

УДК 53.082.4

Оценка возможности построения анализатора спектров разнесённых акустических сигналов с использованием типовых электретных микрофонных капсулей

Селемон Д.С., Соколова О.М., Хромулина Т.Д., Булкин В.В.

Проведение измерений при оценке возможного ослабления сигнала условиями трассы распространения или применяемыми средствами защиты (типа шумозащитных акустических экранов) связано с потенциальным различием в амплитудно-частотных характеристиках источников, применяемых при измерениях и создания контрольно-измерительной аппаратуры, обеспечивающей анализ характеристик разнесённых акустических сигналов. В статье анализируется возможность применения в разработанной системе анализа спектров акустических сигналов, построенной с использованием графического языка программирования LabView, широко распространённых электретных микрофонных капсулей. Представлены результаты анализа АЧХ нескольких десятков микрофонных капсулей. Показано, что различия в характеристика микрофонных пар могут достигать 30 дБ. При использовании стандартного представления характеристик и в октавных или долеоктавных диапазонах могут быть отображены пары с различием на уровне менее 3 дБ. Сделан вывод о возможности применения системы с такими капсулями в случаях качественной оценки изменения уровня сигнала, например, в учебном процессе.

Ключевые слова: акустический шум, амплитудно-частотная характеристика, уровень звукового давления, капсуль микрофонный электретный, разностный спектр.

Введение

Среди вызовов, с которыми всё чаще сталкивается человечество, не последнюю роль играет акустошумовое загрязнение, характерное для техногенной среды [1]. По разным оценкам среднее ежегодное повышение уровня шума на открытых пространствах достигает 0,5 дБ [2]. С учётом современной интенсивности развития технологически активных систем и устройств, увеличения их количества, можно предположить, что данный процесс может приобрести более динамический характер.

В классическом варианте шумомер представляет собой измерительную систему, в которой функции датчика выполняет микрофон, имеется усилитель и набор полосовых фильтров, а результат отображается либо с помощью стрелочного прибора, либо цифрового табло. Оценка осуществляется либо в среднем по всему диапазону, либо на среднегеометрических частотах октавных диапазонов. Более сложные системы обеспечивают проведение одномоментных измерений в октавных (долеоктавных) диапазонах, позволяя сохранять результаты измерений, осуществлять встроенную и компьютерную обработку полученной информации.

Современные шумомеры позволяют обеспечивать получение достоверной информации по уровням акустических сигналов, но в подавляющем большинстве предназначены для получения информации по одному каналу измерения, т.е. для измерения уровня звукового давления (УЗД) в одной точке. При этом, в ряде задач требуется проведение сравнительных измерений, позволяющих дать оценку разности контролируемых акустических шумов.

Особенно интересна такая задача при оценке эффективности различных защитных средств. Применение такого шумомера позволит с минимальным разночтением оценить снижение УЗД, обеспечиваемое защитными устройствами.

Устройства такого типа стали появляться в последнее время (например, шумомер SV 102) [2]. Однако стоимость такого прибора оказывается слишком высока в тех случаях, когда речь идёт, например, об учебном процессе, задачей которого в большинстве случаев является не обеспечение высокой точности измерений, а освоение самого принципа разностной оценки спектров шумов.

Описание такого типа измерителя, пригодного для применения в учебном процессе или при качественной оценке изменения УЗД, представлено в [3, 4]. Целью статьи является анализ возможности применения для оценки разности спектров разнесённых акустических сигналов широко распространённых электретных микрофонных капсулей.

Описание системы

Программа одновременного анализа спектров 2-х звуковых сигналов использует графический язык программирования G среды LabView [5]. Выбор среды LabView обусловлен удобством написания программ и ее широкими возможностями по созданию объектно-ориентированных многопоточных приложений для работы с устройствами в реальном времени [6].

