

# **ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ КФ4 и КФ5**

Техническое описание  
и инструкция по наклейке



## Содержание

	Стр.
1. Назначение	3
2. Технические характеристики тензорезисторов	4
3. Устройство и работа тензорезисторов	11
4. Материал и оборудование	11
5. Тара и упаковка	12
6. Требования безопасности	12
7. Характеристики клеев	13
8. Подготовка поверхности и тензорезисторов	14
9. Порядок наклейки клеем УВС-10Т, БФР-2К	15
10. Порядок наклейки клеем циакрин ЭО	16
11. Контроль качества наклейки	17
12. Защита от воздействия влаги	17
13. Транспортировка и хранение	18
Приложение А. Внешний вид тензорезисторов	19

Настоящее техническое описание и инструкция по наклейке включают в себя технические характеристики тензорезисторов КФ4 и КФ5 и определяют порядок операций при их наклейке на объект.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

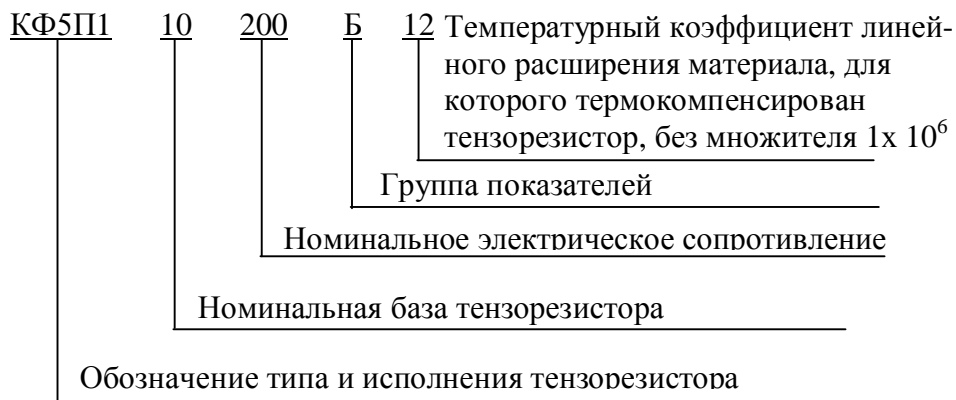
1.1 Тензорезисторы КФ4 и КФ5 (в дальнейшем тензорезисторы) предназначены для измерения деформаций деталей машин и конструкций или для использования в качестве чувствительных элементов преобразователей в условиях макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом.

Тензорезисторы КФ5 предпочтительны для использования в качестве чувствительных элементов преобразователей средств измерения механических величин.

В зависимости от базы и формы чувствительного элемента выделен класс малобазных тензорезисторов. К этому классу относятся: одиночные, тензо-розетки и цепочки тензорезисторов с базами 0,5; 1; 2 мм; тензо-розетки Р4 и Р5 с базой 5 мм; мембранные тензо-розетки с базами 3; 5 мм; тензорезисторные цепочки Ц4 с базой 3 мм.

Тензорезисторы предназначены для разовой наклейки.

1.2 Пример формирования условного обозначения тензорезистора:



Примечание: при заказе необходимо дополнительно указать выбранный тип клея (УВС-10Т, БФР-2К или

циакрин

ЭО) или условия работы и наклейки

тензорезисторов

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

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

Таблица 1.

Обозначение модификаций и типоразмеров	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более	
			Длина без выводов	Ширина
КФ4П1-0,5-100	0,5	100	5,0	3,2
КФ4П1-1-100	1	100	6,0	4,7
КФ4П1-1-100	1	200	6,0	4,7
КФ4П1-3-100	3	100	8,3	4,7
КФ4П1-3-200	3	200	8,3	4,7
КФ4П1-3-100	3	400	8,3	4,7
КФ4П1-5-100	5	100	11,8	5,9
КФ4П1-5-200	5	200	11,8	5,9
КФ4П1-5-400	5	400	11,8	5,9
КФ4П1-10-100	10	100	18,5	5,9
КФ4П1-10-200	10	200	18,5	7,4
КФ4П1-10-400	10	400	18,5	8,1
КФ4П1-15-100	15	100	24,0	4,7
КФ4П1-15-200	15	200	24,0	5,9
КФ4П1-15-400	15	400	24,0	5,9

