

ПЬЕЗОПРИЕМНИКИ ТЕПЛООВОГО АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТОВ

С. А. НАЙДА

Обнаружен неизвестный ранее эффект пространственной фильтрации четвертьволновыми слоями диффузного теплового акустического излучения. Показано, что этот эффект является причиной неудачи семнадцатилетних попыток осуществления многоспектрального акустотермометра для измерения внутренней температуры тела с точностью $\approx 0,2$ К. Эффект способствует получению указанной точности при использовании предложенного автором фокусируемого акустотермометра с плосковогнутой эллиптической линзой при большом фокусном расстоянии и в реальном масштабе времени. Обсуждена возможность измерения внутренней температуры твердых тел с помощью пьезоприемников (ПП) без слоев.

An earlier unknown effect of spatial filtration by quarter-wave layers of diffuse thermal acoustic radiation has been found. It is shown that this effect is the cause for failure of seventeen year attempts of developing a multispectral acoustothermometer for measurement of the inner temperature of a body with the accuracy of ~ 0.2 K. It promotes ensuring the above accuracy, when using the proposed by the authors focused acoustothermometer with a plano-concave elliptical lens at a large focal distance and in real time. A possibility is discussed of measuring the inner temperature of solids, using piezoreceivers (PP) without layers.

Причиной акустического излучения из объекта является тепловое хаотическое движение его атомов и молекул. Выражение для квадрата акустического давления p^2 можно получить непосредственно из закона излучения безграничной среды Рэлея – Джинса как частного случая закона Планка излучения абсолютно черного тела при $hf \ll kT$:

$$\epsilon(f, T) = dI / df = (2\pi f^2 / c^2) kT,$$

где h — постоянная Планка; k — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура; ϵ — спектральная плотность; I — интенсивность излучения объекта; f_0 — рабочая частота ПП; c — скорость акустических волн.

После подстановки соответствующих выражений для I получаем

$$p^2 = (4\pi f^2 / c) \rho k T \Delta f, \quad (1)$$

где ρ — плотность среды; $\Delta f \ll f$ — полоса частот, выделяемая приемником или усилителем высокой частоты (УВЧ) из спектра шума.

Соотношение (1) служит для измерения температуры объекта.

Для измерения распределения температуры по глубине зондирования в работе [1] выбран метод многоспектрального зондирования, требующий широкой полосы частот ($\Delta f / f_0 \sim 1$, где f_0 — частота механического резонанса пьезопластины) и наличия поглощения в этой полосе, т. е. достаточно большой частоты f_0 , и априорного знания частотно-зависимого коэффициента поглощения. Если в однородной среде с известной температурой T_0 на глубине z имеется участок, температура которого больше температуры среды на величину ΔT , то измеряемая температура $T = T_0 + \Delta T \exp(-z/\delta)$ и для определения z и ΔT необходимо двухспектральное (двухчастотное) зондирование на частотах f_1 и f_2 . Тогда

$$\begin{aligned} T_1 &= T_0 + \Delta T \exp(-z/\delta_1), \\ T_2 &= T_0 + \Delta T \exp(-z/\delta_2), \end{aligned}$$

где δ_1, δ_2 — длины затухания на соответствующих частотах.

Решая эту систему уравнений относительно ΔT и z , получаем

$$\Delta T = \left[\frac{(T_1 - T_0) \delta_1}{(T_2 - T_0) \delta_2} \right]^{1/(\delta_2 - \delta_1)}, \quad (2)$$

$$z = \ln \left(\frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0} \right) \frac{\delta_1 \delta_2}{\delta_1 - \delta_2}. \quad (3)$$

Блок-схема акустотермометра из работ [2, 3], приведена на рис. 1. Через заполненный водой блок модулятора 1 с акустически прозрачным окном 2 акустотермометр вводится в соприкосновение с объектом. Шумовой акустический сигнал объекта модулируется обтюратором 3, который вращается электродвигателем, и поступает на ПП 4. Сигнал с выхода ПП через трансформатор 5 подается на широкополосный УВЧ 6, детектируется квадратичным детектором (КД) 7 и направляется на синхронный детектор (СД) 8, на который поступает опорное напряжение с модулятора 1. С выхода СД 8 сигнал подается для усреднения на фильтр нижних частот (ФНЧ) 9. Постоянную составляющую сигнала регистрируют самописцем 10, а температуру модулятора измеряют с помощью схемы 11.

