	۳۱٫۵	۱۲۵
- بسامدهای دیگر، Hz	۳٫۱۵ - ۵٫۰	۲۰- ۲۵	۱۰۰-۱۶۰
متناوب			
- مدت تناوب	< ۱۰ s	< ۱۰ s	۰٫۶ s تا ۱۰ s
- مدت زمان ساکن[b]	≥ ۰٫۶ s	≥ ۰٫۶ s	≥ ۰٫۶ s
پیوسته			
- بیشینه مدت زمان	۵۰ s	۵۰ s	۵۰ s
- استراحت کمینه، همان محل و همان گیرنده	۳۰ s	۳۰ s	۳۰ s
وضعیت شخص مورد آزمون (به زیربند ۴-۳ مراجعه شود)	ساعد، دست و انگشت، حالت نشسته با تکیه به پشت		
- نگه دارنده			
شرایط سطح پوست (به زیربند ۴-۴ مراجعه شود)	۲۷ °C الی ۳۵ °C که با اندازه‌گیری تایید شده است		
- دمای پوست			
- دمای اتاق آزمون	۲۰ °C الی ۳۰ °C		
پراب تحریک‌کننده (به زیر بند ۴-۵ مراجعه شود)	استوانه دارای انتهای تخت، ۰٫۷ mm ≤ شعاع لبه‌ها ≤ ۰٫۲ mm نرم، به		
- هندسه، پرداخت ، قطر	قطر ۲٫۱ mm ± ۴٫۰		
تماس وسیله محرک پوست (به زیر بند ۴-۶ مراجعه شود)	روش A، بدون محاط		روش B، با محاط
- فرو رفتگی پوست	۱٫۵ mm ± ۰٫۸ mm		۱٫۵ mm ± ۰٫۸ mm
- فاصله محاط- پراب	-		۱٫۵ mm ± ۰٫۶ mm
- نیروی محاط	-		۰٫۷ N تا ۲٫۳ N
الگوریتم روان- فیزیکی (به ۴-۷ مراجعه شود)	متغیر بالا- پایین یا ون‌بکسی		
- مستقل از محرک			
پاسخ شخص مورد آزمون (به زیر بند ۴-۸ مراجعه شود)	خودکار و بدون ابهام		
- شناسایی	شناسایی اتوماتیک		
- تناقض			
حرکت پوست (به زیر بند ۴-۹ مراجعه شود)	شدت r.m.s محرک‌ها، و ارتعاش زمینه (و در صورت استفاده از تن		
- پراب، در سطح پوست	پیوسته، بسامد)		
کنترل سیستم (به زیر بند ۴-۱۰ مرجعه شود)	عملکرد سیستم اندازه‌گیری تایید شود		
- قبل از آزمون VPT			

[a] الزامات کمینه برای یک بسامد اندازه‌گیری است.

[b] و نه کمتر از نصف بازه‌ی تحریک.

۴-۲ تحریک

۴-۲-۱ محرک

در روش‌های اندازه‌گیری باید محرک برای ایجاد تحریک‌های نوسانی (حرکتی) برای تعیین آستانه‌های درک ارتعاش لمسی در نوک‌انگشتان افراد فراهم شود.

۴-۲-۲ شکل‌موج محرک

دامنه جابه‌جایی تحریک باید حداکثر بیشینه ۱٫۰ mm باشد. برای تحریک‌های با تن خالص، بیشینه اعوجاج در جدول ۲ ارائه شده است. تحریک‌های متناوب باید دارای شکل‌موج منحنی[1] باشند تا اطمینان حاصل شود که تحریک‌های شناسایی شده توسط شخص مورد آزمون مربوط به حرکت نوسانی، اصلی است و مربوط به سویچینگ گذرا[2] نیست.

یادآوری- محرک برای همه بسامدهای مشخص شده در این استاندارد ارائه شده است، سطوح شتاب r.m.s تا ($ref.10^{-6}$ m/s^2) ۱۵۰ dB تولید می‌کند که منوط به دامنه جابه‌جایی حداکثر ۱٫۰ mm می‌باشد.

جدول ۲- اعوجاج هارمونیک کل حداکثر محرک

پارامترهای اندازه‌گیری شده: شتاب	
بسامد محرک Hz	**اعوجاج هارمونیک کل** ٪
۳٫۱۵ تا ۳۱٫۵	**۳۰**[b]
۱۰۰ تا ۱۶۰	**۱۰**[c]

a سطح شتاب VPT های مختص گیرنده مکانیکی با افزایش بسامد افزایش می‌یابد و درک یک محرک اعوجاجی غیر حساس به بسامدهای بالاتر از بسامد محرک اصلی (به عنوان مثال محصولات اعوجاج هارمونیک) را تعبیر می‌کند.
b اعوجاج هارمونیک کل برای اجزای هارمونیک در بسامدهایی که از بسامد تحریک تن خالص تا ۱۶۰ Hz را شامل می‌شود، افزایش می‌یابد.
c اعوجاج هارمونیک کل برای اجزای هارمونیک در بسامدهای تا سه برابر بسامد تحریک، افزایش می‌یابد.

۴-۲-۳ بسامد تحریک

تحریک باید حداقل در یک بسامد یا بسامد معادل ایجاد شود. در صورتی که برقراری تیز حسی سه گروه گیرنده مکانیکی که با حس لمسی (SAI، FAI و FAII) سر و کار دارند، ضروری باشد، باید تحریک حداقل در سه بسامد یا بسامدهای معادل عرضه شود. سه بسامد یا بسامدهای معادل توصیه شده عبارتند از: (SAI)

1- Envelope
2- Switching transients

۴٫۰ Hz، ۳۱٫۵ Hz (FAI) و ۱۲۵ Hz (FAII). اگر بسامدهای بیشتری برای تحریک به کار روند بهتر است از میان بسامدهای زیر انتخاب شوند:

۳٫۱۵ Hz، ۴٫۰ Hz، ۵٫۰ Hz (SAI)؛ ۲۰ Hz، ۲۵ Hz، ۳۱٫۵ Hz (FAI)؛ ۱۰۰ Hz، ۱۲۵ Hz و ۱۶۰ Hz (FAII). گروه گیرنده مکانیکی مرتبط با VPT، با توجه به اندازه‌گیری هایی که طبق این استاندارد انجام می‌گیرند، در جدول ۳ خلاصه شده‌اند.

یادآوری۱- با استفاده از پارامترهای تماس محرک پوست که در این استاندارد مشخص شده‌اند، تحریک بسامدهای ۶٫۳ Hz یا کمتر، اجازه تعیین آستانه گیرنده‌های مکانیکی SAI را خواهد داد. تحریک در بسامدهای مابین ۱۶ Hz و ۳۲ Hz اجازه تعیین آستانه گیرنده‌های مکانیکی FAI را خواهد داد، و تحریک بسامدهای ۱۰۰ Hz و بیشتر، اجازه تعیین آستانه گیرنده‌های مکانیکی FAII را خواهد داد.

یادآوری۲- برای بعضی از کاربردها، یک سیستم اندازه‌گیری ساده محدود به محرک‌های مورد استعمال، به ویژه یکی از سه بسامد توصیه شده یا بسامدهای معادل، می‌تواند مناسب باشد. این استاندارد همچنین الزامات مورد نیاز برای ارائه محدوده وسیع‌تری از محرک‌ها را برای تحقیقات و ارزیابی‌های با این مفصل تعیین می‌کند.

جدول ۳- بسامدهای اندازه‌گیری

نوع گیرنده مکانیکی	محدوده بسامدی آستانه مرتبط با گیرنده	بسامدهای توصیه شده[a]	
	Hz	یک Hz	بیش از یک Hz
SAI، تطابق آهسته I	≤ ۶٫۳	۴٫۰	۵٫۰، ۴٫۰، ۳٫۱۵
FAI، تطابق سریع I	۱۶ تا ۳۲	۳۱٫۵	۳۱٫۵، ۲۵، ۲۰
FAII، تطابق سریع II	≥ ۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰، ۱۲۵، ۱۰۰
a رواداری بسامد ۱۰٪ ±			

۴-۲-۴ تحریک متناوب

تحریک متناوب برای همه اندازه‌گیری‌ها به منظور ایجاد یک فاصله ساکن[1] ترجیح داده می‌شود. تحریک متناوب احتمال یک محرک فوق آستانه‌ای را برای تولید تغییر آستانه‌ای موقتی کاهش می‌دهد و از این رو باعث خطا در اندازه‌گیری VPT می‌شود. فاصله ساکن یا خاموش، همچنین برای ایجاد تباین میان تحریک اعمال شده با ارتعاش زمینه به کار می‌رود و می‌تواند تعریف آستانه را در موقعیت‌هایی که در آن ارتعاش زمینه قابل توجهی وجود دارد، اصلاح کند.

1- Quiescent

تحریک‌های متناوب باید دارای شکل‌موجی منحنی مانند باشند تا اطمینان حاصل شود که تحریک شناسایی شده توسط شخص مورد آزمون مربوط به حرکت نوسانی اصلی است. سویچینگ گذرائی مرتبط با آغاز و پایان تحریک متناوب نباید توسط شخص مورد آزمون درک شود.

دستیابی به این شرایط با یک سیستم کنترل محرک مناسب، یا با محدود سازی زمان‌های افزایش و کاهش در آغاز و پایان هر تحریکی، مجاز و امکان پذیر است.

یادآوری- تجربه نشان داده است که احتمالاً تغییر چندانی در VPT با بالا و پائین رفتن منحنی در زمان‌های تن برست دیده نمی‌شود.

مدت زمان تحریک اندازه‌گیری شده در نقاط نیم توان نباید بیشتر از S ۱۰ باشد تا جابه‌جایی‌های آستانه‌ای موقتی را محدود سازد. فاصله ساکن نباید کمتر از نیمی از مدت زمان تحریک باشد و تحت هیچ شرایطی نباید کمتر از S ۰٫۶ باشد تا از جبران هرجابه‌جایی آستانه‌ای موقتی اطمینان حاصل‌شود و از ماسکه کردن رو به جلو پرهیز شود. برای اندازه‌گیری تیزحسی گیرنده‌های FAII،مدت زمان تحریک تن برست نباید کمتر از S ۰٫۶ باشد.

۴-۲-۵ تحریک پیوسته

استفاده از تحریک سینوسی پیوسته با دامنه زمانی متغیر[1] و گاهی با بسامد زمانی، برای تعیین VPTها (روش ون بکسی) مجاز است.

