

Субъективная экспертиза является обязательной процедурой оценки для всех звеньев звукозаписывающих и звуковоспроизводящих трактов (от студийного микрофона до бытовой акустической системы). Это обусловлено тем, что используемый в настоящее время набор объективных параметров: воспроизводимый диапазон частот, неравномерность АЧХ, уровень нелинейных искажений и др. неоднозначно определяет «слуховой образ», воспринимаемый слушателем.

Несмотря на интенсивные научные исследования, проводимые во многих странах на протяжении длительного периода времени, проблема полной расшифровки «слухового образа» еще не решена полностью. Именно этим объясняется достаточно широко распространенное явление, когда, например, два студийных акустических агрегата, имеющие близкие объективные характеристики, могут значительно различаться по качеству звучания. Поэтому результаты субъективной экспертизы служат главным критерием оценки уровня аппаратуры различных фирм-производителей.

Процесс оценки качества звучания всех видов звуковой аппаратуры является процедурой субъективной, результаты которой существенно зависят от многих факторов: параметров помещения прослушивания, выбора текстовых программ, отбора и методов тренировки экспертов, методов выбора оценок и обработки результатов, требований к источникам программ и т.д. Вопросам разработки методик организации и проведения субъективных экспертиз уделяется в научно-технической литературе большое внимание.

В целях повышения достоверности результатов, полученных различными фирмами, и возможности сравнения из между собой в таких авторитетных международных организациях как IEC (Международный Электротехнический Комитет - МЭК), AES (Общество аудио-инженеров), ICO и др. созданы специальные рабочие группы, которые занимаются разработкой рекомендаций по организации субъективных экспертиз, на основе которых разработаны национальные стандарты в большинстве стран-производителей (США, Япония, Германия и т.п.).

Основными документами, используемыми при организации субъективных экспертиз в нашей стране являются [1,2], которые определяют требования:

к условиям прослушивания (помещение, порядок отбора и размещение образцов и слушателей, параметры звуковоспроизводящего тракта и т.д.);

к процедуре тестирования (выбор программного материала, методы оценки, порядок прослушивания, интерпретация полученных результатов);

к подбору экспертов (проверка слуховых порогов, опыта прослушивания, способов тренировки и т.д.);

к видам оценочных таблиц и способам статистической обработки результатов.

Стандарты устанавливают методы экспертной оценки как при разработках, так и при приемочных, квалификационных, аттестационных, периодических и типовых испытаниях промышленной продукции.

Условия прослушивания

Помещение для прослушивания должно быть выбрано максимально близко к тому, для которого аудиоаппаратура предназначена: если это аппаратура бытового применения, то должна использоваться комната, типичная для обычного домашнего прослушивания (с соответствующей обстановкой); для студийных агрегатов должны быть условия, близкие к аппаратным звукозаписи.

В соответствии с международными рекомендациями размеры помещения, преимущественно прямоугольной формы, должны составлять: IEC 268-5- ($V=80 \text{ м}^3$ с соотношением сторон $H=2,8 \text{ м}$, $L=6,7 \text{ м}$, $S=4,2 \text{ м}^2$); AES-20-1996 г. допускает использование помещений меньшего объема (минимально допустимый $V=42 \text{ м}^3$, $H=2,1 \text{ м}$, $S=4,2 \text{ м}^2$). В стандарте 4.202.003-84 допускается использование объема помещения $V=60 \text{ м}^3$ $H > 4 \text{ м}$, $L > 6 \text{ м}$, (при этом поверхности помещения отражающие и поглощающие звуки должны быть расположены симметрично).

Использование комнат больших размеров и непрямоугольной формы допускается, если звуковая аппаратура специально для этих условий разрабатывалась (что специально указывается в отчете по испытанию).

Основные контролируемые параметры в таком помещении - время реверберации и однородность структуры поля. Время реверберации, измеренное в соответствии с рекомендациями ICO 3382 (т.е. в 1/3 октавных полосах белого шума), составляет (в соответствии с требованиями IEC 268-5) 0,3 и 0,6 с. В диапазоне 250-4000 Гц с разбросом не более $\pm 25\%$; на частотах ниже 250 Гц и выше 4000 Гц оно может отличаться более чем на 25% но быть не выше 0,8 с. Рекомендуется оптимальное значение T_{cp} выбирать равным 0,4 ($\pm 0,05$) с.

В отечественном стандарте [2] указаны следующие требования к средним частотам время реверберации 0,45 ($\pm 0,17$) сек. (в области и низких и высоких частот оно может быть выше или ниже).

Рекомендуется также осуществлять контроль структуры поля в комнате, для чего необходимо произвести запись АЧХ (на 1/3 октавном разовом шуме) при расположении во всех точках прослушивания и микрофона на всех слушательных местах. Это позволяет выявить наличие выраженных мод (резонансов) помещения и принять меры для их демпфирования, особенно в области низких частот. Необходимо также оценить гладкость кривых спада SPL (уровень звукового давления): после выключения сигнала должен быть быстрый спад в первые 10 мс., затем медленный (10-20 дБ за 10-20 мсек.) до уровня шумов в помещении. Если спад больше 20 дБ за это время, то необходимо провести акустическую коррекцию помещения. Для подавления слышимых эхосигналов и удовлетворения приведенным выше требованиям, необходимо принять определенные меры: рекомендуется пол закрыть ковром на 75%, потолки сделать акустически отражающими и т.д.

