ISIRI
10536
1 st. Edition

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

استاندارد ملی ایران
۱۰۵۳۶
چاپ اول

آکوستیک – نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال

Acoustics -Normal equal-loudness-level contours

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 ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵
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 : ۲۶۶۵ 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: 2665 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 – نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال"

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.....۱
۴ فرمول‌های مورد استفاده برای استنتاج نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال.....۲
پیوست الف (الزامی) – نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب در شرایط شنود در میدان آزاد.....۶
پیوست ب (الزامی) - جدول‌های مربوط به نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب در شرایط شنود در میدان آزاد.....۷
پیوست پ (اطلاعاتی) - نکاتی درباره استنتاج نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال.....۱۰
کتاب‌نامه.....۱۸

پیش‌گفتار

استاندارد "آکوستیک – نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال" که توسط کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و در یک‌صد و شصت و چهارمین 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 226 : 2003, Acoustics -Normal equal-loudness-level contours

مقدمه

نمودارهایی که ترکیب نغمه‌های ناب را برحسب بسامد و تراز فشار صدای با بلندی یکسان تعیین می‌کنند یک خصوصیت اساسی سیستم شنوایی انسان را بیان می‌کنند و در حوزه آکوستیک روانی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. به‌همراه داده‌های مربوط به آستانه شنوایی در شرایط شنود در میدان آزاد و میدان پخشا، این نمودارهای هم‌تراز بلندی در ویرایش پیشین مرجع این استاندارد مشخص شده‌بود.

یادآوری – ترازهای هم‌بلندی را می‌توان برای باندهای نوفه نیز تعیین کرد. اما در این استاندارد، تنها نمودارهای هم‌تراز بلندی برای نغمه‌های ناب مشخص شده‌اند زیرا داده‌های موجود درباره باندهای نوفه کفایت نمی‌کنند. با این وجود، این استاندارد را می‌توان برای باندهای یک‌سوم هنگامی نوفه به‌کار برد.

به‌دلیل نبود داده‌های کافی درباره تراز هم‌بلندی و نیاز به آستانه‌های شنوایی، درطول ویرایش فنی مرجع این استاندارد، تصمیم گرفته‌شد که داده‌های آستانه و فراآستانه به دو مدرک جداگانه تقسیم شوند. مقادیر آستانه در استاندارد ملی ایران ۷-۱۰۵۳۵ به‌عنوان بخشی از مجموعه استانداردهای ملی درباره مقادیر صفر مرجع برای کالیبراسیون تجهیزات شنوایی‌سنجی مشخص شده‌اند. در این استاندارد، نمودارهای هم‌تراز بلندی مشخص شده‌است. این نمودارها با توجه به داده‌های ویرایش پیشین مرجع این استاندارد، تجدید نظر شده‌اند.

آکوستیک - نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص‌کردن ترکیب‌های تراز فشار صدا و بسامدهای نغمه ناب پیوسته‌ای است که افراد شنونده، آن‌ها را با بلندی برابری درک می‌کنند. این مشخصات برپایه شرایط زیر تدوین شده‌اند:

الف) میدان صدا در نبود شنونده، متشکل از یک موج تخت پیش‌رونده آزاد است؛

ب) میدان صدا به‌طور مستقیم در جلوی شنونده قرار دارد؛

پ) سیگنال‌های صدا، نغمه ناب هستند؛

ت) تراز فشار صدا در موقعیت مرکز سر شنونده ولی در نبود شنونده اندازه‌گیری می‌شود؛

ث) شنود با دو گوش انجام می‌شود؛

ج) شنوندگان، افرادی با شنوایی عادی و در گستره سنی ۱۸ تا و شامل ۲۵ سال هستند.

در پیوست الف، داده‌ها به‌صورت ترسیمی و در پیوست ب به‌صورت عددی برای بسامدهای ترجیحی در مجموعه یک‌سوم هنگامی ۲۰ تا و شامل ۱۲۵۰۰ هرتز، طبق استاندارد ISO 266 تعیین شده‌اند.

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:

2-1- ISO 266, Acoustics – Preffered frequencies

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود.

۳-۱ فرد دارای شنوایی عادی

فردی با سلامتی عادی که هیچ‌گونه نشانه‌ای از بیماری گوش یا غشای مسدودکننده در کانال گوش ندارد، و سابقه‌ای از رویارویی غیرضروری با نوفه، استفاده از مواد سمی، یا کاهش شنوایی ارثی ندارد.

۳-۲ میدان صدای آزاد

میدان صدایی که در آن مرزهای اتاق، اثر قابل چشم‌پوشی بر امواج صدا دارند.

۳-۳ تراز بلندی

مقداری برحسب فون که دارای مقدار عددی یکسانی با تراز فشار صدای مرجع برحسب دسی‌بل و متشکل از یک موج پیش‌رونده تخت سینوسی برخوردکننده از جلو در بسامد ۱۰۰۰ هرتز است که بلندی آن با صدای تعیین‌شده، یکسان قضاوت می‌شود.

۴-۳ رابطه هم‌بلندی

منحنی یا تابعی که برای نغمه نابی با بسامد معین، رابطه میان تراز بلندی و تراز فشار صدا را بیان می‌کند.

۵-۳ نمودار هم‌تراز بلندی

نموداری در صفحه تراز فشار صدا به بسامد که متصل‌کننده نقاطی نمایانگر مختصات نغمه‌های ناب است که با هم‌بلندی قضاوت می‌شوند.

۶-۳ نمودار هم‌تراز بلندی نرمال

نمودار هم‌تراز بلندی که نمایانگر قضاوت متوسط افرادی با شنوایی عادی در حدود سنی ۱۸ تا و شامل ۲۵ سال است.

یادآوری – در پیوست پ، روش استنتاج نمودار هم‌تراز بلندی نرمال توصیف شده‌است.

۷-۳ آستانه شنوایی

تراز صدایی که در شرایط مشخص، فرد در آزمون‌های تکراری، در ۵۰٪ موارد، صدا را تشخیص می‌دهد.

۴ فرمول‌های مورد استفاده برای استنتاج نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال

۱-۴ استنتاج تراز فشار صدا از تراز بلندی

تراز فشار صدای نغمه ناب، L_p، با بسامد f که دارای تراز بلندی L_N است ازطریق زیر تعیین می‌شود:

$$L_p = \left(\frac{10}{a_f}.\log A_f\right) dB - L_U + 94dB \qquad (۱)$$

که در آن:

$$A_f = 4{,}47\times10^{-3}\times\left(10^{0{,}025L_N} - 1{,}15\right) + \left[0{,}4\times10^{\left(\frac{T_f+L_U}{10}-9\right)}\right]^{a_f}$$

T_f آستانه شنوایی؛

α_f نمای درک بلندی؛

L_U بزرگی تابع تبدیل خطی نرمال‌شده در ۱۰۰۰ هرتز.

در جدول ۱، همه این مقادیر تعیین شده‌اند.