روش‌هایی که از تحریک پیوسته استفاده می‌کنند باید یک سیگنال تن خالص فراهم سازند که سطح شتاب r.m.s آن بیشتر از dB ۳ در هر ثانیه در طول تعیین آستانه‌ای مورد استفاده در محاسبه‌های VPT(زیر بند۴-۶) برای به کمینه رساندن ماسکه کردن رو به جلو[2] نباشد. برای تثبیت نخستین آستانه‌های افزایشی و کاهشی یعنی t_a *(۱)* و t_a *(۱)* ، که در محاسبه VPT به کار نرفته‌اند، استفاده از تغییرات سطح شتاب r.m.s تا dB ۵ در ثانیه مجاز می‌باشد.

اگر تحریک با تغییر پیوسته در بسامد با زمان (تن مختلط) سر و کار داشته باشد در این صورت نرخ تغییر بسامد تحریک با زمان در طول تعیین آستانه‌ای نباید بیشتر از یک بیستم یک اکتاو[3] در ثانیه باشد. بهتر است تن مختلط حاوی بسامدی منتخب در محدوده Hz ۳٫۱۵ الی Hz ۱۶۰ باشد.

یادآوری- نرخ‌های تغییر دامنه تحریک با زمان و یا بسامد با زمان بیشتر از این مقادیر می‌تواند خطاهایی در آستانه‌های ادراکی ایجاد کند.

برای روش‌های اندازه‌گیری که از تحریک‌های پیوسته استفاده می‌کنند، بازه‌ی محرک پیوسته مجاز حداکثر بدون وقفه‌های استراحت[4] نباید بیشتر از s ۵۰ باشد تا تغییر آستانه‌ای موقتی را محدود کند. اگر تحریک

1- Time-varying
2- Forward masking
3- Octave
4- Rest breaks

همان گروه گیرنده در همان محل آزمون ادامه یابد، باید یک دوره جبران بدون محرک بیشتر از ۳۰ s ارائه شود.

۴-۲-۶ ارتعاش ناخواسته در طول اندازه‌گیری

شخص مورد آزمون نباید هیچ ارتعاش ناشی از محیط یا دستگاهی را که بتواند بر ادراک تحریک مورد نظر ماسکه نماید، تجربه کند.

یادآوری- حرکت میان انگشت شخص مورد آزمون و پراب نامرتبط با تحریک می‌تواند بر تحریک پوشش بگذارد و باعث ایجاد خطا در تعیین آستانه‌ها شود (به عنوان مثال حرکت ناشی از ارتعاش کف زمین، ارتعاش دستگاه، حرکت غیر ارادی ناشی از نوفه فیزیولوژیکی بدن)

ارتعاش زمینه باقیمانده در نوک انگشت باید قبل از آغاز هر جلسه اندازه‌گیری با دستگاه مورد استفاده برای انجام اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای اندازه‌گیری شود (به زیربند۶-۵ مراجعه شود).

۴-۲-۷ تن ناخواسته در طول اندازه‌گیری

شخص مورد آزمون نباید هیچ تن ناشی از محیط یا دستگاه را که می‌تواند علائم شنیداری ایجاد کند و یا مانع درک محرک مورد نظر شود، تجربه کند. شخص نباید در معرض نوفه ناشی از محیط یا دستگاه بیش از ۵۰ dB در تراز وزنی A ومتوسط زمان ۶۰ s قرار گیرد[همان‌طور که در استاندارد IEC 60050 (801) تعریف شده]. برای انجام این الزامات، استفاده از محافظ شنوایی یا گوشی تولید کننده تن‌های پوششی مناسب در گوش‌ها مجاز می‌باشد.

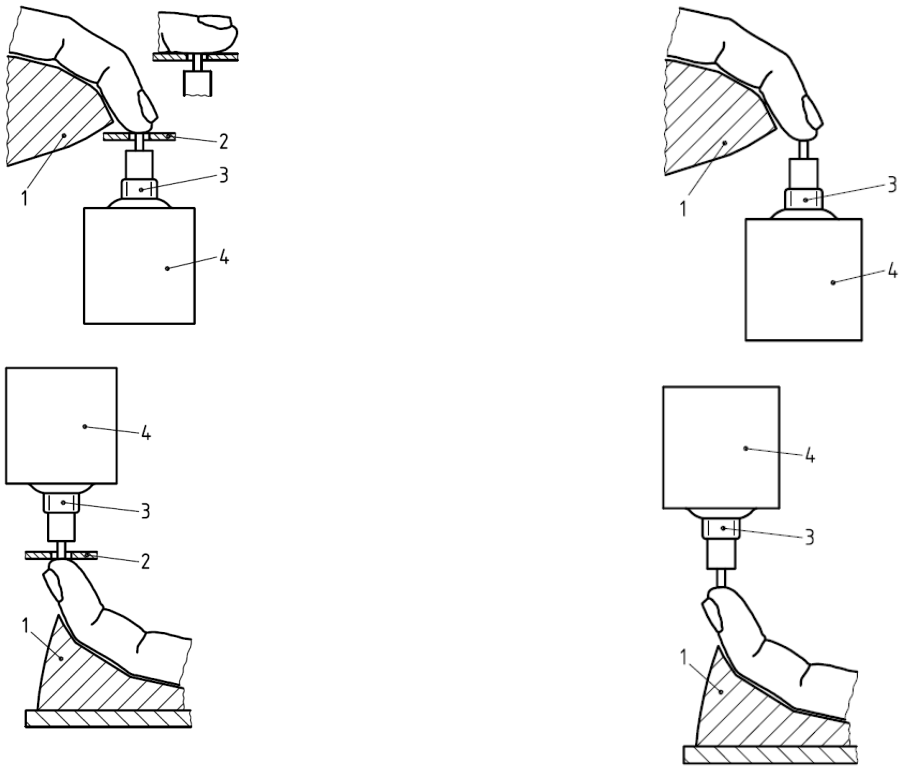
زمان متوسط ۶۰ s، تراز وزنی A هر تن پوششی تولید شده در گوش‌ها نیز بیش از ۵۰ dB نباشد.

۴-۳ وضعیت قرارگیری و راحتی شخص مورد آزمون

روش‌های اندازه‌گیری باید تکیه‌گاهی در امتداد طول کامل ساعد، دست و انگشت مورد آزمون فراهم سازند. برای مشاهده تکیه گاه‌های دیگر انگشت به شکل ۱ مراجعه شود. دست باید تا حد امکان در وضعیت طبیعی باشد.

یادآوری- هر چه تکیه‌گاه‌های بدن کامل‌تر و راحت‌تر باشد، پتانسیل بیشتری برای کاهش نوفه فیزیولوژیکی در نوک انگشت وجود خواهد داشت. جهت‌گیری و تکیه اعضای بدن و تهیه یک صندلی با پشتی برای افزایش راحتی شخص مورد آزمون باعث تسهیل تعیین آستانه‌ها خواهد شد.

دقت و تکرارپذیری اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای می‌تواند تحت تاثیر انگیزه و تمرکز شخص مورد آزمون باشد. باید از هر گونه حواس پرتی از کار مورد نظر از قبیل عدم آرامش پرهیز شود.



شکل ب شکل الف

راهنما:

1 تکیه گاه انگشت

2 محاط

3 حسگر

4 محرک

شکل ۱- طرح ساده تماس پراب- نوک انگشت برای روش‌های A، B همراه با نشان دادن نمونه‌هایی از جهت گیری‌ها و تکیه گاه‌های مختلف انگشت

یادآوری- روش‌های نگهداری از محرک و محاط نشان داده نشده است.

۴-۴ شرایط سطح پوست

۴-۴-۱ دماهای اتاق و پوست

همه اندازه‌گیری‌ها باید در محیطی انجام گیرد که دما در آن در محدوده $20^{\circ}C$ الی $30^{\circ}C$ باشد و دمای پوست دست درمحدوده $27^{\circ}C$ الی $35^{\circ}C$ باشد. برای اندازه‌گیری دمای سطح پوست در هر ناحیه از پوست که بر روی آن آزمون ارتعاش لمسی انجام می‌گیرد، باید وسایل لازم فراهم شود (به زیر بند ۶-۶ مراجعه شود).

یادآوری- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی در گیرنده‌های SAI و FAI (و زمانی که بسامد تحریک کمتر از ۲۰۰ Hz می‌باشد، FAII) چندان تحت تاثیر دمای سطح پوست در محدوده ۲۷ °C الی ۳۵ °C قرار نمی‌گیرد.

۲-۴-۴ ضخامت پوست و تحریک

پراب تحریک‌کننده باید در وضعیتی باشد که از تماس آن با پوست ضخیم جلوگیری شود. این شرط معمولا با قرار دادن مرکز نوک پراب تحریک بر پوست بدون مو در بند انگشت انتهایی در نقطه‌ای دورتر از مرکز حلقه برآورده می‌شود (به زیربند ۴-۵-۱ مراجعه شود). باید از قرار دادن مستقیم پراب محرک بر روی پوست پینه بسته یا آسیب دیده مانند جای زخم، سوختگی یا آسیب‌های ناشی از تصادف پرهیز شود.

۵-۴ پراب محرک

۱-۵-۴ محل پراب

مرکز نوک پراب محرک باید بر روی پوست فاقد مو در بند انگشت انتهایی در نقطه‌ای دور از مرکز حلقه، در بخشی از دایره که در مرکز حلقه و قوس میان گوشه‌های انتهایی ناخن واقع شده است، قرار گیرد. هیچ قسمتی از نوک پراب که در تماس با پوست است نباید به ناخن نزدیکتر از ۲٫۰ mm باشد. حد فاصله محل‌های مناسب نوک پراب در شکل ۲ نشان داده شده است.

۲-۵-۴ هندسه نوک پراب

کنترل هندسه نوک پرابی که با آن محرک با پوست تماس پیدا می‌کند، به منظور دستیابی به مقادیر آستانه‌ای دقیق و قابل تکرار ضروری است.

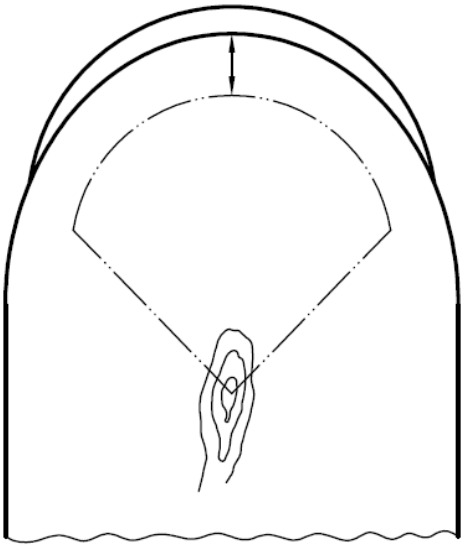
پراب محرک مماس با انگشت باید استوانه‌ای با بخش انتهایی تخت به قطر ۴٫۰ mm ± ۲٫۱ mm باشد. سطح نوک پرابی که در تماس با پوست است باید انتهای مدور و تخت استوانه باشد. انتهای تحریک کننده پراب باید مماس با پوست دست نخورده در نقطه آغاز تماس ، به طوری که جهت تحریک بر سطح پوست به صورت نرمال باشد.