Входными данными являются время анализа Time (сек), размер выборки # of samples и частота дискретизации sampling freq (Hz). Длина измеряемой реализации определяется отношением размера выборки к частоте дискретизации и при выбранных по умолчанию одинаковых значениях (40000) равна 1 сек, а количество измерений каждого звукового сигнала – отношением времени анализа к длине измеряемой реализации. Константами задаются число каналов подключения каждого из микрофонов, количество бит (16) оцифрованного звукового сигнала и номера каналов подключения микрофонов к USB портам ПЭВМ.

Измеренная реализация звукового сигнала в виде 40000 16-ти разрядных двоичных чисел обрабатывается с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). В результате получается дискретный спектр звукового сигнала в диапазоне от 0 до 20 КГц с шагом 1 Гц. По завершению каждого потока (циклов) измерений вычисляется соответствующий усреднённый за заданное время анализа спектр f_{cp} звукового сигнала

$$f_{cp}(n) = \frac{(n-1) \cdot f_{cp}(n-1) + x_n}{n}, \quad (1)$$

где x_i – полученное текущее значение спектра, n – число измеренных реализаций, который после перевода в децибелы отображается на экране и запоминается в одномерном массиве.

Преимуществом такого варианта является получение возможности наблюдения за изменением среднего спектра в реальном времени. В этом случае нет необходимости задавать заранее время наблюдения, так как появляется возможность прекратить измерения при достижении необходимой точности результатов.

Отдельно вычисляется средний разностный спектр.

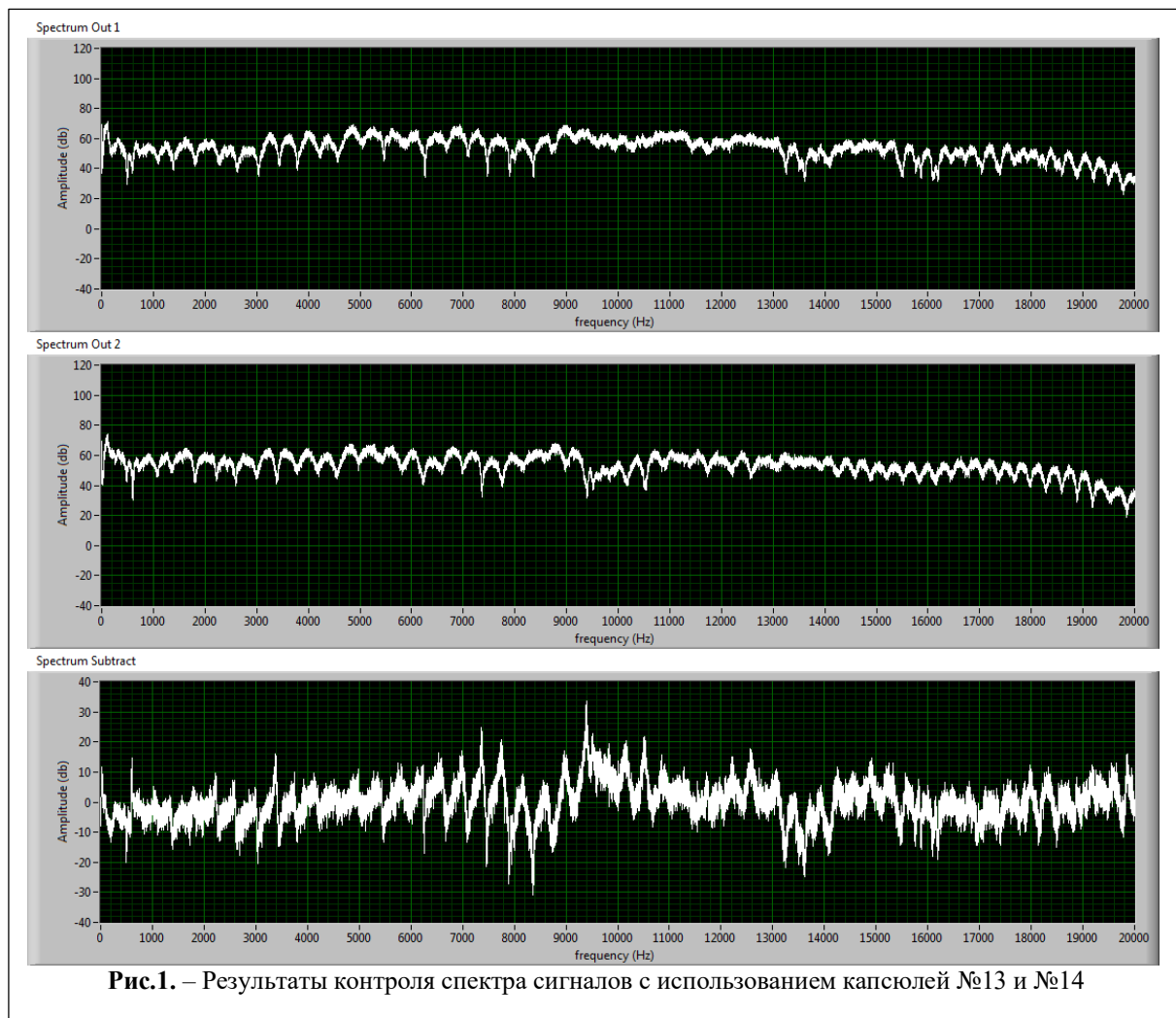
Сформированный двумерный массив сохраняется в файле в виде электронной таблицы с расширением xls. Значения сохраняются в режиме октавных или третьоктавных диапазонов с фиксацией относительно среднегеометрической частоты.

