



**ОАО «НИИ «Элпа»**

**Пьезокерамические  
материалы  
и элементы**

**Основные направления деятельности**

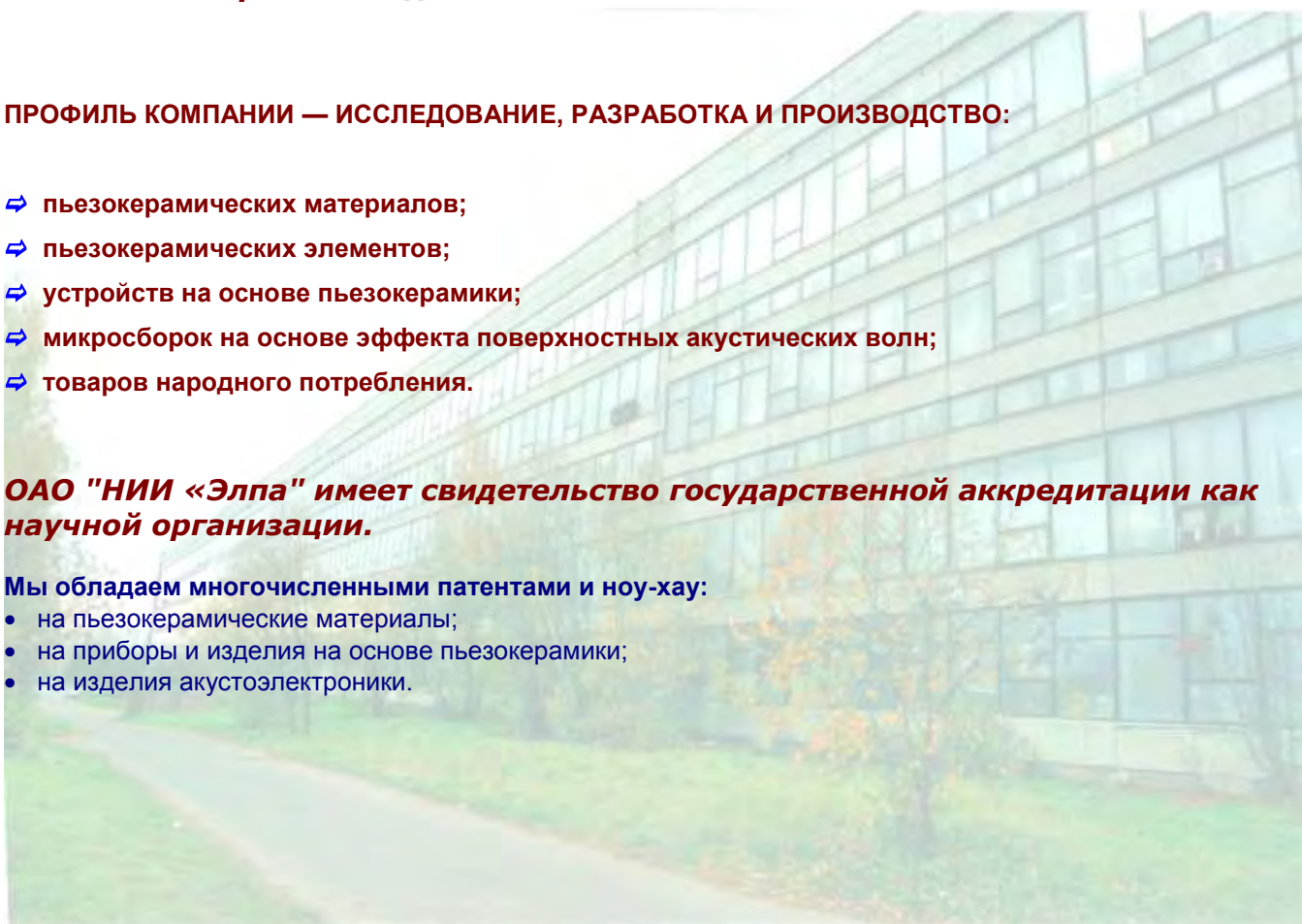
**ПРОФИЛЬ КОМПАНИИ — ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО:**

- ⇒ пьезокерамических материалов;
- ⇒ пьезокерамических элементов;
- ⇒ устройств на основе пьезокерамики;
- ⇒ микросборок на основе эффекта поверхностных акустических волн;
- ⇒ товаров народного потребления.

**ОАО "НИИ «Элпа" имеет свидетельство государственной аккредитации как научной организации.**

**Мы обладаем многочисленными патентами и ноу-хау:**

- на пьезокерамические материалы;
- на приборы и изделия на основе пьезокерамики;
- на изделия акустоэлектроники.





### **Историческая справка**

Открытое акционерное общество "НИИ «Элпа», образованное на базе НИИ пьезотехники и завода Пьезоэлемент, получило статус юридического лица в 1971 году.

**Сегодня ОАО «НИИ «Элпа» является ведущим в России разработчиком и производителем специфической наукоемкой продукции - пьезокерамических материалов, приборов на их основе, изделий акустоэлектроники.**

Проведено более 300 НИОКР. На основе проведенных научных исследований и конструкторских разработок организовано производство:

- пьезокерамических материалов (более 30 типов), элементов (дисков, пластин, колец, сфер, и т.д.) и продукции на их основе;
- пьезокерамических фильтров, резонаторов и дискриминаторов в диапазоне частот 10 КГц - 30 МГц;
- пьезоприемников для гидроакустики и сейсморазведки;
- пьезогироскопов;
- пьезотрансформаторов;
- товаров народного потребления (ультразвуковое стирающее устройство, электронный измеритель артериального давления, генератор озона и др.);
- пьезоактюаторов для адаптивной оптики;
- фильтров, резонаторов и генераторов на ПАВ-структурах в диапазоне частот 30 МГц – 2,0 ГГц;



В настоящее время в этих областях ОАО «Элпа» работают 12 кандидатов наук, более 50 ведущих специалистов, исследователей и разработчиков.

Наше предприятие является исполнителем программы Союзного государства "Функциональная СВЧ Электроника-2" (Россия Беларусь) и федеральной целевой программы "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники".

Продукция ОАО "НИИ «Элпа» поставляется более 400 предприятиям России, ближнего и дальнего зарубежья.

