

1. Xiaobei B. Li, Sam D. Larson, Alexei S. Zyuzin, and Alexander V. Mamishev "Design Principles for Multi-channel Fringing Electric Field Sensors," IEEE SENSORS JOURNAL, V. 6. № 2, 2006. pp. 434–440.
2. Yunus M. A. M. et al. Sheep skin property estimation using a low-cost planar sensor //Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, I2MTC. – 2009. – С. 482–486.
3. Sears J. Interdigital dielectrometry based detection and identification of dangerous materials for security applications: diss. – Massachusetts Institute of Technology, 2003.
4. Рубаник В. В. Контроль качества нетканых материалов / В.В. Рубаник, А.А. Джежора, А.М. Науменко, Ю.А. Завацкий // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2017. – N 1.
5. Джежора А. А. Модель накладного измерительного конденсатора / А. А. Джежора, В. В. Рубаник // Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2010. – N 3. – С. 99–103 .
6. ГОСТ 17073–71 Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м<sup>2</sup>. – введ. 01.07.72. – Минск: Белстандарт, 1996. – 15с.
7. ГОСТ 267–73. Резина. Методы определения плотности. – Взамен ГОСТ 267-60; введ. 01.01.1975. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1975. – 8 с.

УДК 389:66.012.1-389:621.3.089.68

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЛИЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ В ОБЛАСТИ ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Ананьин В.Н., Мирончик А.М., Мохнач М.В., Скакун С.С.**

*Белорусский государственный институт метрологии  
Минск, Республика Беларусь*

Единство измерений в области газового анализа обеспечивает в Республике Беларусь комплекс национальных эталонов:

Национальный эталон единицы молярной доли компонентов в газовых смесях НЭ РБ 13-04;

Национальный эталон единицы молярной доли компонентов природного газа в газовых смесях НЭ РБ 16-08;

Национальный эталон единицы молярной доли атмосферных экологически опасных компонентов НЭ РБ 18-10;

Национальный эталон единиц молярной и массовой концентрации компонентов сжиженных углеводородных газов НЭ РБ 22-13.

Информация о метрологических характеристиках национальных эталонов размещена на официальном сайте БелГИМ [www.belgim.by](http://www.belgim.by).

Размер единицы молярной (массовой) доли компонентов газовой смеси воспроизводится национальными эталонами в виде эталонных газовых смесей (ЭГС), приготовленных в баллонах под давлением статическим гравиметрическим методом согласно [1] с последующей верификацией состава приготовленных ЭГС согласно [2] аналитическими методами.

В соответствии с «Соглашением о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами» (СИРМ МРА) БелГИМ принимает участие в международных сличениях, проводимых региональной метрологической организацией КООМЕТ<sup>1</sup>. Цель сличений – установление эквивалентности

национальных эталонов и предоставление объективного подтверждения калибровочных и измерительных возможностей (calibration and measurement capabilities – СМС) национальных метрологических институтов для размещения в Базе данных ключевых сличений Международного бюро мер и весов (key comparison database – KCDB BIPM) .

Метрологические характеристики национальных эталонов Республики Беларусь в области газоаналитических измерений подтверждены результатами следующих международных сличений, зарегистрированных в KCDB BIPM:

СООМЕТ.QM-K3 «Автомобильные газы», 2005 г.;

СООМЕТ.QM-K1.a «Оксид углерода в азоте», 2008 г.;

СООМЕТ.QM-K23.b «Природный газ», 2008 г.;

СООМЕТ.QM-S1 «Дополнительные сличения первичных эталонов содержания компонентов в газовых средах: NO в азоте (50 мкмоль/моль)», 2013 г.;

СООМЕТ.QM-K76 «Ключевые сличения первичных эталонов содержания компонентов в газовых средах: SO<sub>2</sub> в азоте (100 мкмоль/моль)», 2013 г.;

СООМЕТ.QM-S5 «Дополнительные сличения национальных эталонов в области анализа газовой смеси CO<sub>2</sub>, CO, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> в азоте (автомобильные газы)», 2014 г.;

СООМЕТ.QM-S3 «Дополнительные сличения эталонных газовых смесей: «загрязнители атмосферного воздуха: CO в азоте, 5 мкмоль/моль», 2016 г.;

<sup>1</sup> Организация Евро-Азиатского сотрудничества государственных метрологических учреждений

COOMET.QM-K111 «Пропан в азоте, 1000 мкмоль/моль», 2014-2016 гг.;

COOMET.QM-S4 «Дополнительные сличения «Измерение содержания компонентов (C<sub>2</sub>–C<sub>5</sub>) в смесях сжиженных углеводородов» – не завершены.