Продолжение таблицы 1

Обозначение модификаций и типоразмеров	Номина льная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более	
			Длина без выводов	Ширина
КФ4П1-20-100	20	100	29,5	4,7
КФ4П1-20-200	20	200	29,5	4,7
КФ4П1-20-400	20	400	29,5	4,7
КФ4П2-3-200	3	200	10,0	7,4
КФ4П2-3-400	3	400	10,0	7,4
КФ4П2-5-200	5	200	13,5	10,0
КФ4П2-5-400	5	400	13,5	10,0
КФ4П3-3-100	3	100	9,0	4,7
КФ4П3-5-100	5	100	13,0	4,7
КФ4Р1-3-200	3	200	14,3	7,3
КФ4Р1-3-400	3	400	14,4	7,3
КФ4Р1-5-200	5	200	22,1	9,5
КФ4Р1-5-400	5	400	22,1	9,5
КФ4Р1-10-200	10	200	34,0	14,6
КФ4Р1-10-400	10	400	34,0	14,6
КФ4П4-3-100	3	100	11,0	4,7
КФ4П4-3-200	3	200	11,0	4,7

Продолжение таблицы 1

Обозначение модификаций и типоразмеров	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более	
			Длина без выводов	Ширина
КФ4П4-5-100	5	100	16,0	5,9
КФ4П4-5-200	5	200	16,0	5,9
КФ4П4-10-100	10	100	27,0	5,9
КФ4П4-10-200	10	200	27,0	9,1
КФ5П1-0,5-100	0,5	100	5,0	3,2
КФ5П1-1-100	1	100	6,0	4,7
КФ5П1-1-100	1	200	6,0	4,7
КФ5П1-3-100	3	100	8,3	4,7
КФ5П1-3-200	3	200	8,3	4,7
КФ5П1-3-100	3	400	8,3	4,7
КФ5П1-5-100	5	100	11,8	5,9
КФ5П1-5-200	5	200	11,8	5,9
КФ5П1-5-400	5	400	11,8	5,9
КФ5П1-10-100	10	100	18,5	5,9
КФ5П1-10-200	10	200	18,5	7,4
КФ5П1-10-400	10	400	18,5	8,1
КФ5П1-15-100	15	100	24,0	4,7
КФ5П1-15-200	15	200	24,0	5,9
КФ5П1-15-400	15	400	24,0	5,9
КФ5П1-20-100	20	100	29,5	4,7
КФ5П1-20-200	20	200	29,5	4,7
КФ5П1-20-400	20	400	29,5	4,7

Продолжение таблицы 1

Обозначение модификаций и типоразмеров	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более	
			Длина без выводов	Ширина
КФ5П2-3-200	3	200	10,0	7,4
КФ5П2-3-400	3	400	10,0	7,4
КФ5П2-5-200	5	200	13,5	10,0
КФ5П2-5-400	5	400	13,5	10,0
КФ5Р1-3-200	3	200	14,3	7,3
КФ5Р1-3-400	3	400	14,4	7,3
КФ5Р1-5-200	5	200	22,1	9,5
КФ5Р1-5-400	5	400	22,1	9,5
КФ5Р1-10-200	10	200	34,0	14,6
КФ5Р1-10-400	10	400	34,0	14,6
КФ5Р2-3-200	3	200	11,2	10,0
КФ5Р2-3-400	3	400	11,2	10,0
КФ5Р2-5-200	5	200	17,5	12,7
КФ5Р2-5-400	5	400	17,5	12,7
КФ5Р2-10-200	10	200	20,5	19,0
КФ5Р2-10-400	10	400	20,5	19,0
КФ5Р3-3-100	3	100	20,0	20,0
КФ5Р3-3-200	3	200	20,0	20,0
КФ5Р4-5-100	5	100	12,0	12,0
КФ5Р4-10-200	10	200	17,0	17,0
КФ5Р4-15-200	15	200	23,0	23,0

Продолжение таблицы 1

Обозначение модификаций и типоразмеров	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более	
			Длина без выводов	Ширина
КФ5P5-5-100	5	100	12,0	12,0
КФ5P5-10-200	10	200	17,0	17,0
КФ5P5-15-200	15	200	23,0	23,0
КФ5M-10-200	10	200	12,0	12,0
КФ5M-15-200	15	200	17,0	17,0
КФ5M-15-400	15	400	17,0	17,0
КФ5M-20-400	20	400	22,0	22,0
КФ5Ц1-1-100	1	100	30,0	8,3
КФ5Ц1-3-100	3	100	55,0	10,0
КФ5Ц2-1-100	1	100	30,0	9,0
КФ5Ц2-3-100	3	100	57,0	12,0
КФ5Ц3-1-100	1	100	30,0	9,0
КФ5Ц3-3-100	3	100	57,0	12,0
КФ5Ц4-1-100	1	100	26,0	8,0
КФ5P2-3-200	3	200	11,2	10,0
КФ5P6-3-100	3	100	13,5	13,5
КФ5P6-5-100	5	100	20,0	20,0