**Контактная информация****Телефон**

Секретариат

499-735-1310

Центр управления проектами

499-710-1342

Служба коммерческого директора

499-710-0031

Финансово-экономическая служба

499-710-1275

Факс: (499) 710-13-02

[www.elpapiezo.ru](http://www.elpapiezo.ru)

**Адрес:** 124460 Москва, Зеленоград, Северная промышленная зона, Панфиловский проспект, д.10, ОАО "НИИ «Элга»

[info@elpapiezo.ru](mailto:info@elpapiezo.ru) ,  
[sales@elpapiezo.ru](mailto:sales@elpapiezo.ru)

Почтовые ящики для информации и заказов.



## **Пьезокерамика и изделия на её основе**

**Пьезокерамические материалы** - применяются в устройствах, преобразующих механические воздействия в электрические сигналы (с использованием прямого пьезоэффекта), электрические сигналы в механические (с использованием обратного пьезоэффекта), электрические сигналы в электрические (с последовательным использованием обратного и прямого пьезоэффектов). Пьезокерамические материалы представляют собой сегнетоэлектрические соединения или их твердые растворы, синтезированные из смеси различных оксидов, карбонатов и солей металлов.

Основу большинства современных пьезокерамических материалов составляют твердые растворы титаната - цирконата свинца (ЦТС, PZT), модифицированные различными компонентами и добавками.

Выпускаются также пьезокерамические материалы и на основе титаната бария (ТБ), титаната свинца (ТС), метаниобата свинца (МНС), титаната висмута (ТВ).

### **Специалисты ОАО "НИИ «Элпа» проводят консультации по вопросам выбора и применения пьезокерамических материалов.**

#### **Основные свойства пьезокерамических материалов:**

- высокое значение диэлектрической проницаемости;
- наличие спонтанной поляризации отдельных областей (доменов);
- наличие петель гистерезиса на зависимостях: поляризация - электрическое поле, деформация - электрическое поле;
- рост диэлектрической проницаемости с повышением температуры;
- наличие особой температурной точки (точка Кюри) на кривой зависимости диэлектрической проницаемости - температура, выше которой сегнетоэлектрические свойства не проявляются;
- наличие остаточной поляризации после воздействия постоянного электрического поля, обуславливающее возможность проявления пьезоэлектрического эффекта (преобразование механической энергии в электрическую или наоборот).

В зависимости от основного назначения пьезокерамические материалы подразделяются на функциональные группы и подгруппы. Отдельные пьезокерамические материалы полифункциональны поэтому их можно отнести к нескольким функциональным группам.

**сегнетомягкие материалы** – это материалы, характеризующиеся высокими пьезомодулями, диэлектрической проницаемостью, коэффициентом электромеханической связи. В тоже время эти материалы обладают малой механической добротностью и имеют относительно большие диэлектрические потери.

К пьезокерамическим элементам, изготовленным из данных материалов, не предъявляются жесткие требования к временной стабильности их электрофизических параметров. Пьезокерамические элементы на основе сегнетомягких пьезокерамических материалов применяются при производстве высокочувствительных приемных устройств, гидроакустических систем, медицинских датчиков, телефонных компонентов, расходомеров, актуаторов и относительно слабых излучателей и пр.;

**материалы средней сегнетожесткости и сегнетожесткие** – это материалы, характеризующиеся высокой механической добротностью, малыми диэлектрическими потерями в том числе в сильных электрических полях.

К пьезокерамическим элементам, изготовленным из данных материалов, предъявляются жесткие требования их электрофизическим параметрам в условиях их работы в сильных электрических полях и при больших механических напряжениях. Пьезокерамические элементы на основе данных пьезокерамических материалов, как правило, применяются при производстве гидролокаторов, ультразвуковых моек, распылителей жидкостей, акселерометров, гироскопов, пьезотрансформаторов и пр.;

**высокостабильные материалы** – это материалы характеризующиеся повышенной стабильностью частотных характеристик в температурном и временном интервале. Пьезокерамические элементы на основе высокостабильных пьезокерамических материалов применяются при производстве частотно-селективных устройств на поверхностных и объемных акустических волнах, фильтров, резонаторов, гироскопов и пр.;

**высокотемпературные материалы** – Пьезокерамические элементы на основе высокотемпературных материалов применяются для датчиков вибрации и других приборов, работающих при температурах выше 250 °С;

**материалы с повышенной анизотропией коэффициентов электромеханической связи** с заданными сочетаниями других параметров используются в пьезокерамических элементах для высокочастотных излучателей и приемников, для датчиков с пониженной боковой чувствительностью,





применяемых для дефектоскопии, толщинометрии, уровнеметрии, медицинской диагностической аппаратуре;

пористые материалы с широким интервалом рабочих температур используются для производства пьезокерамических элементов применяемых в ультразвуковых преобразователях дефектоскопов, толщинометрии, виброметрии, гидроакустике, диагностической и терапевтической медицинской аппаратуре;

композитные материалы используются для производства пьезокерамических элементов применяемых в преобразователях ультразвуковых дефектоскопов и толщиномеров, в приборах ультразвуковой медицинской диагностической аппаратуры, в ультразвуковых уровнемерах и расходомерах, в объемочувствительных гидрофонах, в звуковидении, геофизической аппаратуре.

**Сегнетомягкие материалы**

Сегнетомягкие материалы – это материалы, характеризующиеся высокими пьезомодулями, диэлектрической проницаемостью, коэффициентом электромеханической связи. В тоже время эти материалы обладают малой механической добротностью и имеют относительно большие диэлектрические потери.

К пьезокерамическим элементам, изготовленным из данных материалов, не предъявляются жесткие требования к временной стабильности их электрофизических параметров. Пьезокерамические элементы на основе сегнетомягких пьезокерамических материалов применяются при производстве высокочувствительных приемных устройств, гидроакустических систем, медицинских датчиков, телефонных компонентов, расходомеров, актюаторов и относительно слабых излучателей и пр.

