جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
مؤسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ملی ایران
۱۰۵۳۳-۱
چاپ اول

ISIRI
10533-1
1 st. Edition

آکوستیک – تعیین انتشار خارجی صدا ازطریق منابع صدای نزدیک به گوش – قسمت ۱: تکنیک استفاده از میکروفون در گوش واقعی (تکنیک MIRE)

Acoustics- Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear – Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique)

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج ـ شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵
دفتر مرکزی : تهران ـ ضلع جنوبی میدان ونک، صندوق پستی ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹
تلفن مؤسسه در کرج : ۸-۲۸۰۶۰۳۱-۰۲۶۱
تلفن مؤسسه در تهران : ۵-۸۸۷۹۴۶۱-۰۲۱
دورنگار : کرج ۲۸۰۸۱۱۴-۰۲۶۱ ـ تهران ۸۸۸۷۱۰۳ - ۸۸۸۷۰۸۰ – ۰۲۱
بخش فروش ـ تلفن : ۲۸۰۷۰۴۵-۰۲۶۱ دورنگار: ۲۸۰۷۰۴۵-۰۲۶۱
پیام نگار : *Standard @ isiri.or.ir*
بهاء : ۲۸۷۵ ریال

Headquarters: **Institute Of Standards And Industrial Research Of Iran**
P.O.Box: **31585-163 Karaj-IRAN**

Tel: **0098 261 2806031-8**
Fax: **0098 261 2808114**
Central Office: **Southern corner of Vanak square, Tehran**
P.O.Box: **14155-6139 Tehran-IRAN**
Tel: **009821 8879461-5**
Fax: **0098 21 8887080, 8887103**
Email: **Standard @ isiri.or.ir**
Price: **2875 RLS**

«بسمه تعالی»

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون فنی مرکب از کارشناسان موسسه*، صاحب نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولید کنندگان، مصرف کنندگان، صادر کنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان-های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که موسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیر با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که موسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد *(ISO)*[1]، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک *(IEC)*[2] و سازمان بین‌المللی 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 مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، 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 بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، موسسه استاندارد این گونه سازمان-ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می-کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این موسسه است.

---

* موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

[1] - *International Organization for Standardization*

[2] - *International Electrotechnical Commission*

[3] - *International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrologie Legal)*

[4] - *Contact Point*

[5] - *Codex Alimentarius Commission*

کمیسیون فنی تدوین استاندارد "آکوستیک - تعیین انتشار خارجی صدا ازطریق منابع صدای نزدیک به گوش – قسمت ۱: تکنیک استفاده از میکروفون در گوش واقعی (تکنیک *MIRE*)"

رئیس	نمایندگی
رضوی، سید مظفر (لیسانس مهندسی برق)	سازمان صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران
دبیـــــر	
سیفی، شهلا (فوق لیسانس مهندسی صنایع)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
اعضا	
بصیرنیا، حلیه (لیسانس مهندسی پزشکی)	**مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران**
پیراسته، معصومه (فوق لیسانس فیزیک)	سازمان صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران
جوادی اقدم، فرهاد (لیسانس مهندسی کامپیوتر)	شرکت فناوری فرادی
حاذق جعفری، کورش (دکترای دامپزشکی)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
رئیسیان، آزاده (لیسانس فیزیک)	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
شایافر، محمد (لیسانس مهندسی الکترونیک)	مؤسسه فنی آرمان
صدقی، مهدی (لیسانس مهندسی مخابرات)	سازمان صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران
صیادی، سعید (فوق لیسانس مهندسی الکترونیک)	**شرکت بهسازطب**

ضیایی، لیا (فوق لیسانس مهندسی پزشکی)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
فرجی، رحیم (لیسانس شیمی کاربردی)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
منتجبی، فاطمه (لیسانس مهندسی پزشکی)	شرکت فرادید آزما
هدایتی، محمد جعفر (لیسانس فیزیک)	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

فهرست مندرجات صفحه

پیش‌گفتار ح
مقدمه خ
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ اصل اندازه‌گیری ۳
۵ وسایل اندازه‌گیری ۴
۶ آزمون‌شوندگان ۵
۷ استفاده از میکروفون کانالی ۵
۸ تعیین تراز فشار صدای پیوسته معادل وزن‌یافته در مقیاس A مرتبط با میدان آزاد یا میدان پخشا ۸
۹ پاسخ‌های بسامدی میدان آزاد و میدان پخشا برای موقعیت‌های اندازه‌گیری کانال گوش برگزیده ۹
۱۰ تعیین پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا ۱۰
۱۱ گزارش آزمون ۱۳
پیوست الف – اطلاعاتی – مثالی از عدم قطعیت در اندازه‌گیری ۱۴
پیوست ب – اطلاعاتی – مثالی از تحلیل عدم قطعیت ۲۱
کتاب‌نامه ۲۳

پیش‌گفتار

استاندارد "آکوستیک – تعیین انتشار خارجی صدا ازطریق منابع صدای نزدیک به گوش– قسمت ۱: تکنیک استفاده از میکروفون در گوش واقعی (تکنیک MIRE)" که توسط کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و دریک‌صد و شصت و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۸۶/۱۲/۱۹ مورد تصویب قرار گرفته‌است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱ به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهدشد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهدگرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آن‌ها استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به‌کار رفته‌است به‌شرح زیر است:

ISO 11904-1: 2002, Acoustics- Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear – Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique)

مقدمه

در این مجموعه استاندارد، روش‌های تعیین انتشار خارجی صدا ازطریق منابع نزدیک به گوش، مشخص شده‌است که در این وضعیت‌ها تراز فشار صدای اندازه‌گیری‌شده در موقعیت فرد مواجه‌شده (ولی بدون حضور فرد)، مواجهه با صدا را به‌طور مناسبی نشان نمی‌دهد.

برای ایجاد امکان ارزیابی مواجهه ازطریق معیارهای تعیین‌شده، مواجهه گوش، اندازه‌گیری و سپس تبدیل به تراز میدان پخشا یا میدان آزاد متناظر می‌گردد. درصورت استفاده از استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳، نتیجه به‌صورت تراز فشار صدای وزن‌یافته در مقیاس A پیوسته معادل مرتبط با میدان پخشا یا میدان آزاد، $L_{DF,HAeq}$ یا $L_{FF,HAeq}$، و درصورت استفاده از استاندارد ملی ایران ۲-۱۰۵۳۳، نتیجه به‌صورت $L_{FF,MAeq}$ یا $L_{DF,MAeq}$ تعیین می‌شود.

در استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳، اندازه‌گیری‌های انجام‌شده با استفاده از میکروفون‌های مینیاتوری یا پروبی واردشده در گوش افراد آزمون‌شونده (میکروفون در گوش حقیقی، تکنیک *MIRE*) توصیف شده‌اند. در استاندارد ملی ایران ۲-۱۰۵۳۳، اندازه‌گیری‌های انجام‌شده با استفاده از مانکن مجهزبه شبیه‌ساز گوش شامل میکروفون (تکنیک مانکن) توصیف شده‌است.

برای مثال، استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳۳ را می‌توان برای آزمون تجهیزات و تعیین مواجهه با نوفه در محل کار به‌کار برد، که درحالت مواجهه ازطریق منابع نزدیک به گوش، تراز فشار صدای اندازه‌گیری‌شده در موقعیت فرد مواجه (ولی بدون حضور وی)، مواجهه با صدا را به‌طور مناسبی نشان نمی‌دهد. مثال‌هایی از کاربرد این روش‌ها هدفون‌ها و گوشی‌های مورد استفاده برای بازتولید موسیقی یا سخن‌رانی، خواه در محل کار یا درطول استراحت، ضربات چکش نزدیک به سر، و مواجهه ترکیبی ازطریق منبع صدای نزدیک به گوش و میدان صدای خارجی است.

هرگاه قرار باشد انواع ویژه‌ای از تجهیزات مورد آزمون قرار گیرد (برای مثال ضبط صوت‌های قابل حمل یا محافظ‌های شنوایی دارای گیرنده رادیویی)، سیگنال‌های آزمون مناسب برای این نوع ویژه تجهیزات باید مورد استفاده قرار گیرند. این مجموعه استاندارد، چنین سیگنال‌های آزمون یا شرایط کاری تجهیزات را دربر نمی‌گیرد بلکه این موارد ممکن است در استانداردهای دیگری مشخص شوند.

درصورت اندازه‌گیری وضعیت‌های محل کار، منابع نوفه گوناگون تأثیرگذار بر انتشار خارجی بایستی شناسایی شوند. شرایط کاری ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده ممکن است در استانداردهای دیگری مشخص شده‌باشند.

هردو قسمت این مجموعه استاندارد، نتیجه یکسانی را درنظر دارند: مقدار میانگین برای جمعیت تراز مربوط به میدان آزاد یا میدان پخشا. استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳ این کار را با مشخص‌کردن میانگین اندازه‌گیری‌ها در آزمون‌شوندگان متعدد انجام می‌دهد؛ استاندارد ملی ایران

۲-۱۰۵۳۳ این کار را با استفاده از یک مانکن انجام می‌دهد که هدف آن بازتولید اثرات آکوستیکی یک فرد بزرگ‌سال متوسط است. اما این دو روش منجربه عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری گوناگونی می‌شوند که ممکن است بر گزینش روش تأثیر بگذارند. تنها روش توصیف‌شده در استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳، نتایجی را به‌دست می‌دهند که بیانگر واریانس جمعیت افراد است. در پیوست‌های الف و ب، اطلاعات مربوط به عدم قطعیت تعیین شده‌است.

هنگام استفاده از تکنیک *MIRE* برای اندازه‌گیری صدا ازطریق گوشی‌های اینسرت و طبی، ممکن است مسایل عملی در ارتباط با تعیین موقعیت میکروفون‌ها در کانال گوش رخ دهد. هنگام استفاده از تکنیک مانکن، هدفون یا گوشی باید تا حد امکان و به شیوه‌ای که به گوش انسان متصل می‌شود، به شبیه‌ساز لاله گوش و ادامه کانال گوش متصل شود. در مواردی که هدفون‌ها یا گوشی‌ها یا اشیای دیگر، با لاله گوش در تماس باشند امکان تغییر سختی یا شکل لاله گوش مصنوعی نسبت به لاله‌های گوش انسان، اثر قابل ملاحظه‌ای بر نتیجه خواهدداشت و حتی نتایج را نامعتبر خواهدکرد.