Калибровочные и измерительные возможности БелГИМ в области газового анализа, подтвержденные результатами сличений, доступны на сайте ВІРМ [3].

УДК 534.6

## ИМПЕДАНСНАЯ ТРУБА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ И ПОТЕРЬ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА

Петров С.Н., Горошко С.М., Прудник А.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Традиционные методы измерения коэффициентов звукопоглощения и потерь при передаче (звукоизоляции) являются трудоемкими и дорогостоящими.

Наиболее известны способы измерений с использованием реверберационных камер [1–3]. Для больших реверберационных камер минимально допустимый объем составляет 30 м<sup>3</sup>, для малых – 2 м<sup>3</sup>. Рекомендуемая площадь образца для малых камер составляет 1–1,5 м<sup>2</sup>.

Коэффициент звукопоглощения вычисляется косвенно, для чего необходимо последовательно измерить время реверберации в пустой камере и в камере с образцом и определить реверберационный коэффициент звукопоглощения материала.

Реверберационный коэффициент звукопоглощения образца учитывает отношение площади внутренних поверхностей камеры к площади поверхности образца, среднearифметический коэффициент звукопоглощения камеры без образца, объем и среднее время реверберации пустой камеры.

Изоляция воздушного шума определяется как разность между уровнями звукового давления в частях камеры, разделенных исследуемым образцом с учетом эквивалентной площади звукопоглощения (или времени реверберации) камеры низкого уровня.

В соответствии с ГОСТ 16297-80 [4], нормальный коэффициент звукопоглощения может определяться с использованием интерферометра (труба Кундта). Для измерений в диапазоне 125–2000 Гц длина интерферометра должна составлять 1 м, внутренний диаметр 0,1 м. При измерениях используют эффект стоячей волны, возникающей при отражении звука от установленного в конце трубы образца. Коэффициент звукопоглощения определяется через отношение максимального и минимального звукового давления.

1. СТБ ИСО 6142-2003 Анализ газов. Приготовление калибровочных газовых смесей. Гравиметрический метод.
2. СТБ ИСО 6143-2003 Анализ газов. Методы сравнения для определения и проверки состава газовых смесей для калибровки.
3. Calibration and Measurement Capabilities // Bureau International des Poids et Mesures [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: [http://kcdb.bipm.org/appendixC/QM/BY/QM\\_BY\\_4.pdf](http://kcdb.bipm.org/appendixC/QM/BY/QM_BY_4.pdf).

Альтернативным методом, позволяющим измерять нормальный коэффициент звукопоглощения и потери при передаче (звукоизоляции), является так называемый метод импедансной трубы. Наиболее известной версией оборудования, реализующего данный метод, является комплект 4206-Т компании Brüel & Kjaer [5]. Этот вариант считается наиболее часто используемым в акустических измерениях.

Применение импедансной трубы обеспечивает следующие преимущества по сравнению со стандартными методиками: компактность установки и исследуемых образцов, возможность автоматизировать измерения.

Существенным недостатком такой установки является высокая цена. Для непрофильных организаций такая цена установки перекрывает преимущества.

Решением этой проблемы может стать разработка установки со сниженной стоимостью при сохранении приемлемого уровня точности.

На сегодняшний день методы, основанные на применении импедансной трубы, описаны в [6, 7]. В [6] описывается метод определения звукоизоляции образцов (потерь на прохождение) и для его реализации требуется четыре микрофона. В [7] описывается метод с использованием двух микрофонов, который направлен на определение нормального коэффициента звукопоглощения.

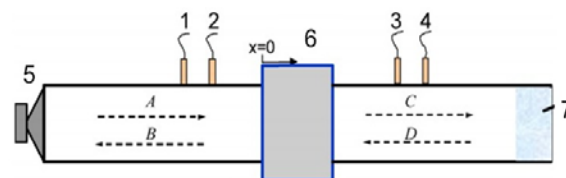


Рисунок 1 – Импедансная труба:  
1–4 — микрофоны; 5 — источник звука; 6 — образец;  
7 — акустическая заглушка