معادله (۱) در هر بسامد برای مقادیر حد پایینی ۲۰ فون تا حد بالایی زیر کاربرد دارد:

۲۰ تا ۴۰۰۰ هرتز: ۹۰ فون

۵۰۰۰ تا ۱۲۵۰۰ هرتز: ۸۰ فون

به‌دلیل نبود داده‌های تجربی میان ۲۰ فون و آستانه‌های شنوایی، معادله (۱) تنها حاوی اطلاعات برای ترازهای بلندی زیر ۲۰ فون است. همین امر درباره ترازهای بلندی بالای ۹۰ تا ۱۰۰ فون از ۲۰ تا ۱۰۰۰ هرتز صدق می‌کند زیرا تنها داده‌های حاصل از یک مؤسسه در ۱۰۰ فون موجود است.

۲-۴ استنتاج ترازهای بلندی از ترازهای فشار صدا

تراز بلندی L_N نغمه ناب با بسامد f و دارای تراز فشار صدا L_P ازطریق رابطه زیر بیان می‌شود:

$$L_N = \left(40.\log B_f\right)phon + 94\,phon \qquad (۲)$$

که در آن:

$$B_f = \left[0{,}4\times 10^{\left(\frac{L_p+L_U}{10}-9\right)}\right]^{a_f} - \left[0{,}4\times 10^{\left(\frac{T_f+L_U}{10}-9\right)}\right]^{a_f} + 0{,}005135$$

و T_f، α_f و L_U با مقادیر بند ۴-۱ مطابقت دارد.

محدودیت‌های زیر که درباره معادله (۱) کاربرد دارند برای معادله (۲) نیز به‌کار می‌روند.

جدول ۱- پارامترهای معادله (۱) مورد استفاده برای محاسبه نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال

بسامد، f Hz	α_f	L_U dB	T_f dB
20	0,532	–31,6	78,5
25	0,506	–27,2	68,7
31,5	0,480	–23,0	59,5
40	0,455	–19,1	51,1
50	0,432	–15,9	44,0
63	0,409	–13,0	37,5
80	0,387	–10,3	31,5
100	0,367	–8,1	26,5
125	0,349	–6,2	22,1
160	0,330	–4,5	17,9
200	0,315	–3,1	14,4
250	0,301	–2,0	11,4
315	0,288	–1,1	8,6
400	0,276	–0,4	6,2
500	0,267	0,0	4,4
630	0,259	0,3	3,0
800	0,253	0,5	2,2
1 000	0,250	0,0	2,4

جدول ۱ (ادامه)

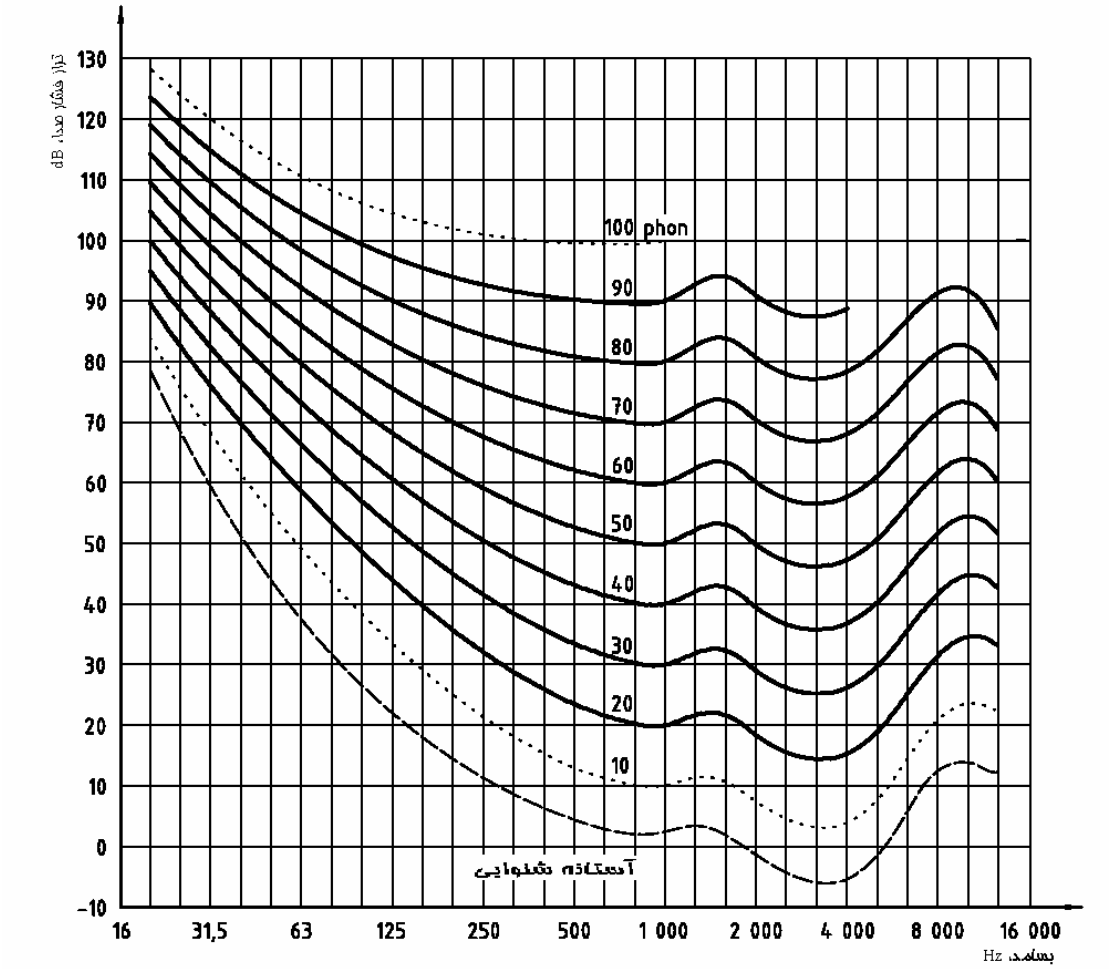
بسامد، f Hz	α_f	L_U dB	T_f dB
1 250	0,246	–2,7	3,5
1 600	0,244	–4,1	1,7
2 000	0,243	–1,0	–1,3
2 500	0,243	1,7	–4,2
3 150	0,243	2,5	–6,0
4 000	0,242	1,2	–5,4
5 000	0,242	–2,1	–1,5
6 300	0,245	–7,1	6,0
8 000	0,254	–11,2	12,6
10 000	0,271	–10,7	13,9
12 500	0,301	–3,1	12,3

پیوست الف

(الزامی)

نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب

در شرایط شنود در میدان آزاد



یادآوری ۱- آستانه شنوایی در شرایط شنوایی میدان آزاد، T_f، با خط‌چین نشان داده شده‌است.

یادآوری ۲- به‌دلیل نبود داده‌های تجربی میان ۲۰ فون و آستانه‌های شنوایی، نمودار در ۱۰ فون با خط‌چین نشان داده شده‌است. به‌علاوه، از آن‌جاکه داده‌های مربوط به تراز بلندی۱۰۰ فون ، تنها از یک مؤسسه قابل دستیابی است نمودار این تراز بلندی نیز با خط‌چین نشان داده شده‌است.