После ФНЧ в случае полосового «белого» шума пороговая точность измерения температуры

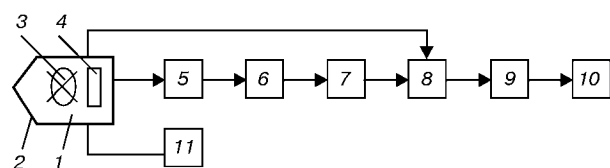


Рис. 1. Блок-схема акустотермометра

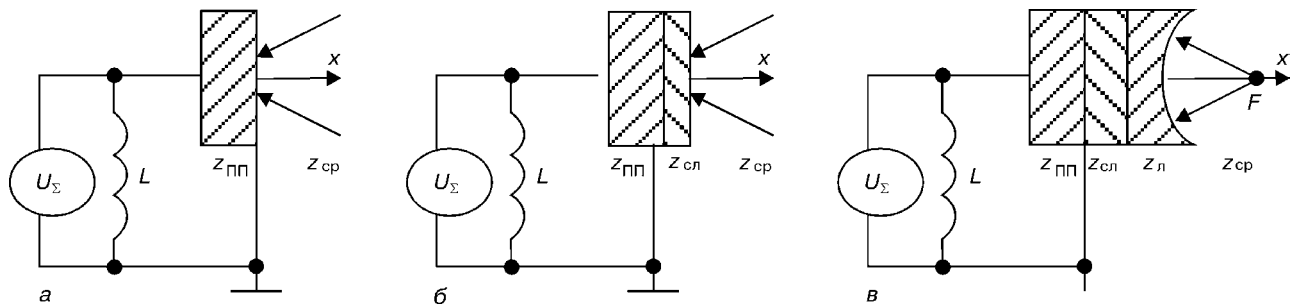


Рис. 2. Схематическое изображение ПП теплового акустического излучения: $z_{пп}$, $z_{сл}$, $z_л$, $z_{ср}$ — удельные акустические импедансы соответственно ПП, слоя, линзы и среды; L — индуктивность; U_{Σ} — суммарное напряжение на выходе ПП

$$(\theta/T)_{пор} = 2\sqrt{2\Delta\Omega/\Delta\omega} = 2\sqrt{2/(\tau\Delta\omega)}, \quad (4)$$

где Δf — полоса частот ПП; $\Delta\Omega = 1/\tau$ — полоса частот ФНЧ (обычно RC-фильтра, $\tau = RC$); множитель 2 перед корнем учитывает вычитание двух постоянных уровней при модуляционном методе измерения.

При открытом модуляторе на ПП поступает излучение из исследуемого объекта, при закрытом — из воды, заполняющей модулятор (этот сигнал является эталонным). Когда температуры тела и модулятора совпадают, самописец устанавливается на нулевой отметке, отсюда и название метода — нулевой модуляционный.

Первая попытка зондирования внутренней температуры объектов по их тепловому акустическому излучению была предпринята в работе [4], при этом объектом была жидкость (вода). В качестве приемника использовали пьезопластину из ниобата лития LiNbO_3 размером $1 \times 1 \text{ см}^2$, имеющую частоту механического резонанса $f_0 = 1,3 \text{ МГц}$ и согласованную с водой четвертьволновым слоем из хлористого калия. Оказалось, что ширина шумовой дорожки, равная 5 К при постоянной времени $\tau = 30 \text{ с}$, значительно больше пороговой, рассчитанной по интенсивности теплового излучения. Из этого был сделан вывод, что точность аппаратуры ограничена не флуктуациями шумового сигнала, а шумами экспериментальной установки.

Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования в Институте радиотехники и электроники АН СССР (впоследствии РАН) не привели к повышению точности и получению практического метода измерения температуры биологических объектов (например, [5] и приводимая там литература). В статье [5] в качестве приемника излучения использован расположенный в аквариуме ПП радиусом 5 мм, снабженный одним слоем, с согласующим трансформатором. При этом $f_0 = 2,2 \text{ МГц}$, $\Delta f = 0,2 \text{ МГц}$; $\tau = 1 \text{ с}$; ширина дорожки также равна 5 К.

