**ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ С ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ**

Баранов А.В.1, Петров Н.Ю.1, Серикова В.А.2, Шитикова Е.А.2

*1Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего*

*образования Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,*

*Россия*

*2Лицей №126, Новосибирск, Россия*

*n.petrov@corp.nstu.ru*

Как утверждают эксперты, технической основой цифровой экономики будут кибер-физические системы (КФС) [1-3]. Последние сочетают в себе технические компоненты, функционирующие в соответствии с физическими принципами и компоненты, осуществляющие цифровой анализ и управление предыдущими [1].

Начальным этапом нашего исследования стало изучение проблемы использования тонких строительных панелей (ТСП) для звукоизоляции в помещениях. В основе проблемы, в том числе, лежат физические явления проникновения и отражения звука на границах раздела сред. Отношение удельных акустических сопротивлений двух контактирующих сред определяет амплитуды и энергии прошедшей и отраженной звуковых волн [4]. Удельные акустические сопротивления могут быть рассчитаны по известным значениям плотности вещества и фазовой скорости звука в материале панели. Для ТСП такой расчет затрудняется проблемой определением скорости звука в панели, что связано с малым временем распространения акустического сигнала (порядка 1-3 мкс).

Целью нашей работы является разработка макета КФС, позволяющей в автоматизированном режиме осуществлять диагностику акустических характеристик выпускаемых предприятиями тонких строительных панелей с учетом малого времени распространения акустического сигнала в них.

Нами была разработана электрофизическая установка для измерения акустических характеристик ТСП. Функционирование системы основано, в частности, на прямом и обратном преобразованиях электромагнитного сигнала в акустический. Исследуемая ТСП размещается между излучателем звука и приемником. В качестве последних элементов в установке используются акустические динамики. На первый динамик подается переменное напряжение с генератора звуковых частот. Акустический сигнал, прошедший через ТСП, попадает во второй динамик и преобразуется в переменное напряжение. Малое время запаздывания акустического сигнала в ТСП регистрируется с использованием двухканального цифрового осциллографа (АКТАКОМ АОС-5062), на который подаются электромагнитные сигналы с излучателя и детектора звука.

Фазовый сдвиг выходного сигнала по отношению к входному сигналу позволяет найти время распространения звука в ТСП. При этом необходимо учитывать конечное время распространения звука в воздушных зазорах динамик-панель-динамик. С этой целью производятся два измерения времени запаздывания сигнала: 1) с панелью между двумя динамиками и 2) с двумя динамиками, расстояние между которыми уменьшено на толщину панели по сравнению с расстоянием в предыдущем эксперименте.

Проведённые эксперименты легли в основу методики, позволяющей рассчитать скорость звука и удельное акустическое сопротивление материала ТСП. Был установлен ряд факторов, влияющих на объективность получаемых данных, и определены возможности повышения точности измерения и расчётов. Наиболее существенным оказался факт наличия в сигнале детектора большой «шумовой» компоненты. Перед нами встала задача обработки сигнала с целью выделения основной гармонической составляющей на фоне неустранимых помех.

В экспериментах задача была решена с помощью функции цифровой фильтрации осциллографа. Использовался цифровой фильтр нижних частот, выделяющий основную гармонику сигнала. Это позволило продемонстрировать возможности предлагаемой методики измерения скорости звука в ТСП.

Следующим этапом исследования стала разработка макета КФС, представляющей собой интеграцию нашей электрофизической установки с компьютером, осуществляющим цифровую обработку сигналов без использования осциллографа и производство необходимых расчетов акустических характеристик. С целью апробации макета КФС файлы с данными оцифровки сигналов осциллографом использовались для обработки в СКМ MathCad. Обработка осуществлялась с помощью написанной программы фильтрации, основанной на преобразованиях Фурье. Использовались две встроенные функций MathCad:1) READPRN, возвращающая матрицу, в которой каждая строка определяется записью (строкой) анализируемого файла оцифрованного сигнала, 2) FFT, возвращающая матрицу коэффициентов ряда Фурье. С использованием последних определялся фазовый сдвиг основной гармоники выходного сигнала по отношению к входному и вычислялась скорость звука в ТСП. Произведение скорости звука на усредненное значение плотности вещества ТСП позволило сделать количественную оценку значения удельного акустического сопротивления ТСП.

Положительные результаты апробации нашего макета интегрированной измерительной системы с цифровой обработкой данных позволяют утверждать возможность создания автономных КФС, позволяющих в автоматизированном режиме осуществлять диагностику акустических характеристик выпускаемых предприятиями тонких строительных панелей с последующей передачей данных на пункт контроля изделий.

1. В.П. Куприяновский, Д.Е. Намиот, С.А. Синягов. *International Journal of Open Information Technologies*, **4,** no. 2, 18-25.
2. E.A. Lee. *Sensors*, 2015, **15**, 4837–4869.
3. R.F. Li, Y. Xie, R. Li, and L. Li. *J. Comp. Res. Dev.*, 2012, **49**, 1149–1161.
4. B. Zeqiri, W. Scholl, S.P. Robinson.  *Metrologia*, 2010, **47**,156–171.