Обозначение	Единица измерения	ЦТС-19	ЦТС-26	ЦТС-26м	ЦТС-36	НЦТС-1	НЦТС-1	Новый НЦТС-2	ЦТС-46	Новый ЦТС-50
$T_k$	°С	290	350	350	350	175	140	130	260	260
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	-	1750	1700	1700	670	4000	5700	5100	2100	2200
$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	-	1450	-	-	1130	-	-	-	-	-
tg $\delta$ , не более	%	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	2,8	3,0	2,0	265
$Q_m$	-	80	70	80	80	50	40	60	70	80
$V_1^E$	$10^3$ м/с	3,0	2,9	2,9	3,0	2,87	3,0	2,95	2,9	2,9
$\sigma_p$	-	0,37	0,36	0,38	0,30	-	0,38	0,30	0,33	0,33
$k_p$	-	0,55	0,60	0,60	0,57	0,60	0,62	0,63	0,61	0,64
$k_{15}$	-	0,60	-	-	0,73	-	-	-	-	-
$k_{33}$	-	0,67	0,68	0,68	0,70	-	-	0,74	0,72	0,73
$d_{31}$	$10^{-12}$ Кл/Н	-170	-170	-160	-90	-260	-310	-310	-190	-200
$d_{33}$	$10^{-12}$ Кл/Н	350	350	340	220	550	650	800	450	470
$d_{15}$	$10^{-12}$ Кл/Н	400	400	-	440	-	-	-	-	-
$g_{31}$	$10^{-3}$ В•м/Н	-11,0	- 11,3	-10,6	-15,2	-7,3	-6,2	6,9	-10,2	-10,3
$g_{33}$	$10^{-3}$ В•м/Н	22,6	23,3	22,6	37,1	-15,5	12,9	17,7	23,1	24,1
(ООЧ) <sub>р</sub>	%	0,8	-	-	3,0	-	-	-	-	-
(ООЧ) <sub>сд</sub>	%	0,9	-	-	1,1	-	-	-	-	-
(ООЧ) <sub>сж</sub>	%	1,0	-	-	2,0	-	-	-	-	-
$T_{раб}$	°С	200	250	250	200	100	85	80	180	180
$\rho_v$ , не менее	При 100°С, $10^8$ , Ом•м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\rho$	$10^3$ кг/м <sup>3</sup>	7,5	7,6	7,6	7,7	7,4	7,6	7,8	7,5	7,6

**Примечание:** Пьезокерамические материалы ЦТС-46 и ЦТС-50 имеют пониженную температуру спекания (ниже +980°С). Их целесообразно использовать для изготовления многослойных пьезоэлементов.



Условные обозначения	
$T_k$	Температура точки Кюри;
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0 \epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	Относительная диэлектрическая проницаемость;
$\operatorname{tg} \delta$	Тангенс угла диэлектрических потерь в слабых полях при $E=25$ кВ/м;
$Q_M$	Механическая добротность планарной моды колебаний.;
$v_1^E$	Скорость звука;
$\sigma_p$	Планарный коэффициент Пуассона;
$T_{\text{раб}}$	Рекомендуемая максимальная температура;
$\rho_v$	Удельное объемное электрическое сопротивление;
$\rho$	Плотность.
$d_{31}, d_{33}, d_{15}$	Пьезоэлектрические модули;
$g_{31}, g_{33}$	Электрические константы по напряжению (чувствительность в режиме приема);
Коэффициент электромеханической связи:	
$k_p$	Планарной моды;
$k_{15}$	Сдвиговой моды;
$k_{33}$	Моды растяжения-сжатия по толщине;



**Пьезокерамические материалы для фильтров и резонаторов****ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

– это материалы характеризующиеся повышенной стабильностью частотных характеристик в температурном и временном интервале. Пьезокерамические элементы на основе высокостабильных пьезокерамических материалов применяются при производстве частотно-селективных устройств на поверхностных и объемных акустических волнах, фильтров, резонаторов, гироскопов и пр..

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

Обозначение	Единица измерения	ЦТС-38	ЦТС-39	ЦТС-40	ЦТС-35	ЦТС-35у	ЦТС-33	ЦТС-22
$T_k$	°С	330	290	240	300	290	400	320
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	-	460	720	1350	1200	800	450	600
$\varepsilon_{11}^T/\varepsilon_0$	-	-	-	-	1200	1050	470	620
$tg \delta$	$10^{-2}$	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	0,4	2,0
$Q_m$	-	1700	1150	600	700	650	1900	650
$v_1^E$	$10^3$ м/с	3,80	3,6	3,45	3,45	3,5	3,8	3,8
$\sigma_p$	-	0,31	0,33	0,35	0,34	0,32	0,30	0,29
$k_p$	-	0,30	0,38	0,48	0,55	0,48	0,27	0,22
$k_{15}$	-	-	-	-	0,58	0,60	0,35	0,3
$k_{33}$	-	-	-	-	0,65	0,64	0,38	0,42
$d_{31}$	$10^{-12}$ Кл/Н	-40	-60	-80	-110	-90	-28	-32
$d_{33}$	$10^{-12}$ Кл/Н	70	100	150	250	220	71	104
$d_{15}$	$10^{-12}$ Кл/Н	-	-	-	-	-	107	117
$g_{31}$	$10^{-3}$ В*м/Н	-9,8	-	-	-	-12,7	-7,0	-6,0
$g_{33}$	$10^{-3}$ В*м/Н	17,2	-	-	-	31,0	17,8	19,6
$(ООЧ)_p$	%	0,20	0,25	0,40	0,20	1,0	0,40	0,25
$(ООЧ)_{сд}$	%	-	-	-	0,5	-	0,40	0,35
$(ООЧ)_{сж}$	%	-	-	0,40	0,5	0,5	0,40	0,22
$T_{раб}$	°С	85	85	85	85	85	85	85
$\rho_v$	При $100^\circ\text{C}$ , $10^8$ , Ом*м	1	1	1	-	-	1	-
$\rho$	$10^3$ кг/м <sup>3</sup>	7,5	7,5	7,5	7,9	7,5	7,8	7,5

**Условные обозначения**

$T_k$	Температура точки Кюри;
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ $\varepsilon_{11}^T/\varepsilon_0$	Относительная диэлектрическая проницаемость;
$tg \delta$	Тангенс угла диэлектрических потерь в слабых полях при $E=25$ кВ/м;
$Q_m$	Механическая добротность;
$v_1^E$	Скорость звука;
$d_{31}$ , $d_{33}$ , $d_{15}$	Пьезоэлектрические модули;
$g_{31}$ , $g_{33}$	Электрические константы по напряжению (чувствительность в режиме приема);
$\sigma_p$	Планарный коэффициент Пуассона;
<b>Коэффициент электромеханической связи:</b>	
$k_p$	Планарной моды;
$k_{15}$	Сдвиговой моды;
$k_{33}$	Моды растяжения-сжатия по толщине;
<b>Относительное отклонение частоты (ООЧ) в интервале температур <math>-60...+85^\circ\text{C}</math></b>	
$(ООЧ)_p$	Планарной моды;
$(ООЧ)_{сд}$	Сдвиговой моды;
$(ООЧ)_{сж}$	Моды растяжения-сжатия по толщине;



Условные обозначения	
$T_{\text{раб}}$	Рекомендуемая повышенная температура;
$\rho_v$	Удельное объемное электрическое сопротивление;
$\rho$	Плотность.