По завершении третьего потока вычисляется средняя разность спектров, которая также отображается на экране на отдельном графике и запоминается в одномерном массиве.

Оценка функционирования системы

Проверка системы проводилась с использованием лабораторной акустической камеры, разработанной для применения в учебном процессе и научно-исследовательской работе студентов, описание которой дано в [7]. Имеющей внешние размеры порядка 2 м, 1 м и 0,8 м при вертикальной ориентации. В качестве звукопоглощающего материала в стенах камеры использована минеральная вата. На передней стороне имеются две двери, обеспечивающие максимальный доступ во внутренний объём.

С целью выравнивания характеристики камеры и снижения уровня эха внутренняя



поверхность покрыта звукопоглощающим материалом - акустическим поролоном пирамидального и волнообразного профилей с использованием т.н. бас-ловушек для поглощения низкочастотных акустических сигналов.

В нижнюю часть конструкции камеры встроена акустическая система, созданная на основе широкополосных динамических излучателей. Направление излучения акустического сигнала – снизу-вверх.

Результаты анализа микрофонных капсулей

В системе использовались простейшие микрофоны, состоящие из микрофонных капсулей и держателей. Акустический сигнал – шумоподобный, типа «белый шум», с достаточно равномерным распределением в пре-

делах диапазона 20–20000 Гц. Время оценки – 60 сек.

При проведении измерений микрофоны парами располагались в верхней части акустической камеры. Для фиксации капсулей использовались два корпуса, имитирующих микрофон.

Результаты сопоставления некоторых капсулей представлены на рис.1, 2 и 3. Во всех случаях первый и второй спектры – это спектры первого (в данной паре) и второго капсуля, третий – разностный спектр (с вычитанием второго из первого).

Как следует из сопоставления спектров сигналов, не приходится говорить о полном соответствии АЧХ микрофонов, поскольку характер изменения средней линии во всех случаях различен. Анализ отклонений АЧХ разности спектров показывает, что во всех