در جدول ۰-۱ اختلاف استانداردهای مجموعه استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳۳ مرور شده‌است.

جدول ۰-۱- مرور اختلاف‌های فنون *MIRE* و مانکن

پارامتر	استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳	استاندارد ملی ایران ۲-۱۰۵۳۳
نوع روش	میکروفون در تکنیک گوش حقیقی	تکنیک مانکن
محدودیت روش	با گوشی‌های از نوع اینسرت و طبی، ممکن است مشکلات عملی در تعیین موقعیت میکروفون‌های کانال گوش رخ دهد	درصورتی‌که سختی یا شکل لاله گوش مصنوعی نسبت به لاله گوش انسان تغییر کند همیشه نمی‌توان به تزویج مناسبی دست یافت در برخی از موارد، از مانکن نمی‌توان به‌جای فرد مواجه استفاده کرد، برای مثال اگر راه‌اندازی تجهیزات باید توسط فرد صورت پذیرد.
مقوله‌های اصلی اثرگذار بر درستی	-تعداد آزمون‌شوندگان هرگاه برای $\Delta L_{FF,H}$ یا $\Delta L_{DF,H}$ از مقادیر جدول‌بندی‌شده استفاده شود: - کالیبراسیون میکروفون کانال گوش - درستی تعیین موقعیت میکروفون‌ها در کانال گوش، هرگاه برای $\Delta L_{FF,H}$ یا $\Delta L_{DF,H}$ از مقادیر جداگانه‌ای استفاده شود: - کیفیت میدان صدای مرجع - پایداری حساسیت و پاسخ بسامدی ونیز موقعیت میکروفون کانال گوش	- شباهت مانکن به آزمون‌شوندگان - کالیبراسیون مانکن
گستره بسامدی	۲۰ هرتز تا ۱۶ کیلوهرتز	۲۰ هرتز تا ۱۰ کیلوهرتز

آکوستیک - تعیین انتشار خارجی صدا
ازطریق منابع صدای نزدیک به گوش –
قسمت ۱: تکنیک استفاده از میکروفون در گوش واقعی (تکنیک MIRE)

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص‌کردن چهارچوب روش‌های اندازه‌گیری پایه برای انتشار خارجی صدا از منابع صدای نزدیک گوش است. این اندازه‌گیری‌ها ازطریق میکروفون‌های مینیاتوری یا پروبی واردشده در کانال‌های گوش آزمون‌شوندگان انجام می‌شوند. مقادیر اندازه‌گیری‌شده به‌طور پیاپی به ترازهای میدان آزاد یا میدان پخشای متناظر تبدیل می‌شوند. نتایج به‌صورت ترازهای فشار صدای پیوسته معادل وزن‌یافته در مقیاس A مرتبط با میدان آزاد یا میدان پخشا تعیین می‌شوند. این تکنیک به‌عنوان تکنیک "میکروفون در گوش واقعی" نامیده می‌شود (تکنیک MIRE).

این استاندارد درباره مواجهه با منابع نزدیک به گوش، برای مثال درطول آزمون‌های تجهیزات یا در محل کاری ازطریق گوشی‌ها یا محافظ‌های شنوایی با تسهیلات ارتباط شنیداری کاربرد دارد.

این استاندارد در گستره بسامدی ۲۰ تا ۱۶۰۰۰ هرتز کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

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

درصورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده‌باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. درمورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده‌است، 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 ۲-۱۰۵۳۴: ۱۳۸۶، آکوستیک – روش‌های آزمون شنوایی‌سنجی- قسمت دوم: شنوایی‌سنجی میدان صدا با سیگنال‌های آزمون باند باریک و نغمه ناب

۲-۲- استاندارد ملی ایران ۷-۱۳۱۴: تجهیزات سیستم صوتی – قسمت ۷: هدفون‌ها و گوشی‌ها

2-3- IEC 60065, Audio, video and similar electronic apparatus — Safety requirements

2-4- IEC 60601-1, Medical electrical equipment — Part 1: General requirements for safety

2-5- IEC 60942, Electroacoustics — Sound calibrators

2-6- IEC 61094-1, Measurement microphones — Part 1: Specifications for laboratory standard microphones

2-7- IEC 61260, Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters
2-8- IEC 61672-1, Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications
2-9- GUM:1993, Guide to the expression of uncertainty in measurement. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OILM

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳ -۱ موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش

موقعیتی در کانال گوش که در آن فشار صدا اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۲ تراز فشار صدای کانال گوش، L_{ear}

تراز فشار صدای پیوسته معادل اندازه‌گیری‌شده در موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش.

یادآوری – درصورتی‌که اندازه‌گیری در مواجهه با صدای مورد آزمون انجام شوداین تراز، $L_{ear,exp}$ نامیده می‌شود. هرگاه برای تعیین پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا، طبق بند ۱۰، اندازه‌گیری، به‌طور اختیاری در مواجهه با میدان صدای مرجع انجام شود به‌ترتیب $L_{ear,FF}$ یا $L_{ear,DF}$ نامیده می‌شود. هرگاه اندازه‌گیری در باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی با بسامد باند میانی نامی f انجام شود $L_{ear,exp,f}$، $L_{ear,FF,f}$، $L_{ear,DF,f}$ نامیده می‌شود.

۳ -۳ پاسخ بسامدی انسان به میدان آزاد، $\Delta L_{FF,H,f}$

اختلاف، به‌صورت تابعی از باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی، میان

- تراز فشار صدا در موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش درحالی‌که آزمون‌شونده درمعرض موج صدای تخت برخوردکننده ازجلو باشد، و
- تراز فشار صدای همان میدان صدا بدون حضور آزمون‌شونده.

یادآوری ۱– پاسخ بسامدی میدان آزاد، با دامنه تابع تبدیل مرتبط با سر (HRTF) برای برخورد صدا از جلو یکسان است.

یادآوری ۲– این تعریف برای آزمون‌شوندگان جداگانه و گروه‌های آزمون‌شوندگان کاربرد دارد.

۳ -۴ پاسخ بسامدی انسان به میدان پخشا، $\Delta L_{DF,H,f}$

اختلاف، به‌صورت تابعی از باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی، میان

- تراز فشار صدا در موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش درحالی‌که آزمون‌شونده درمعرض میدان صدای پخشا باشد، و
- تراز فشار صدای همان میدان صدا بدون حضور آزمون‌شونده.

یادآوری ۱– این تعریف برای آزمون‌شوندگان جداگانه و گروه‌های آزمون‌شوندگان کاربرد دارد.

۳-۵ تراز فشار صدای مرتبط با میدان آزاد، $L_{FF,H}$

تراز فشار صدای موج صدای تخت که هرگاه آزمون‌شونده درمعرض موج صدای تخت برخوردکننده ازجلو باشد منجربه تراز فشار صدای کانال گوش اندازه‌گیری‌شده، $L_{ear,exp}$، می‌گردد.

یادآوری – این تعریف را می‌توان درباره باندهای بسامدی یا بسامدهای ویژه، ترازهای وزن‌یافته یا وزن‌نیافته، وزن‌دهی‌های زمانی ویژه وغیره، به‌کار برد، برای مثال "تراز فشار صدای پیوسته معادل وزن‌یافته در مقیاس A مرتبط با میدان آزاد" ($L_{H,Aeq}$ مرتبط با میدان آزاد، که شکل اختصاری $L_{FF,H,Aeq}$ است).

۳-۶ تراز فشار صدای مرتبط با میدان پخشا، $L_{DF,H}$

تراز فشار صدای میدان صدای پخشا که هرگاه آزمون‌شونده درمعرض موج پخشا قرار گیرد منجربه تراز فشار صدای کانال گوش اندازه‌گیری‌شده، $L_{ear,exp}$، می‌گردد.

یادآوری – این تعریف را می‌توان درباره باندهای بسامدی یا بسامدهای ویژه، ترازهای وزن‌یافته یا وزن‌نیافته، وزن‌دهی‌های زمانی ویژه وغیره، به‌کار برد، برای مثال "تراز فشار صدای پیوسته معادل وزن‌یافته در مقیاس A مرتبط با میدان پخشا" ($L_{H,Aeq}$ مرتبط با میدان پخشا، که شکل اختصاری $L_{DF,H,Aeq}$ است).

۳-۷ کانال گوش باز

کانال گوشی که در آن اشیای خارجی احتمالی (همچون میکروفون، اجزای نگه‌دارنده و هادی‌های الکتریکی) کم‌تر از ۵ میلی‌متر مربع از سطح مقطع را در هر موقعیت درطول کانال گوش اشغال می‌کنند.

۳-۸ کانال گوش بسته

کانال گوشی که در آن یک شیئ خارجی (برای مثال توپی گوش[1]) کل سطح مقطع را در موقعیتی درطول کانال گوش اشغال می‌کند.

۳-۹ کانال گوش نیمه‌بسته

کانال گوشی که به‌طور کامل باز یا بسته نیست.

۴ اصل اندازه‌گیری

میکروفون‌های مینیاتوری یا پروبی برای اندازه‌گیری فشار صدا در موقعیتی در کانال گوش قرار می‌گیرند که موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش نامیده می‌شود. آزمون‌شونده درمعرض منابع صدای مورد نظر قرار می‌گیرد و تراز فشار صدای پیوسته معادل کانال گوش در باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی، $L_{ear,exp,f}$ اندازه‌گیری می‌شود.

[1] Earplug

برای به‌دست‌آوردن ترازهای فشار صدای باند یک‌سوم هنگامی مرتبط با میدان پخشا یا میدان آزاد متناظر، $L_{DF,H,Aeq}$ یا $L_{FF,H,Aeq}$، هریک از ترازهای باند یک‌سوم هنگامی با پاسخ بسامدی میدان پخشا یا میدان آزاد، $\Delta L_{DF,H,f}$ یا $\Delta L_{FF,H,f}$ تنظیم می‌شود.

اندازه‌گیری‌ها را می‌توان برای یک یا هردو گوش برحسب کاربرد انجام داد. پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا ازطریق بند ۹ تعیین می‌شود یا برای هر آزمون‌شونده و گوش جداگانه طبق بند ۱۰ تعیین می‌شود.