**Высокотемпературные пьезокерамические материалы**

Пьезокерамические элементы на основе высокотемпературных материалов применяются для датчиков вибрации и других приборов, работающих при температурах выше 250 °С.

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

Обозначение	Единица измерения	ТНаВ-1	ТНаВ-1м	ТНВ-1	НОВЫЙ ТНВ-1/4	ЦТС-26	ЦТС-26м	ЦТС-21	НОВЫЙ ТСВС-2
$T_k$	°С	670	630	920	905 ± 5	350	350	400	420
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	-	150	130	100	110±125	1700	1700	500	1800±150
$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	-	-	-	-	-	-	-	540	-
tgδ, не более	%	2,5	0,8	0,8	0,0015	2,0	2,0	1,8	0,30
$Q_m$	-	4000	-	-	-	80	80	150	28 ± 5
$v_1^E$	10 <sup>3</sup> м/с	-	-	-	-	2,9	2,9	3,70	3,06 ± 0,06
$V_t^U$	-	-	-	-	415	-	-	-	-
$\sigma_p$	-	0,20	0,20	0,20	-	0,36	0,38	0,32	0,31 ± 0,01
$k_p$	-	-	-	-	-	0,60	0,60	0,30	≥ 0,50
$k_{15}$	-	-	-	-	-	-	-	0,35	≥ 0,66
$k_{33}$	-	-	-	-	-	0,68	0,68	0,42	≥ 0,60
$k_t$	-	-	-	-	≥ 0,18	-	-	-	-
$d_{31}$	10 <sup>-12</sup> Кл/Н	-	-	-	-	-170	-160	-40	≥ 135
$d_{33}$	10 <sup>-12</sup> Кл/Н	14	22	7	≥ 12	350	340	100	≥ 340
$d_{15}$	10 <sup>-12</sup> Кл/Н	-	-	-	-	-	-	120	≥ 500
$g_{31}$	10 <sup>-3</sup> В*м/Н	-	-	-	-	-11,3	-10,6	-9,0	-
$g_{33}$	10 <sup>-3</sup> В*м/Н	10,6	19,1	7,9	11,7	23,3	22,6	22,6	-
(ООЧ) <sub>p</sub>	%	-	-	-	-	-	-	1,5	-
(ООЧ) <sub>сд</sub>	%	-	-	-	-	-	-	1,3	-
(ООЧ) <sub>сж</sub>	%	-	-	-	-	-	-	2,1	-
$T_{раб}$	°С	500	400	700	700	250	250	300	300
ООd <sub>33</sub>	%	20	10	20	-	0-20	-	100	-
$\rho_v$	При 100 °С, 10 <sup>8</sup> Ом*м	10	10	10	10	1	1	1	1
	При $T_{раб}$ , 10 <sup>4</sup>	1	1	0,01	0,1	-	-	10	-
$\rho$	10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	6,8	6,6	7,2	8,1 0,05	7,6	7,6	7,6	7,4



Условные обозначения	
$T_k$	Температура точки Кюри;
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0 \epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	Относительная диэлектрическая проницаемость;
$\operatorname{tg} \delta$	Тангенс угла диэлектрических потерь в слабых полях при $E=25$ кВ/м;
$Q_m$	Механическая добротность;
$v_1^E$	Скорость звука поперечной моды;
$v_t^D$	Скорость звука толщинной моды;
$\sigma_p$	Планарный коэффициент Пуассона;
$(\text{ООЧ})_{\text{ск}}$	Относительное отклонение частоты моды растяжения-сжатия по толщине;
$T_{\text{раб}}$	Рекомендуемая повышенная температура;
$\text{ОО}d_{33}$	Относительное отклонение пьезомодуля $d_{33}$ в интервале температур от нормальной до повышенной рабочей;
$\rho_v$	Удельное объемное электрическое сопротивление;
$\rho$	Плотность.
Коэффициент электромеханической связи:	
$k_p$	Планарной моды;
$k_{15}$	Сдвиговой моды;
$k_t$	Толщинной моды

**Пьезокерамические материалы для силового ультразвука****МАТЕРИАЛЫ СРЕДНЕЙ СЕГНЕТОЖЕСТКОСТИ И СЕГНЕТОЖЕСТКИЕ**

– это материалы, характеризующиеся высокой механической добротностью, малыми диэлектрическими потерями в том числе в сильных электрических полях.

К пьезокерамическим элементам, изготовленным из данных материалов, предъявляются жесткие требования их электрофизическим параметрам в условии их работы в сильных электрических полях и при больших механических напряжениях. Пьезокерамические элементы на основе данных пьезокерамических материалов, как правило, применяются при производстве гидролокаторов, ультразвуковых моек, распылителей жидкостей, акселерометров, гироскопов, пьезотрансформаторов и пр.

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

Обозначение	Единица измерения	ЦТС-23	ЦТБС-7	ЦТБС-8	ЦТС-42	ЦТС-43	ЦТС47	ЦТС47М	ЦТС Ст-3	ЦТС -48
$T_k$	°С	280	210	290	275	280	270	260	280	210
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	-	1000	1620	1400	1300	1400	1450	1325	1400	2200
$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	-	1200	2250	-	-	-	-	-	-	-
tg $\delta$ , не более	$10^{-2}$	0,7	1,0	0,40	0,55	0,6	0,60	0,70	0,55	0,8
tg $\delta_c$	$10^{-2}$	3,0	3,5	1,0	2,0	1,7	-	-	-	2,0
$Q_m$	-	300	350	1120,0	850	1100	900	800	800	450
$v_1^E$	$10^3$ м/с	3,3	3,1	3,2	3,2	3,2	-	3,3	3,3	3,2
$\sigma_p$	-	0,33	0,28	-	-	0,33	-	0,31	0,35	0,37
$k_p$	-	0,50	0,56	0,56	0,54	0,52	0,56	0,57	0,55	0,58
$k_{15}$	-	0,60	0,66	-	0,68	-	-	-	-	-
$k_{33}$	-	0,65	0,68	0,68	0,69	0,64	-	-	-	0,65
$d_{31}$	$10^{-12}$ Кл/Н	-120	-140	-140	-130	-125	-135	-125	-140	-180
$d_{33}$	$10^{-12}$ Кл/Н	240	330	315	280	280	290	300	275	~420
$d_{15}$	$10^{-12}$ Кл/Н	365	575	-	-	-	-	-	-	-
$g_{31}$	$10^{-3}$ В*м/Н	-13,6	-9,8	-11,3	-11,3	-10,1	-10,3	10,7	-11,3	9,3
$g_{33}$	$10^{-3}$ В*м/Н	27,1	23,0	25,4	24,3	22,6	22	25,6	22,2	21,6
(ООЧ) <sub>p</sub>	%	2,5	-	-	0,40	-	-	-	-	-
(ООЧ) <sub>сд</sub>	%	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
(ООЧ) <sub>сж</sub>	%	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-
$T_{раб}$	°С	150	150	200	185	200	180	180	150	120
$\rho_v$	При 100°С, $10^8$ , Ом*м	5	5	5	-	5	-	-	5	5
$\rho$	$10^3$ кг/м <sup>3</sup>	7,6	7,3	7,6	7,5	7,5	7,7	7,6	7,5	7,5

