

УДК 004.934

А.В. Васильев, В.А. Климов, А.Н. Продеус, д-р техн. наук
Национальный технический университет Украины «КПИ»,
пр. Победы, 37, Киев-56, 03056, Украина.

Автоматизация акустической экспертизы помещений

Для автоматизации акустической экспертизы помещений следует решить ряд задач. Это минимизация перечня оцениваемых параметров, автоматизация выбора метода измерений, автоматизация принятия частных решений по каждому оцениваемому параметру, а также автоматизация комплексирования частных решений. В литературе имеются предложения относительно минимизации перечня оцениваемых параметров и автоматизации принятия решений, однако отсутствуют рекомендации по выбору метода акустической экспертизы помещений, предназначенных для речевых презентаций.

В работе показано, что выбор метода акустической экспертизы целесообразно осуществлять по таким критериям как точность, скорость и скрытность процедуры измерений, с учетом соотношения влияния шума и реверберации. Показано также, что установить степень влияния шума и реверберации можно по крайней мере тремя способами. Первый способ базируется на использовании оценок отношений сигнал-шум для шума и реверберации, второй – на использовании значений соответствующих коэффициентов модуляции. Третий способ наиболее прост и основан на оценках времени реверберации и отношения сигнал-шум для шумовой помехи. Библи. 8, рис. 6, табл. 1.

Ключевые слова: автоматизация, акустическая экспертиза помещений, акустические параметры помещения, разборчивость речи.

Введение

При проведении акустической экспертизы помещений инструментальными методами зачастую требуется предельно сократить время измерений при сохранении высокой достоверности полученных результатов. Одним из условий успешного решения данной задачи является автоматизация процесса измерений.

Типичным примером недостаточно автоматизированной инструментальной системы акустической экспертизы является компьютерная программа EASERA, разработанная под руко-

водством известного немецкого акустика В. Анерта [1, 2]. Хотя общее количество измеряемых с помощью программы EASERA характеристик и параметров помещения превышает два десятка, однако ни в руководстве пользователя, ни в процессе эксплуатации программы EASERA не предлагаются рекомендации по минимизации набора параметров, подлежащих оцениванию. И хотя в работе [1] отмечается целесообразность взвешенного объединения оцениваемых параметров, однако алгоритмы такого объединения не представлены и, судя по всему, не реализованы.

Между тем, в литературе имеются предложения по упрощению акустической экспертизы путем минимизации количества оцениваемых акустических параметров помещения, что важно как с позиций автоматизации планирования и проведения измерений, так и с позиций легкости интерпретации результатов измерений. Так, например, в работе Брэдли [3] предложен список из четырех-пяти наиболее важных субъективных характеристик и соответствующих им объективных параметров акустики помещения. Обосновывая необходимость такой минимизации, Брэдли указывает, что доступ к концертным помещениям часто весьма затруднен, поэтому измерения должны быть не только точными, но и быстрыми. Следует добавить, что загруженность некоторых концертных залов столь велика, что измерения приходится проводить даже во время музыкальных или речевых презентаций. В таких случаях важен критерий скрытности измерений, т.е. практической незаметности (для слушателей) излучаемых в помещении тестовых акустических сигналов.

К сожалению, в упомянутой работе Брэдли преимущественный интерес проявлен к акустической экспертизе помещений, предназначенных для исполнения музыкальных произведений. Что касается помещений с речевыми презентациями, на сегодняшний день известен ряд методов объективной (инструментальной) акустической экспертизы: формантный, модуляционный, теоретико-информационный, эмпирический методы, а также недавно предложенный формантно-модуляционный метод [4, 5]. И хотя разборчивость речи почти во всех этих методах

может быть охарактеризована с помощью единственного параметра, выбор самого метода измерений (или его разновидности) неоднозначен ввиду существования различных критериев (точность, скорость, скрытность) такого выбора, а также ввиду разнообразия возможных сочетаний интенсивностей шумовой и реверберационной помех.

Цель данной работы состоит в анализе известных и выработке новых рекомендаций по автоматизации акустической экспертизы помещений, подверженных совместному влиянию шумовой и реверберационной помех.