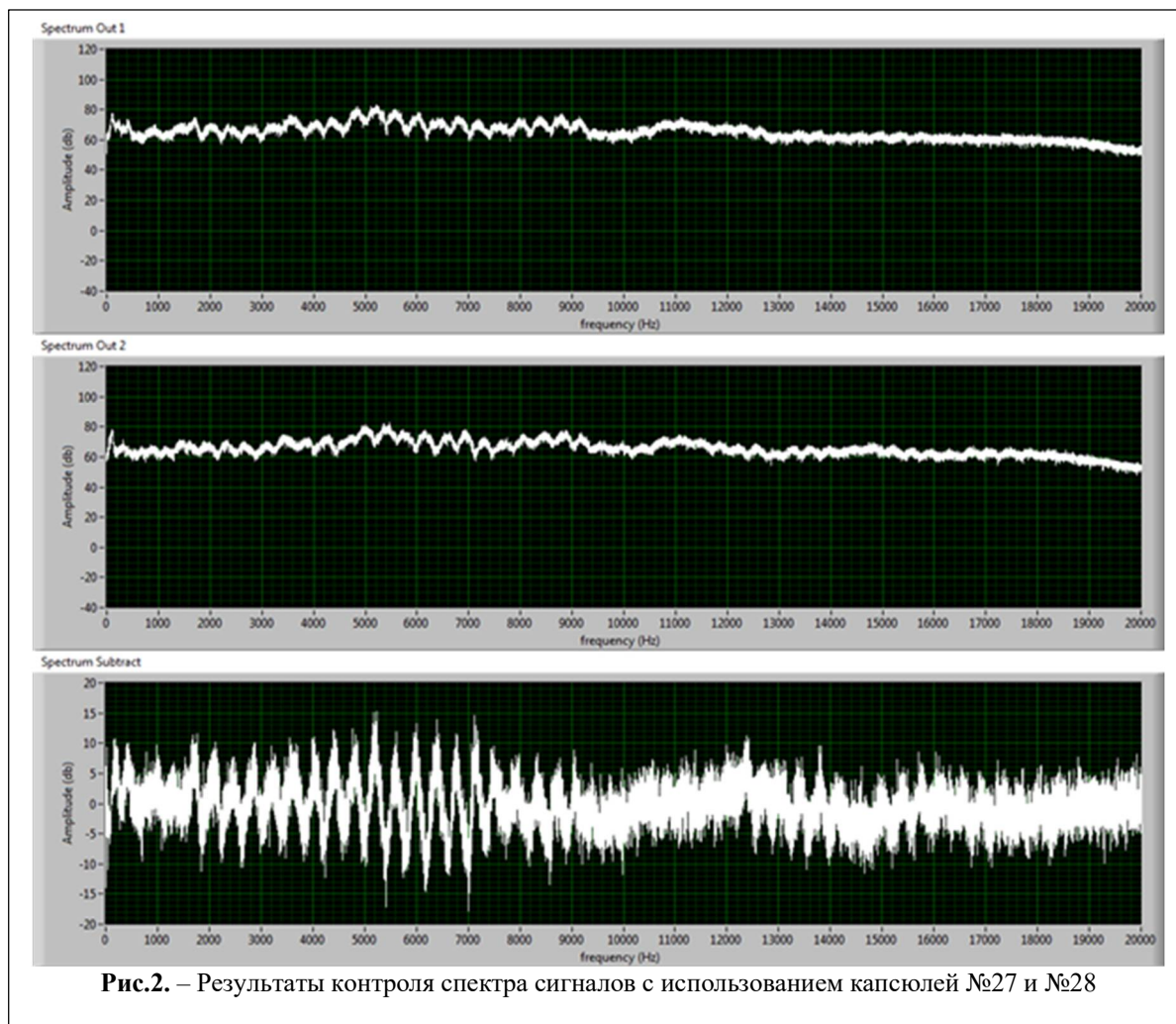


Рис.2. – Результаты контроля спектра сигналов с использованием капсулей №27 и №28

случаях имеет место различие, достигающее до 30 дБ (капсули №13 и №14), что не позволяет говорить о применении таких капсулей для построения прецизионной измерительной системы.

