

УДК. 621.319.

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗОКОМПОЗИТНЫХ ЛАРИНГОФОНОВ

МУСАЕВА С.Н., ГЕЙДАРОВ Г.М., СЕЙИДОВ Ф.И., КУРБАНОВ М.А.

Институт Физики НАН Азербайджана

Показано, что применение композитных материалов на основе полимеров и пьезокерамик позволило создать ларингофоны различных назначений. Установлено, что характеристики пьезокомпозитных преобразователей можно варьировать в широких пределах путем изменения свойств композита, геометрических размеров и конфигурации пьезоэлемента. Показано, что пьезокомпозитные ларингофоны по некоторым характеристикам превосходят аналогичные преобразователи на основе пьезокерамики.

Электромеханические преобразователи из пьезоэлектрической керамики широко применяются в различных областях техники [1,2]. Многоплановость технических применений и сложность задач, выдвигаемых практикой, определяют актуальность проблема поиска новых более эффективных активных диэлектриков и преобразователей на их основе.

Полимерные композиты типа полимер-пьезокерамика сочетают в себе положительные свойства пьезокерамик и полимеров и обладают высокими значениями пьезоэлектрических характеристик, в частности, пьезочувствительности [3,4]. Действие композитных акустоэлектрических преобразователей также основано на использовании прямого пьезоэффекта, т.е. свойств пьезокомпозитов генерировать заряд под действием приложенной к ним механической силы. Пьезокомпозиты, обладая высокими физико-механическими свойствами, позволяют создавать на их основе преобразователи различной конфигурации и геометрических размеров. Кроме того, низкая механическая добротность композитов ($Q_M \leq 60$) приводит к меньшему искажению амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) их преобразователей при резонансе и, тем самым, увеличивает частотный диапазон действия.

Целью данной работы является определение возможности создания ларингофонов на основе пьезоэлектрических композитов путем сопоставления амплитудно-частотных характеристик пьезокомпозитных и существующих (ЛА-5 и ЛЭМ-3) ларингофонов.

1. Методика эксперимента

Измерения амплитудно-частотных характеристик преобразователей в зависимости от инертной массы, толщины и диаметра пьезокомпозита проводились на установке, состоящей из вибростолика, генераторов, вольтметров для измерения напряжения на выходе и для измерения сигнала с элемента. Вибростолик собран на основе динамической головки 1ГД-18, что позволяло проводить измерения в диапазоне частот от 20 Гц до 5 кГц. Другой вибростолик был собран на основе пьезоэлектрического преобразователя и обеспечивал измерения в диапазоне частот от 200 Гц до 700 Гц. Вибростолики были градуированы в указанных диапазонах частот по скорости и ускорению и давали возможность измерять на нем характеристики ларингофона.

Для ларингофонов использовались два вида конструкции – цилиндрическая, с зажатым по краю круглым пьезоэлементом, и прямоугольная, с консольно

закрепленным пьезоэлементом. Для повышения резонансной частоты диаметр цилиндрического элемента был уменьшен до 25 мм, а в прямоугольном – длина консоли уменьшена до 20 мм.

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис.1 приведены частотные характеристики цилиндрического (кривая 1) и прямоугольного (кривая 2) ларингофонов, измеренные при постоянной скорости колебаний. Видно, что цилиндрический ларингофон имеет большую чувствительность и более широкий диапазон по сравнению с прямоугольным. Поэтому в дальнейшем рассматривались цилиндрические ларингофоны, которые по всем показателям превосходят существующие ларингофоны. Для примера в таблице 1 приведены сравнительные данные для существующего ларингофона ЛЭМ-3 и разработанного нами пьезокомпозитного ларингофона. Видно, что пьезокомпозитный ларингофон по чувствительности и диапазону частот превосходит ларингофон ЛЭМ-3, причем неравномерность АЧХ в исследуемом диапазоне частот в 2 раза меньше.

Таблица 1.

