

Ю.Г. Безымянный, доктор технических наук
(Национальный авиационный университет, Украина),
А.Н. Высоцкий, К.А. Комаров, Л.О. Тесленко
(Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, Украина)

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ

В работе рассматривается пример использования компьютерных технологий для измерения звукопоглощения материалов с применением комплекса виртуальных измерительных приборов и последующей обработкой результатов этих измерений.

В современном обществе очень остро стоит вопрос защиты человека от повышенного уровня звукового давления на производстве и в быту. На рынке предлагается огромное количество строительных отделочных и конструкционных материалов, звукопоглощающие свойства которых не соответствуют величинам, заявленным их производителями. Поэтому вопрос входного контроля звукопоглощающих свойств указанных материалов, а также создание новых материалов и элементов конструкций с высокими показателями звукоизоляции и звукопоглощения актуально.

Один из методов контроля звукопоглощения в материалах регламентируется стандартом [1]. Структурная схема рекомендованного этим документом акустического интерферометра приведена на рис.1.

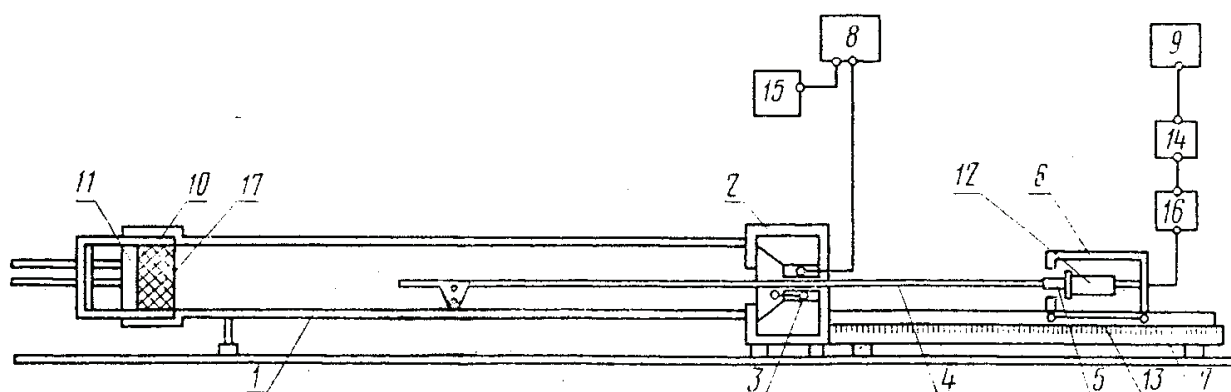


Рис.1. Структурная схема акустического интерферометра:

- 1 – металлическая труба, 2 – коробка, 3 – громкоговоритель, 4 – микрофонный щуп,
- 5 – резиновая диафрагма, 6 – микрофонная тележка, 7 – направляющая рейка,
- 8 – низкочастотный генератор, 9 – электронный вольтметр, 10 – обойма, 11 – поршень,
- 12 – микрофон, 13 – указатель отсчета, 14 – акустический фильтр,
- 15 – частотомер, 16 – микрофонный усилитель, 17 – образец.

В соответствии рекомендациям стандарта измерение звукопоглощения проводят следующим образом. С генератора 8 подается синусоидальный сигнал на громкоговоритель 3, частота которого контролируется частотомером 15. Громкоговоритель 3 излучает в металлическую трубу 1 прямую плоскую бегущую звуковую волну заданной частоты. На противоположном торце трубы 1 закреплён в обойме 10 и поджат поршнем 11 образец 17. Прямая волна проходит вдоль оси трубы 1 и падает на образец 17, частично поглощаясь материалом образца и частично отражаясь от его поверхности в сторону излучателя 3, образуя отражённую плоскую бегущую звуковую волну той же частоты. Энергия отражённой волны тем меньше, чем больше поглощение в материале образца 17. Взаимодействие прямой и отражённой волн приводит к образованию стоячей звуковой волны, в которой образуются зоны наибольших (пучности) и наименьших (узлы) амплитуд