1. Измерение акустических параметров в программе EASERA

Общее количество измеряемых с помощью программы EASERA характеристик и параметров помещения превышает два десятка. Эти параметры сгруппированы следующим образом:

- параметры общего назначения;
- параметры, связанные с позиционированием слушателей при речевых презентациях;
- параметры, связанные с позиционированием слушателей при исполнении музыки;
- параметры, характеризующие восприятие качества помещения слушателями;
- параметры, характеризующие восприятие качества помещения музыкантам и дирижером.

К параметрам общего назначения (общим критериям качества акустики помещений для речи и музыки), измеряемым с использованием ненаправленного микрофона, отнесены:

- времена реверберации T_{10} , T_{20} и T_{30} ;
- раннее время затухания EDT ;
- бас-отношение BR как мера «теплоты» помещения (тембральная характеристика помещения):

$$BR = \frac{T_{20,125} + T_{20,250}}{T_{20,500} + T_{20,1000}} = \frac{T_{20, lows}}{T_{20, mids}}$$

где $T_{20,f}$ - время реверберации T_{20} в октавной полосе частот с центральной частотой f_0 .

Критерии, связанные с позиционированием слушателей при речевых презентациях:

- коэффициент четкости:

$$D = \frac{E_{50}}{E_{\infty}}, \quad E_x = \int_0^{x \text{ ms}} h^2(t) dt,$$

где $h(t)$ - импульсная характеристика (ИХ) помещения;

- ясность речи:

$$C_{50} = 10 \log_{10} \left(\frac{E_{50}}{E_{\infty} - E_{50}} \right) \text{ dB};$$

- индекс потери артикуляции $ALcons$, вычисляемый через индекс STI :

$$ALcons = 170,5405 \cdot e^{-5,419 \cdot STI}.$$

- центральное время:

$$t_s = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt};$$

- критерий восприятия мешающего эхо:

$$EK_{Speech} = \frac{\Delta t_s(\tau)}{\Delta \tau_E}, \quad t_s(\tau) = \frac{\int_0^{\tau} t \cdot |h(t)|^n dt}{\int_0^{\tau} |h(t)|^n dt},$$

где $\Delta \tau_E = 9 \text{ ms}$; $n = 2/3$.

К критериям, связанным с позиционированием слушателей при исполнении музыки, относятся:

- относительная сила звука G в точке слушателя:

$$G = \frac{\int_0^{\infty} h^2(t) dt}{\int_0^7 h_{10m}^2(t) dt},$$

где $h_{10m}^2(t)$ - ИХ помещения, записанная на расстоянии 10 м от источника звука [6].

- степень ясности:

$$C_{80} = 10 \log_{10} \left(\frac{E_{80}}{E_{\infty} - E_{80}} \right) \text{ dB};$$

- уровень прямого звука:

$$C_7 = 10 \log_{10} \left(\frac{E_7}{E_{\infty} - E_7} \right) \text{ dB};$$

- коэффициент междушной кросс-корреляции:

$$IACC = \max_t \frac{\int_t^t h_L(t) h_R(t + \tau) dt}{\sqrt{\int_t^t h_L^2(t) dt \int_t^t h_R^2(t) dt}},$$

где $h_L(t)$ и $h_R(t)$ - ИХ помещения, воспринятые левым и правым ухом, соответственно; t_1 и t_2 - моменты времени, выбираемые в зависимости

от того, какой участок ИХ интересует исследователя [6].

Пространственно обусловленные критерии для слушателей (критерии помещения или критерии «сидячих мест»):

- степень реверберации:

$$R = -C_{50};$$

- доля латеральной энергии (lateral energy fraction – LF ; lateral energy – LE):

$$LF = \frac{\int_0^{80} h_1^2(t) dt}{\int_0^{80} h^2(t) dt}, \quad LE = \frac{\int_0^{80} h_1^2(t) dt}{\int_0^{80} h^2(t) dt},$$

где $h_1(t)$ – ИХ помещения, записанная направленным микрофоном с диаграммой в виде восьмерки;

- коэффициент латеральной составляющей LFC (модифицированный LF):

$$LFC = \frac{\int_0^{80} |h_1(t) \cdot h(t)| dt}{E_{80}}.$$

- критерий эхо EK_{Music} , аналогичный критерию EK_{Speech} с тем лишь отличием, что $\Delta\tau_E = 14 \text{ ms}$; $n = 1$.