Климатические условия должны соответствовать следующим требованиям: $T=18^{\circ}-35^{\circ}\text{C}$; влажность 25-75%; $P_{атм.}=86-106 \text{ кПа}$. Уровень фонового шума $< 35 \text{ дБ}$ по шкале А (ISO 1996-1).

Расположение разлучающих систем и слушателей (экспертов) в рекомендациях [1] требуется, чтобы рабочая ось АС была направлена горизонтально, расположена на высоте 1.25 м от пола и сориентирована на точку, находящуюся в зоне размещения экспертов.

В новом документе [2] рекомендуется установка излучателей таким образом, чтобы их фронтальные панели были на расстоянии не менее 1 м от окружающих поверхностей. Для уменьшения влияния ранних отражений на тембральную окраску и пространственное воспроизведение звука рекомендуется принять меры. Для их поглощения в окрестности расположения излучателей, находящихся на центральной оси, должно составлять не менее 40° (идеально 60°).

В небольших комнатах возможны компромиссы: отодвигаются излучатели от стены, но при этом уменьшается тембр (все это надо специально указывать в протоколах). В [1] допускается, что при оценке звуковой аппаратуры в стереорежиме испытываемые изделия и эталонные образцы могут быть расположены на расстоянии не менее 0,5 м от боковой стены и не менее 0,7 м от задней стены помещений, при этом ширина стереобазы должна быть не менее 2 м.

Правильность установки пары АС тестируется прослушиванием качества виртуального образа (при подаче на них розового шума). При этом слушатель, расположенный на оси между двумя АС, должен слушать компактный виртуальный образ между ними при смещении вдоль оси от начала до конца слушательной зоны. Если образ расплывается или изменяется тембр, то должны быть приняты меры для дополнительного заслушивания задней стены (однако, если рассеиватели будут слишком близко к слушателю или покроют слишком большой район позади слушателя, образ также будет размываться).

Если АС предназначены для специального расположения в помещении (например, АС, встроенные в стену или низкочастотный блок с дополнительными громкоговорителями и соответствующими раздельными фильтрами), то это особо должно быть оговорено производителем. В любом случае, при выбранной позиции излучающей системы необходим контроль ее амплитудно-частотной характеристики и характеристики направленности (на шумовом сигнале).

Расположение слушателей (экспертов): в соответствии с рекомендациями AES-20-1996 г. предпочтительнее указывать «площадь прослушивания», а не отдельно фиксированные слушательские места. Эта площадь должна быть на расстоянии не менее 1 м, но не более 3 м от фронтальных поверхностей АС и не менее 1 м от задней стены, ширина зоны должна соответствовать расстоянию между АС.

Слушатели должны иметь возможность свободно перемещаться внутри зоны. Общее расположение акустических систем и слушателей требует, чтобы расстояние между экспертами было не менее 0,6 м [1].

Параметры звуковоспроизводящего тракта: общее требование [2] заключается в том, чтобы технические характеристики всех элементов тракта (диапазон, мощность, КНИ и др.) должны быть лучше, чем у испытываемой акустической аппаратуры.

Общее активное сопротивление всех соединительных линий (от выхода УНЧ до клемм АС) не должно превышать 0,2 Ом. Усилитель мощности и предварительный усилитель должны быть по параметрам не ниже, чем УНЧ высшей группы сложности [1]. Источниками программ могут быть как цифровые проигрыватели, так и аналоговые высшей категории качества.

Перед проведением прослушивания все аппараты, входящие в схему, включают, прогревают, устанавливают в режимы работы, соответствующие их нормативной документации. Эталонная и испытываемая аппаратура должна иметь возможность поочередного подключения к выходу усилителя мощности с помощью переключающего устройства, обеспечивающего также и синхронное переключающего табло с высвечиваемыми номерами или символами, присвоенными испытываемому и эталонному образцам. Все отличающиеся характеристики аппаратуры должны указываться в протоколе. Следует отметить, что выбор аппаратуры всех звеньев тракта оказывает чрезвычайно сильное влияние на результаты экспертизы и должен производиться очень тщательно.

Процедура тестирования

Процедура тестирования содержит:

выбор материала программ – это отдельная независимая переменная. Фрагменты программ должны быть подобраны таким образом в тестовую программу, чтобы максимально полно идентифицировать пространственные и тембральные характеристики звучания.