یادآوری – درستی نتیجه پایانی بستگی به پارامترهای متعددی دارد (برای مثال موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش، تعداد آزمون‌شوندگان، و این‌که آیا بند ۹ یا ۱۰ استفاده شده‌است).

۵ وسایل اندازه‌گیری

۵-۱ میکروفون کانال گوش

فشار صدا در کانال گوش باید ازطریق یکی از دو نوع میکروفون زیر اندازه‌گیری شود:

- یک میکروفون مینیاتوری قرارگرفته در کانال گوش، یا

- یک میکروفون پروبی متشکل از یک میکروفون قرارگرفته بیرون از گوش و مجهزبه لوله پروب قرارگرفته در کانال گوش؛ برای جلوگیری از لطمه به پرده سماخ و پوست کانال گوش، لوله باید از جنس ماده نرمی باشد.

پاسخ فشار میکروفون مینیاتوری یا پروبی باید بدون تشدیدهای مشخصی باشد و باید به استثنای وضعیت توصیف‌شده در بند ۱۰-۹ معلوم باشد. این پاسخ باید ازطریق مقایسه با میکروفون نوع فشاری کالیبره مطابق با استاندارد IEC 61094-1 بررسی شود.

در سطح صدف گوش، میکروفون (شامل اجزای نگه‌دارنده و هادی‌های الکتریکی) باید سطحی را اشغال کند که در هر صفحه‌ای از ۱۰ میلی‌متر مربع فراتر نرود.

۵-۲ میکروفون میدان مرجع

هرگاه پاسخ‌های بسامدی میدان پخشا یا میدان آزاد، $\Delta L_{DF,H}$ یا $\Delta L_{FF,H}$ طبق بند ۱۰ تعیین شوند از میکروفون میدان مرجع برای تعیین تراز فشار صدا در میدان صدای مرجع بدون حضور آزمون‌شونده استفاده می‌شود. این میکروفون و تجهیزات متصل مورد استفاده باید با الزامات استاندارد IEC 61672-1 برای وسیله کلاس ۱ مطابقت کنند و باید دارای پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشای معلومی باشند.

۵-۳ بررسی کالیبراسیون

کالیبراسیون میکروفون‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری باید به‌طور مناسبی بررسی شود. برای میکروفون میدان مرجع، این کار باید با استفاده از یک کالیبراتور آکوستیکی مطابق با الزامات کلاس ۱ استاندارد IEC 60942 صورت پذیرد.

۵-۴ فیلترها

سیگنال‌ها باید با فیلترهای باند یک‌سوم هنگامی مطابق با الزامات کلاس ۱ استاندارد IEC 61260 تحلیل شوند.

۶ آزمون‌شوندگان

تنها افرادی به‌عنوان آزمون‌شونده مناسبند که التهاب یا هر بیماری دیگری در گوش میانی و گوش بیرونی نداشته‌باشند. برای اندازه‌گیری در کانال گوش باز، باید تنها افرادی برگزیده شوند که کانال گوش آن‌ها بیش از حد باریک، تخت یا بسیار خمیده نباشد و نقصی در پرده سماخ آن‌ها وجود نداشته‌باشد. اگر موم گوش، کانال‌های گوش را مسدود کرده‌باشد باید برطرف شود. همه چنین اقداماتی باید توسط یک فرد صلاحیت‌دار انجام شوند.

۷ استفاده از میکروفون کانالی

۷-۱ گزینش موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش

نقطه اندازه‌گیری کانال گوش باید میان ورودی کانال و پرده سماخ یا درمورد کانال گوش بسته، میان ورودی و مانع باشد و در هر حالت، ترجیحاً نزدیک به محور مرکزی کانال باشد.

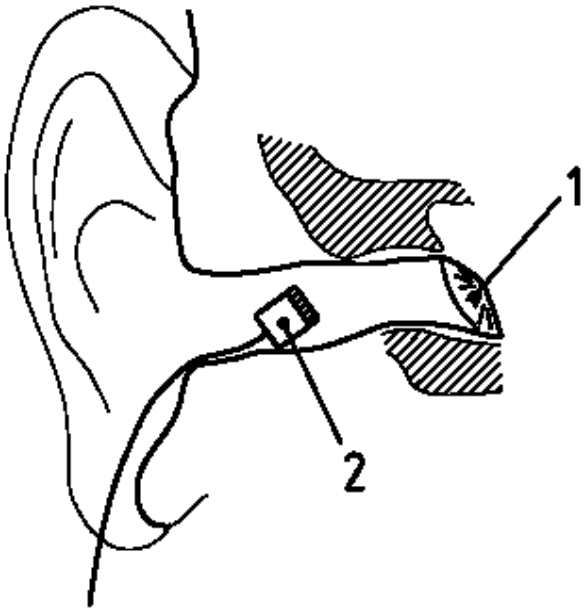
درصورتی‌که قرار باشد از داده‌های جدول ۱ برای پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا استفاده شود، تنها سه موقعیت برگزیده اندازه‌گیری کانال گوش طبق بند ۹ امکان‌پذیر است.

برای هر آزمون‌شونده تکی، موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش را می‌توان مستقل از گزینه مربوط به دیگر آزمون‌شوندگان برگزید.

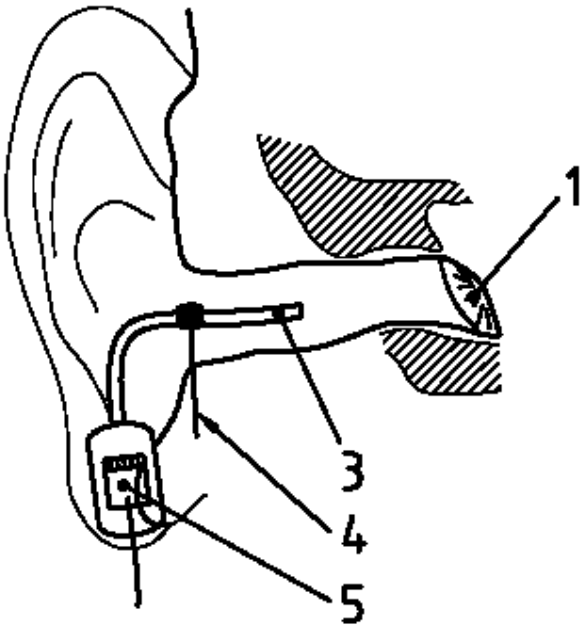
یادآوری – برای گوشی‌ها و هدفون‌هایی که بخش عمده حجم درست بیرون ورودی کانال گوش را اشغال می‌کنند اگر صدای مورد آزمون دارای مؤلفه‌های باند باریک قابل ملاحظه تقریباً بیش از ۳ کیلوهرتز باشد گزینه کانال گوش بسته یا نیمه‌بسته می‌تواند درستی را کاهش دهد.

به‌دلیل خطر لطمه به پرده سماخ، موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش در نزدیکی پرده سماخ بایستی تنها توسط افراد صلاحیت‌دار و تنها هنگام استفاده از میکروفون پروب با پروب پلاستیکی نرم مورد استفاده قرار گیرند.

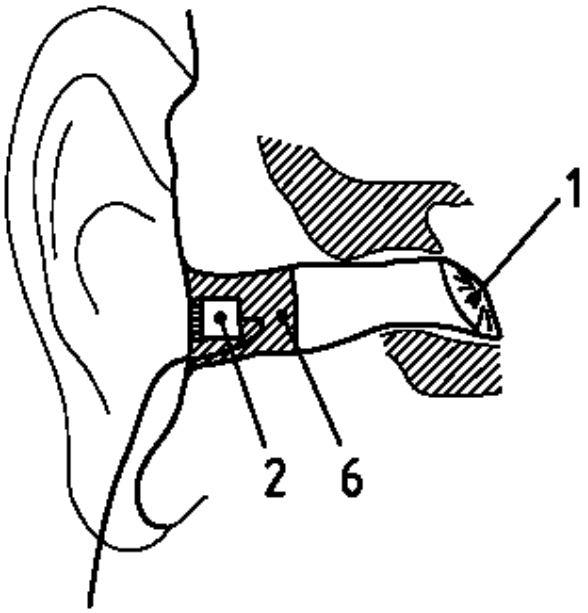
در شکل ۱، مثال‌هایی از موقعیت‌های مناسب اندازه‌گیری کانال گوش نشان داده شده‌است.



الف) میکروفون مینیاتوری در کانال گوش باز



ب) میکروفون پروبی با لوله پروب در کانال گوش باز



پ) میکروفون مینیاتوری در کانال گوش باز

راهنما

۱	**پرده سماخ**
۲	**میکروفون مینیاتوری**
۳	**لوله پروب**
۴	**سیم نگه‌دارنده**
۵	**میکروفون**
۶	**توپی گوش**

شکل ۱- مثال‌هایی از میکروفون‌های کانال گوش و نصب آن‌ها

۲-۷ نصب میکروفون‌ها

پایداری استقرار درطول روش اجرایی اندازه‌گیری باید برای مثال با استفاده از وسایل نصب تضمین شود. این کار معمولاً نیاز به هادی‌های انعطاف‌پذیر میکروفون یا لوله انعطاف‌پذیر پروب دارد. درصورتی‌که قرار باشد آزمون‌شونده از هدفون یا گوشی استفاده کند یا تجهیزات را راه‌اندازی کند باید دقت ویژه‌ای به‌عمل آید. میکروفون، هادی‌های الکتریکی و نصب آن، نباید نشت الکتریکی را میان هدفون یا گوشی و گوش ایجاد کنند. میدان صدا باید اساساً نامتلاطم بماند.

برای اتصال هادی‌های الکتریکی و لوله‌های پروب، چسب و گچ پزشکی توصیه می‌شوند.

درصورت استفاده از میکروفون پروب، باید اطمینان حاصل شود که لوله پروب درطول اندازه‌گیری‌ها له نشود.

یادآوری – درصورت گزینش ورودی کانال گوش بسته به‌عنوان موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش، میکروفون را می‌توان به‌راحتی وارد حفره توپی گوش کرد، یا به شیوه دیگری با مانع یک‌پارچه کرد. به شکل ۱-پ مراجعه شود.

۷-۳ ایمنی

میکروفون کانال گوش باید به‌گونه‌ای وارد و نصب شود که از هرگونه خطر لطمه‌زدن به گوش جلوگیری شود. برای پرهیز از خطر ناشی از حرکت ناگهانی سر آزمون‌شونده، باید دقت ویژه‌ای به‌عمل آید. به دلایل ایمنی ممکن است ورود عمیق در کانال گوش ممنوع شود.