Отмечается «отсутствие ясного понимания механизма формирования электрического сигнала за счет теплового акустического излучения». Сделана попытка дать строгий вывод полуэмпирической формулы, в которой интенсивность этого сигнала пропорциональна не температуре объекта, а разности температур объекта и ПП. На ошибочность этой формулы уже указывалось в более поздних

работах [6, 7]. Поскольку интенсивность суммарного шума на электродах ПП нигде не приводится, то факт ее использования является, на наш взгляд, доказательством малой доли указанного выше сигнала в суммарном шуме.

Иной принцип построения ПП рассмотрен в статьях [6, 7]: использовали двояковыгнутую эллиптическую (безабберационную) линзу и ПП со сравнительно узкой полосой частот, в которой разницей затухания сигнала на длине фокусного расстояния можно пренебречь. Было показано, что основной вклад в суммарную интенсивность шумов дает излучение из сферы в фокусе с радиусом, равным корреляционному радиусу $\rho_k \approx \lambda/2$, которое после линзы падает нормально поверхности ПП в виде плоской волны. В результате точность измерения температуры достигает пороговой точности. Кроме того, с помощью фокусируемого акустотермометра можно измерять абсолютную глубинную температуру тела одночастотным одноканальным методом. Причем, в отличие от двухчастотного метода, частоту приема нужно выбирать возможно низкую (с малым затуханием, а следовательно, и большой глубиной проникновения в ткани).

В настоящей работе рассмотрены соотношения параметров для ПП трех типов (до схемы измерения), включая и ПП без слоев. На их основе проанализированы экспериментальные данные, описанные в литературе, включая и эксперимент со сферической линзой.

Теоретическое обоснование. В соответствии с работой [7] приведем основные соотношения для измерения температуры и определения его точности по тепловому акустическому излучению, принимаемому ПП без демпфера с тыльной стороны:

- 1) без согласующих слоев и линзы (рис. 2, а);
- 2) с согласующими слоями и без линзы (рис. 2, б);
- 3) с согласующими слоями и плосковыгнутой линзой (рис. 2, в).

Электрической нагрузкой служит индуктивность L , настроенная в резонанс с емкостью пьезопластины с зажатými электродами C_0^S ($S = 0$ — смещение поверхности пластины) и компенсирующая эту емкость на частоте f_0 : $L = 1/(\omega_0^2 C_0^S)$.

Точность измерения на конечном интервале времени по конечному числу N выборочных точек T_i , когда рассчитывается не истинная температура T



и ее дисперсия θ^2 , а их оценки \hat{T} и $\hat{\theta}^2$, определяется суммой оценки дисперсии и среднеквадратичного отклонения оценки дисперсии от температуры:

$$\theta^2 = \hat{\theta}^2 + \hat{\theta}^2/N. \quad (5)$$

В цитируемых выше экспериментальных работах ошибочно (на это обращалось внимание в статье [7]) оставлялась гораздо меньшая величина — $\hat{\theta}^2/N$. Мы будем пользоваться формулой (5), но без малого слагаемого.

Пьезопреобразователь без согласующих слоев и линзы (рис. 2, а). Квадрат суммарного напряжения на выходе ПП:

$$\bar{U}_{\Sigma}^2 = \bar{U}_{\text{ПП}}^2 + \bar{U}_{\text{ак}}^2 = 4R_0 k T \Delta f + (z_{\text{ср}}/A_0) k T K_{\text{п}0}^2 \Delta f, \quad (6)$$

где R_0 — действительная часть электрического импеданса $Z(f)$ нагруженного ПП,

$$R_0 \equiv \text{Re}Z(f) = \frac{z_{\text{ср}} K_{\text{п}0}^2}{4A_0}, \quad (7)$$

$$K_{\text{п}0} = \frac{l_0}{e_{33}} \quad (8)$$

в интервале Δf (вне его $K_{\text{п}0} = 0$); $K_{\text{п}0}$ — коэффициент преобразования акустического давления плоской волны в отсутствие ПП в электрическое напряжение; l_0, A_0, e_{33} — соответственно толщина ПП, площадь принимающей поверхности и электрическая постоянная; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана.

Из (6), (7) видно, что $\bar{U}_{\Sigma}^2 = 2\bar{U}_{\text{ак}}^2$, а следовательно,

$$\theta/T = 2(\theta/T)_{\text{пор}}. \quad (9)$$

Первая компонента в формуле (6) представляет собой «белый шум». При наличии большого затухания спектр второй компоненты должен представлять собой спадающий по частоте шум.