давления стоячей звуковой волны. По измеренным максимальным и минимальным значениям амплитуды давлений звуковой волны определяют ту часть энергии, которая поглощается в образце и ту, которая отражается от его поверхности для данной частоты звука. Для измерений уровня давлений звуковой волны внутри трубы 1 помещен измерительный щуп 4 с микрофоном 12 на торце, который может передвигаться по продольной оси трубы 1. Сигнал с микрофона 12 поступает на усилитель 16 и далее, через акустический фильтр 14, на электронный вольтметр 9, где измеряется значение амплитуды электрического сигнала, пропорционального уровням давлений звуковой волны в различных сечениях трубы 1. Диапазон частот звуковых волн, для которых возможно проведение корректных измерений звукопоглощения в материале образца, зависит от геометрических размеров трубы 1, и составляет: для трубы диаметром 100 и длиной 1000 мм от 125 до 2000 Гц, для трубы диаметром 25 и длиной 250 мм от 1600 до 8000 Гц.

Описанный аппаратный комплекс состоит из морально устаревших измерительных приборов на радиолампах, производившихся более полувека назад. Общеизвестными недостатками таких приборов являются: повышенное потребление энергии питания, необходимость длительного предварительного прогрева, отсутствие автоматической калибровки, трудоемкость обслуживания, большие габариты и масса. Сегодня существует огромное количество виртуальных измерительных приборов, производимых серийно и имеющих гораздо более выгодное соотношение цена/качество, чем традиционные лабораторные измерительные приборы при сопоставимом и более высоком уровне точности измерений и гораздо более высоких эргономических свойствах и возможностях последующей автоматизированной обработки и представления результатов измерений.

Нами разработана и создана компьютерная система для измерения звукопоглощения в материалах. Структурная схема этой системы показана на рис. 2, а внешний вид – на рис. 3.

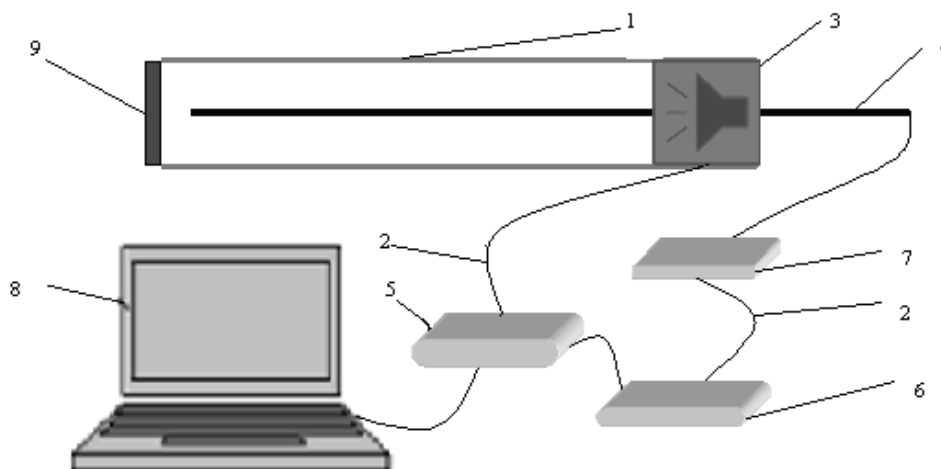


Рис.2. Структурная схема компьютерной системы для измерения звукопоглощения в материалах:

- 1 – акустическая измерительная камера (в том числе громкоговоритель 3, микрофонный щуп с микрофоном 4 и образец 9); 2 – соединительные кабели; 5 – РС-осциллограф; 6 – акустический фильтр;
7 – микрофонный усилитель; 8 – компьютер.

В основу разработанной компьютерной системы для измерения звукопоглощения в материалах положены акустическая измерительная камера 1 (см. рис. 2), рекомендованная [1]. Её конструкция реализует акустическую и механическую части, изображённые на рис. 1. Для измерения амплитуды звукового давления использован стандартный высокочувствительный электретный микрофон со встроенным согласующим усилительным каскадом на полевом транзисторе. Подключение микрофона проведено по стандартной схеме с питанием +5В по кабелю USB компьютера (рис.2).