درصورت ورود هادی‌های الکتریکی در گوش بیرونی، الزامات ویژه ایمنی الکتریکی استانداردهای IEC 60065 و IEC 60601-1 باید رعایت شوند.

توصیه می‌شود که برای ارزیابی کارشناسی میکروفون‌های اندازه‌گیری کانال گوش و نصب آن‌ها، و برای تأیید کاربرد ایمن ازنظر پزشکی برروی آزمون‌شوندگان، از ایده فرد صلاحیت‌دار پیروی شود. برای اطمینان از کاربرد ایمن باید الزامات بهداشتی نیز توسط یک فرد صلاحیت‌دار مشخص شوند.

هرگاه آزمون‌شونده درطول آزمون، درمعرض ترازهای صدای با احتمال خطر قرار گیرد طبق گزینه کانال گوش بسته، شیوه‌ای برای حذف چنین خطری پیشنهاد می‌شود، به‌شرط آن‌که توپی گوش، نوفه را تا یک تراز ایمن تضعیف کند.

۸ تعیین تراز فشار صدای پیوسته معادل وزن‌یافته در مقیاس A مرتبط با میدان آزاد یا میدان پخشا

۸-۱ اندازه‌گیری تراز فشار صدای کانال گوش

درحالی‌که آزمون‌شونده درمعرض صدای مورد آزمون است فشار صدا در موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش باید با میکروفون مینیاتوری یا پروبی طبق بند ۷ اندازه‌گیری شود و تراز فشار صدای کانال گوش برای هر باند بسامدی یک‌سوم هنگامی تعیین شود. گستره بسامدی باید همه بسامدهای قابل ملاحظه را برای مقصود آزمون پوشش دهد و نسبت سیگنال به نوفه حداقل ۱۰ دسی‌بل باید در هر باند بسامدی یک‌سوم هنگامی تضمین شود.

دوره اندازه‌گیری باید به‌گونه‌ای برگزیده شود که مواجهه را به‌خوبی نمایش دهد. برای باند بسامدی یک‌سوم هنگامی با بسامد باند میانی f، دوره بسامدی t باید فاصله زمانی مواجهه نمایانگر را پوشش دهد و باید:

به‌ازای: $f \le 2000Hz$ $t \le \frac{5000}{f}$

و

به‌ازای: $f > 2000Hz$ $t \ge 2{,}5s$

یادآوری – مشخصات تعیین‌شده، به نوفه تصادفی اشاره دارد؛ برای انواع دیگر سیگنال آزمون، تازمانی‌که عدم قطعیت در اندازه‌گیری افزایش نیابد می‌توان از دوره‌های اندازه‌گیری دیگری استفاده کرد.

تراز در هر باند بسامدی یک‌سوم هنگامی باید برای پاسخ بسامدی فشار میکروفون کانال گوش تصحیح شود. در برخی از موارد، این تصحیح را می‌توان حذف کرد. به بند ۱۰-۹ مراجعه شود.

نتیجه (یعنی تراز فشار صدای باند یک‌سوم هنگامی کانال گوش در مواجهه با صدای مورد آزمون) $L_{ear,exp,f}$ نامیده می‌شود.

۸-۲ تبدیل تراز فشار صدای مرتبط با میدان آزاد یا میدان پخشا

برای به‌دست‌آوردن تراز فشار صدای باند یک‌سوم هنگامی مرتبط با میدان آزاد یا میدان پخشا، $L_{FF,H,f}$ یا $L_{DF,H,f}$ پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا، $\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$ باید از تراز فشار صدای کانال گوش، $L_{ear,exp,f}$ تفریق شود:

$$L_{FF,H,f} = L_{ear,\exp,f} - \Delta L_{FF,H,f} \quad (۱)$$

$$L_{DF,H,f} = L_{ear,\exp,f} - \Delta L_{DF,H,f} \quad (۲)$$

$\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$ باید از بند ۹، یا طبق بند ۱۰ برای هر گوش و آزمون‌شونده جداگانه تعیین شود.

۸-۳ وزن‌دهی در مقیاس A و جمع‌زنی

تراز فشار صدای پیوسته معادل وزن‌یافته در مقیاس A مرتبط با میدان پخشا یا میدان آزاد باید با استفاده از ثابت‌های وزن‌دهی در مقیاس A مشخص‌شده در استاندارد IEC 61672، و فرمول زیر محاسبه شود:

$$L_{FF,H,Aeq} = 10\log\left\{\sum_f 10^{\left(L_{FF,H,f}+A_f\right)/10}\right\} dB \quad (۳)$$

$$L_{DF,H,Aeq} = 10\log\left\{\sum_f 10^{\left(L_{DF,H,f}+A_f\right)/10}\right\} dB \quad (۴)$$

۹ پاسخ‌های بسامدی میدان آزاد و میدان پخشا برای موقعیت‌های اندازه‌گیری کانال گوش برگزیده

اگر موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش، اساساً به‌صورت زیر برگزیده‌شود:

الف) پرده سماخ در کانال گوش باز،

ب) ورودی کانال گوش باز، یا

پ) ورودی کانال گوش بسته، با مانع در ورودی،

پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا را می‌توان ازطریق جدول ۱ تعیین کرد.

۱۰ تعیین پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا

۱۰-۱ کلیات

درصورتی‌که قرار باشد پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا برای هر آزمون‌شونده و گوش جداگانه تعیین شود، برای مثال هرگاه موقعیت‌های اندازه‌گیری کانال گوش مورد استفاده غیر از مقادیر مندرج در جدول ۱ باشد باید از روش اجرایی زیر استفاده شود.

جدول ۱- پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا برای موقعیت‌های اندازه‌گیری کانال گوش برگزیده

بسامد باند میانی یک‌سوم هنگامی	پاسخ بسامدی میدان آزاد $\Delta L_{FF,H,f}$			پاسخ بسامدی میدان پخش $\Delta L_{DF,H,f}$		
Hz	پرده صماخ dB	ورودی باز dB	ورودی بسته dB	پرده صماخ dB	ورودی باز dB	ورودی بسته dB
⩽ 100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
160	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
200	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
250	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
315	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
400	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
500	2,0	1,6	1,7	2,1	1,7	1,7
630	2,3	1,8	1,8	2,8	2,1	2,2
800	3,1	1,3	1,4	3,3	2,5	2,3
1 000	2,7	0,6	− 0,4	4,1	2,9	2,3
1 250	2,9	1,5	1,3	5,5	3,6	3,1
1 600	5,8	5,2	4,1	7,7	4,7	3,8
2 000	12,4	8,6	6,6	11,0	6,4	4,4
2 500	15,7	9,5	7,1	15,3	8,2	5,9
3 150	14,9	7,8	10,1	15,7	5,8	8,1
4 000	13,2	5,7	12,8	12,9	3,0	10,3
5 000	8,9	5,6	10,5	10,6	5,1	10,0
6 300	3,1	2,9	2,8	9,4	6,9	7,3
8 000	− 1,4	− 2,0	− 1,2	9,5	5,6	6,0
10 000	− 3,8	− 5,0	0,2	6,8	− 0,9	3,8
12 500	− 0,1	5,1	6,1	3,8	1,0	2,0
16 000	− 0,4	2,2	2,4	0,7	− 0,9	− 0,2

یادآوری – داده‌های پرده صماخ در میدان آزاد از مراجع *[5]*، *[6]*، *[7]* و *[18]*؛ برای ورودی باز در میدان آزاد، از مراجع *[4]* و *[5]*؛ برای ورودی بسته در میدان آزاد، از مراجع *[4]*، *[5]*، *[7]*، *[8]* و *[9]*؛ برای پرده صماخ در میدان پخشا، از مراجع *[7]*، *[10]* و *[11]*؛ برای ورودی باز در میدان پخشا، از مراجع *[4]* و *[12]*؛ برای ورودی بسته در میدان پخشا، از مراجع *[4]*، *[8]*، *[9]* و *[12]* برگرفته شده‌اند. برای بسامدهای 800 هرتز و بیش‌تر، میانگین وزن‌یافته به‌دست آمده‌است (وزن‌یافته با تعداد آزمون‌شوندگان در مطالعات). تنظیم‌ها زیر 800 هرتز انجام شده‌اند (به مرجع *[19]* مراجعه شود).

۱۰-۲ اصل اندازه‌گیری

تراز فشار صدای کانال گوش باید درحالی اندازه‌گیری شود که آزمون‌شونده درمعرض میدان صدای مرجع قرار گیرد و تقریبی از موج صدای تختی که از جلو به آزمون‌شونده می‌رسد یا میدان صدای پخشا باشد. تراز فشار صدای میدان صدای مرجع نیز باید با استفاده از میکروفون میدان مرجع درحالی اندازه‌گیری شود که آزمون‌شونده حضور ندارد (به بند ۵-۲ مراجعه شود). اختلاف میان این دو تراز، پاسخ بسامدی میدان پخشا یا میدان آزاد را تشکیل می‌دهد.

۱۰-۳ برقراری میدان صدای مرجع

میدان صدای مرجع آزاد با داشتن بلندگویی ایجاد می‌شود که صدا را به‌درون میدان آزاد منتشر می‌کند و آزمون‌شونده ازجلو درمعرض آن قرار می‌گیرد.

آرایش باید طبق بندهای ب-۱ تا ب-۵ استاندارد ملی ایران ۷-۱۳۱۴ باشد با این استثنا که آزمون‌شونده ایستاده نیز مجاز است. به‌علاوه ترازهای فشار صدا در باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی مجاور نباید بیش از ۳ دسی‌بل تفاوت داشته‌باشند.

۱۰-۴ برقراری میدان صدای مرجع شبه آزاد

درصورتی‌که نتوان با شرایط بندهای ب-۱ تا ب-۵ استاندارد ملی ایران ۷-۱۳۱۴ برای میدان صدای مرجع آزاد مطابقت کرد و درستی کاهش‌یافته، قابل قبول باشد می‌توان از میدان صدای شبه آزاد طبق بند ۵-۳ استاندارد ملی ایران ۲-۱۰۵۳۴ استفاده کرد.

