

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
(в редакции, утвержденной приказом Росстандарта № 1992 от 26.12.2016 г.)

Тензорезисторы ТК

Назначение средства измерений

Тензорезисторы ТК предназначены для преобразования деформации в изменение электрического сопротивления при измерении деформаций деталей машин и конструкций при статических и динамических нагрузках в условиях макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом. Так же тензорезисторы ТК используются в качестве чувствительных элементов измерительных преобразователей средств измерения механических величин.

Описание средства измерений

Принцип действия тензорезисторов основан на тензорезистивном эффекте, т.е. на свойстве изменения электросопротивления проводника в результате его деформации.

Тензорезистор состоит из чувствительного элемента, полимерной подложки и выводов.

В зависимости от материала подложки выпускаются следующие модификации тензорезисторов:

- Ф - на фенольной пленочной подложке (фенолоформальдегидная смола);
- Б - на бумажной подложке;
- П - на полиамидной пленочной подложке (полиамидный лак).

В зависимости от формы чувствительного элемента и количества чувствительных элементов на одной подложке тензорезисторы предназначены:

- для измерения одноосевой деформации - одиночные (О);
- для определения величины и направления деформаций при сложнапряженном состоянии объектов: двухкомпонентные (Д1, Д2, Д3, Д4, Д5), трех- и четырехкомпонентные (К1, К2, К3, К4), полномостовые (ПМ1, ПМ2);
- для измерения деформации мембран - мембранные (М1, М2);
- для исследования распределения деформаций в зоне концентрации напряжений - тензорезисторные цепочки (Ц).

В зависимости от базы чувствительного элемента выделен класс малобазных тензорезисторов. К малобазным тензорезисторам относятся:

- одиночные тензорезисторы, двухкомпонентные тензорезисторы, полномостовые тензорезисторы и тензорезисторные цепочки с базами 0,5; 1,0; 2,0 мм;
- трех- и четырехкомпонентные тензорезисторы с базой 5,0 мм;
- мембранные тензорезисторы с базами 3,0; 5,0 мм.

Общий вид тензорезисторов представлен на рисунке 1.

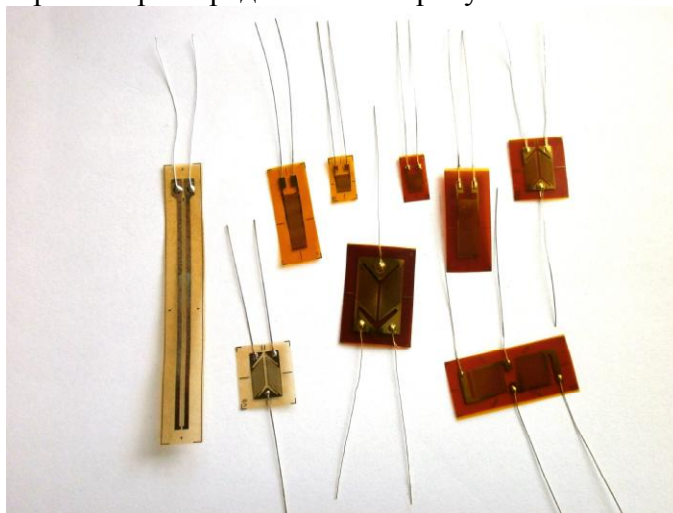
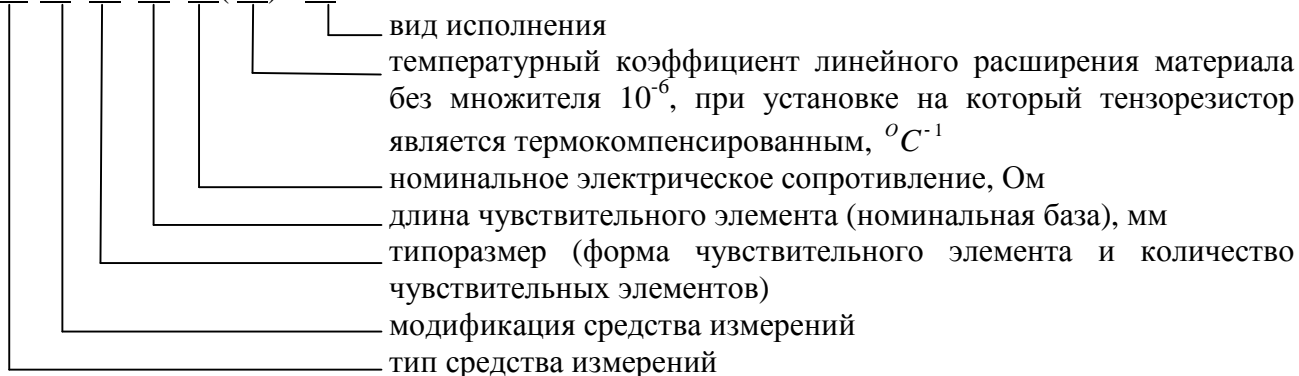