۳-۵-۴ سطوح پراب

پراب باید طوری ساخته شود که سطوحی از آن که در تماس با پوست هستند صاف و هموار باشند و لبه‌های مماس آن با پوست دارای شعاع‌های کمتر از ۰٫۷ mm و بیشتر از ۰٫۲ mm باشند.

یادآوری- برای ایجاد یک سطح صاف و هموار استفاده از یک پرداخت یا صیقل سطح با زبری (طبق تعریف استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۳۰) R=۱٫۶ μm یا بیشتر مجاز است.

صیقل سطح باید هم بر نوک پراب و هم بر محاط، البته در صورتی که در روش اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گیرد، اعمال شود. همه موادی که در تماس مستقیم با پوست هستند باید دارای رسانایی الکتریکی و حرارتی پایینی باشند.



یادآوری- خطوط دارای خط تیره و نقطه از مرکز حلقه به گوشه‌های انتهایی ناخن کشیده شده‌اند و حدود محل قرارگیری مرکز نوک پراب را نشان می‌دهند. قوسی که با خط تیره و نقطه کشیده شده و ۲٫۰ mm از ناخن فاصله دارد (با پیکان مشخص شده)، نزدیک‌ترین بخش نوک پراب را به ناخن نشان می‌دهد. قرارگیری نوک پراب در هر محلی در ناحیه محدود شده با خطوط تیره و نقاط مجاز می‌باشد.

شکل ۲- طرح ساده: نوک انگشت که حد فاصل محل‌های نوک پراب را نشان می‌دهد (به بند ۴-۵-۱ مراجعه شود)

۴-۶ تماس پوست- محرک

۴-۶-۱ کلیات

در محلی که پراب محرک با پوست تماس می‌یابد تحریک احساس شود. باید از حرکت کل انگشت یا دست که ناشی از تحریک است جلوگیری شود.

یادآوری- حرکت کل انگشت با دست ناشی از محرک، با رعایت مقررات مربوط به تکیه گاه انگشت و دست یعنی محل تعریف شده برای پراب محرک، و با محدود شدن دامنه جابه‌جایی بیشینه محرک به ۱٫۰ mm، همان‌طور که در این استاندارد ملزم گردیده، غیرمتحمل است.

۴-۶-۲ نیروی تماس پوست- وسیله تحریک کننده و فرو رفتگی پوست

مولفه استاتیک نیرو که با آن پراب محرک و محاط، در صورت وجود، با پوست تماس می‌یابند، نباید به اندازه‌ای باشد که جریان خون را مسدود کند، باعث درد یا سوراخ شدن پوست شود یا بر پوست آسیب وارد کند. نیروی تماس استاتیک پوست- وسیله تحریک یا فرورفتگی پوست باید در همه اندازه‌گیری‌هایی VPT کنترل شود.

شرایط اندازه‌گیری باید طوری باشد که پراب محرک، فرورفتگی استاتیک پوست معادل ۱٫۵ mm ± ۰٫۸ mm ایجاد کند.

یادآوری- کنترل فرو رفتگی پوست ناشی از پراب یا، اگر مناسب‌تر باشد، مولفه استاتیک نیرویی که با آن، پراب محرک با پوست تماس می‌یابد، باعث افزایش دقت و تکرارپذیری اندازه گیری‌های آستانه‌ای و کاهش تغییرپذیری موضوع ورودی می‌شود.

انقباض عضلانی فعال می‌تواند لرزش دست و انگشت را افزایش دهد و باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری VPT شود. اندازه‌گیری‌ها بایستی با انگشتی که در وضعیت آرامش قرار دارد انجام شود.مطابق با این استاندارد ایجاد این وضعیت با استفاده از یک نگهدارنده میسر می‌شود.

روش‌های اندازه‌گیری بدون محاط به روش الف و روش‌هایی که در آن از محاط استفاده می‌شود به روش ب منتسب هستند.

۴-۶-۳ روش الف: بدون محاط

یک روش کنترل نیروی استاتیک که در آن از یک پراب محرک برای تماس با پوست استفاده می‌شود به عنوان مثال با متوازن سازی تقابلی وزن وسیله تحریک کننده، یا با کنترل فرور رفتگی پوست استاتیک تولید شده با یک پراب باید از انقباض عضلانی فعال برای حفظ این شرایط اجتناب شود.

فرو رفتگی پوست استاتیک مورد نیاز ۱٫۵ mm ± ۰٫۸ mm که با نیروی تماس پراب استاتیک ۰٫۰۹ N ± ۰٫۱۵N به‌دست می‌اید، مجاز می‌باشد.

یادآوری- یک پراب محرک به قطر ۴٫۰ mm که با نیروی تماس استاتیک برابر ۰٫۱۵ N بر پوست فشار وارد می‌کند. به طور متوسط، فرو رفتگی پوست معادل ۱٫۵ mm ایجاد می‌کند. در صورتی که از پراب محرکی به قطر بیش از ۴٫۰ mm استفاده شود. برای ایجاد فرو رفتگی ۱٫۵ mm در پوست، نیروی تماس بیشتری مورد نیاز خواهد بود و برعکس برای ایجاد فرو رفتگی ۱٫۵ میلیمتری در پوست با یک پراب محرک به قطر کمتر از ۴٫۰ mm به نیروی تماس کمتری نیاز خواهد بود.

۴-۶-۴ روش ب: با محاط

روشی است که برای کنترل فرو رفتگی پوست استاتیک و یا کنترل نیروی استاتیکی به کار می‌رود که با آن پراب محرک بر سطح پوست تماس پیدا می‌کند و مستلزم تکیه نوک انگشت بر یک محاط ثابت دارای یک سوراخ هم محور با پراب محرک است. فاصله میان پراب محرک و لبه سوراخ محاط باید ۱٫۵ mm ±۰٫۶ mm باشد. برای حفظ این شرایط، باید از انقباض عضلانی فعال اجتناب شود.

یادآوری۱- استفاده از حداکثر قطر پراب ۶٫۱ mm و حداکثر فاصله میان پراب و محاط ۲٫۱ mm به ایجاد سوراخی به قطر ۱۰٫۲ mm در محاط منجر می‌شود که امکان دارد برابر با عرض نوک انگشت کوچک و یا بیشتر از آن باشد. اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی با استفاده از روش ب در چنین شرایطی امکان پذیر نیست.

یادآوری۲- آستانه‌های گیرنده‌های مکانیکی FAI و FAII تحت تاثیر اختلاف قطر (یعنی فاصله) میان پراب محرک و حفره محاط است.

در اندازه‌گیری‌هایی که در آن فرورفتگی پوست با پراب محرک از طریق محاط کنترل می‌شود، ایجاد فرو رفتگی پوست استاتیک مورد نیاز ۱٫۵ mm ± ۰٫۸ mm، با نیروی تماس استاتیک پراب ۰٫۵ N ± ۰٫۳ N مجاز است.

نیرویی که با آن محاط با نوک انگشت تماس می‌یابد باید ۱٫۰ $^{+۰٫۳}_{-۰٫۳}$ N باشد (یعنی نیروهای محاط کمینه و بیشینه به ترتیب ۰٫۷ N و ۲٫۳ N می‌باشند).

یادآوری۳- یک پراب محرک به قطر ۴٫۰ mm که با نیروی تماس استاتیک معادل ۰٫۵ N همراه با محاطی به قطر ۷٫۰ mm با نیروی استاتیک ۱٫۰ N بر پوست فشار وارد می‌کنند، به طور متوسط، فرو رفتگی ۱٫۵ میلیمتری در پوست ایجاد می‌کنند. بدون هیچ تغییری در نیروی تماس پراب، افزایش نیروی استاتیکی که با آن محاط بر پوست فشار وارد می‌کند می‌تواند باعث کاهش فرورفتگی پوست شود. بدون هیچ تغییری در نیروی محاط، برای ایجاد فرورفتگی معادل ۱٫۵ mm در پوست، نیروی تماس بیشتری با پراب محرکی به قطر بیش از ۴٫۰ mm مورد نیاز است. برعکس برای ایجاد فرورفتگی معادل ۱٫۵ mm، در صورتی که قطر پراب محرک کمتر از ۴٫۰ mm باشد، نیروی تماس کمتری مورد نیاز خواهد بود.

یادآوری۴- انقباض عضلانی فعال برای حفظ نیروی محاط- نوک انگشت استاتیک می‌تواند باعث افزایش لرزش دست و انگشت شود و در نتیجه باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری VPT ها شود.

۴-۷ الگوریتم روان- فیزیکی

در روش اندازه‌گیری روان- فیزیکی مورد استفاده برای تعیین VPT ها باید از الگوریتم‌های مختلف بالا به پایین یا ون‌بکسی استفاده شود. شکل موجی محرک هر چه باشد (یعنی متناوب یا مختلط)، نرخ بیشینه تعدیل دامنه باید در طول اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای شامل شده در محاسبات VPT (۶-۴)، معادل ۳ dB در ثانیه باشد.

یادآوری۱- الگوریتم‌هایی که نرخ تغییر محرک را با عملکرد شخص مورد آزمون تطبیق می‌دهند می‌توانند زمان اندازه‌گیری را کاهش دهند.

یادآوری۲- با همگرایی روش اندازه‌گیری به آستانه نهایی، تغییر دامنه تا کمتر از ۳ dB در ثانیه، مطلوب خواهد بود.

یادآوری۳- تجربه نشان می‌دهد که اگر محرک اولیه توسط شخص مورد آزمون درک نشود یعنی دامنه کمتر از درک آستانه‌ای باشد در این صورت آستانه‌های درک ارتعاشی کمتری به دست می‌آید.

۴-۸ پاسخ شخص مورد آزمون

۴-۸-۱ روشی برای پاسخ شخص مورد آزمون

نشانه واضحی از پاسخ شخص مورد آزمون به محرک مورد نیاز است. باید از یک سیستم خودکار مانند یک سوئیچ دستی که وضعیت آن پایش می‌شود، استفاده شود.