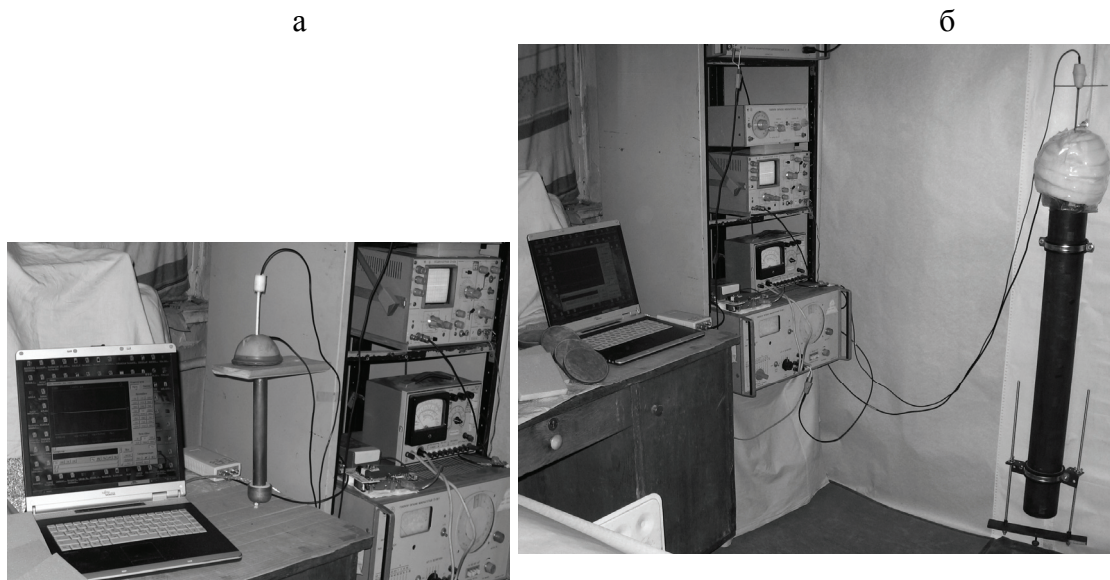


Рис. 3. Внешний вид компьютерной системы для измерения звукопоглощения в материалах: для диапазона частот 1600-8000 (а) и 125-2000 кГц (б)

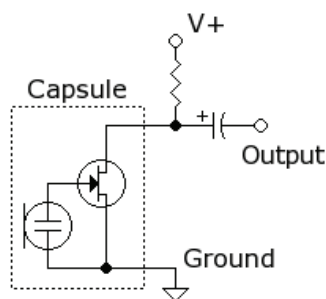


Рис.4. Схема подключения микрофона

Для формирования и обработки электрических сигналов использован РС-осциллограф PV6501. В его состав входит осциллограф, генератор и электронно-счетный частотомер. Питание осуществляется по USB-кабелю, имеется гальваническая развязка. Интерфейс PV6501 (рис.5) прост и интуитивно понятен, имеет вид, сходный с панелями классических измерительных приборов (осциллографа и генератора стандартных сигналов). В окне осциллографа есть 7-разрядный индикатор электронно-счетного частотомера с диапазоном измеряемых частот от 2 Гц до 30 МГц и цифровой индикатор амплитуды переменного напряжения, который выполняет функцию цифрового вольтметра 9. Функции генератора, частотомера и вольтметра дублируются аналоговыми приборами (см. рис. 3).

Мощности выходного сигнала генератора PV6501 недостаточно для обеспечения рабочего звукового давления в акустической измерительной камере 1 (см. рис. 2). Для этих целей использован аналоговый усилитель. Микрофонный усилитель 7 и акустический фильтр 6 между выходом согласующего каскада микрофона 4 и входом осциллографа 5 (см. рис. 2) выполнены по оригинальным схемам.

Расчет коэффициента звукопоглощения ведется с применением электронных таблиц Microsoft Excel по известным алгоритмам [1].

Результаты измерений звукопоглощения в эталонных материалах с помощью разработанной компьютерной системы (рис. 6) хорошо согласуются с аналогичными значениями измерений других авторов, например [2].