Рисунок 1

Пример формирования условного обозначения тензорезистора:

Т К X - X - X - X (X) - X



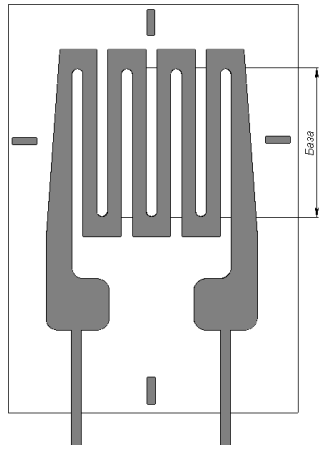
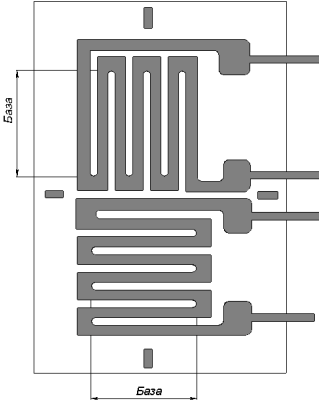
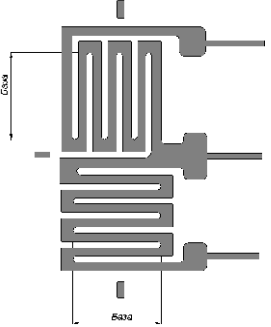
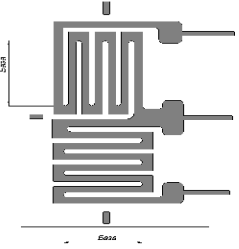
Метрологические и технические характеристики

Диапазон измеряемых деформаций тензорезисторами, $млн^{-1}$ ± 3000

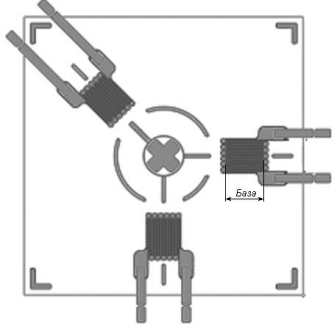
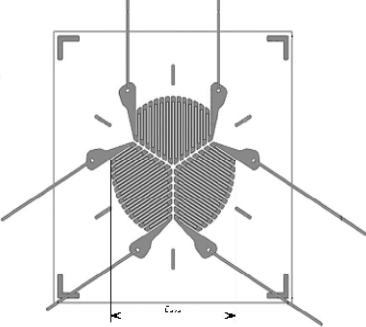
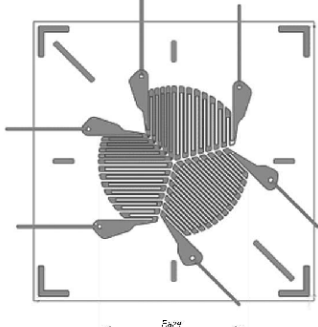
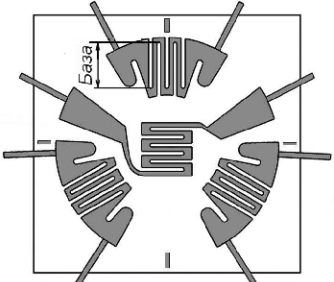
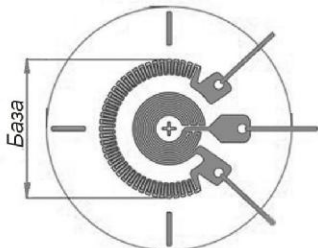
Типоразмеры, номинальная база, номинальное электрическое сопротивление, габаритные размеры (без толщины) тензорезисторов ТК приведены в таблице 1.