Продолжение таблицы 1

Обозначение модификаций и типоразмеров	Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более	
			Длина без выводов	Ширина
КФ5Р7-2-400	2	400	10,5	6,5
КФ5Р7-3-400	3	400	17,5	5,0
КФ5М-3-100	3	100	5,5	5,5
КФ5М-5-200	5	200	7,3	7,3
КФ5М-20-200	20	200	22,0	22,0
КФ5М-5-100	5	100	7,3	7,3
КФ5М-5-200	5	200	7,3	7,3

Примечание:

1. Неуказанные предельные отклонения габаритных размеров  $\pm t/2$
2. Толщина тензорезистора по всей площади чувствительного элемента для КФ4 –  $(0,045 \pm 0,015)$  мм, для КФ5 –  $(0,06 \pm 0,020)$  мм

1. Внешний вид тензорезисторов представлен в приложении А. Диапазон измеряемых деформаций от  $-3000$  до  $+3000$  млн<sup>-1</sup>

Предельное относительное отклонение электрического сопротивления в партии от номинального не более  $\pm 1\%$ .

Максимальный ток питания малобазных тензорезисторов 20 мА; остальных 30 мА.

Среднее значение чувствительности при нормальных условиях:

От 1,9 до 2,2 – для малобазных тензорезисторов

От 2,0 до 2,3 – для остальных тензорезисторов

Масса тензорезистора не более 0,3 г.

2.7 Нормируемые параметры тензорезисторов в зависимости от групп показателей соответствуют указанным в таблице 2.

Таблица 2

Нормируемые параметры	Группа показателей		
	А	Б	В
Среднее квадратическое отклонение чувствительности при нормальной температуре тензорезисторов:			
малобазных	0,02	0,03	0,05
одиночных с базой 3-20 мм	0,02	0,025	0,03
тензорозеток, мембранных тензорозеток и цепочек	0,02	0,03	0,04
Среднее значение часовой ползучести при нормальных условиях, %, не более:			
малобазных	1,5	2,0	2,5
остальных тензорезисторов типа КФ4	0,5	1,0	1,5
КФ5	0,3	0,5	0,7
Среднее значение часовой ползучести при максимальной температуре, %, не более			
малобазных тензорезисторов	5,0	7,0	9,0
остальных тензорезисторов типов КФ4	2,0	4,0	6,0
КФ5	2,0	3,0	4,0

2.8 Интервал рабочих температур тензорезисторов от -70 до +200°C.

2.9 Тензорезисторы обеспечивают частичную термокомпенсацию в интервале температур от -10 до +120°C или от 0 до 50°C при наклеивании их на материалы с номинальными температурными коэффициентами линейного расширения из ряда:  $8 \times 10^{-6}$ ;  $12 \times 10^{-6}$ ;  $16 \times 10^{-6}$ ;  $23 \times 10^{-6}$  °C

2.10 Среднее значение температурной характеристики электрического сопротивления в интервале термокомпенсации лежит в пределах от -100 К до +100 К млн<sup>-1</sup>, где К – среднее значение чувствительности тензорезисторов.

## **3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА**

3.1 Тензорезистор состоит из чувствительного элемента, полимерной подложки и выводов.

В тензорезисторах типа КФ4 в качестве материала подложки используется полиамидоимидный лак

В тензорезисторах типа КФ5 в качестве материала подложки используется термостойкая бумага, пропитанная клеем УВС-10Т

3.2 Тензорезисторы в зависимости от исполнения могут иметь на одной подложке: КФ4 – 1 или 2; КФ5 – от 1 до 16 чувствительных элементов, вид и расположение которых представлены в приложении А. На рисунках 1,2,3,4,5 изображены тензорезисторы; на рисунках 6-10 – для определения величины и направления деформаций при сложно-напряженном состоянии объектов; на рисунке 11 – для измерения остаточных деформаций методом центрального сверления; на рисунках 14-17 – для исследования распределения деформации в зоне концентрации напряжений; на рисунках 12, 13 – для измерения деформации мембран.