Тип ларингофона	Чувствительность, мВ				Частотный диапазон, Гц	Неравномерность, дБ
	200 Гц	1 кГц	2 кГц	Макс.		
ЛЭМ-3	0,15	1	5	25	200÷5000	42
Пьезокомпозитный	100	400	70	600	200÷5000	25

На рис. 2 приведены характеристики ларингофонов, а также кривая Сапожкова [1,2]. Для качественной работы ларингофона необходимо, чтобы его частотная характеристика была близка к идеальной кривой Сапожкова. Ларингофоны ЛА-5 и ЛЭМ-3 имеют резонансы на частотах порядка (1600÷2000) Гц, в то время как пьезокомпозитный ларингофон имеет резонансы на частотах (700÷1000) Гц.

Для смещения резонанса композитного ларингофона в сторону более высоких частот, как видно из формулы (1), можно увеличить модуль Юнга, толщину пьезоэлемента, или уменьшить инертную массу и радиус элемента.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{4\pi E h^3}{3mR^2(1-\sigma^3)}} \quad (1)$$

где E - модуль Юнга; h - толщина консоли; m - инертная масса; R - радиус элемента; σ - коэффициент Пуассона. Наиболее удобный способ – это увеличить модуль Юнга, толщину, или уменьшить радиус элемента.

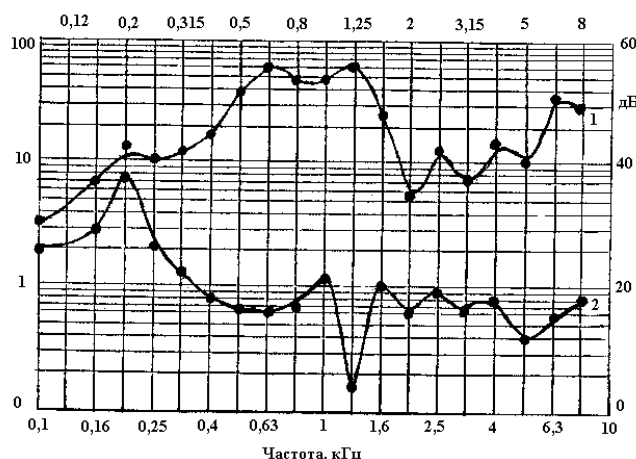


Рис.1. АЧХ цилиндрического (кривая 1) и прямоугольного (кривая 2) ларингофонов при постоянной скорости колебаний.

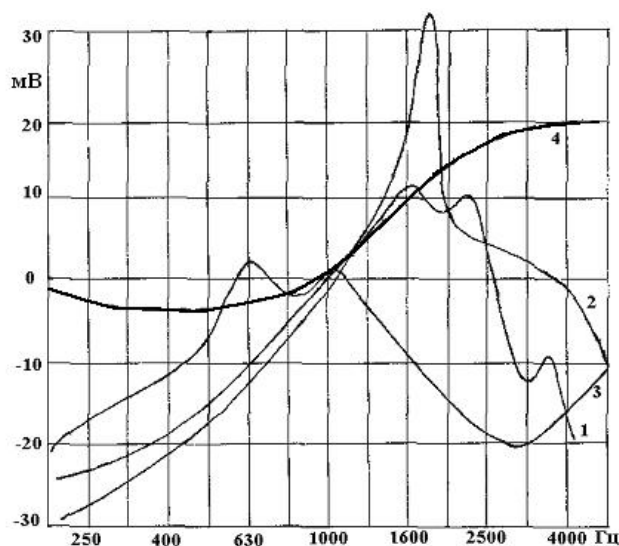


Рис. 2. Частотная зависимость неравномерности ларингофонов.
 1 – ларингофон ЛЭМ-3; 2 – ларингофон ЛА-5; 3 – композитный ларингофон; 4 – кривая Сапожкова.