Таблица 1

Типоразмер	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм		Внешний вид
			Длина без выводов	Ширина	
O-0,5-100	0,5	100	5,0	2,3	
O-0,5-120	0,5	120	3,0	2,6	
O-1-100	1	100	6,0	4,7	
O-1-120	1	120	4,3	3,5	
O-1-200	1	200	6,0	4,7	
O-2-120	2	120	6,2	3,4	
O-2-350	2	350	6,5	4,5	
O-3-100	3	100	8,3	4,7	
O-3-120	3	120	6,4	3,5	
O-3-200	3	200	8,3	4,7	
O-3-350	3	350	7,4	4,4	
O-3-400	3	400	8,3	4,7	
O-4-120	4	120	8,2	3,6	
O-4-200	4	200	8,0	3,6	
O-4-350	4	350	8,2	4,2	
O-5-100	5	100	11,8	5,9	
O-5-120	5	120	10,0	4,0	
O-5-200	5	200	11,8	5,9	
O-5-350	5	350	9,3	4,5	
O-5-400	5	400	11,8	5,9	
O-6-120	6	120	9,7	4,2	
O-6-200	6	200	10,7	4,8	
O-6-350	6	350	10,4	5,4	
O-8-120	8	120	12,2	4,3	
O-8-200	8	200	11,0	6,0	
O-8-350	8	350	11,2	7,4	
O-10-100	10	100	18,5	5,9	
O-10-120	10	120	15,5	5,0	

Типоразмер	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм		Внешний вид
			Длина без выводов	Ширина	
О-10-200	10	200	18,5	8,1	
О-10-350	10	350	13,8	6,6	
О-10-400	10	400	18,5	8,1	
О-15-100	15	100	24	4,7	
О-15-200	15	200	24	5,9	
О-15-400	15	400	24	5,9	
О-20-100	20	100	29,5	4,7	
О-20-120	20	120	28,9	7,2	
О-20-200	20	200	29,5	4,7	
О-20-400	20	400	29,5	4,7	
О-40-100	40	100	52,0	7,2	
О-40-120	40	120	52,0	7,2	
Д2-2-100	2	100	5,6	7,2	
Д2-2-120	2	120	5,6	7,2	
Д2-2-350	2	350	6,0	7,5	
Д2-3-100	3	100	6,5	8,5	
Д2-3-120	3	120	6,5	8,5	
Д2-3-350	3	350	6,6	8,9	
Д2-4-100	4	100	8,0	11,0	
Д2-4-120	4	120	8,0	11,0	
Д2-4-350	4	350	7,8	10,0	
Д2-6-350	6	350	10,0	14,4	
Д3-2-100	2	100	5,6	6,6	
Д3-2-120	2	120	5,6	6,6	
Д3-2-350	2	350	7,8	6,2	
Д3-3-100	3	100	8,8	6,6	
Д3-3-120	3	120	8,8	6,6	
Д3-3-350	3	350	9,8	6,8	
Д3-4-100	4	100	10,0	7,6	
Д3-4-120	4	120	10,0	7,6	
Д3-4-350	4	350	10,0	7,8	
Д3-6-350	6	350	14,0	10,0	

