

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДЕМПФЕРА ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ФОРМЫ

© 2024 г. Вечёра Михаил Сергеевич^{1*}, С. И. Коновалов^{2**}, Р. С. Коновалов^{2,3***},
Г. В. Ш.^{4****}, В. М. Цаплев^{2*****}

¹ – ООО «Константа УЗК», 198097 г. Санкт-Петербург, Огородный пер., 21

² – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 197022 г. Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, 5

³ – Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 190031 г. Санкт-Петербург, Московский просп., 9

⁴ – School of Mechanical Engineering, Changwon National University, 51140 Changwon, Changwon National University Road 20, Republic of Korea

* - vms@constanta.ru; ** - sikonovalov@etu.ru; *** - rskonovalov@etu.ru;

**** - ee.boris@changwon.ac.kr; ***** - valery@convergences-fr.ru

Целью представленного исследования является изучение эффективности демпфера пьезоэлектрического преобразователя в зависимости от его геометрической формы. Исследован один из возможных вариантов построения демпфера – в виде усеченного конуса, образующая которого может иметь различный наклон по отношению к плоскости пластинчатого пьезоэлемента. Получены результаты исследования, связывающего геометрическую форму демпфера с эффективностью его работы, а также с эффективностью работы системы излучения-приема «в целом».

Механическое демпфирование получило широкое распространение при разработке пьезоэлектрических преобразователей, предназначенных для неразрушающего контроля [1, 2]. При этом необходимо отметить, что наибольшая эффективность демпфирования достигается в том случае, когда вносимые им в колебательную систему потери имеют чисто активный характер. Для этого необходимо исключить влияние сигналов, возвращающихся из толщи демпфера на пьезопластину в результате, например, отражений от его тыльной стороны. Вопрос влияния геометрической формы демпфера на его свойства слабо представлен в научно-технической литературе. Существующие публикации в основном сосредоточены на технологических аспектах изготовления демпферов [3, 4].

Авторами настоящей работы проведен комплекс исследований по оценке влияния формы описанного демпфера на его свойства. Работа проводилась в три этапа: натурное моделирование образцов демпферов с различающимся углом наклона образующей, проведение численного эксперимента в программе COMSOL, а также экспериментальное исследование изготовленных образцов в системе излучения-приёма.

Для экспериментальных исследований были изготовлены 30 образцов демпферов с различными углами наклона образующей. В качестве активного элемента выбраны пьезопластины диаметром 12 мм и частотами 2,5 и 1,25 МГц. Демпфирующий состав изготов-

ливался на основе смеси эпоксидной смолы и вольфрамового порошка в соотношении 1:1 по массе. Для проведения численного моделирования методом конечных элементов в программе COMSOL построена модель пьезопластины с конусным демпфером. На основе проведения численного расчета получена зависимость эффективности демпфирования от угла наклона боковой стенки демпфера. Предложен критерий определения эффективности демпфирования как отношение амплитуд электрических напряжений на пьезоэлементе для отраженной от тыльной стороны демпфера волны к поданному на пьезоэлемент. Для экспериментального исследования образцов в системе излучения-приема разработана установка, включающая в свой состав емкость с жидкостью и специальную оснастку для крепления образцов демпферов. При проведении эксперимента оценивалось изменение длительности зондирующего импульса (ЗИ) и отношения сигнал/шум.

Общие результаты исследований частично представлены на рис. 1.

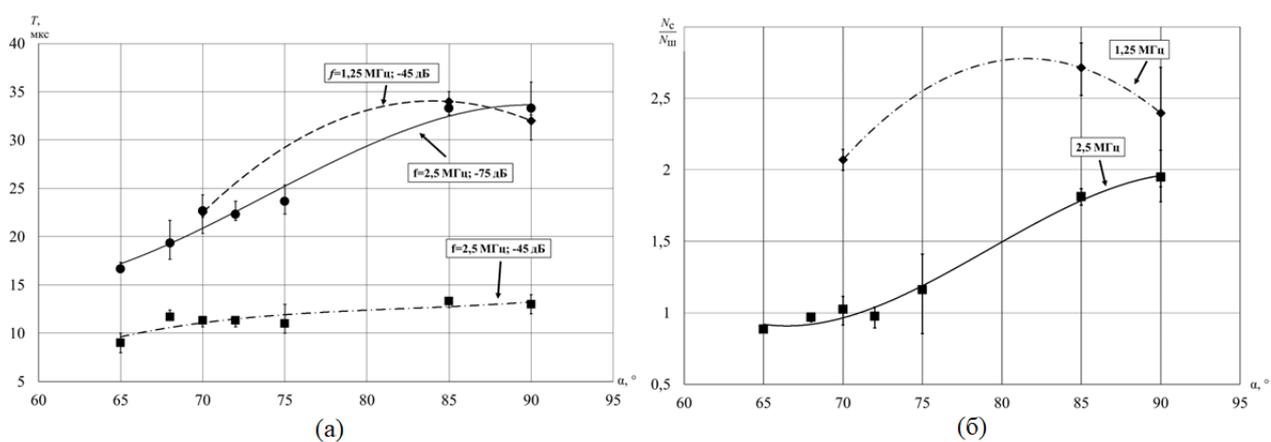


Рис. 1. Зависимость длительности ЗИ (а) и отношения сигнал/шум (б) от угла наклона боковой стенки демпфера.

При проведении исследований были достигнуты следующие результаты: предложен критерий оценки эффективности демпфера, разработана и подтверждена экспериментально расчетная модель демпфера, исследовано влияние формы демпфера на сигнал, отраженный от его тыльной части, и на сигнал, излучаемый в среду. Установлен угол наклона образующей, позволяющий добиваться наилучших результатов работы демпфера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *K. Uchino. Advanced Piezoelectric Materials. Science and Technology, 2nd ed. Woodhead Publishing, 2017. 830 p.*
2. *Milan D. Radmanovich, Dragan D. Mancic. Designing and modeling of the power ultrasonic transducers. University of Nis: Faculty of Electronics, 2004. 198 p.*
3. *Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля / под общ. ред. И.Н. Ермолова. М.: Машиностроение, 1986. 280 с.*
4. *Домаркас В.И., Кажис Р.-И. Ю. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. Вильнюс: Минтис, 1974. 256 с.*