شکل الف-۱- نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب

(شنود میدان آزاد با دو گوش، برخورد از جلو)

پیوست ب

(الزامی)

جدول‌های مربوط به نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب در شرایط شنود در میدان آزاد

جدول ب-۱- تراز فشار صدای متناظر با تراز بلندی معینی از نغمه‌های ناب در گستره بسامدی ۲۰ تا ۱۲۵۰۰ هرتز

تراز بلندی برحسب فون	تراز فشار صدا، dB									
	بسامد، Hz									
	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
10	(83,8)	(75,8)	(68,2)	(61,1)	(55,0)	(49,0)	(43,2)	(38,1)	(33,5)	(28,8)
20	89,6	82,7	76,0	69,6	64,0	58,6	53,2	48,4	43,9	39,4
30	94,8	88,5	82,4	76,5	71,3	66,2	61,2	56,8	52,6	48,4
40	99,9	93,9	88,2	82,6	77,8	73,1	68,5	64,4	60,6	56,7
50	104,7	99,1	93,7	88,5	84,0	79,6	75,4	71,6	68,2	64,7
60	109,5	104,2	99,1	94,2	90,0	85,9	82,1	78,7	75,6	72,5
70	114,3	109,2	104,4	99,8	95,9	92,2	88,6	85,6	82,9	80,2
80	119,0	114,2	109,6	105,3	101,7	98,4	95,2	92,5	90,1	87,8
90	123,7	119,2	114,9	110,9	107,5	104,5	101,7	99,3	97,3	95,4
100	(128,4)	(124,2)	(120,1)	(116,4)	(113,4)	(110,6)	(108,2)	(106,2)	(104,5)	(103,0)

جدول ب-۱ (ادامه)

تراز بلندی برحسب فون	تراز فشار صدا، dB									
	بسامد، Hz									
	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600
10	(24,8)	(21,3)	(18,1)	(15,1)	(13,0)	(11,2)	(10,0)	10,0	(11,3)	(10,4)
20	35,5	32,0	28,7	25,7	23,4	21,5	20,1	20,0	21,5	21,4
30	44,8	41,5	38,4	35,5	33,4	31,5	30,1	30,0	31,6	32,0
40	53,4	50,4	47,6	45,0	43,1	41,3	40,1	40,0	41,8	42,5
50	61,7	59,0	56,5	54,3	52,6	51,1	50,0	50,0	52,0	52,9
60	69,9	67,5	65,4	63,5	62,1	60,8	59,9	60,0	62,2	63,2
70	77,9	75,9	74,2	72,6	71,5	70,5	69,8	70,0	72,3	73,5
80	85,9	84,3	82,9	81,7	80,9	80,2	79,7	80,0	82,5	83,7
90	93,9	92,6	91,6	90,8	90,2	89,8	89,6	90,0	92,6	94,0
100	(101,8)	(101,0)	(100,3)	(99,8)	(99,6)	(99,5)	(99,4)	100,0	—	—

جدول ب-۱ (ادامه)

تراز بلندی برحسب فون	تراز فشار صدا، dB								
	بسامد، Hz								
	2 000	2 500	3 150	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000	12 500
10	(7,3)	(4,5)	(3,0)	(3,8)	(7,5)	(14,3)	(21,0)	(23,4)	(22,3)
20	18,2	15,4	14,3	15,1	18,6	25,0	31,5	34,4	33,0
30	28,8	26,0	25,0	26,0	29,4	35,5	41,7	44,6	42,5
40	39,2	36,5	35,6	36,6	40,0	45,8	51,8	54,3	51,5
50	49,6	46,9	46,1	47,1	50,5	56,1	61,8	63,8	60,1
60	60,0	57,3	56,4	57,6	60,9	66,4	71,7	73,2	68,6
70	70,3	67,6	66,8	68,0	71,3	76,6	81,5	82,5	77,0
80	80,6	77,9	77,1	78,3	81,6	86,8	91,4	91,7	85,4
90	90,9	88,2	87,4	88,7	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
یادآوری – مقادیر داخل پرانتز، تنها برای آگاهی تعیین شده‌اند.									

جدول ب-۲- ترازهای بلندی متناظر با تراز فشار صدای تعیین‌شده نغمه‌های ناب در گستره بسامدی ۲۰ تا ۱۲۵۰۰ هرتز

تراز فشار صدا، dB	تراز بلندی برحسب فون									
	بسامد، Hz									
	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	(4,3)	(7,3)	(11,1)
40	—	—	—	—	—	—	(7,5)	(11,6)	(16,0)	20,7
50	—	—	—	—	(6,0)	(10,9)	(16,5)	21,9	26,9	31,9
60	—	—	—	(8,9)	(15,2)	21,8	28,4	34,2	39,3	44,1
70	—	—	(12,1)	20,6	28,2	35,5	42,2	47,8	52,5	56,8
80	(4,4)	(15,9)	26,2	35,7	43,6	50,7	57,0	62,0	66,1	69,8
90	20,8	32,7	43,3	52,7	60,1	66,5	72,1	76,4	79,9	82,9
100	40,3	51,7	61,8	70,4	77,1	82,7	87,5	(91,0)	(93,8)	(96,1)
110	61,1	71,6	80,7	88,5	(94,3)	(99,0)	—	—	—	—
120	82,2	(91,7)	(99,8)	—	—	—	—	—	—	—

جدول ب-۲ (ادامه)

تراز فشار صدا، dB	تراز بلندی برحسب فون									
	بسامد، Hz									
	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	(5,5)	(7,3)	(8,9)	(10,0)	10,0	(8,8)	(9,6)
20	(6,2)	(8,9)	(11,8)	(14,5)	(16,7)	(18,6)	(19,9)	20,0	(18,6)	(18,7)
30	(14,6)	(18,0)	21,3	24,4	26,6	28,5	29,9	30,0	28,4	28,1
40	24,8	28,4	31,8	34,7	36,9	38,7	40,0	40,0	38,2	37,6
50	36,0	39,6	42,7	45,4	47,3	48,9	50,0	50,0	48,1	47,3
60	47,9	51,2	53,9	56,3	57,9	59,2	60,1	60,0	57,9	56,9
70	60,2	63,0	65,3	67,2	68,5	69,5	70,3	70,0	67,8	66,7
80	72,6	74,9	76,7	78,2	79,1	79,9	80,4	80,0	77,6	76,4
90	85,2	86,9	88,2	89,2	89,8	(90,2)	(90,5)	90,0	87,4	86,1
100	(97,7)	(98,9)	(99,7)	—	—	—	—	100,0	—	—
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

جدول ب-۲ (ادامه)

تراز فشار صدا، dB	تراز بلندی برحسب فون								
	بسامد، Hz								
	2 000	2 500	3 150	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000	12 500
0	—	(6,1)	(7,4)	(6,8)	—	—	—	—	—
10	(12,5)	(15,1)	(16,2)	(15,4)	(12,3)	(6,0)	—	—	—
20	21,8	24,3	25,3	24,5	21,3	(15,3)	(9,1)	(7,1)	(8,1)
30	31,2	33,8	34,7	33,8	30,6	24,8	(18,6)	(15,9)	(17,0)
40	40,8	43,4	44,2	43,2	40,0	34,4	28,3	25,5	27,3
50	50,4	53,0	53,8	52,8	49,6	44,1	38,2	35,6	38,3
60	60,1	62,7	63,5	62,4	59,2	53,8	48,3	46,0	49,9
70	69,8	72,4	73,2	72,0	68,8	63,6	58,4	56,7	61,7
80	79,5	82,1	82,9	81,7	78,5	73,4	68,5	67,4	73,6
90	89,2	—	—	—	—	—	78,6	78,2	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—

یادآوری – مقادیر داخل پرانتز، تنها برای آگاهی تعیین شده‌اند.