Типоразмер	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм		Внешний вид
			Длина без выводов	Ширина	
Д4-2-100	2	100	5,8	7,0	
Д4-2-120	2	120	5,8	7,0	
Д4-2-350	2	350	8,8	5,6	
Д4-3-200	3	200	11,2	10,0	
Д4-3-350	3	350	8,8	6,8	
Д4-3-400	3	400	11,2	10,0	
Д4-4-350	4	350	8,2	8,2	
Д4-5-200	5	200	17,5	12,7	
Д4-5-400	5	400	17,5	12,7	
Д4-6-350	6	350	11,0	10,5	
Д4-10-200	10	200	20,5	19,0	
Д4-10-400	10	400	20,5	19,0	
Д5-2-100	2	100	5,8	7,0	
Д5-2-120	2	120	5,8	7,0	
Д5-2-350	2	350	8,8	5,6	
Д5-3-350	3	350	8,8	6,8	
Д5-4-350	4	350	8,2	8,2	
Д5-6-350	6	350	11,0	10,5	
Д6-2-100	2	100	10,8	4,4	
Д6-2-120	2	120	10,8	4,4	
Д6-2-350	2	350	10,8	4,4	
Д6-3-100	3	100	12,6	4,4	
Д6-3-120	3	120	12,6	4,4	
Д6-3-350	3	350	12,4	4,4	
Д6-4-100	4	100	16,0	5,8	
Д6-4-120	4	120	16,0	5,8	

Типоразмер	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм		Внешний вид
			Длина без выводов	Ширина	
K1-3-100	3	100	20,0	20,0	
K1-3-200	3	200	20,0	20,0	
K2-5-100	5	100	12,0	12,0	
K2-10-200	10	200	17,0	17,0	
K2-15-200	15	200	23,0	23,0	
K3-5-100	5	100	12,0	12,0	
K3-10-200	10	200	17,0	17,0	
K3-15-200	15	200	23,0	23,0	
K4-3-100	3	100	13,5	13,5	
K4-5-100	5	100	20,0	20,0	
M1-3-100	3	100	5,5	5,5	
M1-5-200	5	200	7,3	7,3	

Типоразмер	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм		Внешний вид
			Длина без выводов	Ширина	
M2-5-100	5	100	7,3	7,3	
M2-5-200	5	200	7,3	7,3	
M2-10-100	10	100	10,0	10,0	
M2-10-350	10	350	10,0	10,0	
M2-15-350	15	350	15,0	15,0	
M2-20-200	20	200	22,0	22,0	
M2-20-350	20	350	20,2	20,2	
ПМ1-2-350	2	350	8,6	7,4	
ПМ1-2-400	2	400	8,6	7,4	
ПМ2-2-100	2	100	15,3	6,2	
ПМ2-2-120	2	120	15,3	6,2	
ПМ2-2-350	2	350	20,0	5,0	
ПМ2-400	2	400	20,0	5,0	
Ц1-1-100	1	100	30,0	9,0	
Ц1-3-100	3	100	55,0	10,0	

Нормируемые параметры метрологических характеристик тензорезисторов ТК в зависимости от модификации и типоразмера и базы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование нормируемой метрологической характеристики, обозначение или форма представления	Нормируемые параметры	
	Наименование, единица измерения	Допускаемые значения показателей
1 Электрическое сопротивление тензорезисторов при нормальных условиях (R):	Предельное относительное отклонение электрического сопротивления в партии от номинального, %	
<i>Одиночных</i>		±0,5
<i>Двух-, трех-, четырехкомпонентных, полномостовых</i>		±1,0
<i>мембранных</i>		±1,5
<i>тензорезисторных цепочек</i>	±2,0	
<i>Одиночных</i>	Отношение разности предельных значений электрических сопротивлений в группе к номинальному сопротивлению, %	±0,1
<i>Двух-, трех-, четырехкомпонентных, полномостовых</i>		±0,4
<i>Мембранных</i>		±0,5
<i>Тензорезисторных цепочек</i>		±1,0