## **4. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

1. Термошкаф с максимальной температурой нагрева 250°C и точностью поддержания температуры  $\pm 5^\circ\text{C}$
  2. Мегаомметр (тераомметр\_ с погрешностью не более 15%, ГОСТ 23706-79
  3. Клей УВС-10Т, ТУ 6-09-07-1826-94
  4. Клей БФР-2К, ТУ 6-05-1888-80.
  5. Клей циакрин ЭО, ТУ 6-09-30-86
- Бязь белая, ГОСТ 11680-76

7. Ацетон, ГОСТ 2603-79.
8. Тoluол, ГОСТ 5789-78.
9. Спирт этиловый в.о., ГОСТ 18300-72.
10. Фторопластовая пленка типа Ф-4ИН, толщина 40 мкм, ГОСТ 24222-80.
11. Этилацетат, ГОСТ 8981-78.
12. Войлок технический, ГОСТ 288-72.
13. Бумага чертежная, ГОСТ 597-73,
14. Липкая лента, ТУ 6-17-626-79.
15. Резина термостойкая, толщина 2 мм, тип ИРП-1266, ТУ 38-10-544-76.

## **5. ТАРА И УПАКОВКА**

5.1 Тензорезисторы уложены в пакет из полиэтилена ГОСТ 10354-82

5.2 Пакеты с тензорезисторами и этикеткой упакованы в потребительскую тару из полистирола.

5.3 Тензорезисторы в потребительской таре вместе с компонентами клея, техническим описанием и копией паспорта на партию уложены в транспортную тару.

## **6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

6.1 Эксплуатация тензорезисторов опасности для окружающих не представляет, однако при наклейке необходимо соблюдение профессиональных правил техники безопасности при работе с органическими растворителями.

6.2 Наклейка тензорезисторов производится в помещении оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией и оборудованном средствами пожаротушения и водоснабжения.

6.3 При работе с клеем циакрин ЭО возможны склеивания участков кожи. В этом случае необходимо на склеенные места наложить ватный тампон, обильно смоченный ацетоном и по мере набухания клея зазьединить склеенные участки.

6.4 После окончания наклейки обязательно вымыть руки с мылом, рот прополоскать водой.

## **7. ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕЕВ**

7.1 Клей циакрин ЭО – однокомпонентный, холодного отвердения, быстросхватывающий. Применяется для наклейки тензорезисторов на все металлы, непористые пластмассы, стекло. Клей непременим для наклейки на пористые материалы (дерево, бетон, пенопласт).

7.2 Клей УВС-10Т – однокомпонентный, горячего отвердения. Применяется для наклейки тензорезисторов на металлы и различные неметаллические непористые материалы. Растворитель клея УВС-10Т: смесь спирта этилового и этил ацетата в соотношении 2:3 объемных частей.

Рабочий температурный интервал: от – 70 до +200°С.

7.3 Перед работой необходимо замерить температуру клея УВС-10Т, она должна быть от +20 до +23°С.

7.4 Допускается наклейка тензорезисторов клеями БФР-2 (БФР-2К) ТУ 6-5-1888-80

7.5 При применении других клеев или использовании тензорезисторов в условиях эксплуатации, не оговоренных в настоящем техническом описании и инструкции по наклейке, необходимо проведение дополнительной поверки метрологических характеристик.

## 8. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА И ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ К НАКЛЕЙКЕ

8.1 Произведите очистку поверхности, предназначенной для наклейки, от ржавчины, окалины и других загрязнений.

Если поверхность загрязнена воском, маслом или им подобными веществами, то ее предварительно необходимо промыть толуолом или другим растворителем.

Шероховатость поверхности, предназначенной для наклейки тензорезисторов Ra – 2,5. Допускаются любые способы получения шероховатости, например, пескоструйная обработка, химическое травление и другие.

8.2 Нанесите на поверхность, предназначенную для наклейки тензорезисторов, линии разметки.

8.3 Протрите последовательно поверхность объекта и тензорезистора бязевым тампоном, смоченным ацетоном, спиртом и сухим тампоном.

### Примечания

2. Используйте один тампон однократно, не окунайте один и тот же тампон в растворитель дважды.
3. Расходная норма этилового спирта при подготовке поверхности объекта и тензорезистора к наклейке 50 мл на 100 шт.

8.4 Просушите подготовленные поверхности на воздухе в течение 10 – 15 мин. После этой операции недопустимо касаться пальцами подготовленной поверхности, следите, чтобы на ней не оставалось пылинок и ворса.

Все дальнейшие операции проводите сразу после операции 8.4

## 9 ПОРЯДОК НАКЛЕЙКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ КЛЕЯМИ УВС-10Т И БФР-2К

9.1 Нанесите на подготовленную поверхность с помощью стеклянной палочки, кисточки или лезвия равномерный слой клея толщиной 10-15 мкм. Клеевой слой не должен иметь пузырей, полос механических включений.