۱۰-۵ برقراری میدان صدای مرجع شبه پخشا

آرایش باید طبق بندهای پ-۱ تا پ-۵ استاندارد ملی ایران ۷-۱۳۱۴ باشد با این استثنا که آزمون‌شونده ایستاده نیز مجاز است. به‌علاوه ترازهای فشار صدا در باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی مجاور نباید بیش از ۳ دسی‌بل تفاوت داشته‌باشند.

۱۰-۶ اندازه‌گیری میدان صدای مرجع

در میدان صدای مرجع، تراز فشار صدا در نقطه مرجع (نقطه میانی خط واصل دریچه‌های کانال گوش آزمون‌شونده) باید با میکروفون میدان مرجع اندازه‌گیری شود و در باندهای بسامدی یک‌سوم هنگامی تحلیل گردد. نسبت سیگنال به نوفه حداقل ۱۰ دسی‌بل باید برای باند بسامدی یک‌سوم هنگامی تضمین شود. دوره اندازه‌گیری باید با الزامات بند ۸-۱ مطابقت داشته‌باشد.

اندازه‌گیری باید تصحیح پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشای میکروفون را دربرگیرد. نتیجه، برای میدان صدای مرجع آزاد $L_{ref,FF,f}$ و برای میدان صدای مرجع پخشا $L_{ref,DF,f}$ نامیده می‌شود.

۱۰-۷ اندازه‌گیری تراز فشار صدای کانال گوش در میدان صدای مرجع

هرگاه آزمون‌شونده درمعرض میدان صدای مرجع قرار گیرد، فشار صدا در موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش باید با میکروفون‌های مینیاتوری یا پروبی طبق بند ۷ اندازه‌گیری شود و تراز فشار صدای کانال گوش، برای هر باند بسامدی یک‌سوم هنگامی تعیین شود.

میکروفون مینیاتوری یا پروبی باید میان اندازه‌گیری صدای مورد آزمون و اندازه‌گیری در میدان صدای مرجع، درجای خود قرار گیرد مگر آن‌که بتوان تضمین کرد که اساساً در موقعیت یکسانی قرار دارد.

نقطه اندازه‌گیری باید با الزامات بند ۸-۱ مطابقت داشته‌باشد.

برای هر باند بسامدی یک‌سوم هنگامی باید نسبت سیگنال به نوفه حداقل ۱۰ دسی‌بل تضمین شود. اگر نتوان به این نسبت دست یافت میدان صدای مرجع را می‌توان برای هر یک باند بسامدی یک‌سوم هنگامی در یک زمان برقرار کرد، و تراز فشار صدای میدان آزاد یا میدان پخشا را به حداکثر ۸۵ دسی‌بل افزایش داد.

اندازه‌گیری باید تصحیح پاسخ بسامد فشار میکروفون کانال گوش را دربرگیرد. در برخی از موارد، این تصحیح را می‌توان حذف کرد، به بند ۱۰-۹ مراجعه شود.

نتیجه تراز فشار صدای کانال گوش درطول مواجهه با میدان صدای مرجع، برای میدان صدای مرجع آزاد، $L_{ear,DF,f}$ و برای میدان صدای مرجع پخشا، $L_{ear,DF,f}$ نامیده می‌شود.

۱۰-۸ تعیین پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا

پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا ازطریق زیر تعیین می‌شود:

$$\Delta L_{FF,H,f} = L_{ear,FF,f} - L_{ref,FF,f} \quad (۵)$$

$$\Delta L_{DF,H,f} = L_{ear,DF,f} - L_{ref,DF,f} \quad (۶)$$

برای بسامدهای زیر ۱۰۰ هرتز، $\Delta L_{FF,H,f}$ و $\Delta L_{DF,H,f}$ در ۰/۰ دسی‌بل تنظیم می‌شوند.

۱۰-۹ ساده‌سازی در حالت‌های ویژه

هرگاه برای اندازه‌گیری‌های صدای مورد آزمون و در میدان صدای مرجع، از میکروفون مینیاتوری یا پروبی یکسانی استفاده شود تصحیحات پاسخ بسامدی فشار میکروفون مینیاتوری یا پروبی طبق بند ۸-۱ و ۱۰-۷ را می‌توان حذف کرد زیرا در نتیجه نهایی حذف می‌شوند. به‌علاوه، و به همین دلیل، اهمیت دقت کالیبراسیون میکروفون مینیاتوری یا پروبی در این موارد کاهش می‌یابد.

۱۰-۱۰ بررسی اختیاری آرایش اندازه‌گیری

بررسی اختیاری و جزئی آرایش و روش اجرایی اندازه‌گیری را می‌توان با مشاهده سازگاری میان ترازهای باند یک‌سوم هنگامی (وزن‌یافته در مقیاس A اختیاری) زیر انجام داد:

الف) میدان صدای مرجع اندازه‌گیری‌شده با ترازسنج صدا طبق استاندارد IEC 61672-1، و

ب) تراز مرتبط با میدان آزاد یا میدان پخشا $L_{FF,H,f}$ یا $L_{DF,H,f}$ میدان صدای مرجع تعیین‌شده با روش اجرایی تعیین‌شده در بند ۸.

۱۱ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل، اطلاعات زیر را دربرگیرد:

الف) تاریخ و مکان اندازه‌گیری، ارجاع به این استاندارد و بندهای مورد استفاده در اندازه‌گیری‌ها، به‌همراه نام مؤسسه آزمون‌کننده و فرد مسئول اندازه‌گیری‌ها؛

ب) توصیف همه اطلاعات مرتبط درباره صدای مورد آزمون، منابع انتشاردهنده صدا، شرایط کاری، گستره بسامدی وغیره؛

پ) توصیف مکان اندازه‌گیری با توجه ویژه به خصوصیات آکوستیکی؛

ت) توصیف وسایل اندازه‌گیری شامل اطلاعات مربوط به دوره(های) اندازه‌گیری، و تاریخ و مکان کالیبراسیون؛

ث) توصیف آزمون‌شوندگان (تعداد، سن، جنس) و گزینش موقعیت‌های اندازه‌گیری کانال گوش؛

ج) توصیف میدان صدای مرجع، درصورت استفاده؛

چ) برای هر آزمونه و گوش، $L_{ear,FF,f}$ یا $L_{ear,DF,f}$، $L_{ref,FF,f}$ یا $L_{ref,DF,f}$ و $\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$ درصورتی‌که طبق بند ۱۰ تعیین شده‌باشد؛ داده‌ها ممکن است به‌طور ترسیمی تعیین شوند؛

ح) برای هر آزمون‌شونده و گوش، $L_{ear,exp,f}$، $L_{FF,H,f}$ یا $L_{DF,H,f}$ و $L_{FF,H,Aeq}$ یا $L_{DF,H,Aeq}$؛ داده‌ها ممکن است به‌طور ترسیمی تعیین شوند؛

خ) میانگین حسابی و انحراف استاندارد $L_{FF,H,Aeq}$ یا $L_{DF,H,Aeq}$ میان گوش‌های آزمون‌شده؛

د) برآورد عدم قطعیت در اندازه‌گیری طبق GUM (در پیوست ب، یک نمونه تعیین شده‌است)؛ اطلاعات مرتبط دیگری که بر نتایج اندازه‌گیری‌ها تأثیر می‌گذارند.

پیوست الف
(اطلاعاتی)
مثالی از منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری

الف-۱ کلیات

این پیوست، در هر دو قسمت این مجموعه استاندارد، همسان است. عدم قطعیت نتیجه پایانی بستگی به این امر دارد که آیا از تکنیک MIRE (طبق استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳) یا تکنیک مانکن (طبق استاندارد ملی ایران ۲-۱۰۵۳۳) استفاده شده‌است.

برای تکنیک MIRE، یک موضوع کلیدی، این است که تعداد محدود آزمون‌شوندگان، تاچه حد نمایانگر یک جمعیت هستند، ونیز این‌که آیا داده‌های پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا از جدول‌ها به‌دست آمده‌اند یا به‌طور جداگانه تعیین شده‌اند. برای تکنیک مانکن، موضوع کلیدی، این است که مانکن تا چه حدی تمایانگر متوسط افراد آزمون‌شونده است.

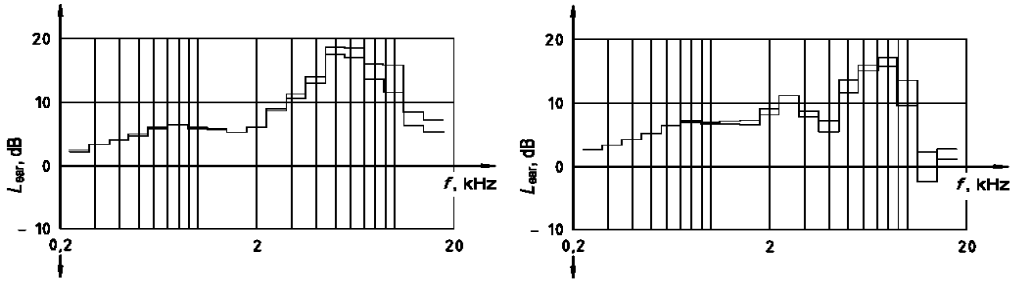
در جدول الف-۱، اثر عدم قطعیت در اندازه‌گیری برروی نتیجه پایانی برخی از منابع نوعی، هنگام استفاده از این دو استاندارد مرور شده‌است. در بندهای الف-۲ تا الف-۴، بزرگی نوعی منابع برگزیده عدم قطعیت در اندازه‌گیری تعیین شده‌است. این اطلاعات برای برآورد عدم قطعیت در اندازه‌گیری، و برای تکنیک MIRE، برای تعیین تعداد آزمون‌شوندگان مورد نیاز برای دستیابی به عدم قطعیت مطلوب می‌توانند مفید باشند.

به‌علاوه، هریک از قسمت‌های این استاندارد، دربرگیرنده پیوست جداگانه‌ای با مثالی از محاسبه عدم قطعیت برای تکنیک مربوط است.

فرمول‌ها و داده‌های این پیوست از مرجع [19] به‌دست آمده‌اند.

الف-۲ موقعیت نادرست میکروفون کانال گوش

در شکل الف-۱، مثالی از خطاهای ناشی از تعیین موقعیت نادرست میکروفون کانال گوش نشان داده شده‌است.