**Условные обозначения**

$T_k$	Температура точки Кюри;
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ $\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	Относительная диэлектрическая проницаемость;
$Q_m$	Механическая добротность;
$v_1^E$	Скорость звука;
$\sigma_p$	Планарный коэффициент Пуассона;

**Тангенс угла диэлектрических потерь:**

tg $\delta$	В слабых полях при E=25 кВ/м;
tg $\delta_c$	В сильных полях при E=300 кВ/м;

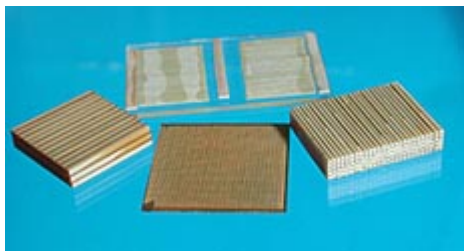
**Коэффициент электромеханической связи:**

$k_p$	Планарной моды;
$k_{15}$	Сдвиговой моды;



$k_{33}$	Моды растяжения-сжатия по толщине;
$d_{31}, d_{33}, d_{15}$	Пьезоэлектрические модули;
$g_{31}, g_{33}$	Электрические константы по напряжению (чувствительность в режиме приема);
<b>Относительное отклонение частоты(ООЧ) в интервале температур -60...+85°C</b>	
$(ООЧ)_p$	Планарной моды;
$(ООЧ)_{сд}$	Сдвиговой моды;
$(ООЧ)_{сж}$	Моды растяжения-сжатия по толщине;
$T_{раб}$	Рекомендуемая повышенная температура;
$\rho_v$	Удельное объемное электрическое сопротивление;
$\rho$	Плотность.



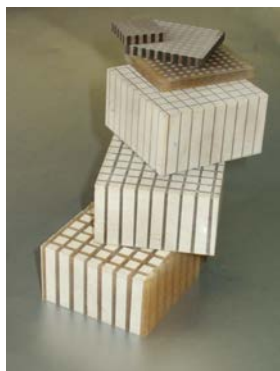
**Материалы для дефектоскопии.****Высокоанизотропные пьезокерамические материалы  
ТКС-21 (РСТ-21), ТКС-22 (РСТ-22)**

Материалы с повышенной анизотропией коэффициентов электромеханической связи с заданными сочетаниями других параметров используются в пьезокерамических элементах для высокочастотных излучателей и приемников, для датчиков с пониженной боковой чувствительностью, применяемых для дефектоскопии, толщинометрии, уровнеметрии, медицинской диагностической аппаратуре

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

Параметр	Обозначение	ТКС-21	ТКС-22
Температура точки Кюри °С, не менее	$T_K$	200÷220	225÷240
Пьезоэлектрические модули, Кл/Н	$d_{33} \times 10^{-12}$	90 ÷ 100	85 ÷ 95
	$d_{31} \times 10^{-12}$	-15...- 20	-12...- 16
	$d_V \times 10^{-12}$	60 ÷ 65	-
Пьезоэлектрические коэффициенты напряжения, В*м/Н	$g_{33} \times 10^{-4}$	260 ÷ 290	-
	$g_{31} \times 10^{-4}$	-40...- 50	-
	$g_V \times 10^{-4}$	175 - 195	-
Коэффициенты электромеханической связи	$K_p$	0,13 - 0,16	0,12÷0,16
	$K_t$	0,48 ÷ 0,53	0,48÷0,53
	$K_{33}$	0,49 ÷ 0,54	0,49÷0,54
Относительная диэлектрическая проницаемость	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	390 ÷ 440	300÷360
Тангенс угла диэлектрических потерь	$\text{tg } \delta \%$	1,8 ÷ 2,5	1,6÷2,6
Скорость звука, м/с $\times 10^3$	$v^D_t$	4,96 ÷ 5,16	4,96÷5,16
Механическая (антирезонансная) добротность толщиной моды колебаний	$Q_a^t$	100 ÷ 200	100÷200
Электрическая прочность, В/м, не менее	$E_{np} \times 10^6$	7,0	7,0
Плотность, кг/м <sup>3</sup> $\times 10^3$	$\rho$	6,95 ÷ 7,00	6,9 ÷ 7,1

## Композитные пьезокерамические материалы



используются для производства пьезокерамических элементов применяемых в преобразователях ультразвуковых дефектоскопов и толщиномеров, в приборах ультразвуковой медицинской диагностической аппаратуры, в ультразвуковых уровнемерах и расходомерах, в объемочувствительных гидрофонах, в звуковидении, геофизической аппаратуре.

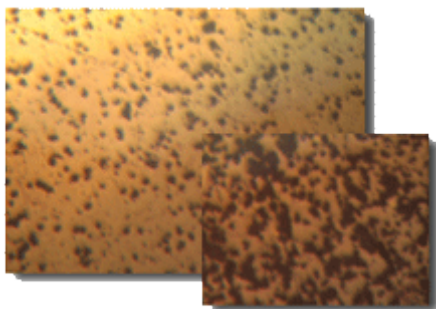
### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Параметр	КПМ-1	КПМ-2
Тип связности	1-3	1-3
Концентрация пьезокерамической фазы, % об.	50-90	25-80
Относительная диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	1000-1900	250-550
Тангенс угла диэлектрических потерь, $\text{tg } \delta$ , не более %	2,5	3,5
Частотный диапазон $f_a^t$ , МГц	0,12-10	0,12-10
Интервал рабочих температур, ° С	- 40...+85	- 40...+85
Акустический импеданс толщинной моды колебаний, $Z_a \times 10^6$ кг/м*с	25-33	12-25
Плотность, кг/м <sup>3</sup> $10^3$	4,5-7,4	3,5-7,0
Коэффициенты электромеханической связи		
толщинной моды колебаний, $k_t$	0,58-0,62	0,58-0,62
планарной моды колебаний, $k_p$ , не более	0,50	0,4
Механическая добротность, не более		
толщинной моды колебаний	20	15
планарной моды колебаний	20	15



## Пористые материалы

ОАО "Элга" является разработчиком и производителем пористых пьезокерамических материалов вязности 3-0.