پیوست پ

(اطلاعاتی)

نکاتی درباره استنتاج نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال

پ-۱ داده‌های تجربی

نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب در شرایط شنود در میدان آزاد قیدشده در این استاندارد، از نتایج دوازده وارسی تجربی مستقل طبق مراجع [1] تا [12] به‌دست آمده‌اند. در اغلب موارد، شرایط تجربی همچون معیار تحریک و آزمون‌شونده، در شرایط ترجیحی آزمون صدق کرده‌اند (به مرجع [13] مراجعه شود). انحراف از شرایط ترجیحی آزمون را می‌توان قابل چشم‌پوشی درنظر گرفت. در جدول پ-۱، شرح مختصری از وارسی‌ها تعیین شده‌است.

پ-۲ استنتاج معادله (۱) و معادله (۲)

نمودارهای هم‌تراز بلندی در صفحه دوبعدی توصیف‌شده با محور تراز فشار صدا و بسامد ترسیم می‌گردد. از آن‌جاکه داده‌های رسم نمودارها به‌طور گسسته تعیین می‌گردد داده‌ها باید به‌طور مناسبی هموار و درون‌یابی‌شده باشند. تا این‌جا، یک تابع مدل نمایانگر روابط هم‌بلندی به‌دست می‌آید. مقادیر پارامترها با برازش تابع با داده‌های تجربی با استفاده از روش حداقل مربعات به‌دست می‌آید.

درون‌یابی درطول محور فشار صدا برپایه تابع بلندی مدل تهیه شده‌است. تابع بلندی، بلندی صدا را به‌صورت تابعی از تراز فشار صدا نشان می‌دهد. اگرچه چند تابع به‌عنوان تابع بلندی مدل برای نغمه ناب، l، پیشنهاد شده‌است در این‌جا تابع زیر به‌کار رفته‌است:

$$l = c\left(p^{2\theta} - p_t^{2\theta}\right) \qquad \text{(پ-۱)}$$

که در آن:

c ثابت ابعادی؛

p فشار صدای نغمه ناب؛

θ نمای فرایند درک بلندی؛

p_t آستانه شنوایی برحسب فشار صدا.

این تابع در مراجع [14] و [15] تعیین شده‌است و چنین مشخص شده‌است که با وجود شکل ساده آن، تابع بلندی نغمه ناب را در نبود نوفه ماسک، بسیار خوب توصیف می‌کند (به مرجع [16] مراجعه شود).

به‌علاوه، در مرجع [17] چنین ذکر شده‌است که دو فرایند گوناگون در ارزیابی بلندی وجود دارد: یکی از این دو فرایند، "فرایند درک بلندی" است؛ فرایند دیگر "فرایند شماره‌گذاری" است. برپایه این ایده، یک مدل دو مرحله‌ای پیشنهاد شده‌است که در آن خروجی‌های هردو فرایند با تغییر شکل‌های توان جداگانه‌ای توصیف می‌شوند. به‌علاوه، در سیستم شنوایی واقعی، صدای منتشرشده از منبع صدا با تابع تبدیل خطی همچون تابع تبدیل نسبت به سر و توابع تبدیل گوش بیرونی،

گوش میانی، و بخش مکانیکی خطی گوش درونی، تغییر شکل می‌دهد. تابع تبدیل خطی، تابع تبدیل فراگیری را میان منبع صدا و مرحله درست پیش از فرایند درک بلندی، توصیف می‌کند. طبق این ایده‌ها، فرایند رده‌بندی بلندی متشکل از سه بخش است:

- تابع تبدیل خطی،
- درک بلندی، و
- شماره‌گذاری.

در شکل پ-۱، نمودار بلوکی توصیفگر این مدل نشان داده شده‌است. پاسخ بلندی برپایه این مدل به‌همراه تابع بلندی معادله (پ-۱) به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$l = b\left[c\left\{\left(U_p\right)^{2\alpha} - \left(U_{p_t}\right)^{2\alpha}\right\}\right]^{\beta} \qquad \text{(پ-۲)}$$

که در آن:

U تابع تبدیل خطی گسترش‌یافته؛

c و α به‌ترتیب، ثابت ابعادی گسترش‌یافته و نمای "فرایند درک بلندی"؛

b و β به‌ترتیب، مربوط به "فرایند شماره‌گذاری"؛

p و p_t طبق معادله (پ-۱).

شکل پ-۱- نمودار بلوکی مدل فرایند رده‌بندی بلندی

علاوه بر فشار صدا، رابطه هم‌بلندی درطول محور بسامد نیز باید با یک تابع بیان شود. هرگاه بلندی نغمه ناب ۱۰۰۰ هرتز، برابر باشد با بلندی نغمه ناب fهرتز، معادله زیر را می‌توان از معادله (پ-۲) به‌دست آورد:

$$p_f^2 = \frac{1}{U_f^2}\left[\left(p_t^{2\alpha_r} - p_{tr}^{2\alpha_r}\right) + \left(U_f\, p_{tf}\right)^{2\alpha_f}\right]^{1/\alpha_f} \qquad \text{(پ-۳)}$$

که در آن:

p_f فشار صدای نغمه ناب f هرتز، هرگاه بلندی آن برابر باشد با نغمه ناب ۱۰۰۰ هرتز با فشار صدای p_r،

p_{tf} آستانه شنوایی در بسامد f هرتز؛

p_{tr} آستانه شنوایی در ۱۰۰۰ هرتز؛

α_f و α_r به‌ترتیب، نمای نغمه‌های ناب fهرتز و ۱۰۰۰ هرتز؛

U_f دامنه تابع تبدیل خطی نرمال‌شده در ۱۰۰۰ هرتز.

یعنی، U در ۱۰۰۰ هرتز، در ۱ تنظیم شده‌است. در این استنتاج‌ها فرض بر این است که "متغیرهای فرایند شماره‌گذاری"، b و β مستقل از بسامد هستند. با این معادلات، می‌توان تراز فشار صدای نغمه ناب fهرتز را که بلندی آن برابر است با نغمه ناب ۱۰۰۰ هرتز، محاسبه کرد.