Пространственно обусловленные объективные критерии качества помещений для музыкантов и дирижера (музыкальные критерии):

- уровень раннего ансамбля (early energy level – EEL):

$$EEL = 10 \log_{10} \left(\frac{\int_0^{80} h^2(t) dt}{\int_0^5 h_{1m}^2(t) dt} \right),$$

где $h_{1m}(t)$ – ИХ помещения, записанная на расстоянии 1 м от источника звука [6].

- энергетические показатели $ST1$ и $ST2$, характеризующие субъективное восприятие оркестрантами на сцене или в оркестровой яме того, как помещение «отвечает» или «помогает» игре:

$$ST1(2) = 10 \log_{10} \left(\frac{\int_0^{20 \dots 100(200)} h_{1m}^2(t) dt}{\int_0^5 h_{1m}^2(t) dt} \right).$$

В системе EASERA пользователи могут выбирать один из шести типов возбуждающих сигналов (белый шум; розовый шум; логарифмический свип-сигнал; линейный свип-сигнал; MLS; тональный сигнал), ориентируясь на такие критерии качества как скорость измерений, помехоустойчивость и устойчивость к искажениям. В [1] справедливо отмечается, что нельзя рекомендовать некий наилучший тип сигнала, приходится искать компромисс, исходя из особенностей решаемой задачи. Вместе с тем, остается открытым вопрос, как ищется этот компромисс, и помогает ли система EASERA в осуществлении такого выбора.

Таким образом, можно заключить, что программа EASERA удобна для исследователей с высоким уровнем квалификации, которым нужна предельная гибкость измерительного инструмента, однако неудобна для пользователей со средним уровнем квалификации, интересующихся возможностью быстрого и качественного решения типовых задач.

Для совершенствования эксплуатационных характеристик системы EASERA, по нашему мнению, следует:

- *минимизировать перечень оцениваемых параметров*, с учетом сведений о статистической и функциональной зависимости оценок различных акустических параметров;
- *автоматизировать, исходя из решаемой задачи, выбор измерительной процедуры* (метод измерений, тип и параметры тестового сигнала, измеряемые параметры, особенности процедуры измерений);
- *добавить автоматическое принятие частных решений* по каждому параметру (типа «норма-отклонение от нормы, степень отклонения от нормы»);
- *добавить автоматическое комплексирование частных решений* с учетом зависимости признаков.

Очевидно, реализация данных предложений фактически означает доработку программы EASERA до уровня экспертной системы. Реализация пп.3-4 приведенного выше перечня не должна вызвать особых трудностей, поскольку правила принятия решений известны [1]. Сложнее реализовать первые два пункта, ввиду необходимости учета знаний многих экспертов. В следующих разделах данной работы показано, каким образом можно решить эту задачу.

2. Минимизация перечня оцениваемых параметров

Многочисленные и разрозненные сведения о статистической и функциональной зависимости оценок различных акустических параметров собраны в работе [3], где показано, что все многообразие акустических характеристик помещений, предназначенных для музыкальных презентаций, можно свести к четырем-пяти информативным параметрам.

В частности, в [3] отмечено, что экспериментальные оценки пяти мер ясности, таких как D , R , C_{50} , C_{80} и t_s , свидетельствуют об их тесной связи между собой, что вполне объяснимо, поскольку все эти параметры, оцениваемые через ИХ помещения, характеризуют соотношение между ранними и поздними отражениями.

Помимо ранних отражений, важную роль играют также направления их прихода. В [3] отмечено, что экспериментальные исследования свидетельствуют о независимости таких параметров как «доля латеральной энергии» LF и коэффициент междушумной кросс-корреляции $IACC$ [6].

Общее впечатление от прослушивания музыки определяется такими факторами как восприятие реверберации, окутывания, интимности (тесно связанной с громкостью звучания). Вообще, слушателей можно разделить на две группы: одна группа предпочитает реверберацию, тогда как другая предпочитает интимность.

