

## РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОГО ПЕРЕДВИЖНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТЕОКОМПЛЕКСА

*Мордус Р.В.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Капранов Б.И., д.т.н., ведущий эксперт  
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

При разработке ультразвуковых измерителей скорости ветра и температуры воздуха ключевым элементом, определяющим точностные, инерционные и эксплуатационные характеристики прибора, является электроакустический преобразователь (ЭАП), служащий излучателем и приемником распространяющихся через контролируемую воздушную среду акустических волн. К электроакустическому преобразователю предъявляется целый ряд требований, носящих зачастую противоречивый характер.

Эффективность передачи и приема акустических импульсов обеспечивается за счет выбора оптимальных частот ультразвуковых колебаний, согласования пьезоэлемента с контролируемой средой, гашением реверберационных колебаний. Согласование пьезоэлемента с контролируемой средой осуществляют применением согласующего протектора, гашение реверберационных колебаний – установкой поглощающих колебания демпферов.

### **Протектор**

Для согласования пьезопластины с акустической нагрузкой используется протектор. Протектором называется промежуточный слой, который находится между пьезопластиной и контролируемой средой. Протектор непосредственно контактирует с внешней средой (атмосферным воздухом) и служит также для защиты пьезоэлемента от воздействия агрессивных факторов атмосферы. Поэтому материал, из которого изготавливают протекторы, должен обладать достаточной прочностью, термостойкостью, низкой гигроскопичностью, стабильностью физических характеристик в широком температурном диапазоне.

Использование протектора оказывает существенное влияние на формирование сигналов, излучаемых в среду. Если толщина протектора превышает половину длины волны, излучаемой пьезопластиной, то в протекторе возникают многократно отраженные и разделенные во времени импульсы. Использование протектора оказывает существенное влияние на формирование сигналов, излучаемых в среду. Если толщина протектора превышает половину длины волны, излучаемой

пьезопластиной, то в протекторе возникают многократно отраженные и разделенные во времени импульсы.

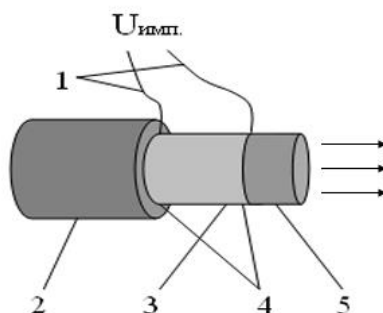


Рис.1 Электроакустический преобразователь: 1 – выводы электродов, 2 – демпфер, 3 – пьезокерамическая пластина, 4 – электроды, 5 – протектор

Если толщина протектора меньше половины длины волны, то многократно отраженные импульсы отсутствуют, но коэффициент отражения на границе пьезоэлемент - протектор становится зависимым от толщины протектора. При толщине протектора кратной четверти длины волны коэффициент отражения  $R$  акустического сигнала стремится к нулю в соответствии с выражением

$$R = \frac{Z_{пл} * Z_{возд}^2 - Z_{пр}^2}{Z_{пл} * Z_{возд}^2 + Z_{пр}^2}$$

при условии:

$$Z_{пр} = \sqrt{Z_{возд} * Z_{пл}}$$

где  $Z_{пл}$ ,  $Z_{возд}$ ,  $Z_{пр}$  – акустические импедансы протектора, пьезопластины и воздуха соответственно.

Для нашего случая  $Z_{пл} = 24 * 10^6$  кг/м<sup>2</sup>с (пьезокерамика ЦТС-19),  $Z_{возд} = 4.2 * 10^2$  кг/м<sup>2</sup>с (воздух), соответственно, оптимальный импеданс протектора должен составлять, приблизительно,  $Z_{пр} = 10^5$  кг/м<sup>2</sup>с.

Среди твердых материалов, имеющих близкие к расчетному значения импеданса, и соответствующих эксплуатационным требованиям, были отобраны три материала, характеристики которых приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование материала	$Z_{пр}$ , (кг/м <sup>2</sup> с)	R, относ. единиц.
Пенопласт	$7,7 \cdot 10^4$	0,15
Пробковое дерево	$15,09 \cdot 10^5$	0,98
Микросферопласт	$1,01 \cdot 10^5$	$6,65 \cdot 10^{-4}$

Для данных материалов были проведены экспериментальные исследования для определения оптимальной толщины протектора электроакустического преобразователя.