Наименование нормируемой метрологической характеристики, обозначение или форма представления	Нормируемые параметры	
	Наименование, единица измерения	Допускаемые значения показателей
2 Чувствительность при нормальных условиях (К) тензорезисторов:	Среднее значение чувствительности	
<i>малобазных</i>		от 1,9 до 2,2
<i>остальных</i>		от 2,0 до 2,3
<i>Малобазных</i>	Среднее квадратическое отклонение чувствительности, не более	0,03
<i>Одиночных с базой 3-100 мм;</i>		0,02
<i>Двух-, трех-, четырехкомпонентных, полномостовых, мембранных тензорезисторов, тензорезисторных цепочек.</i>		0,04
3 Механический гистерезис при нормальных условиях (Г) для тензорезисторов :	Среднее значение механического гистерезиса, мкОм/Ом, не более	
<i>малобазных</i>		40
<i>остальных;</i>		30
4 Ползучесть при нормальных условиях (П) тензорезисторов:	Среднее значение часовой ползучести, %, не более	
<i>малобазных</i>		1,5
<i>остальных:</i>		0,2
<i>типа ТКФ, ТКБ</i>		0,3
<i>типа ТКП</i>		0,8
<i>Малобазных</i>	Среднее квадратическое отклонение часовой ползучести % , не более	0,1
<i>Остальных:</i>		0,2
<i>типа ТКФ, ТКБ</i>		
<i>типа ТКП</i>		
5 Ползучесть при максимальной температуре (Пт) тензорезисторов:	Среднее значение часовой ползучести, %, не более	
<i>малобазных:</i>		5,0
<i>остальных:</i>		1,5
<i>типа ТКФ, ТКБ</i>		2,0
<i>типа ТКП</i>		2,5
<i>Малобазных</i>	Среднее квадратическое отклонение часовой ползучести, %, не более	1,0
<i>Остальных:</i>		1,0
<i>типа ТКФ, ТКБ</i>		
<i>типа ТКП</i>		
6 Температурный коэффициент чувствительности (η) при максимальной (минимальной) температуре	Среднее значение температурного коэффициента чувствительности, % $^{\circ}\text{C}^{-1}$,	0,1
	Среднее квадратическое отклонение значения температурного коэффициента чувствительности, % $^{\circ}\text{C}^{-1}$, не более	0,1
7 Нелинейность функции преобразования при нормальных условиях (Г) для тензорезисторов:	Нелинейность функции преобразования, %	
<i>малобазных</i>		3,0
<i>остальных</i>		2,0

Наименование нормируемой метрологической характеристики, обозначение или форма представления	Нормируемые параметры	
	Наименование, единица измерения	Допускаемые значения показателей
8 Температурная характеристика электрического сопротивления [$\xi(t)$], выражаемая формулой $\xi t = C_0 + C_1 t + C_2 t^2 + C_3 t^3$ где t - температура, °C; C_0, C_1, C_2, C_3 - коэффициенты	Среднее квадратическое отклонение погрешности аппроксимации, мкОм/Ом	50
9 Максимальное значение температурной характеристики электрического сопротивления (ξ_{tm}) в рабочей области значений температуры	Среднее значение, мкОм/Ом	от 0 до -4000
	Среднее квадратическое отклонение, мкОм/Ом	300
10 Максимальное значение температурной характеристики электрического сопротивления (ξ_{tu}) в интервале термокомпенсации для тензорезисторов:	Среднее значение, мкОм/Ом	от -100К до +100К
<i>Малобазных</i>	Среднее квадратическое отклонение мкОм/Ом, не более	160
<i>Остальных</i>		70
11 Дрейф выходного сигнала при максимальной температуре (Dt) тензорезисторов:	Среднее значение часового дрейфа, мкОм/Ом, не более	
<i>малобазных</i>		100
<i>остальных</i>		75
<i>малобазных</i>	Среднее квадратическое отклонение часового дрейфа, мкОм/Ом, не более	50
<i>остальных</i>		40
12 Электрическое сопротивление изоляции в рабочей области значений температуры, (Риз)	Минимальное значение электрического сопротивления изоляции в рабочей области значений температуры, МОм	200