Список из пяти наиболее важных субъективных характеристик акустики помещения и соответствующих им объективных параметров приведен в табл. 1 [3]. Хотя характеристики «реверберация» и «ясность» зависимы, однако они характеризуют различные аспекты субъективного восприятия, поэтому соответствующие параметры целесообразно включить в список.

Что касается помещений, предназначенных для речевых презентаций, в работе [7] показано существование тесной корреляции между индексом STI и четкостью U_{80} , определяемой соотношением:

$$U_{80} = 10 \log \left(\frac{10^{(C/10)}}{1 + (1 + 10^{(C/10)}) 10^{(-SNR/10)}} \right),$$

где SNR - отношение сигнал-шум, выраженное в дБ. Параметр U_{80} , как видим, расширяет «сферу действия» параметра C_{80} за счет учета влияния шумовой помехи.

Таблица 1. Акустические характеристики и параметры

Субъективная характеристика	Параметр
Громкость	G , уровень звука
Живость	EDT , раннее время задержки
Ясность	C_{80} , ясность; t_s , центральное время
Ощущение пространства или окутывание	LF , доля латеральной энергии $IACC$, коэффициент междушумной корреляции
Тембр	$EDT(f)$, зависимость EDT от частоты

3. Автоматизация выбора метода измерений разборчивости речи

На сегодняшний день известен ряд методов объективной (инструментальной) акустической экспертизы: формантный, модуляционный, теоретико-информационный, эмпирический методы, а также недавно предложенный формантно-модуляционный метод [4, 5]. В работе [8] показано, что в случае преобладания шумовой помехи наиболее точным и быстрым является формантный метод оценивания разборчивости речи. Полная версия формантно-модуляционного (ФМ) метода проигрывает ему по точности в 1,5...2 раза, а по времени измерений – в 14 раз. Ускоренная версия ФМ метода требует такого же времени измерений, что и формантный метод, проигрывая по точности в 6...8 раз.

При сопоставимом влиянии шумовой и реверберационной помех вместо формантного метода целесообразно применять ФМ метод, позволяющий корректно учитывать влияние реверберационной помехи на разборчивость речи.

В случае преобладания реверберационной помехи весьма «быстрой» является разновидность ФМ метода, при которой коэффициент модуляции вычисляют по формуле Шредера, с использованием ИХ помещения (точность такого способа измерений пока не исследована).

Помимо точности и скорости измерений, может оказаться востребованным такой критерий как скрытность процедуры измерений.

Схема процедуры выбора метода акустической экспертизы, базирующаяся на использовании указанных выше критериев, с учетом возможного преобладания того или иного вида помехи, приведена на рис. 1. Полезность данной схемы в том, что она позволяет автоматизировать процедуру выбора рационального метода оценивания разборчивости речи.

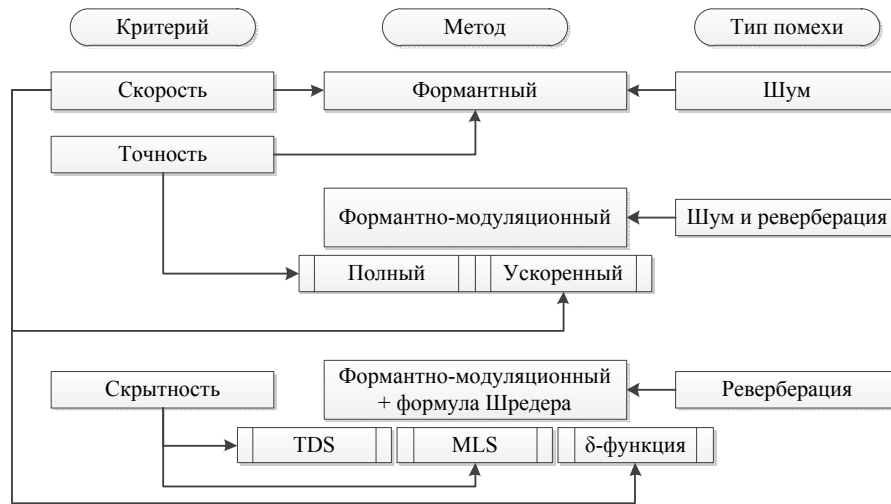


Рис. 1. Схема процедуры выбора метода акустической экспертизы

Как следует из рис. 1, в случае преобладания шумовой помехи следует выбрать формантный метод. При сопоставимом влиянии шума и реверберации следует использовать ФМ метод. Наконец, при превалировании реверберации, целесообразно использовать ФМ-метод, в котором коэффициенты модуляции вычисляются с помощью формулы Шредера:

$$\tilde{m}_{ki} \approx \frac{2 \int_0^{\infty} h_{ek}^2(t) e^{-j2\pi Ft} dt}{\int_0^{\infty} h_{ek}^2(t) dt},$$

$$h_{ek}(v) = \int_{-\infty}^{\infty} h(v) h_{k0}(z-v) dv,$$

где $k=1 \div 7$ – номер октавной полосы частот с центральными частотами 125 Гц - 8 кГц; $i=1 \div 14$ - номер частоты модуляции; $h_e(t)$ – импульсная характеристика октавного фильтра; $h_{k0}(v)$ – ИХ k -го полосового фильтра, $h(t)$ – ИХ помещения. Если при превалировании реверберации требуется обеспечить скрытность измерений, тогда в качестве тестовых используют сложные сигналы (TDS, MLS).

Однако использование схемы рис. 1 неизбежно порождает вопрос: как установить степень влияния шума и реверберации?

К сожалению, в известной нам литературе рекомендации такого рода отсутствуют. Между тем, ответить на данный вопрос сравнительно легко, если использовать понятие «эффективного отношения сигнал-шум» [4].

Поскольку отношение сигнал-шум SNR_N для шумовой помехи связано с коэффициентом модуляции m_N соотношением

$$SNR_N = 10 \lg \frac{m_N}{1 - m_N}, \quad (1)$$

«эффективное» отношение сигнал-шум SNR_R для реверберации определяют через коэффициент модуляции m_R в соответствии с соотношением:

$$SNR_R = 10 \lg \frac{m_R}{1 - m_R}. \quad (2)$$

Тогда представляется удобным для инженерных приложений следующее правило принятия решения (рис. 2):

- преобладает шум, если $SNR_R - SNR_N \geq 10 \dots 15 \text{ дБ}$;
- преобладает реверберация, если $SNR_R - SNR_N \geq 10 \dots 15 \text{ дБ}$;
- влияние сопоставимо, если $-15 \dots -10 \text{ дБ} \leq SNR_R - SNR_N \leq 10 \dots 15 \text{ дБ}$.

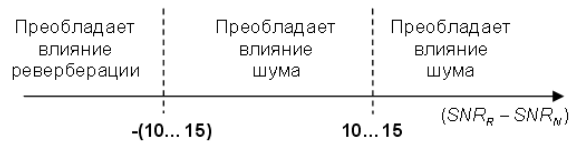


Рис. 2. Первое правило принятия решения о виде преобладающей помехи

Используя соотношения (1)-(2), нетрудно получить уравнение, связывающее между собой m_R и m_N для соответствующих значений разницы $SNR_R - SNR_N$:

$$m_N = [10^{0,1(SNR_R - SNR_N)}(m_R^{-1} - 1) + 1]^{-1}.$$

Задавая $SNR_R - SNR_N = 10 \dots 15$ дБ (подавляющее преобладание шумовой помехи), получаем нижние пунктирную и точечную линии на рис. 3, а задавая $SNR_R - SNR_N = -(10 \dots 15)$ дБ, получаем верхние пунктирную и точечную линии (подавляющее преобладание реверберационной помехи).

Между этими линиями – промежуточная ситуация сопоставимого влияния шума и реверберации.