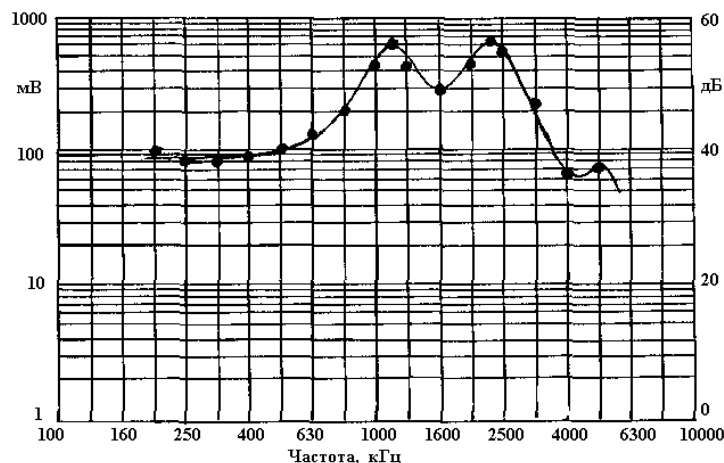


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента преобразования пьезокомпозитного ларингофона.

На рис. 3 приведена частотная характеристика пьезокомпозитного ларингофона диаметром 20 мм, толщиной 300 мкм.

Уменьшение неравномерности АЧХ ларингофонов проводилось путем использования резиновых прокладок, поролонового наполнителя в объеме преобразователя, путем использования вязкой жидкости и т.д. Однако добиться существенного снижения неравномерности пока не удалось, что является предметом дальнейших исследований. Следует отметить, что в предварительно исследованных ларингофонах использованы только композитные элементы с поверхностной поляризацией. Необходимо проводить исследования ларингофонов на основе объемно поляризованных композитов.

Таким образом, ларингофоны имеют большую неравномерность (20 дБ), однако, если сравнивать АЧХ пьезокомпозитных ларингофонов с АЧХ других ларингофонов, выпускаемых промышленностью, а также с идеальной кривой Сапожкова, то можно считать АЧХ пьезокомпозитного ларингофона вполне удовлетворительной.

1. *Аронов Б.С.* Электромеханические преобразователи из пьезоэлектрической керамики. Ленинград, Энергоатомиздат, 1990, 271 с.
2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. Под редакцией проф. В.В.Клюева. Москва, Машиностроение, 1986, т.2, 352 с.
3. *Мамедов А.И., Рагимов О.А., Гамидов Э.М., Курбанов М.А.* Физические основы создания пьезорезонансных преобразователей на основе пьезокомполитов. Извест.АН Азерб., сер. физ.-мат. и тех. наук, 1993, т.XIV, № 3-4, с.163-170.
4. *Shakhtakhtinsky M.G., Kurbanov M.A., Musaeva S.N.* New piezoelectric materials for medical diagnostics and therapeutics. TMMOB Elektrik Muhendisleri Odasi, Ankara Subesi, EEBM 7 Ulusal kongresi, Ankara, 1997, pp.678-679.

PYEZOKOMPOZIT LARINQOFONLARIN TEZLIK XARAKTERISTIKALARI

MUSAYEVA S.N., HEYDƏROV Q.M., SEYİDOV F.İ., QURBANOV M.Ə.

Göstərilmişdir ki, polimerlər və pyezokeramikalar əsasında kompozit materialların tətbiqi müxtəlif məqsədli larinqofonlar yaratmağa imkan verir. Müəyyən edilmişdir ki, kompozitin xassələrini, pyezoelementin həndəsi ölçülərini və konfigurasiyasını dəyişməklə, onlar əsasında pyezokompozit larinqofonların xarakteristikalarını geniş intervalda variasiya etmək olar. Göstərilmişdir ki, pyezokompozit larinqofonlar bəzi xarakteristikalarına görə pyezokeramika əsəsindəki analogi çeviricilərdən üstüdürlər.

FREQUENCY CHARACTERISTICS OF PIEZOCOMPOSITE LARYNGOPHONES

MUSAEVA S.N., GEYDAROV G.M., SEYIDOV F.I., KURBANOV M.A.

It is shown, that application of composite materials on the basis of polymers and piezoelectric ceramics has allowed creating laryngophones of various purposes. It is established, that by change of properties of a composite, the geometrical sizes and a configuration of a piezoelement it is possible to vary over a wide range of the characteristic of piezocomposite converters on their basis. It is shown, that piezocomposite laryngophones under some characteristics surpass similar converters on a basis of piezoceramics.