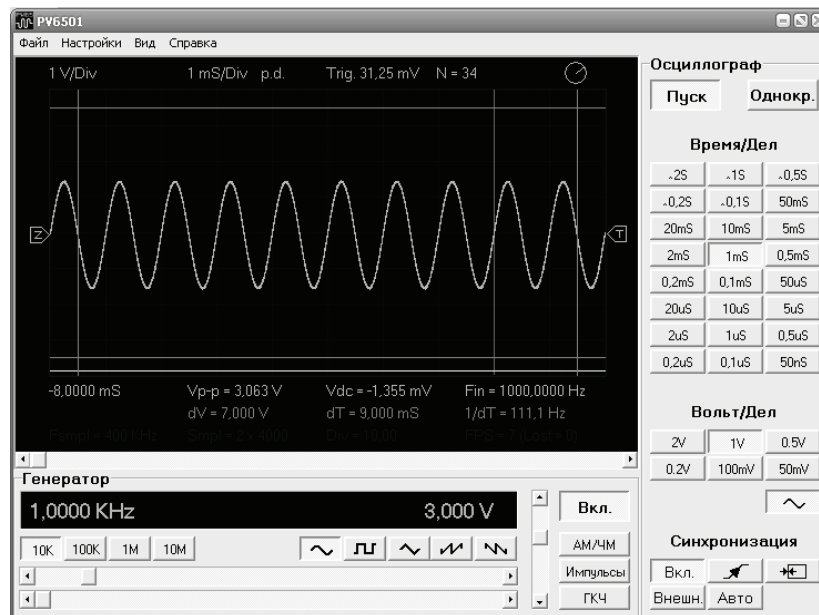


Рис.5. Интерфейс USB PC-осциллографа PV6501

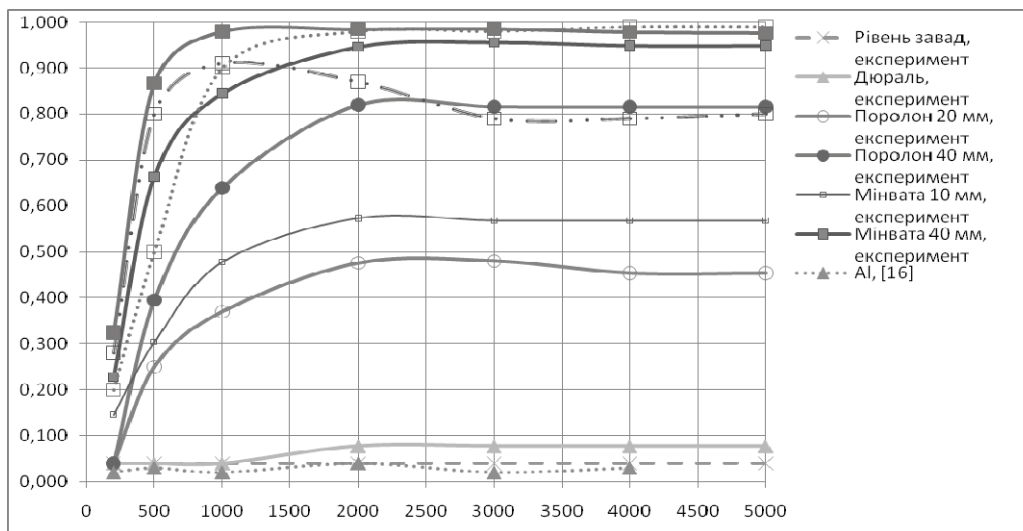


Рис. 6. Результаты тестовых испытаний системы

Выводы

Предложенная компьютерная система была изготовлена, аппаратно и программно отработана, а так же проверена на эталонных материалах. Поэтому она может быть использована для измерения коэффициента звукопоглощения различных материалов.

В процессе проведения экспериментов выявлены определенные недоработки аппаратной части интерферометра, которые устраняются в настоящее время. Также намечены пути совершенствования программной части комплекса.

Список литературы

1. ГОСТ 16297-80 «Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний» - М.: Госуд. комитет по делам строительства, 1980. – 12 с.

2. *Alporas Aluminium Foam: production process, properties, and applications* / T.Mioshi, M.Itoh, S.Akiama, A.Kitahara // *Advanced engineering materials*. – 2000 – Vol. 2, 4. – p.179-183.