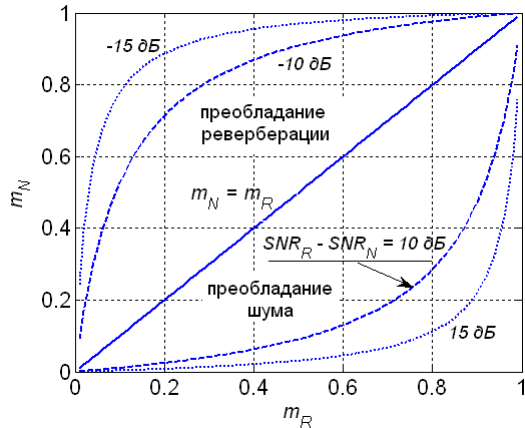


Рис. 3. Соотношение между m_R и m_N для различных значений $SNR_R - SNR_N$

Таким образом, рис. 3 графически представляет альтернативную версию правила принятия решение о характере помех:

- преобладает шум, если $m_N \leq [10^{0,1(10 \dots 15)}(m_R^{-1} - 1) + 1]^{-1}$;
- преобладает реверберация, если $m_N \geq [10^{-0,1(10 \dots 15)}(m_R^{-1} - 1) + 1]^{-1}$;
- влияние сопоставимо, если $[10^{0,1(10 \dots 15)}(m_R^{-1} - 1) + 1]^{-1} < m_N < [10^{-0,1(10 \dots 15)}(m_R^{-1} - 1) + 1]^{-1}$.

Наконец, заметим, что помимо указанных выше двух версий правила принятия решения, возможна еще одна, третья, версия:

- преобладает шум, если $T_{60} \leq 0,2$ с и $SNR_N \leq 10$ дБ;
- преобладает реверберация, если $T_{60} \geq 0,2$ с и $SNR_N \geq 10$ дБ;
- влияние сопоставимо, если $T_{60} \geq 0,2$ с и $SNR_N \leq 10$ дБ.

Графически эта версия представлена на рис. 4.

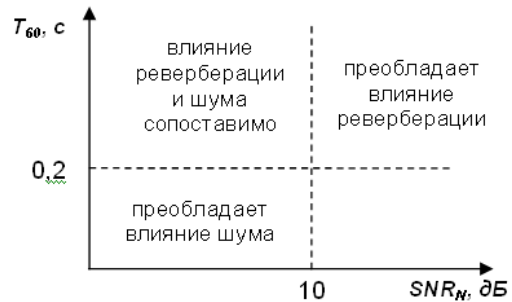


Рис. 4. Третья версия правила принятия решения о виде преобладающей помехи

Обоснованием третьей версии служит то обстоятельство, что при $SNR_N \geq 10$ дБ шум практически не влияет на словесную разборчивость (рис. 5). При совместном действии шума и реверберации разборчивость речи, оцениваемая ФМ методом, практически не отличается от таковой для формантного метода, если $T_{60} \leq 0,2$ с, и заметно отличается, если $T_{60} > 0,2$ с (рис. 6).

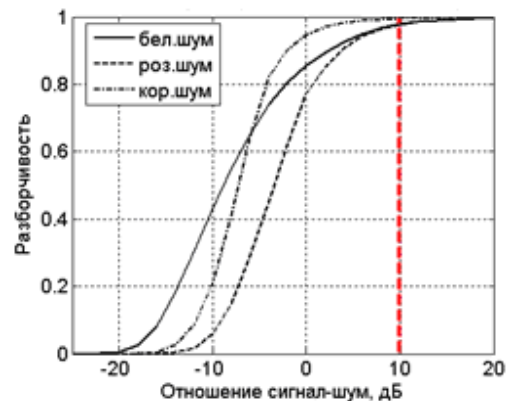


Рис. 5. Разборчивость речи в условиях действия шума [4]

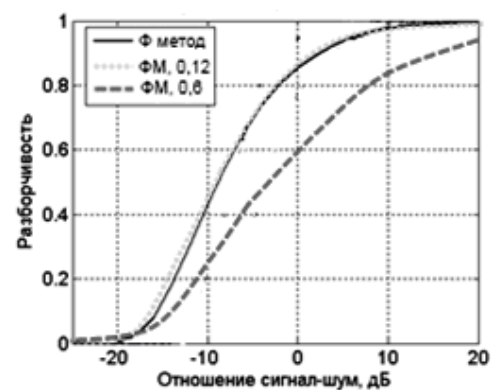


Рис. 6. Разборчивость речи в условиях действия шума и реверберации

Аналитически оценить отношение сигнал-шум SNR_N для шумовой помехи в первом приближении можно, полагая, что уровень сигнала близок 75 дБ на расстоянии 5 см от рта диктора, а также полагая, что уровень звука понижается на 6 дБ с удвоением расстояния до источника звука [6]. Экспериментально уровень сигнала в точке расположения слушателей определяют, вычитая уровень помехи (оценивается в речевых паузах) из уровня смеси сигнала с помехой. Коэффициент модуляции m_N определяют исходя из соотношения (1).