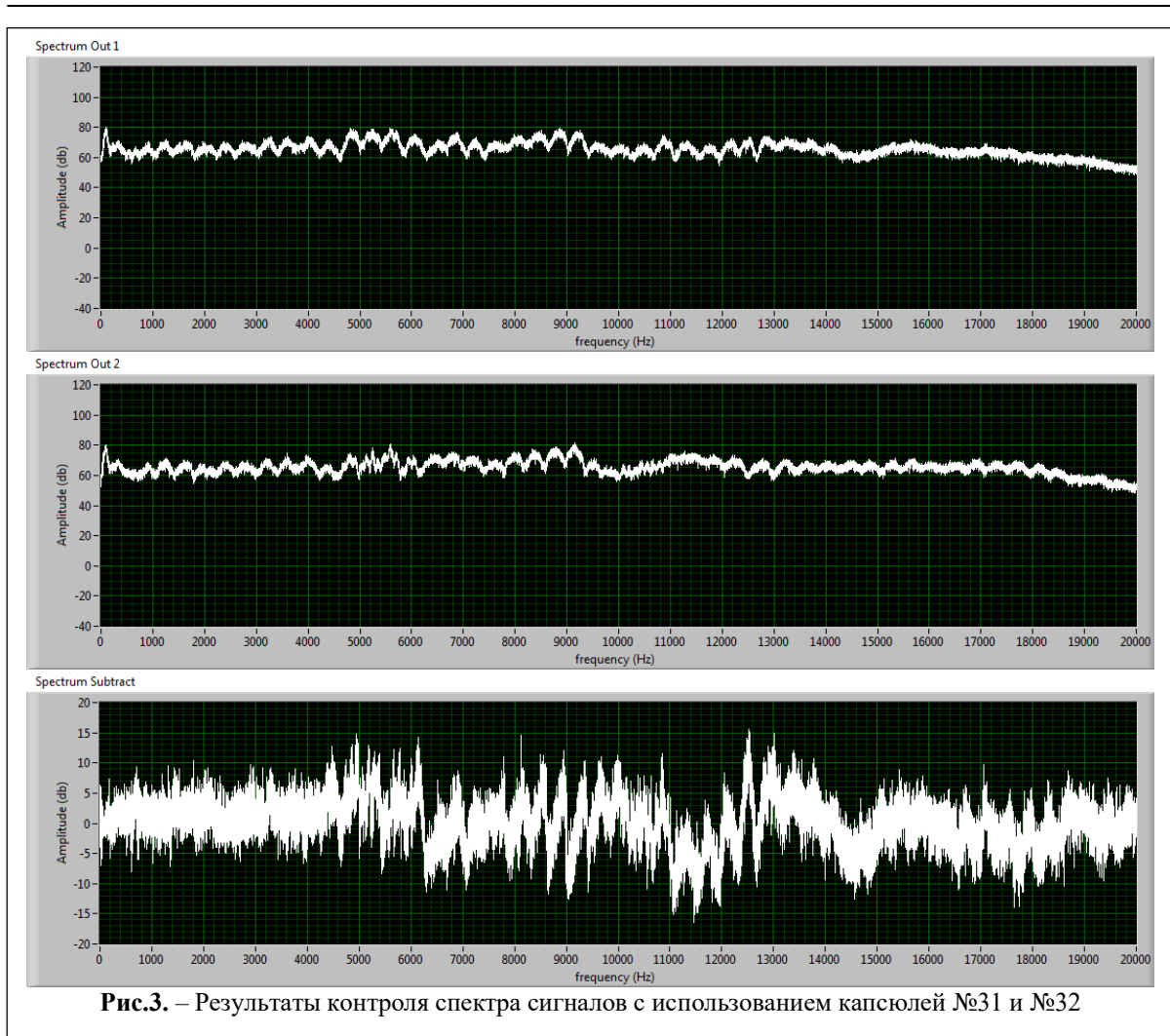
Вместе с тем, следует учитывать и то, что действующими методиками измерений акустического шума предусматривается анализ сигналов на средневзвешенных частотах октавных или долеоктавных диапазонов [8]. Поскольку, как уже отмечалось, разработанная система обеспечивает сохранение данных в виде базы, построенной на фиксации уровня звукового давления (УЗД) именно на средневзвешенных частотах с возможностью выбора диапазонов, воспользуемся данными фиксации этих измерений и представим в виде графиков разностные измене-

ния УЗД в третьоктавных и октавных диапазонах (см. рис.4, 5 и 6).

Из анализа этих АЧХ видно, что в первом случае (капсули №13 и №14) различия в АЧХ достигают до ± 10 дБ, в то время как во втором случае (капсули №27 и №28) речь идет об отклонениях $+7 \div -5$ дБ в третьоктавном и $+6 \div -5$ дБ в октавном диапазонах.