الف) ورودی باز **ب) ورودی بسته**

شکل الف-۱- مثالی از تغییر تراز فشار صدا برای جابه‌جایی ۳ میلی‌متری از موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش در ورودی باز و بسته

جدول الف-۱- مرور منابع نوعی عدم قطعیت در اندازه‌گیری و اثر آن‌ها در وضعیت‌های گوناگون

منبع عدم قطعیت در اندازه‌گیری	استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۵۳۳ تکنیک MIRE		استاندارد ملی ایران ۲-۱۰۵۳۳ تکنیک مانکن
	$\Delta L_{FF,H}$ یا $\Delta L_{DF,H}$ به‌دست‌آمده از جدول	$\Delta L_{FF,H}$ یا $\Delta L_{DF,H}$ تعیین‌شده به‌طور جداگانه	$\Delta L_{FF,M}$ یا $\Delta L_{DF,M}$ به‌دست‌آمده از جدول
کالیبراسیون نادرست میکروفون میدان مرجع، یا داده‌های نادرست مورد استفاده برای پاسخ بسامدی	–	+	–
کالیبراسیون نادرست میکروفون کانال گوش یا مانکن، یا داده‌های نادرست مورد استفاده برای پاسخ بسامدی	+	0	+
پاسخ بسامدی یا حساسیت ناپایدار (میان اندازه‌گیری‌های) میکروفون کانال گوش یا مانکن	–	+	–
موقعیت نادرست میکروفون کانال گوش	–	0	+ (به بند الف-۲ مراجعه شود)
انحراف میدان صدای مرجع از میدان صدای مورد نظر	–	+	–
انحراف مانکن از جمعیت افراد	–	–	+ (به بند الف-۴ مراجعه شود)
استفاده از تعداد محدود آزمون‌شونده	+ (به بند الف-۳-۲ مراجعه شود)	+ (به بند الف-۳-۳ مراجعه شود)	–
تغییرات صدای مورد آزمون	+	+	+

\+ بر نتیجه پایانی اثر مستقیم دارد.
0 در نتیجه پایانی حذف می‌شود.
– کاربرد ندارد.

الف-۳ استفاده از تعداد محدود آزمون‌شونده

الف-۳-۱ کلیات

این امر که تنها تعداد محدودی از آزمون‌شوندگان مورد استفاده قرار می‌گیرند منجربه عدم قطعیت آماری نتیجه می‌گردد. دو عبارت تأثیرگذار عبارتند از:

- تغییرات آماری $L_{ear,exp,f}$، و

- تغییرات آماری $\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$

فرض بر این است که واریانس داده‌های جدول که ممکن است برای $\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$ استفاده شوند بسیار کوچک است و از آن‌ها چشم‌پوشی می‌شود (بند الف-۳-۲). اما این بدان معنا نیست که استفاده از داده‌های جدول، لزوماً کوچک‌ترین انحراف را در نتایج پایانی به‌دست می‌دهد زیرا همبستگی میان دو عبارت می‌تواند منجربه ویژگی‌های جداگانه‌ای در دو عبارت گردد که حذف می‌شوند (بند الف-۳-۳).

الف-۳-۲ استفاده از داده‌های جدول برای پاسخ بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا

انحراف استاندارد میانگین تراز فشار صدای مرتبط با میدان آزاد (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(\overline{L_{FF,H,f}}\right)$ یا انحراف استاندارد میانگین تراز فشار صدای مرتبط با میدان پخشا (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(\overline{L_{DF,H,f}}\right)$ را می‌توان ازطریق زیر محاسبه کرد:

- انحراف استاندارد تراز فشار صدای کانال گوش (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(L_{ear,\exp,f}\right)$، و
- تعداد آزمون‌شوندگان، n.

$$\sigma\left(\overline{L_{FF,H,f}}\right)=\sigma\left(\overline{L_{DF,H,f}}\right)=\sqrt{\frac{\sigma^2\left(L_{ear,\exp,f}\right)}{n}} \qquad \text{(الف-۱)}$$

در شکل الف-۲، مثال‌هایی از مقادیر $\sigma\left(L_{ear,\exp,f}\right)$ برای موقعیت‌های اندازه‌گیری کانال گوش در پرده سماخ، ورودی کانال گوش باز و ورودی کانال گوش بسته نشان داده شده‌است.

برای مثال در یک محاسبه نشان داده شده‌است که برای هشت آزمون‌شونده و بسامدهای تا و شامل باند بسامد یک‌سوم هنگامی ۵ کیلوهرتز، $\sigma\left(\overline{L_{FF,H,f}}\right)$ و $\sigma\left(\overline{L_{DF,H,f}}\right)$ نوعاً زیر ۱/۰ دسی‌بل برای پرده سماخ، زیر ۱/۴ دسی‌بل برای ورودی باز، و زیر ۰/۷ دسی‌بل برای ورودی بسته خواهدبود.

الف-۳-۳ پاسخ‌های بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشا تعیین‌شده به‌طور جداگانه

انحراف استاندارد میانگین تراز فشار صدای مرتبط با میدان آزاد (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(\overline{L_{FF,H,f}}\right)$ یا انحراف استاندارد میانگین تراز فشار صدای مرتبط با میدان پخشا (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(\overline{L_{DF,H,f}}\right)$ را می‌توان ازطریق زیر برآورد کرد:

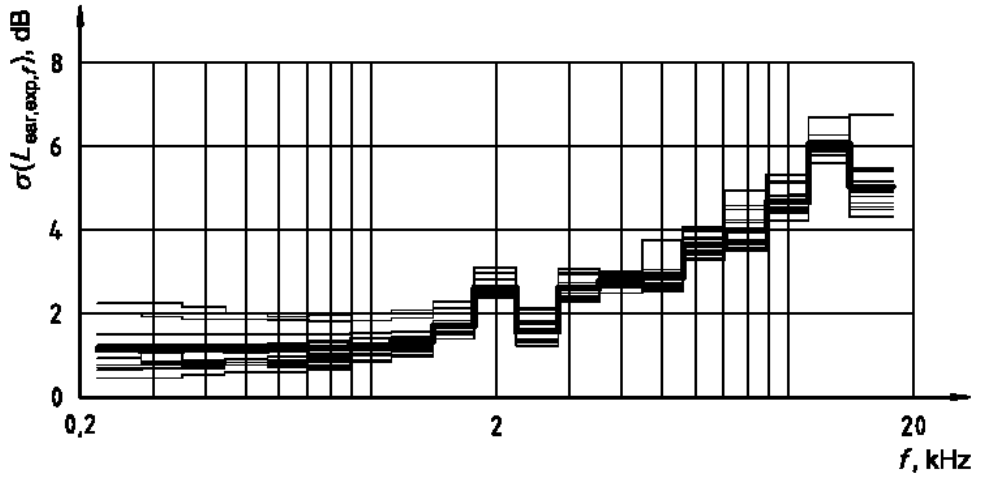
- انحراف استاندارد تراز فشار صدای مرتبط با میدان آزاد (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(L_{FF,H,f}\right)$، یا انحراف استاندارد تراز فشار صدای مرتبط با میدان پخشا (در آزمون‌شوندگان)، $\sigma\left(L_{DF,H,f}\right)$، و
- تعداد آزمون‌شوندگان، n.

$$\sigma\left(\overline{L_{FF,H,f}}\right)=\sqrt{\frac{\sigma^2\left(L_{FF,H,f}\right)}{n}} \qquad \text{(الف-۲)}$$

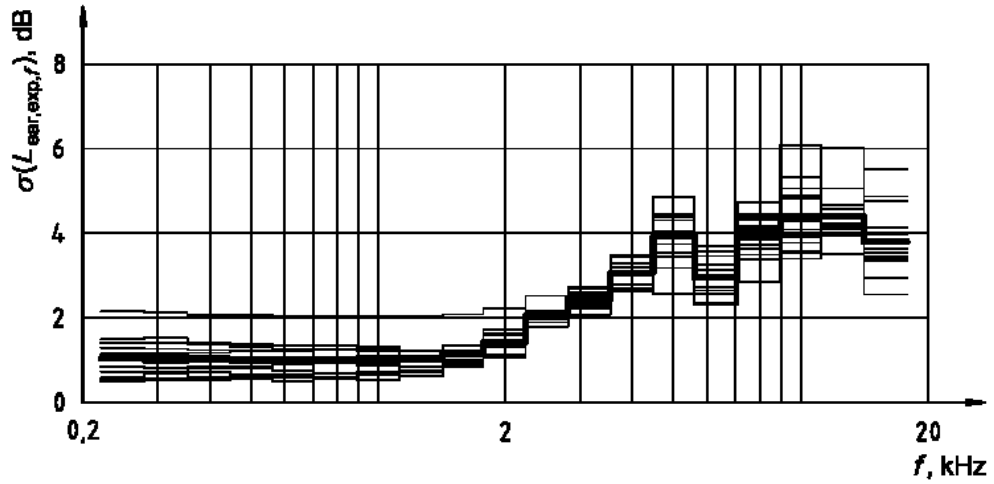
$$\sigma\left(\overline{L_{DF,H,f}}\right)=\sqrt{\frac{\sigma^2\left(L_{DF,H,f}\right)}{n}} \qquad \text{(الف-۳)}$$

در شکل الف-۳، مثال‌هایی از مقادیر $\sigma\left(L_{FF,H,f}\right)$ و $\sigma\left(L_{DF,H,f}\right)$ نشان داده شده‌است.

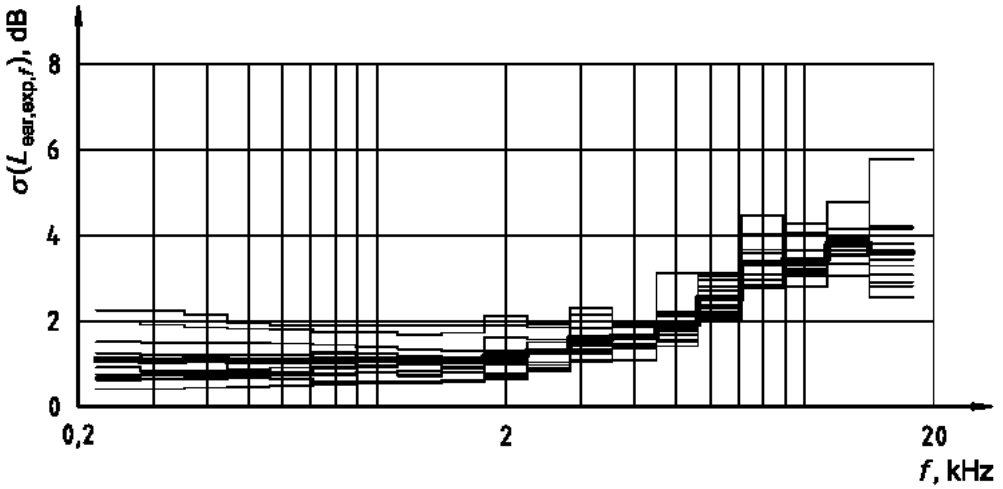
برای مثال در یک محاسبه نشان داده شده‌است که برای هشت آزمون‌شونده و بسامدهای تا و شامل باند بسامد یک‌سوم هنگامی ۵ کیلوهرتز، $\sigma\left(\overline{L_{FF,H,f}}\right)$ نوعاً زیر ۰/۷ دسی‌بل و $\sigma\left(\overline{L_{DF,H,f}}\right)$ نوعاً زیر ۰/۶ دسی‌بل خواهدبود.