با جای‌گزینی مقادیر زیر:

$$p_f^2 = p_0^2 10^{L_f/10}.p_r^2 = p_0^2 10^{L_N/10}.p_{tf}^2 = p_0^2 10^{T_f/10}.p_{tr}^2 = p_0^2 10^{T_R/10} \quad and \quad U_f^2 = 10^{L_U/10}$$

به‌جای: $p_f^2, p_r^2, p_{tf}^2, p_{tr}^2$ و U_f^2

معادله (پ-۳) را می‌توان به معادله (۱) تبدیل کرد.

که در آن p_0 برابر است با ۲۰ میکروپاسکال، و به‌جای α_r مقدار ۰/۲۵ و به‌جای T_r مقدار آستانه ۲/۴ دسی‌بل جای‌گزین می‌شود.

معادله (۲) را می‌توان از معادله (پ-۳) با همان جای‌گزینی‌ها به‌دست آورد.

نمای α_r که نما در ۱۰۰۰ هرتز است به دلایل زیر در ۰/۲۵ تنظیم می‌شود. مقدار نوعی به‌دست‌آمده توسط روش AME (برآورد دامنه مطلق) ۰/۲۷ بود (۰/۵۴ برای فشار صدا) (به مرجع [15] مراجعه شود). به‌نظر می‌رسد که بلندی به‌دست‌آمده ازطریق تجربه AME، مناسب خروجی مدل دومرحله‌ای است. ازاین‌رو، نمای ۰/۲۷ به‌عنوان مقداری متناظر با $\alpha_{r\beta}$ در معادلات پذیرفته می‌شود که در آن β=1,08. این مقدار β در مرجع [18] تعیین شده‌است. بنابراین، نما در ۱۰۰۰ هرتز، α_r، ۰/۲۵ (=0,27/1,08) فرض می‌شود.

پ-۳ استنتاج پارامترهای وابسته به بسامد طبق جدول ۱

درصورت به‌دست‌آوردن مقادیر پارامترهای وابسته به بسامد، α_r ، L_U، و T_f در معادله (۱)، نمودارهای هم‌تراز بلندی را می‌توان رسم کرد. مقادیر از داده‌های تجربی طبق این روش اجرایی محاسبه شده‌اند.

الف) به استثنای دو مطالعه (مراجع [19,21]) که در آن‌ها مقادیر میانگین، مورد استفاده قرار گرفته‌اند آستانه‌های شنوایی از ۲۰ تا ۱۲۵۰۰ هرتز (مراجع [3-9,11,12,20,22,23]) با تعیین میانگین نتایج میانه مطالعات جداگانه برای هر بسامد و سپس هموارسازی و درون‌یابی با تابع Bجمله‌ای توان سه نمایش داده می‌شوند. مقادیر حاصل به‌صورت T_f در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. در محاسبه تابع چندجمله‌ای، تعداد آزمون‌شوندگان احتساب نشده‌اند.

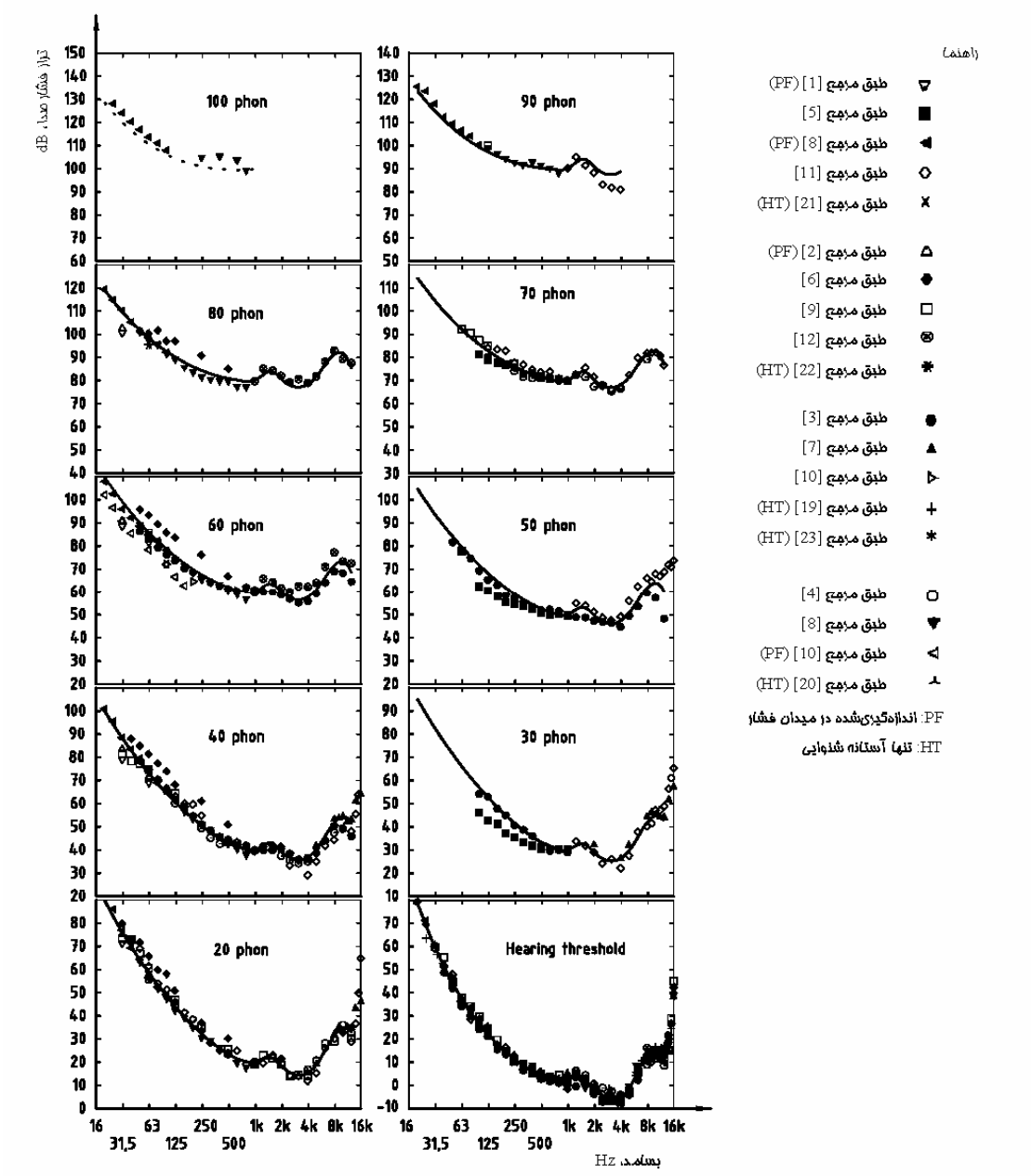
ب) معادله (۱) به میانگین نتایج مطالعات جداگانه (مراجع [1-12]) در هر بسامد ازطریق روش حداقل مربعات غیر خطی برای برآورد α_f و L_U برازش شده‌است. آن‌گاه، مقادیر به‌دست‌آمده α_f با تابع Bجمله‌ای توان سه، هموار و درون‌یابی می‌شود. مقادیر حاصل در جدول ۱ به‌عنوان α_f نشان داده شده‌اند.