۴-۸-۲ شناسایی پاسخ‌های متناقض شخص مورد آزمون

باید روشی برای شناسایی آستانه‌ها و یا پاسخ‌های متناقض شخص مورد آزمون ارائه شود. الگوهای متناقض شخص مورد آزمون، با بررسی تغییرپذیری آستانه‌های افزایشی و کاهشی در الگوریتم‌های بالا به پایین یا ون‌بکسی شناسایی می‌شود (به زیر بند ۶-۳ مراجعه شود).

یادآوری۱- امکان دارد پاسخ شخص مورد آزمون به علت تغییر معیارهای پاسخ، خستگی، ناراحتی، تداخل با گردش خون پیرامونی، افزایش نوفه فیزیولوژیکی، بی تجربگی و یا عدم تمرکز یا عدم انگیزش متناقض یا نادرست باشد. عملکرد متناقض می‌تواند حتی پس از اجرای اقدامات پیشگیرانه توصیف شده در این استاندارد نیز باقی بماند. روشی که آستانه‌ها یا پاسخ‌های متناقض را شناسایی می‌کند می‌تواند باعث شناسایی این محدودیت‌ها در عملکرد شخص مورد آزمون شود و اجازه اتخاذ اقدامات اصلاحی مناسب را بدهد.

یادآوری۲- پاسخ‌های متناقضی را که به VPT های متناقض منجر می‌شود می‌توان از VPT های مختص گیرنده‌های مکانیکی استنتاج کرد مشروط به اینکه دو یا چند آستانه از همان نوع گیرنده به‌دست آید، سپس می‌توان نتایج به‌دست آمده را مقایسه کرد (به استاندارد ISO 13091-2 مراجعه شود).

۴-۹ حرکت پوست

باید برای اندازه‌گیری شدت r.m.s حرکت پوست ناشی از محرک‌های ارتعاش لمسی و ارتعاش زمینه از یک سنسور و وسیله شرطی سازی استفاده کرد. سنسور طوری قرار می‌گیرد که حرکت پراب محرک را به هنگام تماس با پوست اندازه‌گیری کند. اگر در یک روش اندازه‌گیری از محرک‌های مرتبط با تن مختلط استفاده شود در این صورت باید برای اندازه‌گیری بسامد محرک‌ها، وسایل لازم فراهم شود.

شدت r.m.s حرکت باید با وسایل دیجیتال یا آنالوگ معادل با متوسط زمانی حداقل یک سیکل و ترجیحا چند سیکل محرک تا ۰/۳ s به دست آید. مقدار ثبت شده برای محاسبه آستانه باید معادل با مقداری باشد که در زمان پاسخ شخص مورد آزمون روی می‌دهد و یا مطابق با ۱ dB آن مقدار باشد.

اطلاعات مربوط به حرکت پراب محرک باید در طول آزمون ارتعاش لمسی به آزمون گر ارائه شود (بند ۶).

یادآوری- محدوده دینامیکی ۹۰ dB [یعنی برای سطوح شتاب از ۶۰ dB الی ۱۵۰ dB (10^{-6} m/s^2)] و پهنای باند ۲/۵ Hz الی ۲۰۰ Hz برای اندازه‌گیری VPT ها در همه بسامدهای تعیین شده در این استاندارد لازم است.

۴-۱۰ کالیبراسیون و بررسی سیستم

کارکرد صحیح سیستم اندازه‌گیری باید قبل از انجام آزمون‌های درک ارتعاش لمسی تثبیت شود. این امر مستلزم آزمون و کنترل اجزای مکانیکی و الکتریکی است. یک آزمون مناسب برای اجزای الکتریکی، عرضه یک سیگنال محرکه با بسامد و شدت معین بر وسیله تحریک کننده و ثبت حرکت ناشی از پراب محرک، در غیاب شخص مورد آزمون می‌باشد. تایید عملکرد صحیح سیستم اندازه گیری، حداقل یکبار در طول روزی که آزمون ارتعاش لمسی صورت می‌گیرد، الزامی است و باید در نتایج ثبت شود. آزمون‌های لازم برای بررسی عملکرد دستگاه برای اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی در پیوست A توصیه شده است.

کالیبراسیون سیستم اندازه گیری کامل به انضمام نرم افزار قابل ردیابی با استانداردهای جهانی باید حداقل بصورت سالانه انجام گیرد.

۴-۱۱ مخاطرات[1] برای شخص مورد آزمون

همه دستگاه‌ها در ارتباط با مخاطرات الکتریکی که شخص مورد آزمون و اپراتور دستگاه را تهدید می‌کند باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۶۸، باشند.

هیچ بخشی از دستگاه که در تماس با شخص مورد آزمون است نباید دارای مخاطره بیولوژیکی یا سایر مخاطرات ایمنی برای شخص مورد آزمون باشد.

۵ آماده سازی و آموزش افراد مورد آزمون قبل از آزمون ارتعاش لمسی

۵-۱ کلیات

آماده سازی و آموزش افراد مورد آزمون و انجام آزمون‌های درک ارتعاش لمسی باید تحت نظر آزمون‌گر واجد صلاحیت باشد. آزمون‌گر واجد شرایط کسی است که دوره‌های آموزش عملی آزمون ارتعاش لمسی را گذرانده باشد و صلاحیت لازم را در انجام چنین اندازه گیری‌هایی داشته باشد. امکان دارد این صلاحیت توسط مراجع دولتی تعیین شده باشد و یا مستلزم گواهی برحسب آموزش‌های تجویز شده باشد.

۵-۲ قبل از آزمون

۵-۲-۱ مواردی که شخص مورد آزمون باید قبل از آزمون بداند:

الف- حداقل ۳ ساعت قبل از انجام آزمون ارتعاش لمسی نباید در معرض ارتعاش ارسال شده از طریق دست قرار گیرد، نباید در فعالیت‌هایی که با حرکت تکراری دست یا بازو سر و کار دارد شرکت کند، و نباید مشروبات الکلی مصرف کند.

ب- حداقل 1 h قبل از انجام آزمون ارتعاش لمسی نباید از عوامل موثر بر عروق و عصب‌ها (مانند مصرف سیگار، مشروبات حاوی کافئین) استفاده کند و نباید در تمرینات ورزشی شدید شرکت کند.

پ- حداقل 2 h قبل از آزمون انجام آزمون ارتعاش لمسی نباید در آزمون الکتروفیزیولوژیکی رسانش عصبی در اندام‌های انتهایی فوقانی (دست‌ها و بازوها) شرکت کند.

ت- حداقل ۳۰ min قبل از انجام آزمون ارتعاش لمسی نباید در آزمون عملی حسی یا عروقی کارکرد دست شرکت کند.

1- Hazards

ج- حداقل min ۵ قبل از آزمون در اتاقی که دمای آن $^{\circ}C$ ۲۰ الی $^{\circ}C$ ۳۰ می‌باشد بر روی صندلی بـه حالـت ساکن بنشیند و یا تا زمانی که دمای پوست سر انگشت در محل اندازه‌گیری بالقوه $^{\circ}C$ ۲۷ الـی $^{\circ}C$ ۳۵ شـود منتظر بماند.

چ- به منظور بررسی وجود یا عدم وجود جراحات، اثرات زخم، پینه و عیوب پوستی دیگری که مـی‌تـوان بـر نتایج آزمون تاثیرگذار باشد، تحت معاینه قرار گیرد.

استفاده از داروهای تجویز شده، در زیر بند ۵-۲-۱ (ب) شامل نشده است اما بهتر اسـت در گـزارش آزمـون ثبت شود. اگر هر یک از شرایط زیر بندهای ۵-۲-۱ (الف) الی (ج) برآورده نشود، انـدازه‌گیـری آسـتانه‌هـای ارتعاش لمسی باید به تعویق افتد. برای افزایش دمای پوست نباید گرم کردن اجباری دست، به عنـوان مثـال فرو بردن آن در آب داغ یا استفاده از وسایل گرم کننده، انجام گیرد.

یادآوری- حذف اثرات فیزیولوژیکی مرتبط با فعالیت‌های ارائه شده در الف زیر بند ۵-۲-۱ مستلزم یک دوره ترمیم یا بهبـودی حداقل h ۱۲ قبل از انجام آزمون ارتعاش لمسی است.

اگر شرایط مورد چ زیربند ۵-۲-۱ برآورده نشود، آزمون گر باید نوک انگشت‌ها یا محل‌هـای دیگـر پوسـت را انتخاب کند. اگر هیچ محل اندازه‌گیری قابل قبولی یافت نشود، انجام آزمون مشروط بر این که شرایط پوست معیوب در گزارش آزمون ثبت شود، مجاز می‌باشد.

۵-۲-۲ شخص مورد آزمون باید تحت آموزش‌های زیر قرار گیرد:

الف- ساعت مچی، حلقه یا جواهرات دیگر و هر لباسی که موجب ناراحتی یا مانع انـدازه‌گیـری آسـتانه‌هـای ارتعاش لمسی به هنگام تکیه دست و بازو به دسته صندلی می‌شود، از بدن خارج شود.

ب- به راحتی در حالی که دست و بازو را به دسته صندلی تکیه داده، بر روی صندلی بنشیند.

پ- در طول آزمون درک ارتعاش لمسی ساکن و بی‌حرکت باقی بماند.

۵-۳ آموزش شخص مورد آزمون درباره روش آزمون

همان توضیحات درباره روش آزمون باید توسط آزمون‌گر به هر شخص مـورد آزمـون داده شـود. توضـیحات توجیهی باید شامل موارد زیر باشد:

الف- توضیحات کل آزمون از جمله انگشتانی که باید مورد آزمون قرار گیرند،

ب- توصیف احساساتی که احتمالا درک می‌شوند (به عنوان مثال ارتعاش، وزوز ، حـس سـوزش[1]، لـرزش[2]، فشار)،

پ- بیان اینکه محرک‌ها ممکن است بسیار ضعیف باشند و امکان درک آنها همیشه وجود نداشته باشد،

1- Tingle
2- Flutter

ت- توصیف پاسخ انجام شده به هنگام درک محرک (به عنوان مثال فشردن یک سوئیچ دستی)،

ث- توصیف پاسخ انجام شده هنگامی که دیگر محرک درک نمی‌شود (به عنوان مثال آزاد کردن یک سوئیچ دستی)، و

ج- هر آموزش اضافی که توسط مراجع دولتی ملزم گردیده است.

پس از توضیحات توجیهی، آزمون‌گر باید از شخص مورد آزمون درباره درک یا عدم درک روش آزمون سوال کند. اگر آزمون گر درباره درک روش آزمون توسط شخص مورد آزمون شک دارد باید توضیحات توجیهی را تکرار کند.