Пористые материалы с широким интервалом рабочих температур используются для производства пьезокерамических элементов применяемых в ультразвуковых преобразователях дефектоскопов, толщинометрии, виброметрии, гидроакустике, диагностической и терапевтической медицинской аппаратуре

Пористая пьезокерамика работает в широком интервале температур и по сравнению с обычной обладает оптимальным комплексом электрофизических характеристик для указанных выше применений.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ



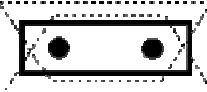
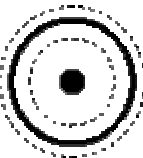

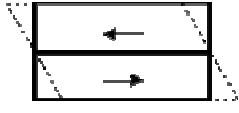
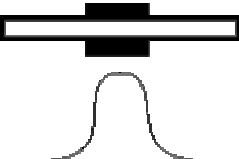

Параметр	Обозначение. Единица измерения	ЦТС-19	ЦТС-19П	ЦТС-36	ЦТС-36П	ЦТБС-8	ЦТБС-8П
Пористость	%	обычная	23÷26	обычная	23÷26	обычная	23÷26
Относительная диэлектрическая проницаемость	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	1869	1155	700	462	1392	810
Тангенс угла диэлектрических потерь	$\text{tg } \delta, \%$	1,68	2,11	2,52	2,80	0,23	0,26
Коэффициенты электромеханической связи:	толщинной моды колебаний, $k_t$	0,523	0,530	0,547	0,534	0,531	0,517
	планарной моды колебаний, $k_p$ не более	0,550	0,327	0,555	0,328	0,573	0,350
Отношение	$k_t/k_p$	0,950	1,621	0,986	1,628	0,927	1,477
Пьезоэлектрические модули:	поперечной моды колебания, $d_{31}, 10^{-12}$ Кл/Н	175	103	107	59	127	86
	продольной моды колебания, $d_{33}, 10^{-12}$ Кл/Н	494	469	331	376	329	342
Скорость звука	$V_t^D, 10^3$ м/с	4,47	3,01	4,78	3,21	4,58	3,11
Акустический импеданс толщинной моды колебаний	$Z_a, \text{Mrayl}$	33,6	18,1	36,4	19,6	34,9	18,7

## Виды колебаний

В пьезоэлементах могут быть возбуждены все основные виды колебаний:

- продольные по длине, ширине, толщине,
- колебания изгиба по ширине и толщине,
- радиальные колебания,
- колебания сдвига по толщине,
- механические гармоники (обертон) основных видов колебаний.

В общем случае пьезоэлемент будет иметь множество резонансных частот. Но выбор геометрии пьезоэлемента и его электродов позволяет получить чистый (моночастотный) спектр в заданном диапазоне частот.

Вид колебаний	Характер деформаций	Диапазон частот, кГц
Продольные по длине, ширине		50 ÷ 150
Изгиб по толщине		1 ÷ 10
Изгиб по ширине		10 ÷ 60
Радиальные колебания		150 ÷ 700
1-ый обертон радиальных колебаний		600 ÷ 1000
Сдвиг по толщине		800 ÷ 7000
Продольные по толщине на захвате энергии		3000 ÷ 30000
1-ый обертон толщинных колебаний		30000 ÷ 60000

Классификация, приведенная в таблице, не является строгой. Границы частотного диапазона для каждого вида колебаний могут быть сдвинуты в ту или другую сторону в зависимости от физических констант используемого пьезокерамического материала, а также от особенностей конструкции пьезоэлементов и технологических возможностей изготовления.

**Пластины пьезокерамические****Примеры поставок**

а x b, мм	t, мм	f <sub>p</sub> , f <sub>a</sub> , кГц	а x b, мм	t, мм	f <sub>p</sub> , f <sub>a</sub> , кГц	а x b, мм	t, мм	f <sub>p</sub> , f <sub>a</sub> , кГц
3,0x4,0	0,4	f <sub>a</sub> 5225 ÷ 5775	12,0x8,0	0,6	f <sub>p</sub> 2850 ÷ 3150	28,0x20,0	1,0	f <sub>p</sub> 1710 ÷ 1890
4,0x4,0	0,2	f <sub>a</sub> 10450 ÷ 11550	12,0x5,0	0,8	f <sub>a</sub> 2565 ÷ 2835	29,0x17,0	0,36	-
4,0x4,0	0,4	f <sub>a</sub> 5225 ÷ 5775	12,0x8,0	1,1	f <sub>a</sub> 1900 ÷ 2100	29,0x17,0	0,7	-
4,0x6,0	0,4	f <sub>a</sub> 5225 ÷ 5775	12,0x10,0	0,8	f <sub>a</sub> 2375 ÷ 2625	29,0x17,0	1,1	-
4,0x4,0	0,9	f <sub>a</sub> 2479 ÷ 2730	12,0x16,0	0,7	f <sub>a</sub> 2613 ÷ 2887	29,0x17,0	1,6	-
5,0x5,0	0,34	-	12,0x16,0	1,0	f <sub>a</sub> 1853 ÷ 2047	29,0x17,0	3,0	-
5,0x5,0	0,37	-	12,0x16,0	1,4	f <sub>a</sub> 1235 ÷ 1365	29,0x17,0	4,0	-
5,0x5,0	0,4	-	12,0x24	0,7	f <sub>a</sub> 2613 ÷ 2887	29,0x17,0	7,0	-
5,0x4,0	0,2*	f <sub>a</sub> 10450 ÷ 11550	12,0x24	1,4	f <sub>a</sub> 1235 ÷ 1365	31,0x21,0	0,72	-
5,5x2,1	0,13*	f <sub>a</sub> 15200 ÷ 16800	12,0x12,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	31,0x21,0	1,0	-
5,5x2,1	0,14	f <sub>a</sub> 1853 ÷ 2047	14,0x8,0	1,56	f <sub>p</sub> 1185 ÷ 1315	31,0x21,0	3,0	-
5,0x10,0	0,4	f <sub>a</sub> 5225 ÷ 5775	14,0x11,0	1,0	f <sub>p</sub> 1710 ÷ 1890	31,0x21,0	4,0	-
5,0x12,0	0,4	f <sub>a</sub> 5225 ÷ 5775	14,0x11,0	1,6	f <sub>p</sub> 1185 ÷ 1315	31,0x21,0	5,0	-
7,0x6,0	0,4	f <sub>p</sub> 4750 ÷ 5250	16,0x8,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	31,0x21,0	6,0	-
7,5x1,5	0,5	-	16,0x8,0	0,8	f <sub>a</sub> 2613 ÷ 2887	31,0x21,0	7,0	-
9,0x9,0	0,37	-	17,0x10,0	1,4	-	40,0x10,0	0,3	-
10,0x1,0	0,8	f <sub>a</sub> 2558 ÷ 2942	20,0x5,0	0,4	f <sub>p</sub> 4750 ÷ 5250	40,0x10,0	0,4	-
10,0x1,3	0,37	-	20,0x5,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	40,0x10,0	0,5	-
10,0x2,0	0,5	-	20,0x10,0	1,0	f <sub>p</sub> 1710 ÷ 1890	40,0x12,0	0,5	f <sub>a</sub> 2185 ÷ 2415
10,0x2,0	0,8	f <sub>a</sub> 2558 ÷ 2942	20,0x12,0	0,55	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	40,0x12,0	1,0	f <sub>a</sub> 2185 ÷ 2415
10,0x6,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	24,0x8,0	1,0	-	40,0x20,0	0,4	-
10,0x13	0,7	f <sub>a</sub> 2613 ÷ 2887	25,0x11,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	50,0x4,0	3,0	-
10,0x35	0,9	f <sub>a</sub> 2470 ÷ 2730	25,0x25,0	0,4	f <sub>a</sub> 4750 ÷ 5250	50,0x5,0	0,3	f <sub>p</sub> 33 ÷ 36
11,0x9,0	0,4	f <sub>p</sub> 4750 ÷ 5250	25,0x25,0	0,8	f <sub>a</sub> 2375 ÷ 2625	50,0x10,0	5,0	-
11,0x11,0	1,0	-	25,0x25,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	50,0x30,0	0,4	f <sub>p</sub> 4750 ÷ 5250
12,0x5,0	0,4	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	28,0x20,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625	50,0x30,0	0,8	f <sub>p</sub> 2375 ÷ 2625