پ) آن‌گاه مقادیر L_U با استفاده از معادله (۱) با مقادیر α_f دوباره برآورد می‌شود. مقادیر دوباره برآوردشده L_U با تابع Bجمله‌ای توان سه، هموار ودرون‌یابی شده‌است. مقادیر حاصل در جدول ۱ به‌عنوان L_U نشان داده شده‌اند.

پ-۴ مقایسه میان نمودارهای هم‌تراز بلندی و داده‌های تجربی

برآورد نمودارها برای گستره بسامدی ۲۰ تا ۱۲۵۰۰ هرتز انجام شده‌است زیرا داده‌های موجود در بسامدهای بالاتر از ۱۲۵۰۰ هرتز، تغییرپذیری بزرگی را نشان می‌دهد. در شکل پ-۲، داده‌های

حاصل از مراجع [1] تا [12] و از [19] تا [23] به‌همراه نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برازش‌شده و منحنی آستانه شنوایی نشان داده شده‌است.



یادآوری ۱- داده‌های اندازه‌گیری‌شده در میدان فشار (PF)، تنها مربوط به بسامدهای پایین است (به جـدول پ-۱ و زیرنویس ب مراجعه شود).

یادآوری ۲- نمادها، داده‌های تجربی هستند؛ نمودارها طبق معادله (۱) محاسبه می‌شوند.

شکل پ-۲- نمودارهای هم‌تراز بلندی برای نغمه‌های ناب
در شرایط شنیداری میدان آزاد برای شنوایی عادی

جدول پ-۱- وارسی نمودارهای هم‌تراز بلندی نرمال برای نغمه‌های ناب

وارسی	مرجع [1]	مرجع [2]	مرجع [3]	مرجع [4]
سال	۱۹۸۳	۱۹۸۴	۱۹۸۹	۱۹۸۹
کشور	دانمارک	دانمارک	آلمان	ژاپن
میدان صدا	میدان فشار[b]	میدان فشار[b]	میدان آزاد	میدان آزاد
گستره اندازه‌گیری‌شده[a]	20 phon: 2 Hz to 63 Hz 40 phon: 2 Hz to 63 Hz 60 phon: 2 Hz to 63 Hz 80 phon: 8 Hz to 63 Hz 100 phon: 31,5 Hz to 63 Hz	20 phon: 2 Hz to 63 Hz 40 phon: 2 Hz to 63 Hz 60 phon: 2 Hz to 63 Hz 80 phon: 4 Hz to 63 Hz 100 phon: 16 Hz to 63 Hz	Threshold: 40 Hz to 15 000 Hz 30 phon: 100 Hz to 1 000 Hz 40 phon: 50 Hz to 12 500 Hz 50 phon: 50 Hz to 12 500 Hz 60 phon: 50 Hz to 12 500 Hz	Threshold: 63, 125, 250 to 12 500 Hz 20 phon: 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 to12 500 Hz 40 phon: 125, 250 to 4 000, 8 000 Hz 70 phon: 125, 250 to 4 000, 8 000 Hz
تعداد آزمون‌شوندگان (سن)	۱۴ (۱۸ تا ۲۵)	۲۰ (۱۸ تا ۲۵)	۱۳ تا ۴۹ (۱۷ تا ۲۵)	۹ تا ۳۲ (۱۹ تا ۲۵)
روش تجربی	روش اجرایی حداکثر احتمال تصادفی متوالی	روش اجرایی حداکثر احتمال تصادفی متوالی	روش تحریک‌های ثابت	روش تحریک‌های ثابت
نغمه مرجع	۶۳ هرتز در تراز ثابت	۶۳ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت
تراز نغمه مرجع	برگزیده به‌طور تصادفی از μ و $\mu\pm\sigma^c$	برگزیده به‌طور تصادفی از μ و $\mu\pm\sigma$ و $\mu\pm\sigma^{2c}$	۷ تراز، هرکدام با فاصله ۵ دسی‌بل	۹ تراز، هرکدام با فاصله ۱/۵ تا ۴/۵ دسی‌بل
مدت نغمه	۲ ثانیه	۲ ثانیه	۱ ثانیه	۱ ثانیه
توالی در یک جفت نغمه	نخست، نغمه مرجع ظاهر شد	تصادفی	تصادفی	تصادفی
تعداد قضاوت ها در یک معیار اجرا/پایان تکی	هنگامی‌که کاربر احساس کرد که برآورد PSE به‌حد کافی دقیق است	هرگاه ۵ تراز ممکن برای یک تلاش معین پیشاپیش ایجاد شده‌باشد	۷ تراز نغمه آزمون ضرب‌در ۳= ۲۱ قضاوت	۹ تراز نغمه آزمون ضرب‌در ۲۰= ۱۸۰ قضاوت
برآورد PSE	حداکثر برآورد احتمال	حداکثر برآورد احتمال	هرگاه نسبت پاسخ بلندتر، ۵۰٪ باشد	حداکثر برآورد احتمال
یادآوری	تراز نغمه مرجع به‌طور جداگانه از نتیجه مقایسه هم‌بلندی میان نغمه مرجع ۱۰۰۰ هرتز و نغمه آزمون ۶۳ هرتز تعیین شده‌است	تراز نغمه مرجع به‌طور جداگانه از نتیجه مقایسه هم‌بلندی میان نغمه مرجع ۱۰۰۰ هرتز و نغمه آزمون ۶۳ هرتز تعیین شده‌است	ترازهای نغمه آزمون به اندازه ۲/۵ دسی‌بل میان جلسات تغییر داده شده‌است	

جدول پ-۱ (ادامه)