۶ انجام آزمون درک لامسه

۶-۱ آشنایی

شخص مورد آزمون باید قبل از شروع اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی با محرک‌ها و پاسخ‌های احتمالی آشنا شود. توصیه می‌شود که شخص مورد آزمون، همه احساسات ارائه شده در طول اندازه‌گیری را تجربه کرده و پاسخ‌های مربوطه را انجام دهد.

باید یک یا چند اجرای تمرینی از روش اندازه‌گیری آستانه‌های ارتعاش لمسی انجام گیرد تا آزمون گر متقاعد شود که شخص مورد آزمون می‌توان این کار را انجام دهد.

۶-۲ اندازه‌گیری آستانه‌های افزایشی و کاهشی

۶-۲-۱ آزمون‌گر باید نخست تایید کند که:

الف- شخص مورد آزمون به راحتی نشسته است

ب- محل مناسب اندازه‌گیری انتخاب شده و هر گونه نقص پوستی در محل گزارش شده است

۶-۲-۲ روش تثبیت تماس پوست- وسیله تحریک کننده باید شامل مراحل زیر باشد:

الف- دست و بازو باید طوری بر روی دسته قرار گیرد که آرامش شخص مورد آزمون در طول اندازه‌گیری‌ها حفظ شود و به انگشتی که آستانه‌های افزایشی و کاهشی از روی آن تعیین می‌شود اجازه تماس با محرک داده شود. محدودیت‌های دست و بازو باید در این زمان تعدیل شود.

ب- نوک انگشت، پراب محرک و محاط (در صورت وجود) باید با یکدیگر تماس یابند.

پ- شرایط تماس تجویز شده برای روش‌های الف و ب باید برقرار شوند.

۶-۲-۳ روش صحه گذاری اندازه‌گیری‌ها باید شامل مراحل زیر باشد:

الف- شخص مورد آزمون باید تایید کند که می‌تواند محرک را احساس کند و آزمون‌گر باید تایید کند که پاسخ شخص مورد آزمون به محرک توسط دستگاه شناسایی شده است.

ب- ارتعاش زمینه درنوک انگشت باید زمانی اندازه‌گیری شود که شخص مورد آزمون در وضعیت شروع اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای باشد و پراب محرک و محاط (در صورت استفاده) در تماس با پوست و بدون هیچ تحریکی باشد.

۶-۲-۴ اندازه‌گیری آستانه‌ای باید شامل مراحل زیر باشد:

الف- آزمون‌گر باید تایید کند که شخص مورد آزمون برای انجام اندازه‌گیری‌ها آماده است

ب- تحریک باید بر حسب الگوریتم آغاز شود

پ- توالی حداقل چهار آستانه افزایشی و چهار آستانه کاهشی باید تعیین شود

- در بسامد توصیه شده،

- در بسامد معادل توصیه شده، در صورتی که بسامد در طول اندازه‌گیری تغییر یابد.

آستانه‌های به دست آمده عبارتند از: نخستین مقدار آستانه افزایشی، نخستین مقدار آستانه کاهشی، دومین مقدار آستانه افزایشی، دومین مقدار آستانه کاهشی و غیره یعنی: $t_a(۱), t_d(۱), t_a(۲), t_d(۲),...$

ت- مراحل مورد ب تا پ در زیر بند ۶-۲-۴ باید تکرار شوند،

- برای هر بسامد منتخب برای اندازه‌گیری،

- برای هر بسامد هم از منتخب برای اندازه‌گیری، در صورتی که بسامدی در طول اندازه‌گیری تغییر یابد.

۶-۳ تغییر پذیری مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی

مقبولیت مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی برای محاسبه VPT با توجه به ثبات پاسخ‌های شخص مورد آزمون تعیین می‌شود. مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی در صورتی قابل قبول خواهد بود که شرایط زیر برآورده شود:

الف- مقادیر آستانه‌ای افزایشی تا کمتر از ۱۰٫۰ dB (یا نسبت ۳٫۱۵) اختلاف داشته باشند.

ب- مقادیر آستانه‌ای کاهشی تا کمتر از ۱۰٫۰ dB (یا نسبت ۳٫۱۵) اختلاف داشته باشند.

پ- میانگین هر جفت آستانه‌ای افزایشی و کاهشی تا کمتر از ۶٫۰ dB (یا نسبت ۲) اختلاف داشته باشند یعنی برای مقادیر آستانه‌ای با سطوح بیان شده در واحد dB ($۱۰^{-۶} m/s^۲$)، داریم:

$$\left|\frac{t_a(r)+t_d(r)}{۲}-\frac{t_a(r+i)+t_d(r+i)}{۲}\right|<۶/۰\,dB \qquad (۱)$$

که در آن n،...،۳،۲=r، برای هر مقدار r ...،۱،۲=i

$t_a(r)$ و $t_d(r)$ در واحد dB بیان می‌شوند ($ref.۱۰^{-۶}m/s^۲$).

اگر شرایط الف تا پ ۶-۳ برآورده نشود در این صورت اندازه گیری آستانه‌های افزایشی و کاهشی باید به صورتی که در ۶-۱ و مورد زیر بند پ-۶-۲-۲ الیمورد زیر بند پ-۶-۲-۴ مشخص شده تکرار شود.

یادآوری۱- آزمون‌های مقبولیت مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی براساس ارزیابی‌های شخصی شدت محرک مجاور آستانه می‌باشد و بر حسب الگوریتم اندازه‌گیری فیزیکی محرک بیان می‌شود.

یادآوری۲- نخستین مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی از محاسبات VPT مستثنی شده‌اند (۶-۴).

یادآوری۳- محاسبه انحراف از معیار مقادیر آستانه‌ای افزایشی و انحراف از معیار مقادیر آستانه‌ای کاهشی می‌تواند در شناسایی پاسخ‌های ناسازگار و متناقض شخص مورد آزمون، کمک کند.

۶-۴ محاسبه آستانه درک ارتعاش لمسی

VPT باید برای ۵۰٪ پاسخ‌های مثبت در تابع روان سنجی برآورد شود

- در هر بسامد، یا

- در بسامد معادل، در صورتی که بسامد در طول اندازه‌گیری تغییر یابد.

بهتر است VPT برحسب میانگین حسابی مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی که در واحد دسی بل بیان می‌شوند، محاسبه شود ($ref.۱۰^{-۶}m/s^۲$)

نخستین مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی اندازه گیری شده:

- در هر بسامد،

- در بسامد معادل، در صورتی که بسامد در طول اندازه‌گیری تغییر یابد،

باید از محاسبه VPT مستثنی گردند.

در محاسبه VPT، حداقل باید از سه مقدار آستانه‌ای افزایشی و سه مقدار آستانه‌ای کاهشی استفاده شود. به عنوان مثال برای مقادیر آستانه‌ای بیان شده در دسی بل ($ref.۱۰^{-۶}m/s^۲$)، داریم:

$$VPT = \frac{۱}{n-۱}\sum_{r=۲}^{n}\frac{t_a(r)+t_d(r)}{۲} \qquad (۲)$$

که در آن $n \geq ۴$ می‌باشد.

$t_a(r)$ و $t_d(r)$ در واحد دسی بل بیان می‌شوند ($ref.۱۰^{-۶}m/s^۲$).

یادآوری- VPT محاسبه شده از میانگین حسابی مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی بیان شده در واحد دسی بل (m/s^2 10^{-6}.f)، همانند معادله ۲، با VPT محاسبه شده از میانگین هندسی مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی بیان شده در واحد متر بر مجذور ثانیه، یکسان می‌باشد. VPT از میانگین حسابی مقادیر آستانه‌ای افزایشی و کاهشی بیان شده در واحد متر بر مجذور ثانیه کمتر است.

VPTها باید به صورت تراز شتاب r.m.s بیان شده در واحد دسی بل (m/s^2 10^{-6}) یا به صورت شتاب‌های r.m.s در واحد متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) گزارش شوند. VPT بیان شده در واحد دسی بل (m/s^2 10^{-6}) مرتبط با VPT بیان شده در واحد متر بر مجذور ثانیه، با رابطه زیر می‌باشد:

$$VPT\ [dB] = ۲۰ \lg \frac{VPT\ [m/s^۲]}{۱۰^{-۶}\ m/s^۲} dB \qquad (۳)$$

۶-۵ اندازه‌گیری ارتعاش زمینه

اندازه‌گیری ارتعاش زمینه باید در حالی انجام گیرد که شخص مورد آزمون در وضعیت آغاز اندازه گیری های آستانه‌ای باشد، و پراب محرک در تماس با پوست و بدون هیچ گونه تحریکی باشد. اندازه‌گیری‌ها باید با حسگر انجام گیرد و باید از وسایل شرطی سازی برای اندازه‌گیری حرکت پوست استفاده شود.

ارتعاش زمینه باید به صورت زیر اندازه‌گیری شود:

- در هر بسامد منتخب برای اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی، یا

- در صورتی که بسامد در طول اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی تغییر یابد، برای هر باند بسامد منتخب که نشانگر یک بسامد معادل می‌باشد، برای اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی.

ارتعاش زمینه باید با پهنای باند کافی اندازه‌گیری شود تا همه بسامدهای تحریک توصیه شده و فهرست شده در جدول ۳ را برای نوع گیرنده مکانیکی منتخب برای اندازه گیری درک ارتعاش لمسی شامل شود (به عنوان مثال وقتی که بسامد منتخب برای اندازه‌گیری برابر ۱۲۵ Hz می‌باشد، پهنای باند حداقل از ۱۰۰ Hz الی ۱۶۰ Hz باشد).

ارتعاش زمینه باید به صورت سطح شتاب r.m.s بیان شده در واحد دسیبل (m/s^2 10^{-6}.ref)، یا به صورت شتاب r.m.s در واحد متر بر مجذور ثانیه گزارش شود.

- در هر بسامد برای اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی، یا

- در صورتی که بسامد در طول اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی تغییر یابد، برای هر باند بسامد منتخب که نشانگر یک بسامد معادل می‌باشد، برای اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی.