Интервал термокомпенсации, °C от минус 30 до плюс 80;

Интервал рабочих температур, °C:

- у тензорезисторов ТКФ, ТКБ от минус 30 до плюс 80;
- у тензорезисторов ТКП от минус 80 до плюс 200.

Толщина тензорезистора, мм

- ТКФ (0,040±0,010);
- ТКП (0,055±0,015);
- ТКБ (0,065±0,015).

Масса тензорезистора, не более, г:

- тензорезисторов с одним чувствительным элементом 0,1;
- тензорезисторов с числом чувствительных элементов более одного 0,2.

Максимальный рабочий ток питания тензорезисторов, мА:

- у малобазных тензорезисторов 20;
- у остальных тензорезисторов 30.

Тензорезисторы являются невосстанавливаемыми изделиями. Вероятность безотказной работы не менее 0,95 за 10^6 циклов нагружения до относительной деформации $\epsilon = \pm 1000$ млн.⁻¹

Знак утверждения типа

наносится типографским способом на титульный лист Паспорта на партию тензорезисторов и на упаковку группы тензорезисторов.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки тензорезисторов приведен в таблице 3.

Таблица 3

Обозначение документа	Наименование и условное обозначение	Количество, шт., не менее	Примечание
ТФК1.001.01 - ТФК1.001.19	Тензорезисторы	Одиночные - 100 шт., остальные - 20 шт.	В комплект поставки могут входить тензорезисторы различных партий и типоразмеров
ТФК1.001.00 РЭ	Руководство по эксплуатации	1 экз.	На все тензорезисторы поставляемые в один адрес
ТФК1.001.00 УП	Упаковка группы (тара)	1 комплект	На каждую группу тензорезисторов
МП 06-233-2011	Методика поверки		По заявке

Поверка

осуществляется по документу МП 06-233-2011 «ГСИ. Тензорезисторы ТК. Методика поверки», утвержденному ФГУП «УНИИМ» 28.09.2011 г.

Основные средства поверки:

- Установка с балками постоянного сечения, нагружаемыми по схеме чистого изгиба до деформации $\pm 3000 \text{ млн}^{-1}$, $D_0 = (0,5 - 0,8) \%$;

- Система измерения выходных сигналов тензорезисторов, $D_0 = 0,25 \%$.

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

Сведения о методиках (методах) измерений

ГОСТ Р 52728-2007 Метод натурной тензотермометрии. Общие требования.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к тензорезисторам ТК

- 1 ГОСТ 21616-91 Тензорезисторы. Общие технические условия.
- 2 ГОСТ 8.543-86 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений деформации.
- 3 ТУ № 4273-001-89582696-2010 Тензорезисторы ТК. Технические условия.

Изготовитель

ООО «МегаСтройПроект»

Адрес: 105005, г. Москва, Старокирочный пер., д. 14, стр. 1

Тел/факс (498)602-35-69

ИНН 7701815244

Испытательный центр

ГЦИ СИ ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии»
(ГЦИ СИ ФГУП «УНИИМ»)

Адрес: 620000, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4

Тел. (343) 350-26-18

E-mail: uniim@uniim.ru

Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФГУП «УНИИМ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30005-11 от 03.08.2011 г.

Заместитель
Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п. « ____ » _____ 2017 г.