وارسی	مرجع [5]	مرجع [6]	مرجع [7]
سال	۱۹۹۰	۱۹۹۰	۱۹۹۴
کشور	آلمان	دانمارک	دانمارک
میدان صدا	میدان آزاد	میدان آزاد	میدان آزاد
گستره اندازه‌گیری‌شده[a]	Threshold: 100 Hz to 1 000 Hz 30 phon: 100 Hz to 1 000 Hz 50 phon: 100 Hz to 1 000 Hz 70 phon: 100 Hz to 1 000 Hz	Threshold: 25 to 125, 250, 500, 1 000 Hz 20 phon: 31,5 to 125, 250, 500 Hz 40 phon: 40 to 125, 250, 500 Hz 60 phon: 50 to 125, 250, 500 Hz 80 phon: 50 to 125, 250, 500 Hz	Threshold: 1 000 to 16 000 Hz 20 phon: 1 000 to 16 000 Hz 30 phon: 1 000 to 16 000 Hz 40 phon: 1 000 to 16 000 Hz
تعداد آزمون‌شوندگان (سن)	۱۲ (۲۱ تا ۲۵)	۱۰ تا ۱۲ (۱۸ تا ۳۰)	۲۹ (۱۸ تا ۲۵)
روش تجربی	روش تحریک‌های ثابت	روش زمینه	روش احاطه‌ای
نغمه مرجع	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت
تراز نغمه مرجع	±1,875 dB, ±4,875 dB, ±7,875 dB از هم‌تراز بلندی (مرجع [24])	تغییریافته با گام ۲ دسی‌بل	تغییریافته با گام ۳ دسی‌بل
مدت نغمه	۱ ثانیه	۱ ثانیه	۱ ثانیه
توالی در یک جفت نغمه	تصادفی	تصادفی	تصادفی
تعداد قضاوت‌ها در یک معیار اجرا/پایان تکی	۷۰ قضاوت (۲۰ بار برای ±1,875dB، ۱۰ بار برای ±4,875dB، ۵ بار برای (±7,875dB	هرگاه ۶ فرود و ۵ فراز به پایان برسد	هرگاه ۴ فرود و ۴ فراز به پایان برسد
برآورد PSE	۵۰٪ تابع سایکومتریک	میانگین تراز پایانی توالی‌ها به استثنای فرودهای اولیه	میانی تراز پایانی توالی‌ها
یادآوری		تراز آزمون نغمه اولیه ۱۵ تا ۲۰ دسی‌بل بالاتر از تراز ویرایش پیشین مرجع این استاندارد	تراز آزمون نغمه اولیه ۱۵ دسی‌بل بالاتر از تراز ویرایش پیشین مرجع این استاندارد

جدول پ-۱ (ادامه)

وارسی	مرجع [8]		مرجع [9]	مرجع [10]	
سال	۱۹۹۷		۱۹۹۷	۱۹۹۹	
کشور	دانمارک		ژاپن	آلمان	
میدان صدا	میدان آزاد	میدان فشار[b]	میدان آزاد	میدان آزاد	میدان فشار[b]
گستره اندازه‌گیری‌شده[a]	Threshold: 50 Hz to 16 000 Hz 20 phon: 50 Hz to 800 Hz 40 phon: 50 Hz to 800 Hz 60 phon: 50 Hz to 800 Hz 80 phon: 50 Hz to 800 Hz 90 phon: 125 Hz to 800 Hz 100 phon: 250 Hz to 800 Hz	Threshold: 20 Hz to 100 Hz 20 phon: 20 Hz to 100 Hz 40 phon: 20 Hz to 100 Hz 60 phon: 20 Hz to 100 Hz 80 phon: 20 Hz to 100 Hz 90 phon: 20 Hz to 100 Hz 100 phon: 25 Hz to 100 Hz	Threshold: 31,5 Hz to 20 000 Hz[d] 20 phon: 31,5 to 63, 125, 250, 500, 1 000 to 4 000, 8 000, 12 500 Hz 40 phon: 31,5 to 63, 125, 250, 500 Hz 50 phon: 125 Hz 60 phon: 125 Hz 70 phon: 63 to 125, 250 to 4 000, 8 000 Hz 90 phon: 125 Hz	60 phon: 100, 200, 630, 1 000 Hz	60 phon: 16 Hz to 160 Hz
تعداد آزمون‌شوندگان (سن)	۲۷ (۱۹ تا ۲۵)	۱۴ (۱۴ تا ۲۵)	۹ تا ۳۰ (۱۹ تا ۲۵)	۱۲ (نامعین)	
روش تجربی	روش اجرایی حداکثر احتمال تصادفی متوالی		روش تحریک‌های ثابت	روش تطبیقی ۱ بالا ۱ پایین	
نغمه مرجع	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰ هرتز در تراز ثابت
تراز نغمه مرجع	برگزیده به‌طور تصادفی از μ و $\mu\pm\sigma$، و μ و $\mu\pm2\sigma$، به‌طور تصادفی[c]		۹ تراز، هرکدام با فاصله ۱/۵ تا ۲/۵ دسی‌بل	اندازه گام نخست، ۸ دسی‌بل بود و اندازه گام تا رسیدن به اندازه گام نهایی ۲ دسی‌بل در هر برگشت دوم در پاسخ‌ها نصف شد	
مدت نغمه	۱ ثانیه		۱ ثانیه	کاربرد ندارد	
توالی در یک جفت نغمه	تصادفی		تصادفی	کاربرد ندارد	
تعداد قضاوت‌ها در یک معیار اجرا/پایان تکی	هرگاه ۵ تراز ممکن برای یک تلاش معین پیشاپیش ایجاد شده‌باشد این روش پایان می‌یابد		۹ تراز نغمه آزمون ضرب‌در ۲۰= ۱۸۰ قضاوت	هرگاه توالی اندازه گام ۲ دسی‌بل به پایان برسد	
برآورد PSE	حداکثر برآورد احتمالی		حداکثر برآورد احتمالی	کاربرد ندارد	
یادآوری	هم‌تراز بلندی جداگانه برای ۱۰۰ هرتز اندازه‌گیری‌شده در میدان آزاد، به‌عنوان تراز نغمه مرجع استفاده شده‌است			هم‌تراز بلندی جداگانه برای ۱۰۰ هرتز اندازه‌گیری‌شده در میدان آزاد، به‌عنوان تراز نغمه مرجع استفاده شده‌است	

جدول پ-۱ (ادامه)

وارسی	مرجع [11]	مرجع [12]
سال	۲۰۰۰	۲۰۰۲
کشور	ژاپن	ژاپن
میدان صدا	میدان آزاد	میدان آزاد
گستره اندازه‌گیری‌شده[a]	Threshold: 31,5 Hz to 18 000 Hz 20 phon: 50 Hz to 16 000 Hz 30 phon: 1 000 Hz to 16 000 Hz 40 phon: 80 Hz to 15 000 Hz 50 phon: 1 000 Hz to 16 000 Hz 70 phon: 125 Hz to 12 500 Hz 90 phon: 1 000 Hz to 4 000 Hz	Threshold: 1 000 Hz to 12 500 Hz 60 phon: 1 000 Hz to 12 500 Hz 80 phon: 1 000 Hz to 6 300 Hz
تعداد آزمون‌شوندگان (سن)	۷ تا ۳۲ (۱۸ تا ۲۵)	۲۱ (۲۰ تا ۲۵)
روش تجربی	روش اجرایی حداکثر احتمال تصادفی متوالی	روش اجرایی حداکثر احتمال تصادفی متوالی
نغمه مرجع	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت	۱۰۰۰ هرتز در تراز ثابت
تراز نغمه مرجع	برگزیده به‌طور تصادفی از μ و $\mu\pm2$، $\mu\pm4$، $\mu\pm6$[c]	برگزیده به‌طور تصادفی از μ و $\mu\pm2$، $\mu\pm4$، $\mu\pm6$ و $\mu\pm8$[c]
مدت نغمه	۱ ثانیه	۱ ثانیه
توالی در یک جفت نغمه	تصادفی	تصادفی
تعداد قضاوت‌ها در یک معیار اجرا/پایان تکی	درصورت وجود ۵۰ جفت نغمه	درصورت وجود ۶۰ جفت نغمه
برآورد PSE	حداکثر برآورد احتمالی	حداکثر برآورد احتمالی
یادآوری	ترازهای نمایش اول و دوم نسبت به بهترین حدس مؤلف PSE، 20dB± تغییرات داشته‌است	ترازهای نمایش اول و دوم نسبت به بهترین حدس مؤلف PSE، 20dB± تغییرات داشته‌است

[a] گستره اندازه‌گیری‌شده "A Hz تا B Hz" به‌معنای بسامدهای مجموعه یک‌سوم هنگامی قیدشده در استاندارد ISO 266 از A Hz تا B Hz است.