а - длина, b - ширина, t – толщина, f<sub>p</sub> резонансная частота; f<sub>a</sub> антирезонансная частота

Мода вибрации	Перемещение	Направление поляризации	Приложенное поле

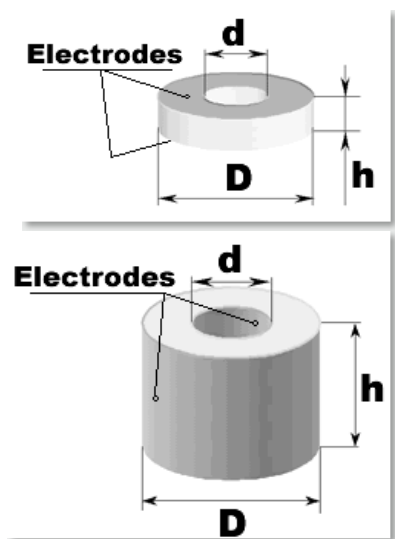
**Диски пьезокерамические****Примеры поставок пьезокерамических дисков**

D - диаметр, h - высота.

D, мм	h, мм	fp, fa, кГц	D, мм	h, мм	fp, fa, кГц	D, мм	h, мм	fp, fa, кГц	D, мм	h, мм	fp, fa, кГц
2,5	2,0	-	10,0	0,4	fp 4750 + 5250	12,0	1,0	fp 1710 + 1890	18,0	15,0	-
4,0	3,0	-	10,0	0,4	fa 5225 + 5775	12,0	2,0	fp 1710 + 1890	20,0	0,5	fp 3800 + 4200
5,0	0,4	fp 4750 + 5250	10,0	0,5	fa 3060 + 3380	13,0	5,0	fp 332,5 + 367,5	20,0	0,8	fp 2375 + 2625
5,0	1,0	-	10,0	0,53	fa 3060 + 3380	13,0	2,7	fp 332,5 + 367,5	20,0	1,1	fp 1140+ 1260
6,0	0,12	fp 11400 + 12600	10,0	0,6	fp 2850 + 3150	14,0	0,8	fp 2375 + 2625	20,0	1,3	fp 1425 + 1575
6,0	0,18	fa 11400 + 12600	10,0	0,7	fp 2900 + 3200	15,0	0,2	-	20,0	2,0	-
6,0	0,2	fa 9500 + 10500	10,0	0,72	-	15,0	0,37	fa 4150 + 4550	20,0	3,0	fp 450 + 550
6,0	0,2	fp 11400 + 12600	10,0	0,77	fp 2375 4- 2625	15,0	4,0	-	20,0	3,9	fp 465 + 535
6,0	0,3	fp 4750 + 5250	10,0	0,78	fp 2375 + 2625	15,0	0,7	fp 2900 + 3200	20,0	8,0	-
6,0	0,4	fp 4750 + 5250	10,0	0,78	fa 2660 + 2940	15,0	0,72	fp 2550 + 2810	22,0	3,8	fp 450 + 550
6,0	0,4	fa 4750 + 5250	10,0	0,87	fa 2375 + 2625	15,0	0,8	fp 2375 + 2625	23,0	3,7	fp 504 + 556
6,0	0,4	fp 5225 + 5775	10,0	1,3	fp 1425 + 1575	15,5	0,58	fp 3400 + 3800	25,0	0,5	fa 4275 + 4725
6,0	0,8	-	10,0	2,0	-	16,0	0,4	fp 4750 + 5250	25,0	0,8	fa 2510 + 2770
7,0	0,8	fp 2375 + 2625	10,0	2,5	-	16,0	0,5	-	25,0	1,0	fa 2185 + 2415
8,0	0,24	fp 6650 + 7350	10,0	3,0	-	16,0	3,2	fp 450 + 550	25,0	1,1	fp 1710 + 1890
8,0	0,36	fp 4750 + 5250	10,0	6,5	fp 2850 + 3150	16,0	3,5	fp 405 + 595	25,0	2,0	fp 950 + 1050
8,0	0,4	fa 4750 + 5250	10,0	10,0	-	16,0	3,8	fp 360 + 440	25,0	3,3	-
8,0	0,4	fp 4750 + 5250	12,0	0,3	fp 5616+6864	16,0	9,3	fp 85,5 + 94,5	30,0	0,8	fp 2375 + 2625
8,0	0,78	fp 2375 + 2625	12,0	0,36	fp 5700 + 6300	16,0	11,5	-	30,0	0,85	fp 2185 + 2415
8,0	0,8	fp 2375 + 2625	12,0	0,4	fa 4750 + 5250	16,0	12,0	fp 85,5 + 94,5	30,0	1,0	fa 1900 + 2110
8,0	1,0	fp 1710 + 1890	12,0	0,4	fa 5225 + 5775	18,0	0,38	fp 4750 + 5250	30,0	1,04	fa 1710 + 1890
8,0	1,1	fp 1710 + 1890	12,0	0,4	fp 4750 + 5250	18,0	0,7	fp 1995 + 2205	30,0	4,0	-
8,0	1,7	fp 1100 + 1300	12,0	0,55	fp 2375 + 2625	18,0	0,72	fa 2375 + 2625	30,0	4,5	-
8,0	2,0	fp 950+ 1050	12,0	0,6	fa 2570 + 2850	18,0	0,77	fp 2375 + 2625	30,0	17,7	-
9,0	0,4	fa 5225 + 5775	12,0	0,78	fp 2375 + 2625	18,0	0,8	fa 2610 + 2890	40,0	3,0	-
10,0	0,18	fa 11400 + 12600	12,0	0,8	fa 2610 + 2890	18,0	0,9	fa 1780 + 1980	43,0	3,0	-
10,0	0,25	-	12,0	0,8	fp 2375 + 2625	18,0	1,04	fa 1710 + 1890	60,0	4,0	-
10,0	0,3	-	12,0	0,85	fa 2375 + 2625	18,0	1,05	fp 1330 + 1470	90,0	5,0	-
10,0	0,36	fp 5225 + 5775	12,0	0,87	fa 2375 + 2625	18,0	1,05	fa 1850 + 2050			
10,0	3,9	fp 475 + 525	12,0	0,88	fa 2375 + 2625	18,0	1,6	fp 1188 + 1312			
10,0	0,4	-	12,0	0,9	fp 2040 + 2260	18,0	5,0	fa 1710 + 1890			