Пьезопреобразователь с одним согласующим слоем без линзы (рис. 2, б). Квадрат суммарного напряжения на выходе ПП

$$\bar{U}_{\Sigma}^2 = \left(\frac{z_{\text{сл}}}{z_{\text{ср}}}\right)^2 \bar{U}_{\text{ПП}}^2 + \alpha (z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}})^2 (z_{\text{ср}}/A_0) k T K_{\text{п}0}^2 \Delta f. \quad (10)$$

Здесь $\alpha \ll 1$ — коэффициент, учитывающий зависимость коэффициента трансформации слоя от угла падения, в работе [7] принят равным единице. На его малое значение впервые обращено внимание в настоящей работе.

Минимальное значение второго члена получим при $\alpha (z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}})^2 = 1$, или

$$\alpha_{\text{мин}} = (z_{\text{ср}}/z_{\text{сл}})^2. \quad (11)$$

В этом случае

$$\bar{U}_{\Sigma}^2 = (z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}})^2 \bar{U}_{\text{ПП}}^2 + \bar{U}_{\text{ПП}}^2 \approx (z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}})^2 \bar{U}_{\text{ПП}}^2. \quad (12)$$

$$\theta/T = \left(\frac{z_{\text{сл}}}{z_{\text{ср}}}\right)^2 (\theta/T)_{\text{пор}} \gg (\theta/T)_{\text{пор}}. \quad (13)$$

Пьезопреобразователь с согласующим слоем и плосковогнутой эллиптической линзой (рис. 2, в). Квадрат суммарного напряжения на выходе ПП

$$\bar{U}_{\Sigma}^2 = (z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}})^2 \bar{U}_{\text{ПП}}^2 \left[(1 + \alpha) + \frac{z_{\text{л}}}{z_{\text{ср}}} \left(\frac{\pi D}{2F}\right)^2 \right]. \quad (14)$$

Из (14) следует, что при $\alpha \ll 1$ вклад в \bar{U}_{Σ}^2 дают в основном акустическое тепловое излучение из фокуса линзы и электрические тепловые шумы сопротивления ПП $R = (z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}})^2 R_0$. Поэтому

$$\theta/T = \left[1 + \frac{z_{\text{ср}}}{z_{\text{л}}} \left(\frac{2F}{\pi D}\right)^2 \right] (\theta/T)_{\text{пор}}. \quad (15)$$

Для линзы из оргстекла при $z_{\text{ср}}/z_{\text{л}} \approx 0,5$ и $[2F/(\pi D)]^2 = 2$ получаем $\theta/T = 2(\theta/T)_{\text{пор}}$, т. е. всего в два раза больше пороговой.

Экспериментальные литературные данные.

1). Поскольку ПП без слоев в экспериментах не применялся, оценим его параметры для использовавшейся в [4] пластины из ниобата лития со следующими параметрами: $z_{\text{ПП}} = 33,87 \cdot 10^6$ Па·с/м; $e_{33} = 1,22$ Кл/м²; $N_t = f_0 l_0 = 3650$ Гц·м. Тогда для $f_0 = 1,3$ МГц, $z_{\text{ср}} = 1,5 \cdot 10^6$ Па·с/м, $T = 300$ К, $\tau = 30$ с, $l_0 = 2,8 \cdot 10^{-3}$ м, $A_0 = 10^{-4}$ м², $\Delta f \approx 0,8$ МГц ($\Delta\omega = 5 \cdot 10^6$ с⁻¹), используя формулы (4), (6)–(9),

получаем $(\bar{U}_{\Sigma}^2)^2 = 23$ мкВ, $(\theta/T)_{\text{пор}} = 2,3 \cdot 10^{-4}$, $\theta = 0,14$ К.

2). Для ПП со слоем КС1 ($z_{\text{сл}} = 8,95 \cdot 10^6$ Па·с/м) при $\alpha \ll 1$ по формуле (10) получаем $(\bar{U}_{\Sigma}^2)^2 \approx 100$ мкВ.

Здесь необходимо отметить, что ниобат лития обладает высокой температурой Кюри (1200 К) и при $T > 300 \dots 400$ К применяется в методе акустической эмиссии, у которого уровень шумов аппаратуры, приведенный ко входу, равен 10 мкВ.