الف) پرده سماخ



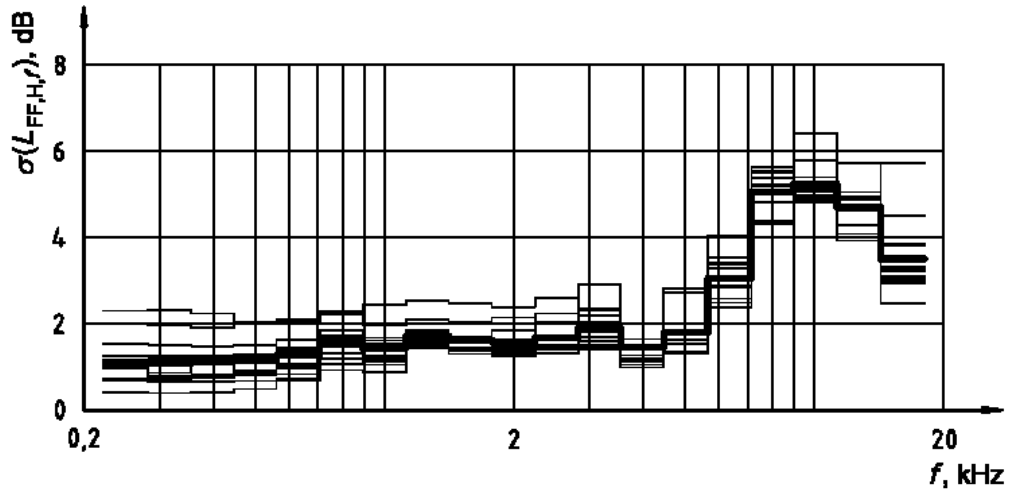
ب) ورودی باز



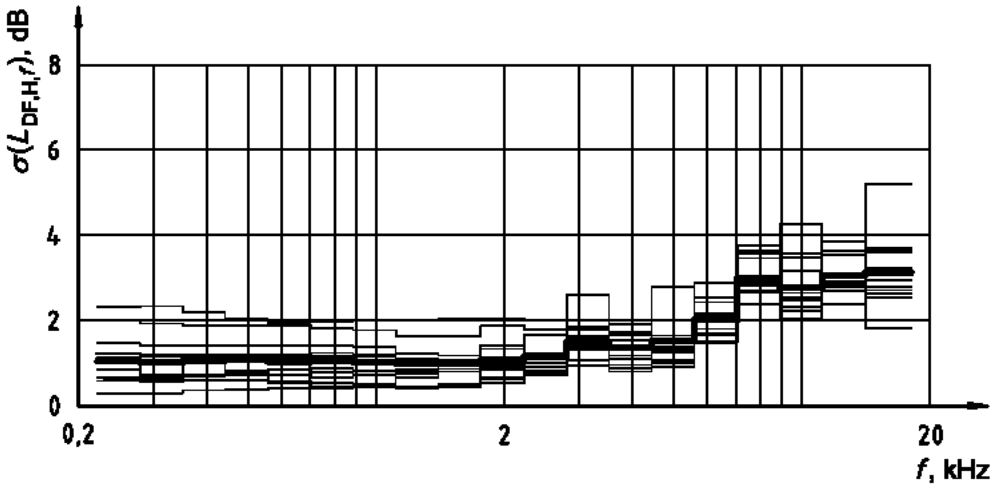
پ)ورودی بسته

یادآوری – داده‌ها مربوط به ۱۴ هدفون (خط نازک) و میانگین آن‌ها (خط پر) است.

شکل الف-۲- مثال‌هایی از $\sigma\left(L_{ear,\exp,f}\right)$ برای سه موقعیت اندازه‌گیری کانال گوش



الف) میدان آزاد



ب) میدان پخشا

یادآوری – داده‌ها مربوط به ۱۴ هدفون (خط نازک) و میانگین آن‌ها (خط پر) است.

شکل الف-۳- مثال‌هایی از $\sigma(L_{DF,H,f})$ و $\sigma(L_{FF,H,f})$ درصورت استفاده از مقادیر جداگانه $\Delta L_{DF,H,f}$ و $\Delta L_{FF,H,f}$

الف-۴ انحراف مانکن نسبت به جمعیت افراد

انحراف‌های احتمالی مانکن نسبت به یک فرد آزمون‌شونده متوسط منجربه عدم قطعیت می‌گردد. دو عبارت تأثیرگذار عبارتند از:

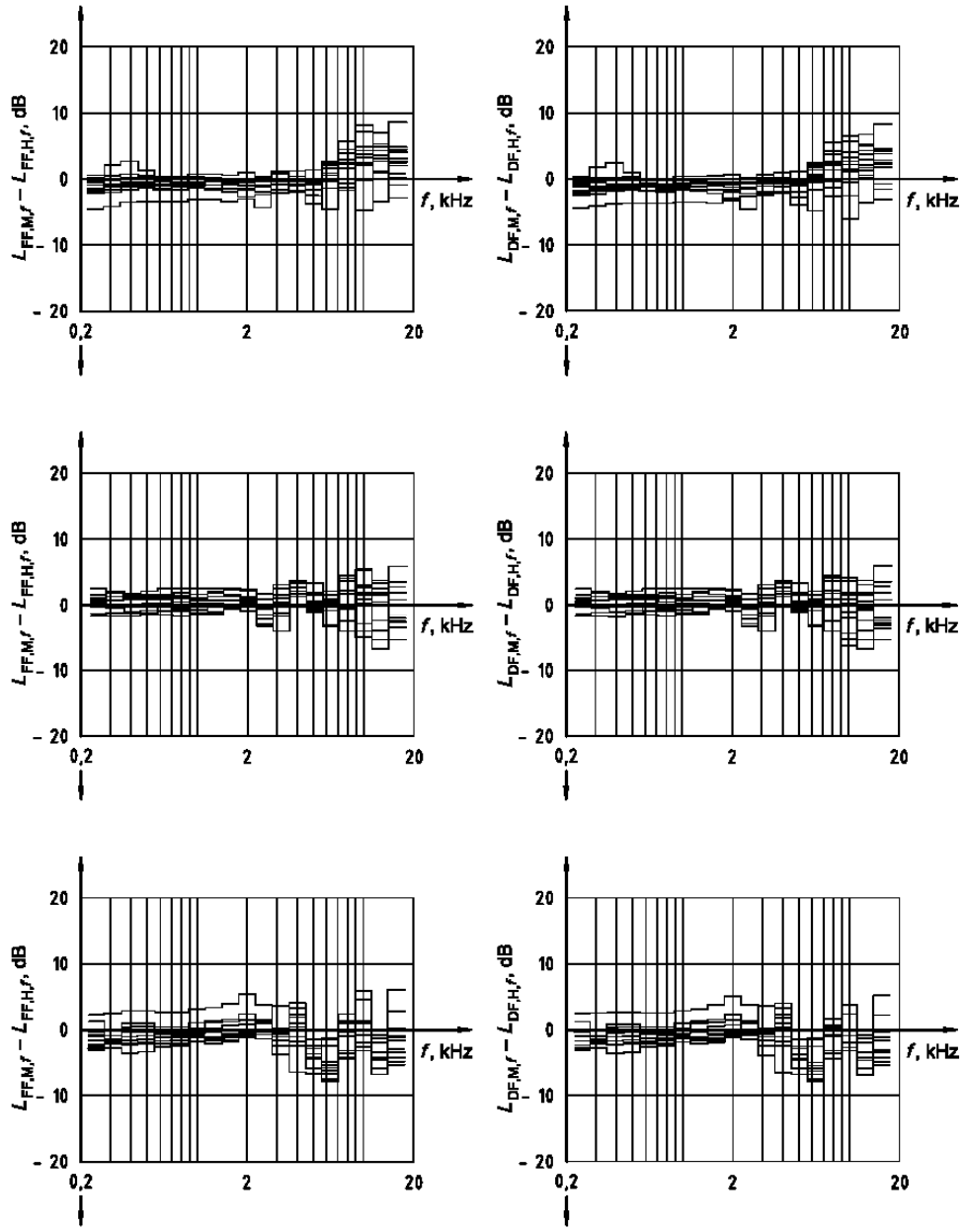
- انحراف $L_{M,exp,f}$، و
- انحراف $\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$

با فرض بر این‌که داده‌های جدول برای $\Delta L_{FF,M,f}$ یا $\Delta L_{DF,M,f}$ صحیح باشند، واژه دوم صفر است.

در شکل الف-۴ مثال‌هایی از انحراف نتایج به‌دست‌آمده با تکنیک مانکن نسبت به تکنیک MIRE با استفاده از گروه بزرگی از افراد آزمون‌شونده نشان داده شده‌است.

برای بسامدهای تا و شامل باند بسامد یک‌سوم هنگامی ۵ کیلوهرتز، انحراف‌ها برای $L_{FF,f}$ نوعاً زیر ۲/۵ دسی‌بل و برای $L_{DF,f}$ نوعاً زیر۲ دسی‌بل خواهدبود. اما انحراف در برخی از ترکیب‌های هدفون و مانکن، به‌ویژه برای برخی از باندهای بسامدی بسیار بیش‌تر است.

میدان آزاد | میدان پخشا



مانکن ۱

مانکن ۲

مانکن ۳

یادآوری – برای تکنیک مانکن از داده‌های جدول برای $\Delta L_{FF,M,f}$ یا $\Delta L_{DF,M,f}$ استفاده شده‌است.