Что касается третьего случая (капсули №31 и №32), то отклонения в третьоктавном диапазоне составляют $+6,5 \div -6$ дБ, что в целом совпадает со вторым случаем, а вот в октавном диапазоне отклонения на уровне $+3 \div -0,5$ дБ, что существенно меньше остальных случаев.

Следует отметить, что в третьоктавных диапазонах средневзвешенные частоты учитывались от 25 до 16000 Гц, а в октавных - от 63 до 8000 Гц.

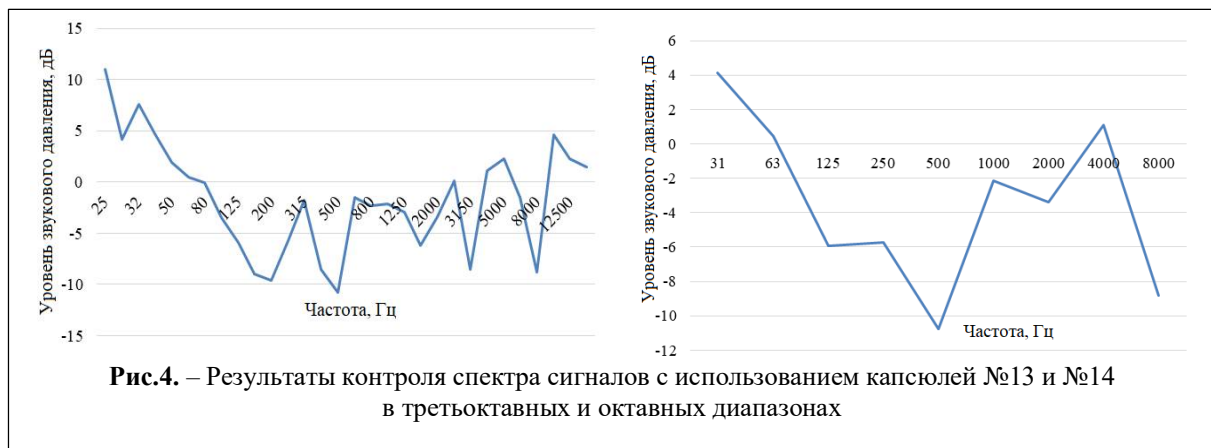


Заключение

Анализ результатов проведённых исследований показывает, что применение простейших микрофонных электретных капсулей для проведения прецизионных измерений не представляется возможным в силу слишком больших различий в индивидуальных АЧХ.

Однако их применение в системах каче-

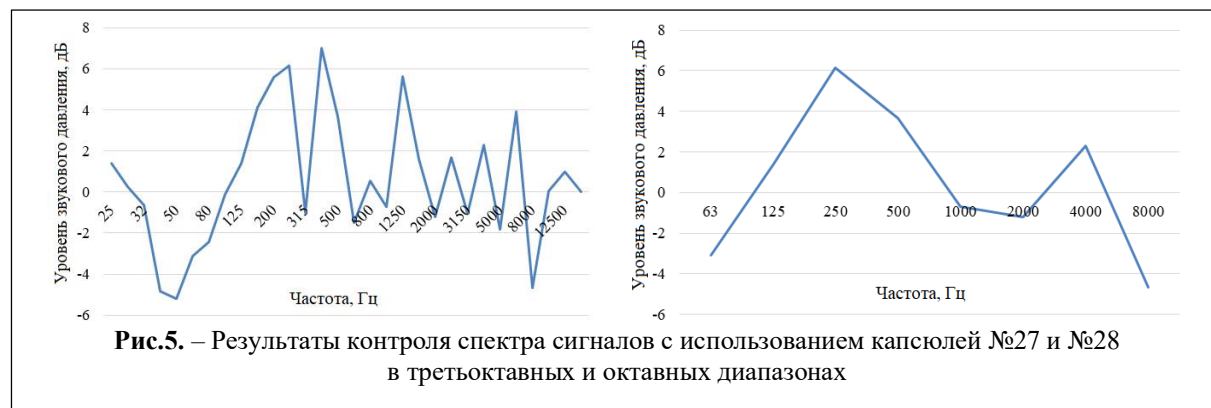
ственной оценки изменений УЗД, там, где измерения могут проводиться с некоторой погрешностью, вполне возможно. Например, применение такой системы с парой микрофонов №31 и №32 вполне возможно в учебном процессе при оценке качества защиты от акустических шумов при использовании шумозащитных акустических экранов, при ана-