В последних рекомендациях [2] предлагается использовать в основном цифровые записи, так как они сохраняют свои характеристики во времени и могут точно копироваться. Тестовая программа должна состоять из следующих фрагментов: симфонического оркестра, рояля, скрипки, виолончели, деревянных и медных духовых инструментов, хорового пения без музыкального сопровождения, сольного пения (мужские и женские голоса), инструментального сопровождения, джазового оркестра и рок-групп. Речь предпочтительно записывать в безэховых камерах, остальные записи должны быть выполнены в профессиональных студиях и концертных залах (преимущество запись «живого» звука микрофоном без дополнительной обработки). Акустически записанные выборки могут быть дополнены электронной музыкой для тестирования АС на этих видах сигналов. Кроме того, для предварительной проверки испытываемых систем и установки уровня громкости могут использоваться технические сигналы: розовый шум и скользящий тон;

выбор метода субъективной оценки в практике проектирования аудиоаппаратуры в основном используются два метода субъективного прослушивания;

* **метод парного сравнения** – когда испытываемая акустическая система сравнивается со специально отобранным эталонным образцом. При этом слушатели оценивают большую или меньшую близость звучания испытываемого образца к эталонному. Прослушивание должно производиться «вслепую» (через визуально непрозрачный, но акустически прозрачный экран). Местоположение этого экрана показано на рис. 25. Влияние экрана не должно приводить к изменению частотной характеристики изделия больше, чем на 1 дБ (в [12] уточнено, что спад АЧХ к высоким частотам должен быть не более 1дБ на 10 кГц);

* **метод абсолютной оценки качества звучания** – сравнение звучания испытываемого образца с «живым» звуком, сохраненным в памяти эксперта. Этот метод используется, в основном, для оценки высококачественной аппаратуры HI-FI (High-End) и требует привлечения экспертов, имеющих большой опыт слухового контроля и постоянную практику прослушивания натуральных звучаний (звукорежиссеры, музыканты и т.д.).

Для прослушивания очень высококачественной аппаратуры применяется метод прямого сравнения с «живым» звуком, т.е. на сцене размещаются исполнители с какими-либо музыкальными инструментами и испытываемая аппаратура; высококвалифицированным экспертам предлагается сравнить звучание инструментов и звука, излучаемого через систему (организация такого рода экспертизы процесс чрезвычайно сложный и применяется редко);

длительность прослушивания каждого фрагмента при правом сравнении звучания должна составлять 30...60 с. [2] или 20-40 с. (ГЕС 218-В) с перерывом 1-2 с.

При прослушивании методом парного сравнения фрагмент программы «А» должен переключаться на образец и на испытываемое изделие с интервалом 1-2 с., переход на другой фрагмент «В» должен происходить с интервалом 10-15 с.

уровни громкости прослушиваемых программ также оказывают существенное влияние на результаты сравнительной и абсолютной оценок. Желательно, чтобы уровень громкости воспроизводимого сигнала был близко к громкости оригинального источника. Однако это требование не всегда реализуемо (например, прослушивание симфонического оркестра потребовало бы громкости 95 дБ).

Поэтому используется несколько уровней громкости в зависимости от вида программы, которые выбираются ступенчато через 10 дБ (65,75,85 дБ). Требуемый уровень устанавливается по шумомеру на розовом шуме (шкала А). При парном сравнении уровни испытываемого изделия и образца выравниваются на слух по указанию экспертов (при прослушивании многоканальной системы также выравниваются уровни громкости всех входящих в нее громкоговорителей тем же методом).

Подбор и методы тренировки экспертов также являются существенными моментами в организации субъективных экспертиз. В качестве экспертов должны привлекаться опытные тренированные слушатели с проверенным слухом: порог слышимости не более 20 дБ в диапазоне от 125 до 8000 Гц не более 3 дБ, проверка чувствительности слуха не реже одного раза в год.

Количество экспертов в группе 4-6 чел. Для оценки степени их тренированности может быть использован метод «самосовпадений», когда несколько раз ранжируется одна система вслепую. Опытный слушатель дает повторяющиеся результаты. При привлечении слушателей с отклонением слуха, их данные должны анализироваться отдельно. Слушатели должны при прослушивании меняться местами, чтобы проверить воспринимаемый слуховой эффект на оси и вне оси, что особенно важно для стереосистем. Если прослушиваемая система состоит из нескольких громкоговорителей, то их также следует прослушать в разных позициях. Группа экспертов должна работать непрерывно не более 20 мин., длительность перерыва должна быть равна периоду прослушивания тестовой программы. Эксперт должен привлекаться не более чем 2 ч прослушивания в день.

Подводя итоги приведенных выше требований, следует отметить, что организация субъективных экспертиз, включая выбор: экспертов, акустики комнат прослушивания, подбор текстовых программ и методов их оценки, является чрезвычайно сложной процедурой, требующей тщательной подготовки. Однако именно такая подготовка может обеспечить достоверность и стабильность результатов. Как показывает многолетний мировой опыт выпуска студийных контрольных агрегатов, аппаратуры Hi-Fi и High-End, от качества организации субъективных экспертиз в очень значительной степени зависит уровень выпускаемой фирмой аппаратуры (фирмы Tannoy, KEF, B&W и др.)

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 4.202.003-84 Метод экспертной оценки качества звучания. - М.:Стандарты.1984.
2. AES-20-96 "AES Recommended practice for professional audio-subjective evaluation of Loudspeaker". - N.Y. 1996.