Мода вибрации	Перемещение	Направление поляризации	Приложенное поле



**Кольца, шайбы и трубки пьезокерамические****Примеры поставок**

Внешний диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Высота h, мм	Внешний диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Высота h, мм
2,5	1,8	1,2	15,5	11,2	5,0
4,0	2,5	1,6	15,5	11,2	10,0
5,0	2,05	4,0	15,5	11,2	18,0
5,0	3,5	2,0	18,0	15,5	5,0
6,35	4,9	6,35	18,5	15,8	13,0
8,0	3,0	1,0	18,5	15,8	20,0
8,0	5,0	2,0	18,5	15,8	27,5
8,0	5,0	4,0	19,0	16,0	20,0
9,0	8,0	32,0	22,0	16,0	20,0
9,8	9,8	0,25	24,0	9,2	2,0
10,0	6,0	4,0	24,0	14,0	2,4
10,0	8,0	4,0	25,0*	19,24	18,8*
10,0	5,0	5,0	30,0	26,0	20,0
10,0	8,0	10	35,0	8,0	3,0
10,0	8,0	32	38,0	34,0	25,0
10,0	8,5	32	44,0	38,0	30,0
12,0	4,2	1,0	44,0	40,0	30,0
12,0	11,0	32	68,0	60,0	25,0
15,0	4,0	4,0	70,0	20,0	4,0
15,0	11,0	2,0	75,0	20,0	5,0
15,0	11,0	4,0	85,0	77,0	30,0
15,5	11,0	3,0			

\* - Допуски к размерам +/- 0,4 мм.

Мода вибрации	Перемещение	Направление поляризации	Приложенное поле
Мода вибрации	Перемещение	Направление поляризации	Приложенное поле

Примечание: другие размеры можно определить при составлении заявки.

**Сферы и полусферы пьезокерамические****ПРИМЕРЫ ПОСТАВОК СФЕРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ**

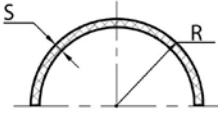
D, mm	Дизайн	d, mm	d <sub>1</sub> , mm	S, mm	h, mm
5 ± 0,4		2 ± 0,2	-	0,5 ± 0,1	-
7 ± 0,5		3 ± 0,2	4,5 ± 0,3	0,5 ± 0,1	3 ± 0,2
15 ± 1,0		6 ± 0,5	9,5 ± 0,5	1,2 ± 0,1	5 ± 0,3
20 ± 1,5		9 ± 0,5	-	1,5 ± 0,1	-
30 ± 1,5		11 ± 0,5	-	2,5 ± 0,2	-
30 ± 1,5		11 ± 0,5	-	2,5 ± 0,2	-
40 ± 1,5		10 ± 0,5	16,2 ± 0,5	3,0 ± 0,2	5 ± 0,3
50 ± 1,5		10 ± 0,5	16,2 ± 0,5	3,0 ± 0,2	5 ± 0,3
80 ± 3,0		20 ± 1,5	-	5 ± 0,3	-
100 ± 4,0		20 ± 1,5	35 ± 1,5	7,5 ± 0,4	8 ± 1,0

**Примечания:**

1. Размеры, допуски, материалы основы и напыления уточняются при оформлении заказа.
2. По согласованию с заказчиком возможно изготовление сферических пьезоэлементов других размеров (D 5 ÷ 100 мм).
3. Материал основы: ЦТС-19, ЦТС-26.



## ПРИМЕРЫ ПОСТАВОК ПОЛУСФЕРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ

R, mm	Дизайн	S, mm
$2,5 \pm 0,2$		$0,5 \pm 0,1$
$3,5 \pm 0,25$		$0,5 \pm 0,1$
$7,5 \pm 0,5$		$1,2 \pm 0,1$
$10,0 \pm 0,75$		$1,5 \pm 0,1$
$15,0 \pm 0,75$		$2,5 \pm 0,2$
$20,0 \pm 0,75$		$3,0 \pm 0,2$
$25,0 \pm 0,75$		$3,0 \pm 0,2$
$40,0 \pm 1,5$		$5 \pm 0,3$
$50,0 \pm 2,0$		$7,5 \pm 0,4$

**Примечания:**

1. Размеры, допуски, материалы основы и напыления уточняются при оформлении заказа.
2. По согласованию с заказчиком возможно изготовление полусферических пьезоэлементов других размеров.
3. Материал основы: ЦТС-19, ЦТС-26.