Аналитически оценить отношение сигнал-шум SNR_R для реверберации можно оценить по формуле (2), при этом коэффициент модуляции m_R вычисляют по формуле:

$$m_R = \left[1 + \left(\frac{2\pi \cdot F \cdot EDT}{13,8} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

где F - частота модуляции, Гц.

Экспериментально коэффициент модуляции m_R измеряют в соответствии с приведенным выше соотношением Шредера, предварительно оценив ИХ помещения. При этом для подавления влияния шумовой помехи целесообразно использовать MLS последовательность в качестве тестового сигнала. Данный способ оценивания ИХ удобен и при измерении времени реверберации, если по каким-либо причинам (высокий уровень шума в помещении, значительные размеры помещения, требование скрытности измерений) не позволяют использовать более простые тестовые сигналы.

Выводы

При автоматизации акустической экспертизы помещений необходимо решить ряд задач. Для помещений с музыкальными презентациями целесообразно минимизировать перечень оцениваемых параметров. В случае помещений, предназначенных для речевых презентаций, актуальна иная задача - выбор метода оценивания разборчивости речи. Такой выбор целесообразно осуществлять с использованием критериев в виде точности, скорости и скрытно-

сти процедуры измерений, а также с учетом соотношения влияния шума и реверберации.

Оценивание соотношения влияния шума и реверберации можно осуществить, по меньшей мере, тремя способами. Первый способ базируется на использовании оценок отношений сигнал-шум для шума и реверберации, второй – на использовании значений соответствующих коэффициентов модуляции. Третий способ наиболее прост и основан на оценках времени реверберации и отношения сигнал-шум для шумовой помехи.

Отметим, что вопрос о предпочтительности третьего способа нуждается в дальнейшей экспериментальной проверке.

Список использованных источников

1. *Ahnert W., Schmidt W.* Appendix to EASERA Manual: Fundamentals to Perform Acoustical Measurements. – Berlin, 2006. – P. 1 – 53.
2. *Brown P.* EASERA - a Powerful Audio and Acoustic Testing Platform. // Synergetic Audio Concepts, Newsletter. – 2005. – Vol. 32. - No. 2. – P. 1 – 5.
3. *Bradley J.S.* The Evolution of Newer Auditorium Acoustics Measures // Canadian Acoustics. – 1990. – Vol. 18. – No. 4. - P. 13-23.
4. *Дидковский В.С., Дидковская М.В., Продеус А.Н.* Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации: Монография. – К.: Им-экс-ЛТД, 2008. – 420 с.
5. *Продеус А.Н.* О некоторых особенностях развития объективных методов измерений разборчивости речи // Электроника и связь, тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии». – 2010. – №2. – С. 217–223.
6. *Springer Handbook of Acoustics.* – New York, 2007. – 1182 p.
7. *Bradley J.S.* Predictors of Speech Intelligibility in Rooms // J. Acoust. Soc. Am. – 1986. – Vol. 80. – No. 3. – P. 837-845.
8. *Продеус А.Н., Дронжевская Л.Б., Климков В.А., Шагитова Д.А.* Формантный и формантно-модуляционный методы оценки разборчивости речи. Часть 2. Точность и скорость измерений. // Электроника и связь. – 2011. – Т. 64. – №6. – С. 16–24.

Поступила в редакцию 28 мая 2013 г.

УДК 004.934

А.В. Васильєв, В.О. Клімков, А.М. Продеус, д-р техн. наук,
Національний технічний університет України «КПІ»,
пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056, Україна.