Согласно соотношению (13) точность измерения температуры $\theta/T \approx 8,3 \cdot 10^{-3}$.

Приняв $\theta_{\text{изм}} = 2,5$ К и $T = 300$ К, получаем $(\theta/T)_{\text{изм}} = 8,3 \cdot 10^{-3}$.

Тот факт, что $(\theta/T)_{\text{расч}}$ и $(\theta/T)_{\text{изм}}$ близки по значению в случае, когда шумы установки малы по сравнению с $\bar{U}_{\text{ПП}}^2$, является доказательством существования эффекта пространственной фильтрации четвертьволновыми слоями диффузного теплового излучения.

В работе [8] использовали ПП диаметром 10 мм из керамики ЦТС-19 с антирезонансной частотой 2 МГц и двумя четвертьволновыми слоями, электрически нагруженный на индуктивность. При $\Delta f \approx 64$ кГц ($\Delta\omega = 4 \cdot 10^5$ с⁻¹), $\tau = 3$ с получаем $(\theta/T)_{\text{пор}} \approx 2,55 \cdot 10^{-3}$, $\theta_{\text{пор}} \approx 0,83$ К.

Из кривой частотной зависимости сигнала на выходе СД с ФНЧ [8], соответствующей разности



температур ≈ 10 К, видно, что $2\theta = 3,2$ К, или $\theta/T = 5,3 \cdot 10^{-3}$, что всего в два раза больше $(\theta/T)_{\text{пор}}$. Параметры слоев не приводятся.

В более поздней статье [9] без ссылки на работу [8] те же измерения выполнены при $\Delta f = 0,8$ МГц ($\Delta\omega = 5 \cdot 10^6$), $\tau = 3$ с и с неуказанным типом ПП. Ширина шумовой дорожки для черного тела (рис. 2 из [9]), равна $2\theta = 3,20$ К, или $\theta/T = 5,3 \cdot 10^{-3}$, но уже при $(\theta/T)_{\text{пор}} = 7,2 \cdot 10^{-4}$. Здесь $(\theta/T)/(\theta/T)_{\text{пор}} = 7,4$.

Если взять параметры слоя ПП из расчетной работы [8] по сравнению чувствительности акустотермометров различных типов ($f_0 = 2$ МГц, $\Delta f = 0,8$ МГц, $z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}} = 3$), то получим, что отношение $z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}}$, которое в [8] приближенно равно 7,4, принимает значение 9. Это также подтверждает правильность формулы (13), а также существование эффекта фильтрации и в работе [8].

В статье [5], в которой использовали ПП с $f_0 = 2,2$ МГц, $\Delta f = 0,2$ МГц, $\tau = 1$ с, $2\theta = 5$ К, установлено $\theta/T = 8,35 \cdot 10^{-3}$, $(\theta/T)_{\text{пор}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$, $(\theta/T)/(\theta/T)_{\text{пор}} = (1,9)^2$.

Обратим внимание, что значение 1,9 практически совпадает со значением $z_{\text{сл}}/z_{\text{ср}} \approx 2$ для оргстекла и воды, что свидетельствует о материале слоя толщиной $\lambda/4 = 0,3$ мм, который легко можно нанести, а затем проконтролировать поверхность контакта через принимающую поверхность визуально.

3). Не имевшая в последующих работах продолжения попытка фокусировки теплового акустического излучения была предпринята в статье [10] для демонстрации высокой (≈ 1 мм) поперечной разрешающей способности по сравнению со способностью радиометра с частотой 1 ГГц ($\lambda = 0,3$ м). При этом использовали ПП с $f_0 = 2,0$ МГц ($\lambda/2 \approx 0,4$ мм) и сферическую акустическую линзу диаметром $D = 20$ мм из оргстекла и с фокусным расстоянием $F = 30$ мм. Сферическая линза отличается от эллиптической тем, что осевая координата фокуса лучей при увеличении их расстояния от оси приближается к линзе. Можно показать, что сдвиг от центра сферы

$$\Delta F = R_{\text{л}} \left(\frac{n}{1-n} - \frac{1}{\cos\varphi_i/n - \cos\theta_i} \right), F = \frac{R_{\text{л}}}{1-n}, \quad (17)$$

где $n = c_{\text{ж}}/c_{\text{л}} < 1$ — показатель преломления; $c_{\text{ж}}$, $c_{\text{л}}$ — скорости звука в жидкости и линзе; $\sin\theta_i = D_i/(2R_{\text{л}})$, $\sin\varphi_i = n_i \sin\theta_i$; $R_{\text{л}}$ — радиус сферической поверхности линзы; D_i — диаметр пучка.