лизе качества средств индивидуальной защиты (шумозащитные наушники или беруши), при анализе изменения УЗД по трассе распространения (на небольших расстояниях).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-38-00909.

4. Терсин В.В., Булкин В.В., Хромулина Т.Д. Система полного спектрального анализа акустических сигналов в программе LabVIEW / Прикладные вопросы формирования и обработки сигналов в радиолокации, связи и акустике [Электронный ресурс]: Всероссийские открытые Армандовские чтения «Муром 2019» / Сб. тез. докладов X научно-практического семинара. –



Литература

- ГОСТ 17187-2010. Шумомеры. Часть 1. Технические требования. –М.: Стандартинформ, 2012. –31с.
- SVANTEK/ Профессиональные приборы для измерения шума и вибрации / SV 102. Двухканальный шумомер, дозиметр шума, анализатор спектра. –Режим доступа: <https://svantek.nt-rt.ru/images/manuals/SV102.pdf>.
- Tersin V.V., Bulkin V.V., Khromulina T.D. System for receiving and processing diversity acoustic noise control data / ITM Web of Conferences / 29th International Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2019), Sevastopol, Russia, September 8-14, 2019 / 04005 (2019) Published online: 27 November 2019.

Поступила 08 сентября 2019 г.

Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2019. –С.55-57.

- Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.
- Магда Ю.С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков. – М.: ДМК Пресс, 2011.– 208 с.
- Зайцев А.В., Пузырёв В.И., Шеронова Т.С., Булкин В.В. Модернизация лабораторной акустической камеры / Методы и устройства передачи и обработки информации, 2018, Вып.20. –С.14-20.
- ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий / Инженерная и санитарная акустика. Сборник нормативно-методических документов. В 2 томах. Том 1. – СПб.: Компания «Интеграл», 2008. –С.355-384.

Analysis of acoustic noise pollution, which has become one of the problems of the modern man-made world, requires the use of specialized control and measurement equipment-noise meters, which belong to different classes and have different capabilities. Measurements when evaluating possible signal attenuation by propagation path conditions or the protection devices used (such as noise-proof acoustic screens)

are associated with a potential difference in the amplitude-frequency characteristics of the sources used in the measurements. Under the conditions of such uncertainties, it becomes impossible to simply compare the results of measurements at characteristic points. It is necessary to build control and measuring equipment that provides analysis of the characteristics of separated acoustic signals. Special attention should be paid to matching the amplitude-frequency characteristics of microphones. The article analyzes the possibility of using widely used electret microphone caps in a specially developed system for analyzing the spectra of acoustic signals, built using the LabView graphical programming language. The results of analysis of the frequency response of several tens of microphone capsules are presented. It is shown that differences in the characteristics of microphone pairs can reach 30 dB. When using the standard character representation and in octave or dole octave ranges, pairs with a difference of less than 3 dB can be selected. The conclusion is made about the possibility of using the system with such caps in cases of qualitative assessment of changes in the signal level, for example, in the educational process.

Key words: acoustic noise, amplitude-frequency response, sound pressure level, microphone electret capsule, difference spectrum.

Селемон Денис Сергеевич – студент Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

Соколова Ольга Михайловна – студент Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

Хромулина Татьяна Дмитриевна – инженер Муромского филиала ООО "Владимиртеплогаз".

E-mail: misery83@yandex.ru

602263, г. Муром, ул. Первомайская, 110А

Булкин Владислав Венедиктович – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

E-mail: lwb-kipra@mail.ru.

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.