شکل الف-۴- مثال‌هایی از انحراف $L_{FF,f}$ یا $L_{DF,f}$ اندازه‌گیری‌شده ازطریق تکنیک مانکن نسبت به داده‌های مشابه اندازه‌گیری‌شده ازطریق تکنیک MIRE با استفاده از گروه بزرگی از افراد آزمون‌شونده (داده‌های مربوط به سه مانکن)

پیوست ب
(اطلاعاتی)
مثالی از تحلیل عدم قطعیت

در زیر، مثالی از چگونگی برآورد عدم قطعیت در اندازه‌گیری برای تعیین فرضی $L_{FF,H,Aeq}$ یا $L_{DF,H,Aeq}$ ازطریق گوشی نوع باز سوپرااورال مطرح شده‌است. این متن را نبایستی فهرست فراگیر عدم قطعیت‌های احتمالی، یا راهنمای مقادیر نوعی درنظر گرفت بلکه تنها مثالی از تحلیل عدم قطعیت برای یک وضعیت مشخص است. این تحلیل با قواعد تعیین‌شده در GUM مطابقت دارد.

عدم قطعیت‌ها برای اندازه‌گیری با استفاده از شرایط زیر برآورد شده‌اند:

- میکروفون مینیاتوری طبق بند ۵-۱؛
- پاسخ‌های بسامدی میدان آزاد یا میدان پخشای جداگانه آزمون‌شوندگان طبق بند ۹؛
- نوفه صورتی یا نوفه‌ای که طبق استاندارد ملی ایران ۱-۱۳۱۴ صحبت و موسیقی را به‌صورت ورودی سیگنال آزمون به گوشی، شبیه‌سازی می‌کند؛
- نتیجه میانگین اندازه‌گیری‌ها برروی هردو گوش هشت آزمون‌شونده؛
- شش اندازه‌گیری برروی یک گوش هریک از هشت آزمون‌شونده؛
- گوشی نوع باز سوپرااورال، همواره با استفاده از کپسول سمت چپ برروی گوش سمت چپ و کپسول سمت راست برروی گوش سمت راست؛
- اندازه‌گیری مرجع پاسخ بسامدی، درست پس از اندازه‌گیری صدای مورد آزمون تکرار شده‌است و ازطریق مقایسه با اندازه‌گیری نخست به‌دقت بررسی شده‌است؛ درصورت بروز انحراف‌های غیر منتظره، کل روش اجرایی اندازه‌گیری تکرار شده‌است.

تحلیل عدم قطعیت برای نتیجه پایانی $L_{FF,G,Aeq}$ یا $L_{DF,H,Aeq}$ انجام شده‌است. مقدار $L_{FF,G,Aeq}$ یا $L_{DF,H,Aeq}$ به‌صورت تابعی از مؤلفه‌های تأثیرگذار ازطریق مدل خطی تقریب زده شده‌است.

برای این مثال (به جدول ب-۱ مراجعه شود) ارقام برای شرایط یادشده و برای یک آزمایشگاه باتجربه تعیین شده‌اند. در عمل، اگر شرایط دیگری وجود داشته‌باشد (برای مثال سیگنال‌های آزمون دیگر، انواع دیگر گوشی) محاسبه باید تکرار شود. عدم قطعیت گسترش‌یافته با ضرب عدم قطعیت استاندارد ترکیبی در فاکتور پوشش $k=2$ به‌دست می‌آید و احتمال پوشش تقریبی ۹۵٪ حاصل می‌گردد.

عدم قطعیت از شش منبع گوناگون حاصل می‌گردد. مؤلفه‌های متناظر به‌صورت عدم قطعیت‌های نوع B ارزش‌یابی می‌شوند.

جدول ب-۱- تحلیل عدم قطعیت

مؤلفه	عدم قطعیت استاندارد، dB
تراز حساسیت میکروفون و عدم قطعیت ترازسنج فشار صدا	
عدم قطعیت L_{Aeq} مربوط به کالیبراسیون میکروفون و استفاده از ترازسنج صدای دقیق برای اندازه‌گیری میدان صدای مرجع **0,2dB±** فرض می‌شود. گستره میانی **0,2dB** با توزیع راست‌گوشه است. این توزیع معادل است با عدم قطعیت استاندارد $0,2dB/\sqrt{3}=0,12dB$	۰/۱۲
انحراف پاسخ بسامدی	
عدم قطعیت L_{Aeq} مربوط به انحراف‌های (پذیرفته) پاسخ بسامدی آزمون‌شوندگان در اندازه‌گیری صدای مورد آزمون و اندازه‌گیری مرجع (هرگاه پس از اندازه‌گیری صدای مورد آزمون، دوباره بررسی شود) و مربوط به انحراف پاسخ‌های بسامدی جداگانه $\Delta L_{FF,H,f}$ یا $\Delta L_{DF,H,f}$ آزمون‌شوندگان نسبت به مقدار میانگین آن برروی تعداد بالایی از افراد **0,7dB±** فرض می‌شود.	۰/۷
تراز سیگنال آزمون	
عدم قطعیت L_{Aeq} مربوط به انحراف‌های سیگنال آزمون از بزرگ‌ترین سیگنال آزمون **0,12dB±** است.	۰/۱۲
انحراف آب و هوایی	
آب و هوای آزمایشگاه برای اندازه‌گیری میدان صدای مرجع، در گستره‌ای بوده‌است، که چنین اندازه‌گیری‌هایی معمولاً انجام می‌شوند (برای مثال $(21\pm2)^{\circ}C$ و $(50\pm15)\%RH$). عدم قطعیت L_{Aeq} مربوط به انحراف آب و هوایی، **0,4dB±** است. گستره میانی **0,4dB** با توزیع راست‌گوشه است. این توزیع معادل است با عدم قطعیت استاندارد $0,4dB/\sqrt{3}=0,23dB$	۰/۲۳
انحراف L_{ear}	
تعیین‌شده ازطریق عدم قطعیت استاندارد اندازه‌گیری L_{ear} با توزیع نرمال	۰/۸
خطای گردکردن	
نتیجه L_{Aeq} با تفکیک‌پذیری **0,1dB** بیان می‌شود که گستره میانی این مؤلفه **0,05dB** با توزیع راست‌گوشه است. این توزیع معادل است با عدم قطعیت استاندارد $0,05dB/\sqrt{3}=0,03dB$	۰/۰۳
عدم قطعیت ترکیبی و گسترش‌یافته عدم قطعیت استاندارد ترکیبی L_{Aeq} با افزودن مربعات هر عدم قطعیت استاندارد و سپس به‌دست‌آوردن ریشه مربع تعیین می‌گردد که **1,1dB** می‌گردد. عدم قطعیت گسترش‌یافته با **k=2** برابر است با **2,2dB**.	

کتاب‌نامه

[1] ISO 11904-2:—[2)], *Acoustics — Determination of sound immission from sound sources placed close to the ears — Part 2: Technique using a manikin (manikin technique)*

[2] IEC 60268-1, *Sound system equipment — Part 1: General*

[3] EN 50332-1, *Sound system equipment — Headphones and earphones associated with portable audio equipment — Maximum sound pressure level measurement methodology and limit considerations —Part 1: General method for "one package equipment"*

[4] MØLLER H., SØRENSEN M.F, HAMMERSHØI D., JENSEN C.B. Head-related transfer functions of human subjects. *J. Audio Eng. Soc.*, **43**(5), 1995, pp. 300-321

[5] HAMMERSHØI D., MØLLER H. Sound transmission to and within the human ear canal. *J. Acoust. Soc. Am.*, **100**(1), 1996, pp. 408-427

[6] HELLSTRÖM P.-A. Free-field-front eardrum HRTFs for 220 subjects (384 ears), measured as described by HELLSTRÖM and AXELSSON [13]. Personal communication, 1999

[7] BRONKHORST A.W. Free-field-front and diffuse-field eardrum HRTFs for 31 subjects (62 ears) and free-field-front and diffuse field blocked-entrance HRTFs for 69 subjects (138 ears). Data from LANGENDIJK and BRONKHORST [14] and DRULLMANN and BRONKHORST [15], using largely the methods described by BRONKHORST [16]. Personal communication, 1999

[8] SANDVAD J. Dynamic aspects of auditory virtual environments. *Proc. 100th Audio Eng. Soc. Conv.*, Copenhagen, May 11-14 1996, preprint 4226, pp. 1-14

[9] BRUEGGEN M. Free-field-front and diffuse-field blocked-entrance HRTFs for 3 subjects (6 ears), measured largely as described by Hartung [17]. Personal communication, 1999

[10] KILLION M., BERGER E.H., NUSS R.A. Diffuse field response of the ear. *Meet. Acoust. Soc. Am.*, Indianapolis 11-15 May 1987, abstract in *J. Acoust. Soc. Am.* Suppl. 1, S75, 1987

[11] BERGER E.H. Diffuse-field eardrum HRTFs for 16 subjects (one ear or subject mean). Originally presented by Killion et al. [10]. Personal communication, 1999

[12] MØLLER H., JENSEN C.B., HAMMERSHØI D., SØRENSEN M. F. Design criteria for headphones. *J. Audio Eng. Soc.*, **43**(4), 1995, pp. 208-232

[13] HELLSTROM P.-A., AXELSSON A. Miniature microphone probe tube measurements in the external auditory canal. *J. Acoust. Soc. Am.*, **93**(4), 1993, pp. 907-919

[14] LANGENDIJK E.H.A. and BRONKHORST A.W. Fidelity of three-dimensional sound reproduction using a virtual auditory display. *J. Acoust. Soc. Am.*, **107**(1), 2000, pp. 528-537

[15] DRULLMANN R., BRONKHORST A.W. Multichannel speech intelligibility and talker recognition using monaural, binaural and three-dimensional auditory presentation. *J. Acoust. Soc. Am.*, **107**(4), 2000, pp. 2224-2235

[16] BRONKHORST A.W. Localization of real and virtual sound sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, **98**, 1995, pp. 2542-2553

[17] HARTUNG K. Messung, Verifikation und Analyse von Außenohrübertragungsfunktionen. *Fortschritte der Akustik*, DAGA '95, 1995, pp. 755-758

[18] STOREY L., DILLON H. Self-consistent correction figures for hearing aids. In preparation.

[19] HAMMERSHØI D., MØLLER H. Determination of noise immission from sound sources close to the ears. In preparation.

ICS: 17.140.01

صفحه: ۲۳