Для линзы с рассматриваемыми параметрами по формуле (17) получаем:

D_i , мм	4	6	8	10	12	14	16	18	20
ΔF , мм	0,073	0,21	0,40	0,66	0,98	1,37	1,84	2,10	3,10

Согласно этим значениям коррелированное излучение из сферы радиусом $\lambda/2 \approx 0,4$ мм на частоте 2 МГц попадает на линзу и ПП только в область с $D_i < 8$ мм, который является эффективным диаметром линзы. При $[\pi D/(2F)]^2 \approx 0,18$ ($D = 8$ мм,

$F = 30$ мм) выражение (14) будет иметь вид: $\bar{U}_{\Sigma}^2 = 1,36 \bar{U}_{\text{ПП}}^2$, а (15) — $\theta/T = 3,8(\theta/T)_{\text{пор}}$.

Для частоты $f = 1$ МГц ($\lambda/2 = 0,8$ мм), $D_i < 11$ мм получаем $[\pi D/(2F)]^2 = 0,33$ ($D = 11$ мм, $F = 30$ мм) и $\bar{U}_{\Sigma}^2 = 1,66 \bar{U}_{\text{ПП}}^2$, $\theta/T = (\theta/T)_{\text{пор}}$.

Для эллиптической линзы с такими же параметрами ($D = 20$ мм, $F = 30$ мм): $[\pi D/(2F)]^2 = 1,1$ и $\bar{U}_{\Sigma}^2 = 3,2 \bar{U}_{\text{ПП}}^2$, $\theta/T = 1,45(\theta/T)_{\text{пор}}$.

ВЫВОДЫ

1. Методом сравнения пороговой, ограниченной флуктуациями шумового сигнала, точности определения температуры объекта по его тепловому акустическому излучению (из литературных данных измерения этого излучения в жидкости с помощью ПП с четвертьволновыми согласующими слоями) с шириной шумовой дорожки 5 К обнаружен неизвестный ранее эффект пространственной фильтрации диффузного излучения такими слоями. В результате интенсивность собственных электрических шумов ПП значительно — в $(z_{\text{сл}}/z_{\text{ж}})^2$ раз — превышает интенсивность электрического шума акустического сигнала. Следовательно, точность измерения температуры θ во столько же раз больше пороговой.

2. Показано, что указанный эффект является причиной неудачи семнадцатилетних попыток осуществления многоспектральной акустотермометрии внутренней температуры тела с точностью $\approx 0,2$ К.

3. В случае предложенного в данной работе акустотермометра с фокусируемой плосковогнутой эллиптической линзой ослабление диффузной компоненты по сравнению с пропускаемой без ослабления (коррелированной), излучаемой из находящейся в фокусе линзы сферы радиусом $\rho_{\text{кор}} = \lambda/2$ (λ — длина акустической волны в жидкости), позволяет получить точность измерения 0,2 К при большем расстоянии и в реальном масштабе времени.

4. Эффект фильтрации способствует увеличению отношения сигнал/шум и в приборах УЗ интроскопии с согласующими слоями.

5. Показано, что с учетом эффекта фильтрации эллиптическая линза эффективнее сферической (при их одинаковых параметрах).

6. Учитывая эффект фильтрации, для метода акустотермометрии в НК твердых тел с $z \gg \gg 1,5 \cdot 10^6$ Па·с/м можно рекомендовать пьезопластины без слоев из пьезокерамики ЦТС (PZT).

1. О возможностях акустической термографии биологических объектов / Ю. В. Гуляев, Э. Э. Годик, В. В. Дементенко и др. // Докл. АН СССР. — 1985. — **183**, № 6. — С. 1495–1499.
2. Пасечник В. И. Акустическая термография биологических объектов // Радиотехника. — 1991. — № 8. — С. 77–80.
3. Пасечник В. И. Оценка пороговой чувствительности акустотермометров // Акуст. журн. — 1993. — **39**, № 1. — С. 140–143.
4. Зондирование внутренней температуры объектов по их тепловому акустическому излучению / В. И. Миргородский, В. И. Пасечник, С. В. Пешин и др. // Докл. АН СССР. — 1987. — **297**, № 6. — С. 1370–1372.