[b] عملیات در "میدان فشار" در یک اتاق کوچک ویژه انجام شده‌است که در آن، یک فشار صدای مشخص در کل فضا تولید می‌گردد. عملیات با این تأسیسات، محدود به منطقه بسامد بسیار پایینی است. چنین عملیاتی باید به‌گونه‌ای تأیید شود تا در وارسی‌های مقایسه‌ای نتایجی سازگار با نتایج به‌دست‌آمده در میدان آزاد بدهد.

[c] μ و σ انحراف استاندارد و میانگین برآوردشده تابع سایکومتریک با روش احتمال حداکثر است.

[d] آستانه شنوایی در مرجع [9] گزارش داده نشده‌است بلکه در مرجع [25] به‌همراه مرجع [4] گزارش داده شده‌است.

کتاب‌نامه

[1] KIRK, B. Hørestyrke og genevirkning af infralyd. *Institute of Electronic Systems*, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 1983, pp. 1-111 (in Danish) ISSN 0106-0791

[2] MØLLER, H., ANDRESEN, J. Loudness of pure tones at low and infrasonic frequencies. *J. Low Freq. Noise and Vib.*, **3**, 1984, pp. 78-87

[3] BETKE, K. and MELLERT, V. New measurements of equal-loudness level contours. *Proc. Inter-noise 89*. 1989, pp. 793-796

[4] SUZUKI, S., SUZUKI, Y., KONO, S., SONE, T., KUMAGAI, M., MIURA, H. and KADO, H. Equal-loudness level contours for pure tone under free field listening condition (I) — Some data and considerations on experimental conditions. *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, **10**, 1989, pp. 329-338

[5] FASTL, H., JAROSZEWSKI, A., SHORER, E. and ZWICKER, E. Equal loudness contours between 100 and 1000 Hz for 30, 50, and 70 phon. *Acustica*, **70**, 1990, pp. 197-201

[6] WATANABE, T. and MØLLER, H. Hearing threshold and equal loudness contours in free field at frequencies below 1 kHz. *J. Low Freq. Noise and Vib.*, **9**, 1990, pp. 135-148; WATANABE, T, MØLLER, H. Low frequency hearing thresholds in pressure field and in free field. *J. Low Freq. Noise Vibr.*, **9**, 1990, pp. 106-115

[7] POULSEN, T. and THØGERSEN, L. Hearing threshold and equal loudness level contours in a free sound field for pure tones from 1 kHz to 16 kHz. *Proc. Nordic Acoust. Meeting*, 1994, pp. 195-198

[8] LYDOLF, M. and MØLLER, H. New measurements of the threshold of hearing and equal-loudness contours at low frequencies. *Proceedings of the 8th International meeting on Low Frequency Noise and Vibration*, Gothenburg, Sweden, 1997, pp. 76-84

[9] TAKESHIMA, H., SUZUKI, Y., KUMAGAI, M., SONE, T., FUJIMORI, T. and MIURA, H. Equal-loudness level measured with the method of constant stimuli — Equal-loudness level contours for pure tone under free-field listening condition (II). *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, **18**, 1997, pp. 337-340

[10] BELLMANN, M.A., MELLERT, V., RECKHARDT, C. and REMMERS, H. Sound and vibration at low frequencies. Joint meeting of ASA, EAA and DAGA, 1999, Berlin, Germany. *J. Acoust. Soc. Am.*, **105**, 1999, p. 1297

[11] TAKESHIMA, H., SUZUKI, Y., FUJII, H., KUMAGAI, M., ASHIHARA, K., FUJIMORI, T. and SONE, T. Equal-loudness contours measured by the randomized maximum likelihood sequential procedure. *Acustica — acta acustica*, **87**, 2001, pp. 389-399

[12] TAKESHIMA, H., SUZUKI, Y., ASHIHARA, K. and FUJIMORI, T. Equal-loudness contours between 1 kHz and 12.5 kHz for 60 and 80 phons. *Acoust. Sci. Tech.*, **23**, 2002, pp. 106-109

[13] ISO/TC 43/WG 1 Threshold of hearing, Preferred test conditions for determining hearing thresholds for standardization. *Scand. Audiol.*, **25**, 1996, pp. 45-52

[14] ZWISLOCKI, J.J. and HELLMAN, R.P. On the psychophysical law. *J. Acoust. Soc. Am.*, **32**, 1960, p. 924

[15] LOCHNER, J.P.A. and BURGER, J.F. Form of the loudness function in the presence of masking noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, **33**, 1961, pp. 1705-1707

[16] HUMES, L.E. and JESTEADT, W. Models of the effects of threshold on loudness growth and summation. *J. Acoust. Soc. Am.*, **90**, 1991, pp. 1933-1943

[17] ATTENEAVE, F. *Perception and related areas. A study of science*. Vol. 4, S. Koch (ed.), McGraw Hill, New York, 1962

[18] ZWISLOCKI, J.J. Group and individual relations between sensation magnitudes and their numerical estimates. *Perception Psychophysics*, **33**, 1983, pp. 460-468

[19] ROBINSON, D.W. and DADSON, M.A. A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones. *British J. Appl. Phy.*, **7**, 1956, pp. 166-181

[20] TERANISHI, R. Study about measurement of loudness on the problems of minimum audible sound. *Researches of the Electrotechnical laboratory*, No. 658, Tokyo, Japan, 1965

[21] BRINKMANN, K. Audiometer-Bezugsschwelle und Freifeld-Hörschwelle. *Acustica*, **28**, 1973, pp. 147-154

[22] VORLÄNDER, M. Freifeld-Hörshwellen von 8 kHz -16 kHz. *Fortschritte der Akustik — DAGA '91*, Bad Honnef, DPG-GmbH, 1991, pp. 533-536

[23] POULSEN, T. and HAN, L.A. The binaural free field hearing threshold for pure tones from 125 Hz to 16 kHz. *Acustica — acta acustica*, **86**, 2000, pp. 333-337

[24] ZWICKER, E. *Psychoakustik*. Hochschultext, Springer, Berlin 1982

[25] TAKESHIMA, H., SUZUKI, Y., KUMAGAI, M., SONE, T., FUJIMORI, T. and MIURA, H. Threshold of hearing for pure tone under free-field listening conditions. *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, **15**, 1994, pp. 159-169

ICS: 13.140