Автоматизація акустичної експертизи приміщень

Для автоматизації акустичної експертизи приміщень потрібно розв'язати ряд завдань. Це мінімізація кількості оцінюваних параметрів, автоматизація вибору методу вимірювання, автоматизація прийняття окремих рішень по кожному параметру, що оцінюється, а також автоматизація комплексування окремих рішень. У літературі є пропозиції щодо мінімізації кількості оцінюваних параметрів і автоматизації прийняття рішень, однак відсутні рекомендації з вибору методу акустичної експертизи приміщень, призначених для мовленнєвих презентацій. Мета даної роботи полягає в заповненні зазначеного пробілу.

У роботі показано, що вибір методу акустичної експертизи доцільно здійснювати за такими критеріями як точність, швидкість і скритність процедури вимірювань, з урахуванням співвідношення впливу шуму й реверберації. Показано також, що встановити ступінь впливу шуму й реверберації можна щонайменше трьома способами. Перший спосіб базується на використанні оцінок відношень сигнал-шум для шуму й реверберації, другий - на використанні значень відповідних коефіцієнтів модуляції. Третій спосіб є найбільш простим, він базується на оцінюванні часу реверберації й відношення сигнал-шум для шумової перешкоди. Бібл. 8, мал. 6, табл. 1.

Ключові слова: автоматизація, акустична експертиза приміщень, акустичні параметри приміщення, розбірливість мовлення.

UDC 004.934

A.V. Vasyliiev, V.O. Klimkov, A.N. Prodeus, Dr.Sc.
National Technical University of Ukraine «KPI»,
37 Prospect Peremogy, Kiev 03056, Ukraine.

An Automation of rooms acoustic expertise

It is necessary solve a number of problems in order to automate the room acoustic expertise. This is to minimize the list of parameters to be estimated, the automation of the choice of the measurement method, automation adoption of particular solutions for each estimated parameter, as well as automation of the aggregation of particular solutions. In the literature, there are suggestions for minimizing the list of parameters to be estimated and automate decision making, but there are no guidelines for choosing the method of room acoustic examination intended for speech presentations. The purpose of this study was to fill a specified space.

It is shown that the choice of acoustic expertise appropriate to carry out such criteria as accuracy, speed and stealth measurement procedures, taking into account the ratio of the effects of noise and reverberation. It is also shown that determination of the degree of the effects of noise and reverberation can be made at least by three ways. The first method is based on the use of estimates of signal-to-noise ratio for noise and reverberation, the second - on the use of the values of the corresponding coefficients of the modulation. The third method is the most simple and is based on estimates of the reverberation time and signal-to-noise ratio for noise interference. Reference 8, figures 6, tables 1.

Keywords: automation, room acoustic expertise, room acoustic parameters, speech intelligibility.

References

1. Ahnert W., Schmidt W. (2006), "Appendix to EASERA Manual: Fundamentals to Perform Acoustical Measurements". Berlin, P. 1-53.
2. Brown P. (2005), "EASERA - a Powerful Audio and Acoustic Testing Platform. Synergetic Audio Concepts," Newsletter, Vol. 32, No. 2, P. 1-5.

3. *Bradley J.S.* (1990), "The Evolution of Newer Auditorium Acoustics Measures," *Canadian Acoustics*, Vol. 18, No. 4, P. 13-23.
4. *Didkovskiy V.S., Didkovskaya M.V., Prodeus A.N.* (2008), "Acoustic Expertise of Speech Communication Channels: Monograph," – K.: Imeks-LTD, 420 p. (Rus)
5. *Prodeus A.N.*, "Some Features of Development of Objective Methods for Speech Intelligibility Measuring," *Electronics and Communication, Thematic Issue of "Electronics and Nanotechnology,"* No.2, 2010. P.217–223. (Rus)
6. Springer Handbook of Acoustics, (2007), *Springer Science+Business Media, New York*. 1182 p.
7. *Bradley J.S.* (1986), "Predictors of Speech Intelligibility in Rooms," *J. Acoust. Soc. Am.*, 80, P. 837-845.
8. *Prodeus A.N., Dronzhevskaya L.B., Klimkov V.A., Shagitova D.A.* (2011), "Formant and Formant-Modulation Methods for Speech Assessing. Part 2. Accuracy and Speed," *Electronics and Communication*, Vol.64, No.6, P. 16–24. (Rus)