5. Аносов А. А., Пасечник В. И. Особенности теплового акустического излучения как источника акустических сигналов // Акуст. журнал. — 2002. — 48, № 1. — С. 16–21.
6. Дидковский В. С., Найда С. А. Расчетные соотношения метода акустометрии биологических тканей. — Киев, 1997. — 11 с. — Деп. в ГНТБ Украины 21.04.97, № 314-Ук97.
7. Найда С. А. Акустометрия жидких объектов с помощью пьезоприемников мегагерцевого диапазона // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2002. — № 3. — С. 41–48.
8. Аносов А. А., Бограчев К. М., Пасечник В. И. Измерение теплового акустического излучения из кисти руки человека // Акуст. журнал. — 1998. — 44, № 3. — С. 299–306.
9. Аносов А. А., Бограчев К. М., Пасечник В. И. Пассивная термоакустическая томография кисти руки человека // Там же. — № 6. — С. 725–730.
10. Аносов А. А., Бограчев К. М., Пасечник В. И. Акустическая термография биологических объектов // Радиотехника. — 1991. — № 8. — С. 77–80.

Нац. техн. ун-т Украины «Киев. политехн. ин-т»

Поступила в редакцию
14.10.2002

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем Вас и Ваших сотрудников принять участие в работе ежегодных научно-практических конференций, семинаров, круглых столов, выставок, организуемых Украинским Информационным Центром «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ» под научным руководством известных ученых и специалистов Украины, России, Белорусии

ЦЕНТР опирается на многолетний опыт его сотрудников и поименный банк данных, собранных кропотливым трудом в течение 20-летней деятельности по проведению конференций в Украинском Доме экономических и научно-технических знаний и двухлетней самостоятельной работы. Тематика мероприятий кристаллизовалась более 20 лет.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ МЕРОПРИЯТИЙ — обмен научно-технической информацией, выявление наилучших результатов практической деятельности и их распространение в промышленности, обобщение опыта производства в условиях информационной разобщенности производителей, ученых и специалистов.

ЦЕНТР ПРЕДЛАГАЕТ: участие, очное и заочное, в работе 5 ежегодных Международных конференций и выставок (перечень прилагается); организацию бизнес-туров на международные конференции и выставки дальнего зарубежья (план формируется); проведение презентаций предприятий и организаций в рамках конференций; издание сборников материалов конференций; организацию издания лучших докладов в профессиональных журналах Украины, России, Белорусии.

Перечень проводимых мероприятий в 2003 г.:

- Третья Промышленная конференция с международным участием и блиц-выставка «ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНОГО, РЕСУРСНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ», в рамках которой состоятся семинары: «Машиностроение в новом тысячелетии», «Технологии ремонта машин, механизмов, оборудования», «Горнодобывающая промышленность».

Место и время проведения: п. Славское, Карпаты, пансионат «Бойкивщина», 24–28 февраля 2003 г.

- Научно-практический семинар «ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ» в рамках выставки «Сварка. Родственные технологии 2003».

Научное руководство: ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, Общество сварщиков Украины.
Место и время проведения: Выставочный центр «КиевЭкспоПлаза», г. Киев, ул. Салютная, 26, 20–23 мая 2003 г.

- Двадцать Третья ежегодная международная конференция и блиц-выставка «КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (СЛАВПОЛИКОМ)

Место и время проведения: г. Ялта, 2–6 июня 2003 г.

- Одинадцатый ежегодный международный семинар-выставка «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ».

Место и время проведения: г. Ялта, конец сентября–начало октября 2003 г.

- Десятая юбилейная научно-практическая конференция «ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА МАШИН, МЕХАНИЗМОВ, ОБОРУДОВАНИЯ» в рамках выставки «Маш-пром».

Место и время проведения: г. Днепропетровск, октябрь 2003 г., ЭКСПОЦЕНТР «Метеор».

Подробные сведения можно запросить:

тел./факс: (044) 573 30 40; e-mail: office@conference.kiev.ua;
glavackaya@softhome.net; www.conference.kiev.ua