ارتعاش زمینه باید کمتر از VPT در بسامدی باشد (یا در باند بسامدهایی که یک بسامد معادل را تعریف می‌کنند) که VPT در آن محاسبه خواهد شد. اگر ارتعاش زمینه بیشتر از ۰٫۶۳ برابر VPT در زمانی باشد که هر دو به عنوان شتاب‌های r.m.s گزارش می‌شوند و یا کمتر از ۴٫۰ dB کمتر از VPT در زمانی باشد که هر دو به عنوان تراز شتاب r.m.s گزارش می‌شوند (به عنوان مثال ۳٫۹ dB کمتر از VPT و غیره)، در این

صورت اندازه‌گیری آستانه‌های افزایشی و کاهشی باید پس از کاهش ارتعاش زمینه، به صورتی که در زیر بند۶-۲ مشخص گردیده، تکرار شود.

ناتوانی در برآورد کردن این شرط به یک VPT پوشیده (یعنی نادرست) منجر خواهد شد.

۶-۶ اندازه‌گیری دمای پوست

دمای سطح پوست باید برای هر ناحیه‌ای که شامل یک محل آزمون ارتعاش لمسی است با دقت حداقل $\pm$ ۱٫۰ °c اندازه‌گیری شود. دمای پوست باید قبل از آغاز اندازه‌گیری‌های ارتعاش لمسی و در ۵ دقیقه آغاز فرآیند آشنا سازی شخص مورد آزمون با روش آزمون ارتعاش لمسی تعیین شود (به ۶-۱ مراجعه شود).

در صورتی که انتظار می‌رود که VPT ها در خارج از محدوده مقادیر مورد انتظار باشند (به استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۰۴۶۳ مراجعه شود)، بهتر است دمای پوست پس از انجام اندازه‌گیری‌هایی ارتعاش لمسی نیز تعیین شود. در چنین شرایطی اگر دمای پوست مابین ۲۷ °C الی ۳۵ °C نباشد در این صورت بهتر است اندازه‌گیری آستانه‌های افزایشی و کاهشی، وقتی که دمای پوست در محدوده قابل قبول است بر طبق مواردی که در زیر بند ۶-۲ مشخص گردیده، تکرار شود.

۷ گزارش نتایج

مقادیر VPT ها باید به صورت زیر گزارش شود:

- در هر بسامد،

- در بسامد معادل، در صورتی که بسامد در طول اندازه‌گیری تغییر یابد.

همراه با اطلاعات زیر:

الف- سن و جنسیت شخص مورد آزمون؛

ب- دست و نوک انگشتی که VPT در آن اندازه‌گیری می‌شود؛

پ- دمای پوست در نوک انگشتی که در آن VPT اندازه‌گیری می‌شود؛

ت- در صورت امکان، هر گونه شرایط معیوب پوست در محل اندازه‌گیری؛

ث- روش اندازه‌گیری (الف یا ب)؛

ج- بسامد تحریک یا بسامد معادل؛

چ- در صورتی که تحریک به طورمتناوب منظم باشد دوره‌های روشن و خاموش ثبت شود.اگر تحریک متغییر باشد میزان دوره‌ها[1] ثبت شود.

ح- قطر نوک پراب محرک،

خ- نیروی تماس پراب و یا فرو رفتگی پوست،

د-در صورت استفاده از محاط، اندازه‌گیری قطر سوراخ محاط و نیرویی که با آن، نوک انگشت با محاط تماس برقرار می کند.

ذ- الگوریتم روان- فیزیکی،

ر- اطلاعات مربوط به کالیبراسیون سیستم اندازه‌گیری،

ز- تایید پیش آزمون عملکرد صحیح سیستم اندازه‌گیری،

س- ارتعاش زمینه در نوک انگشت برای هر بسامد منتخب برای اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی، یا در صورت تغییر بسامد در طول اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی، برای هر باند بسامد منتخب نشانگر یک بسامد اندازه‌گیری در صورت امکان، بهتر است تشخیص طبی و استفاده از دارودهای تجویز شده برای شخص مورد آزمون نیز گزارش شود.

1- Range of periods

پیوست الف

(اطلاعاتی)

آزمون‌های تصدیق عملکرد دستگاه برای اندازه گیری آستانه درک ارتعاش لمسی

الف-۱ مقدمه

این پیوست آزمون‌های تصدیق عملکرد دستگاه برای اندازه گیری آستانه درک ارتعاش لمسی (VPT) را توصیف می‌کند. این اطلاعات برای کمک به کاربر در انجام الزامات ۴-۱۰ ارائه شده است. آزمون‌هایی توصیف شده که می‌توان از آنها در فیلد، در محیط کلینیکی یا در آزمایشگاه استفاده کرد. خود آزمون دستگاه اندازه گیری VPT برای هر روزی که مورد استفاده قرار می‌گیرد توصیف می‌شود.

آزمون‌هایی برای اجزای الکتریکی و مکانیکی سیستم اندازه گیری و برای الگوریتم روان- فیزیکی اعمال شده در روش اندازه گیری، توصیف شده‌اند. الگوریتم و سیستم انداره گیری باید مطابق با این استاندارد باشد. توصیه می‌شود که عملکرد صحیح دستگاه، قبل از آغاز اندازه گیری‌های VPT، زمانی که دستگاه به محل دیگر انتقال یافت، یا در صورت لازم دانستن کاربر، مورد بررسی قرار گیرد. آزمون‌های توصیف شده در این پیوست و کاربرد آنها در جدول (الف-۱) خلاصه شده است. بهتر است نتایج آزمون‌ها همراه با نتایج اندازه گیری‌های VPT گزارش شود.

جدول الف- ۱ خلاصه آزمون‌ها

آزمون	بند یا ماده	آزمون‌های توصیه شده			
		تنظیمات اولیه دستگاه	پس از جابه‌جایی دستگاه	کالیبراسیون دوره‌ای	قبل یا بعد از اندازه‌گیری‌ها
نیروی تماس یا فرور فتگی پوست	**الف-۲**	×	×	×	–
ارتعاش خط مبنا	**الف-۳**	×	–	×	–
سخت افزار	**الف-۴**	–	–	×	–
الگوریتم	**الف-۵**	–	–	×	–
کنترل سیستم	**الف-۶**	×	×	×	×

در کنترل سیستم فقط از خود سیستم اندازه گیری VPT استفاده می‌شود که ترجیحا به صورت خودکار و خود آزمون می‌باشد سیستم فقط عملکرد الکترومکانیکی دستگاه را کنترل می‌کند. آزمون‌های تصدیق عملکرد اجزای سیستم اندازه گیری می‌تواند مستلزم ادوات آزمایشگاهی اضافی باشد.

برای ارزیابی نتایج آزمون‌های توصیف شده در پیوست، لزوم کالیبراسیون سنسور ارتعاشی و وسایل شرطی سازی سیگنال در دستگاه اندازه گیری VPT برای پاسخ بسامدی و حساسیت قابل ردیابی با استانداردهای

ملی، مطابق با این استاندارد وجود دارد. یک سنسور و وسیله شرطی سازی سیگنال که قابلیت ثبت سطوح شتاب از ۶۰ dB الی ۱۵۰ dB (10^{-6} m/s^2)، یا شتاب‌هایی از 10^{-3} m/s^2 الی ۳۱/۶ m/s^2، و بسامدهایی از Hz ۲/۵ الی ۲۰۰ Hz را داشته باشد، برای اندازه‌گیری VPT ها در همه شدت‌ها و بسامدهای تعیین شده در این استاندارد مورد نیاز می‌باشد. دستگاه اندازه گیری VPT که برای عملیات در محدوده بسامدی کمتر از آنچه که در این استاندارد تعیین گردیده، طراحی شده است، مستلزم شدت‌هایی با محدوده کمتر است که حد یا کران تحتانی آن مرتبط با VPT های افراد سالم در آن بسامدهاست (به استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۲ مراجعه شود).

علاوه بر این، بهتر است خروجی حسگر و وسیله شرطی سازی، حاوی سیگنال‌های کاذب با شدتی نظیر سیگنال‌های ناشی از آزمون‌های توصیف شده در این پیوست نباشد. ارتعاش خط مبنای دستگاه، منبع اصلی سیگنال‌های کاذب است و بهتر است به صورتی که در بند ۸-۳ توصیف شده اندازه‌گیری شود و به هنگام ارزیابی نتایج آزمون‌های سخت افزاری یا الگوریتم اندازه گیری، مورد توجه قرار گیرد.

هر گونه ادوات آزمایشگاهی (مانند ولت متر، نوسان نگار، تجزیه کننده طیف) باید مطابق با معیارهای ارائه شده توسط سازنده کالیبره شوند.

الف-۲ بررسی و تایید نیروی تماس و فرو رفتگی پوست

با استفاده از موارد زیر آزمون‌های جداگانه‌ای برای سیستم‌های اندازه گیری توصیف می‌شود:

- چوب موازنه[1]،
- کنترل مستقیم نیروی تماس،
- فرو رفتگی پوست،
- محاط.

بهتر است این آزمون‌ها در طول تنظیمات اولیه دستگاه، در طول کالیبراسیون دوره‌ای، زمانی که دستگاه به طور فیزیکی به مکان دیگری انتقال می‌یابد، و در صورت لازم داشتن کاربر، انجام گیرند.

برای سیستم‌های اندازه گیریی که از یک ترازوی شاهین‌دار برای اعمال نیروی تماس میان نوک پراب محرک و پوست استفاده می‌کنند قابلیت ترازوی شاهین‌دار برای اعمال نیروی مورد نیاز در نوک پراب باید تثبیت شود.

بهتر است قابلیت چوب موازنه برای نوسان آزاد (یعنی بدون اصطکاک اضافی در تکیه‌گاه‌ها)، زمانی که پراب محرک در تماس با پوست نیست ثابت شود. برای این آزمون، می‌توان نخست، شاهین را تنظیم و ترازو کرد (به عنوان مثال برای یک پراب طولی که به طور افقی قرار گرفته است). برای شاهین‌هایی که نیروی تماس

1 - Balance beam

در آنها از پیش تنظیم شده[1]، باید از یک جرم مناسب برای بالانس کردن شاهین استفاده شود. با بارگذاری اولیه و سپس تخلیه آن می‌توان یک آزمون اصطکاک اضافی بر روی شاهین ترازویی که دارای جرم نامتعادل برای اعمال نیروی تماس مطلوب می‌باشد، انجام داد. تحت این شرایط بهتر است شاهین به وضعیت تعادل اولیه خود یعنی زمانی که جرم نامتعادل برداشته شده برشود. ناتوانی شاهین در بازگشت به وضعیت اولیه خود، می‌تواند ناشی از اصطکاک اضافی تکیه گاه باشد. در این صورت با اعمال جرم‌های اضافی برای بازگشت شاهین به وضعیت تعادل اولیه، میزان خطا به هنگام استفاده از نیروی تماس به دست می‌آید. بهتر است این آزمون بدون وجود شخص مورد آزمون[2] انجام گیرد.