Результаты измерений зависимости величины акустических сигналов (в вольтах), регистрируемых приемным трактом установки, от толщины протектора (в миллиметрах) представлены в табл. 1 и на рис 2.

Из проведенных расчетов и экспериментальных исследований следует, что наиболее предпочтительным материалом для изготовления протектора является микросферопласт (толщина пластины – около 6 мм), который имеет наилучшие акустические характеристики и оптимальные физические свойства: обладает высокой однородностью структуры, негигроскопичен, устойчив к воздействию неблагоприятных атмосферных факторов, легко поддается механической обработке.



Рис. 2 Зависимость амплитуды излучаемых акустических импульсов от толщины протектора: 1 – микросферопласт, 2 – пенопласт, 3 – пробковое дерево.

### Демпфер

Для устранения реверберационных колебаний в ЭАП, уменьшения его собственных шумов и получения коротких ультразвуковых импульсов, близких по форме к видеоимпульсам, применяют демпфирование ЭАП. Для этого пьезоэлемент приклеивают к массивному телу – демпферу, который изготавливают из материала, обладающего акустическим импедансом близким по значению к импедансу пьезопластины, а также большим коэффициентом затухания ультразвуковых волн на рабочей частоте.

В табл. 2 приведены результаты расчета толщины демпферов, изготовленных из различных материалов, из условия, что при прохождении ультразвука от пьезопластины до верхней грани демпфера и обратно, сигнал ослабляется в  $10^5$  -  $10^6$  раз.

Таблица 2. Характеристики демпферов

Материал демпфера	Импеданс $Z_0 \cdot 10^6$ , кг/м <sup>2</sup> с.	Коэффициент затухания $\delta \cdot 10^4$ , м <sup>-1</sup>	Толщина демпфера, мм
Фенопласт +W-90%	10,2	41,7	34
Фенопласт +W-95%	15,25	43,4	30
Олово, никель галлий +W-50%	25,2	37,5	45
Олово, никель галлий +W-70%	25,5	40,5	37
Эпоксидная смола+ W-30%	24,7	40,1	37,8
Вольфрам, олово + W-30%	27,4	38,8	43
Эпоксидная смола с отвердителем +W	24,3	40	30

Из таблицы видно, что наименьшей толщиной обладает демпфер, изготовленный из фенопласта с вольфрамовым наполнителем. Однако, вследствие различия значений импедансов, длительность ультразвуковых импульсов в таком ЭАПе будет составлять 3-4 периода собственных колебаний пластины. Для уменьшения длительности ультразвукового импульса в материал демпфера включают металлические сплавы, однако в нашем случае это недопустимо из-за большого различия температурных коэффициентов расширения металлов и пьезокерамики ЦТС-19.

На рисунке 2 приведена зависимость удельного акустического импеданса от процентного содержания вольфрама

Как видно из рисунка, оптимальная добавка вольфрама находится в пределах 40-50%. Дальнейшее повышение процентного содержания наполнителя приводит при незначительном увеличении удельного акустического импеданса  $Z_0$  к существенному увеличению вязкости и неоднородности всей массы, что крайне осложняет технологию изготовления ЭАПа и ухудшает его прочностные характеристики.



Рис. 2. Зависимость удельного акустического импеданса от процентного содержания вольфрама

### Список информационных источников

1. А.с. СССР №1590962. Материал для демпфера ультразвукового преобразователя / Бурд М.Б., Сажин В.В. Оpubл. В БИ. 1990. №33.
2. А.с. СССР №1619165. Материал для демпфера ультразвукового преобразователя / Лобанов В.В., Байдин И.С. Оpubл. В БИ. 1990. №1.
3. А.с. СССР №1280535. Материал для демпфера ультразвукового преобразователя / Шевалдыкин В.Г., Яковлев Н.Н. Оpubл. В БИ. 1986. №48.
4. Акустические методы контроля и диагностики. Часть 1: Учебное пособие / Б.И. Капранов, М.М.Коротков.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.186с.

## ИЗМЕРЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЖИЛЫ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

*Николаев К.В.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Федоров Е.М., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Постоянно растущая потребность в качественной кабельной продукции, используемой в электроэнергетике, системах передачи информации, специальных областях техники и быту, обуславливает появление новых и совершенствование существующих методов и приборов контроля качества кабельной продукции.