به عنوان مثال ، دقت و تکرارپذیری نیروی تماس اعمال شده بر ترازوی شاهین‌دار را می‌توان با تماس نوک پراب با یک ترازوی[3] مناسب به دست آورد و سپس جرم نامتعادل فراهم شده برای اعمال نیروی تماس مطلوب را مکررا اعمال کرد و برداشت. نیروی تماس ۰٫۱۵ N که برای یک پراب به قطر ۴ mm توصیه می‌شود، مطابق با یک جرم نا متعادل ۱۵ گرمی است. دقت ۰٫۰۹ N ± برای این نیروی تماس، در زیربند ۴-۶-۳ ارائه شده است.

برای سیستم‌های اندازه گیری که مستقیما نیروی تماس را کنترل می‌کنند، دقت و تکرارپذیری نیروی تماس باید تثبیت شود. بهتر است آزمون بدون شخص مورد آزمون انجام گیرد.

به عنوان مثال دقت و تکرارپذیری نیروی تماس را می‌توان با اعمال مجموعه‌ای از جرم‌ها به نوک پراب و مشاهده نیرویی که سیستم اندازه گیری آن را نیروی تماس مطلوب در نظر گرفته، بدست آورد. اگر دستگاه نیروی تماسی را بدون نشان دادن به کاربر اعمال کند در این صورت استفاده از یک روش آزمون متفاوت و یا یک سیستم اندازه گیری نیروی کالیبره شده مجاز می‌باشد.

برای سیستم‌های اندازه گیری با پراب‌هایی که مستقیم در پوست فرو رفتگی ایجاد می‌کنند، از قبیل ابزارهای تثبیت موقعیت الکترومکانیکی، دقت و تکرارپذیری سیستم تثبیت موقعیت باید ثابت شود. بهتر است این آزمون با حضور شخص مورد آزمون انجام گیرد به طوری که نوک پراب بتواند در سطح پوست فرو رفتگی ایجاد کند.

به عنوان مثال یک آزمون فرو رفتگی پوست را می‌توان با استفاده از پرابی با علائم جانبی (مانند شیارهای جانبی) که نشانگر فاصله از نوک پراب می‌باشند، انجام داد. زمانی که نوک انگشت شخص مورد آزمون برای انجام اندازه گیری‌های آستانه‌ای در محل مورد نظر قرار گرفته، فرو رفتگی پوست ناشی از کاربرد نیروی تماس یا ناشی از فعال سازی ابزار تثبیت موقعیت را می‌توان با چشم مشاهده کرد.

برای سیستم‌های اندازه گیری دارای محاط (روش ب)، بهتر است مطابقت نیروی محاط با محدوده مجاز در این استاندارد تثبیت شود.

1- Off-balance
2- Subject
3- Scale

به عنوان مثال اگر دستگاه نیروی تماس مناسب محاط را با شخص مورد آزمون نشان دهد، در این صورت دقت نیروی نشان داده شده را می‌توان در غیاب شخص مورد آزمون، با قرار دادن مجموعه‌ای از جرم‌ها بر روی محاط تثبیت کرد. محدوده نیروی تماس محاط تعیین شده در این استاندارد مطابق با جرم‌هایی از g ۷۰ الی g ۲۳۰ می‌باشد. اگر دستگاه نیروی تماس محاط را بدون نشان دادن به کاربر اعمال کند در این صورت استفاده از روش آزمون دیگر و یا یک سیستم اندازه گیری نیروی کالیبره شده مجاز می‌باشد.

الف-۳ ارتعاش خط مبنای دستگاه[1]

ارتعاش خط مبنای دستگاه که توسط دستگاه اندازه گیری VPT ثبت شده و می‌تواند ناشی از ارتعاش کف زمینی در محل اندازه گیری و یا از نوفه الکتریکی تولید شده در ادوات، یا ترکیبی از هر دو باشد، بهتر است در طول تنظیمات اولیه، کالیبراسیون و پس از جابه‌جایی دستگاه، اندازه‌گیری شود. ارتعاش خط مبنا، واقعی و ظاهری، که با دستگاه اندازه گیری در هر بسامد اعمال شده برای آزمون‌های توصیفی در زیر بندهای الف-۴ الی الف-۶ تولید شده، باید حداقل dB ۱۰ کمتر از سطح شتاب مورد نظر باید و یا نباید بیشتر از $\frac{۱}{۳}$ شتاب مورد نظر باشد. ارتعاش خط مبنا باید با پهنای باند کافی اندازه‌گیری شود تا همه بسامدهاس تحریک توصیه شده در جدول ۳ را برای نوع گیرنده مکانیکی منتخب شامل شود (یعنی از Hz ۳٫۵ الی Hz ۵٫۰ برای SAI، از Hz ۲۰ الی Hz ۳۱٫۵ برای FAI، و از Hz ۱۰۰ الی Hz ۱۶۰ برای FAII).

آزمون شدت ارتعاش خط مبنای دستگاه را می‌توان با دستگاه اندازه گیری VPT، وقتی که هیچ ورودی الکتریکی به وسیله محرک اعمال نمی‌شود، هیچ شخص مورد آزمونی وجود ندارد، و نوک پراب در تماس با سطح خارجی نیست، انجام داد. تحت این شرایط، شتاب در سنسور، در حالی که تقویت شده و توسط ادوات الکترونیکی توکار دستگاه اندازه گیری شناسایی می‌شود، ارتعاش خط مبنای دستگاه می‌شود.

یادآوری- ارتعاش خط مبنای دستگاه در هر بسامدی که در آن VPT ها با یک نوع گیرنده مکانیکی مرتبط می‌باشند، آستانه‌ها را در همه بسامدهای مرتبط با آن نوع گیرنده، می‌پوشاند . روش اندازه‌گیری ارائه شده، فقط این شرایط را تقریب می‌زند و مسئول پوشاندن ارتعاش خط مبنا در بسامدهای خارج از محدوده مورد استفاده برای تحریک نیست. یکی از راه‌های اصلاح این روش، در شرایطی که ارتعاش خط مبنای خارج از باند بسامد پایین مورد ظن می‌باشد، عبارت از تعمیم پهنای باند اندازه گیری می‌باشد به طوری که بتواند بسامدهای پایین‌تر را نیز شامل شود (به عنوان مثال از Hz ۲۰ الی Hz ۱۶۰ برای گیرنده‌های مکانیکی FAII).

الف-۴ تصدیق عملکرد سخت افزار اندازه‌گیری

انجام اندازه‌گیری VPT مستلزم یک وسیله محرک برای تولید حرکات مکانیکی مناسب در نوک پراب و یک سنسور برای ثبت مناسب شدت تحریک می‌باشد. آزمون‌های اعتبارسنجی عملکردهای الکترومکانیکی و الکترونیکی این جنبه‌های سنسور، وسیله محرک و مدارهای شرطی سازی سیگنال در این بند توصیف شده‌اند. فرض بر این است که سنسور و وسیله شرطی سازی سیگنال کالیبره شده‌اند (الف-۱) و ارتعاش خط مبنای دستگاه، قابل قبول می‌باشد (الف-۳). بهتر است آزمون‌ها در طول کالیبراسیون دستگاه و در صورت

1- Instrument

لازم دانستن کاربر انجام گیرند. بهتر است پاسخ سنسور به حرکت ایجاد شده با یک سیگنال الکتریکی از پیش تنظیم شده موثر بر وسیله محرک به وسیله یک سیستم اندازه گیری VPT که برای انجام اندازه گیری آستانه‌ای پیکربندی شده، تثبیت شود. برای این اندازه گیری، به شخص مورد آزمون نیازی نیست. بهتر است پراب محرک در تماس با سطح خارجی نباشد و در صورت استفاده از ترازوی شاهین‌دار، بهتر است در وضعیت آزاد و متعادل[1] باشد. آزمون حاوی موارد زیر است:

الف- ایجاد سیگنال‌های آزمون الکتریکی با ویژگی‌هایی مطابق با ویژگی‌های مورد استفاده برای تولید محرک‌های ارتعاش لمسی،

ب- اعمال سیگنال‌های آزمون بر وسیله محرک،

پ- تایید حرکات در نوک پراب که مطابق با محرک‌های ارتعاشی مورد نظر می‌باشند.

ت- تایید اینکه سنسور، شدت‌های محرک‌های ارتعاشی را به طور صحیح ثبت می‌کند.

بهتر است سیگنال‌های آزمون پیوسته و متناوب برای سیستم‌های اندازه گیری تولید شوند که از محرک متناوب، برای تایید دینامیک سنسور ارتعاشی و شرطی سازی الکترونیکی استفاده می‌کنند. استفاده از یک ولت متر r.m.s برای بررسی شدت ارتعاش و یک نوسان نگار برای بررسی شکل موج تحریک مجاز می‌باشد.

تعیین اعوجاج شکل موج تحریک با یک تجزیه کننده طیفی، مجاز است. حدود اعوجاج هارمونیک کل شکل موج تحریک در جدول ۲ ارائه شده است.

به عنوان مثال ، یک آزمون شتاب r.m.s را که توسط محرکه الکتریکی با وسیله محرک[2] در بسامد موثر[3] تولید می‌شود، می‌توان به تنهایی با یک سیستم اندازه گیری VPT، با استفاده از یک سنسور توکار انجام داد. این کار مستلزم این است که سیگنال‌های محرکه با شدت، بسامد و شکل موجی مطابق با محرک‌های بکار رفته برای اندازه گیری‌های VPT باشند. سیگنال‌های مناسب برای تاثیر وسیله محرک می‌توانند سیگنال‌هایی باشند که برای تولید شتاب در نوک پراب‌ای که توسط یک شخص تیز حس (یعنی حساس‌تر از مقادیر الزامی متوسط در استاندارد ISO 13091-2) احساس می‌شود، ضروری هستند، به عنوان مثال dB ۷۲ ($۱۰^{-۶}$ $m/s^۲$)، یا $۴/۰ \times ۱۰^{-۶}$ $m/s^۲$ در $۳/۱۵$ Hz، ۴ Hz و ۵ Hz؛ ۹۰ dB یا ۳۰×۱۰^{-۶} $m/s^۲$ در ۲۰ Hz، ۲۵ Hz و $۳۱/۵$ Hz؛ و ۱۰۰ dB یا $۰/۱$ $m/s^۲$ در ۱۰۰ Hz، ۱۲۵ Hz و ۱۶۰ Hz، هر بسامدی که در آن آستانه‌های ارتعاش لمسی باید به دست آید، مستلزم تولید محرک می‌باشد.

الف-۵ تصدیق عملکرد الگوریتم اندازه گیری

1- Balanced
2- Stimulator
3- Driving

انجام یک اندازه گیری VPT بر قابلیت دستگاه در تولید و حس سیگنال‌های ضروری برای اجـرای الگـوریتم اندازه گیری بستگی دارد. یک آزمون برای بررسی این جنبه وسیله محرک، سنسـور، تجهیـزات الکترونیکـی شرطی ساز سیگنال و شاخص پاسخ شخص مورد آزمون در این بند توصیف شده است و بهتـر اسـت پـس از اینکه شرایط الف-۳ و الف-۴ فراهم گردید، انجام گیرد. بهتر است آزمون در طول کالیبراسیون دسـتگاه و در صورت لازم دانستن کاربر انجام گیرد.

بهتر است پاسخ سنسور به حرکات تولید شده با سیگنال‌های الکتریکی مـوثر بـر وسـیله محـرک مطـابق بـا الگوریتم اندازه گیری، با دستگاهی تعیین شود که برای انجام اندازه گیری VPT پیکربندی شده اسـت. ایـن آزمون شامل موارد زیر است:

الف- ایجاد سیگنال‌های آزمون الکتریکی با ویژگی‌های مطـابق بـا ویژگـی‌هـای مـورد اسـتفاده بـرای تولیـد محرک‌های ارتعاش لمسی،

ب- اعمال سیگنال‌های آزمون به وسیله محرک،

پ- اجازه فاصله زمانی کافی برای تبعیت شدت محرک از الگوریتم مورد نظر،

ت- فعال سازی شاخص پاسخ شخص مورد آزمون برای معکوس کردن پیشروی دامنه سیگنال آزمون،

ث- تایید تغییرات ثبت سنسور در شدت‌های ارتعاشی مورد انتظار در الگوریتم اندازه گیری.

در صورتی که از الگوریتم بالا- پایین استفاده می‌شود باید، شدت برای هر محرک ثبت شود و در صورتی که از الگوریتم ون بیسکی استفاده می‌شود، باید هر ثانیه یا کمتر ثبت شود.

به عنوان مثال یک آزمون الگوریتم اندازه گیری را می‌توان با سیستم اندازه گیری VPT، به تنهایی انجام داد. لازمه این کار این است که دستگاه طوری عمل کند که گویی اندازه گیری VPT با وجود شخص مورد آزمون انجام می‌گیرد. با تغییر محرک و با کنترل آن را پاسخ شخص مورد آزمون، شتاب پراب ثبت می‌شود. برای هر محرک با تحریک متناوب، شتاب یا سطح شتاب باید ثبت شود و برای هر محرک با تحریک پیوسته باید هـر ثانیه یا کمتر ثبت شود تا تایید کند که محرک‌ها از الگوریتم تجویز شده تبعیت می‌کنند.

الف-۶ خود آزمون دستگاه اندازه گیری VPT

آزمون توصیف شده در مثال الف-۴ که سیگنال‌های الکتریکی با شدت و بسامد از پیش تنظیم شده بـه کـار می‌برد، برای خود آزمون عملی دستگاه اندازه گیری VPT مناسب می‌باشد. آزمون برای هر بسـامدی کـه در آن، آستانه‌های ارتعاش لمسی باید به دست آیند، محرک‌هایی اعمال می‌کند. بهتر است محرک‌های پیوسـته برای سیستم‌های اندازه گیریی که تحریک پیوسته اعمال می‌کنند تولید شود و محرک‌های پیوسته و متناوب برای سیستم‌های اندازه گیریی که از تحریک متناوب استفاده می‌کند، تولید شود. بهتر است شتاب r.m.s، یا سطح شتاب که با سنسور و ادوات الکترونیکی برای هر محرک ارتعاش لمسی شناسایی می‌شود. برای ایجـاد نتایج آزمون، ثبت و فهرست بندی شود. توصیه می‌شود که این خود آزمون، در هر روزی که دسـتگاه انـدازه گیری VPT مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام گیرد.

تایید عملکرد الکترومکانیکی دستگاه برای اندازه‌گیری VPT ها با مقایسه نتایج خود آزمونی که بلافاصله قبل و بعد از انجام اندازه گیری‌های آستانه‌ای انجام گرفته با نتایج همان خود آزمون زمانی که دستگاه به طور دقیق و صحیح عمل می‌کند، به دست می‌آید.

ارتعاش خط مبنای دستگاه نیازی به اندازه‌گیری قبل از انجام خود آزمون ندارد مگر اینکه دستگاه اندازه گیری VPT به محل دیگری انتقال یافته باشد. اما اگر خود آزمون، تغییری در عملکرد دستگاه اندازه‌گیری VPT نشان دهد در این صورت بهتر است ارتعاش خط مبنا به صورتی که در الف-۳ توصیف شده، اندازه‌گیری شود.

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۳۰، ویژگی های هندسی فراورده -(GPS) ساختار سطح : روش نیمرخ- اصطلاحات، تعاریف و پارامترهای ساختار سطح

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۰۴۶۳، ارتعاش مکانیکی- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب قسمت ۲:تحلیل و تفسیر اندازه‌ها در نوک‌انگشتان

[3] Ahrend K.D. Validerung der Pall sthesiometrie als Screening-Methode zur Diagnostik der beruflichen Schwingungsbeanspruchung. Literaturstudie, HVBG (Bonn, Germany), 1994, pp. 1-165.

[4] Blake D.T., Hsiao S.S., Johnson K.O. Neural coding mechanisms in tactile pattern recognition: The relative contributions of slowly and rapidly adapting mechanoreceptors to perceived roughness. J. Neuroscience,

17, 1997, pp. 7480-7489.

[5] Bolanowski S.J., Gescheider G.A., Verrillo R.T., Checkosky C.M. Four channels mediate the mechanical aspects of touch. J. Acoust. Soc. Am., 84, 1988, pp. 1680-1694.

[6] Bolanowski S.J., Verrillo R.T. Temperature and criterion effects in a somatosensory subsystem: A neurophysiological and psychophysical study. J. Neurophysiol., 48, 1982, pp. 836-855.

[7] Brammer A.J., Piercy J.E. Measuring vibrotactile perception thresholds at the fingertips of power-tool operators. Proc. U.K. Group Meeting on Human Response to Vibration, Buxton, 1991, pp. 1-7.

[8] Brammer A.J., Piercy J.E. Rationale for measuring vibrotactile perception at the fingertips as proposed for standardization in ISO 13091-1. Arbetslivsrapport No. 2000:4. National Institute for Working Life, Stockholm, 2000, pp. 125-132.

[9] Gescheider G.A., Bolanowski S.J., Verrillo R.T., Arpajian D.J., Ryan T.F. Vibrotactile intensity measured by three methods. J. Acoust. Soc. Am., 87, 1990, pp. 330-338

[10] Gescheider G.A., Migel N. Some temporal parameters in vibrotactile forward masking. J. Acoust. Soc. Am., 98, 1995, pp. 3195-3199.

[11] Gescheider G.A., Wright J.H., Weber B.J., Barton W.G. Absolute thresholds in vibrotactile signal detection. Perception & Psychophysics, 10, 1971, pp. 413-417.

[12] Hamer R.D., Verrillo R.T., Zwislocki J.J. Vibrotactile masking of Pacinian and non-Pacinian channels. J. Acoust. Soc. Am., 73, 1983, pp. 1293-1303.

[13] Harada N., Griffin M.J. Factors influencing vibration sense thresholds used to assess occupational exposures to hand-transmitted vibration. Br.J.Ind.Med., 48, 1991, pp. 185-192.

[14] Johannson R.S., Landstrom U., Lundstrom R. Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to sinusoidal skin displacements. Brain Res., 244, 1982, pp. 17-25.

[15] Johannson R.S., Vallbo إ.B. Tactile sensory coding in the glabrous skin of the hands. Trends in NeuroSciences, 6, 1983, pp. 27-32.

[16] Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. J. Acoust. Soc. Am., 49, 1971, pp. 467-477.

[17] Lindsell C.J. Vibrotactile thresholds: Effect of contact force and skin indentation. Proc.U.K.GroupMeeting on Human Response to Vibration, Southampton, 1997, pp. 1-11.

[18] Lundstrom R. Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to vibration. Scand. J. Work. Environ. Health, 12, 1986, pp. 413-416.

[19] Lundstrom R., Stromberg T., Lundborg G. Vibrotactile perception threshold measurements for diagnosis of sensory neuropathy: Description of a reference population. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 64, 1992, pp. 201-207.

[20] Macos J.C., Gescheider G.A., Bolanowski S.J. Decay in the effect of forward masking. J. Acoust. Soc. Am., 99, 1996, pp. 1124-1129.

[21] Macos J.C., Gescheider G.A., Bolanowski S.J. The effects of static indentation on vibrotactile thresholds.J. Acoust. Soc. Am, 99, 1996, pp. 3149-3153.

[22] Maeda S., Griffin M.J. A comparison of vibrotactile thresholds on the finger obtained with different measuring algorithms. In: Gemne G., Brammer A.J., Hagberg M., Lundstrom R., Nilsson T., eds. Stockholm Workshop 94, Hand-Arm Vibration Syndrome: Diagnostics and Quantitative Relationships to Exposure, Arbete och Hنlsa, 5, 1995, pp. 85-95.

[23] Maeda S., Griffin M.J. A comparison of vibrotactile thresholds on the finger obtained with different equipment. Ergonomics, 37, 1994, pp. 1391-1406.

[24] Nishiyama K., Watanabe S. Temporary threshold shift of vibratory sensation after clasping a vibrating handle. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 49, 1981, pp. 21-33.

[25] Piercy J.E., Brammer A.J. Equivalent skin-stimulator contact forces for vibrotactile measurements with, and without, a surround. Arbetslivsrapport No. 2000:4. National Institute for Working Life, Stockholm, 2000, pp. 151-154.

[26] Piercy J.E., Brammer A.J., Taylor W. Physiological noise and its influence on vibrotactile perception thresholds. Scand. J. Work. Environ. Health, 12, 1986, pp. 417-419.

[27] Verrillo R.T. Psychophysics of vibrotaction. J. Acoust. Soc. Am., 77, 1985, pp. 225-232.

[28] Verrillo R.T. Temporal summation in vibrotactile sensitivity. J. Acoust. Soc. Am., 37, 1965, pp. 843-846.

[29] Verrillo R.T., Bolanowski S.J. The effects of skin temperature on the psychophysical responses to vibration on glabrous and hairy skin. J. Acoust. Soc. Am., 80, 1986, pp. 528-532.