**ВНИМАНИЕ:** Необходимо строго следить за соблюдением толщины клеевого слоя. Увеличение толщины может вызвать изменение электрических сопротивлений тензорезисторов.

9.2 Просушите клеевой слой на воздухе в течение 30 мин.

9.3 Поместите образец в термошкаф и проведите термообработку при температуре + 120°C в течение 2-х часов. Скорость подъема температуры 1-2 градуса в минуту.

9.4 Нанесите на подготовленную тыльную сторону тензорезистора в двух точках по углам.

9.7 Наложите тензорезистор тыльной стороной на подготовленную поверхность согласно разметке, убедитесь, что клей в угловых точках схватился и не затек под чувствительный элемент.

9.8 Накройте тензорезистор последовательно прокладками из фторопластовой пленки, двух листов чертежной бумаги, термостойкой резины или войлока и металлической пластиной.

Размеры прокладок и пластины должны перекрывать габариты тензорезистора не менее чем на 5 мм, а толщина пластины должна быть не менее 5 мм.

9.9 Прижмите прокладки и пластину к поверхности с помощью пресса (или струбцины) давлением 0,6 – 0,8 МПа.

При наклейке тензорезистора на деталь цилиндрической формы прижим осуществляется намоткой бязевой ленты на тензорезистор, закрытый пленкой. Намотку проводить с натягом, число витков составляет 10-15. Закрепите бязевую ленту нитяным бандажом.

9.10 Поместите образец в термостат и термообработайте при температуре + 180°C в течении 2-х часов. Скорость подъема температуры 1-2 градуса в минуту. Охладите образец вместе с термошкафом.

9.11 Освободите образец от прокладок и струбцин и проведите открытую полимеризацию при температуре + 215°C в течении 5-ти часов. Скорость подъема температуры 1-2 градуса в минуту. Охладите образец вместе с термошкафом.

## **10. ПОРЯДОК НАКЛЕЙКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ КЛЕЕМ ЦИАКРИН ЭО**

10.1 Произведите наклейку тензорезисторов при температуре + (20 ± 5) °C и влажности (65 ± 15)%

10.2 Наложите подготовленный тензорезистор тыльной стороной на зачищенную поверхность по линиям разметки. Приклеив на край лицевой стороны тензорезистора , противоположный выводам, липкую ленту, прикрепите ею тензорезистор к поверхности объекта. Проверьте, чтобы при поднимании тензорезистора он не сдвигался.

10.4 Опустите тензорезистор на поверхность, накройте его фторопластовой пленкой и прижмите пальцем. Прижим выдержите около одной минуты, затем пленку снимите.



10.5 Поднимите от поверхности выводы во избежании их приклейки.

10.6 Предохраняйте при наклейке поверхность и тензорезистор от воздействия кислот и их паров, так как они замедляют или полностью препятствуют отверждению клея.

10.7 Толщина слоя клея при правильной наклейке тензорезисторов лежит в пределах 6-12 мкм. Толстый слой клея затрудняет его отверждение и ухудшает метрологические характеристики наклеенного тензорезистора.

10.8 Полная полимеризация клея происходит в течении 24 часов.

## **11. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НАКЛЕЙКИ**

11.1 Проверьте точность установки тензорезисторана поверхность объекта согласно разметке.

11.2 Проверьте правильность формы решетки тензорезистора, отсутствие расслоений, загрязнений, воздушных пузырей и другое.

11.3 Измерьте величину электрического сопротивления тензорезистора с помощью измерительного прибора с классом точности 0,05.

Величина измерительного тока через тензорезистор не должна превышать 20 мА. При качественной наклейке изменение электрическое сопротивление тензорезисторов относительно начального не должно превышать 0,5%.

11.4 Измерьте величину электрического сопротивления изоляции тераомметром измерительным напряжением не более 100 В. Электрическое сопротивление изоляции каждого тензорезистора должно быть не менее 500 Мом.

## **12 ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСВИЯ ВЛАГИ**

12.1 В случае длительной, свыше суток, работе тензорезисторов в условиях повышенной влажности необходимо предохранять их от воздействия влаги.

12.2 Применяемые влагозащитные покрытия не должны вызывать деформации тензорезистора, препятствовать его деформации, искажать поле деформации изделия.

12.3 Влагозащитное покрытие должно перекрывать поле тензорезистора на 5-10 мм с каждой стороны, включая место соединения тензорезистора с внешней схемой.

12.4 Поверхность влагозащитного покрытия должна быть ровной, без трещин, пор и пузырьков воздуха.

12.5 Вид и состав влагозащитного покрытия выбираются потребителем в зависимости от конкретных условий работы тензорезисторов.

### **13. ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ**

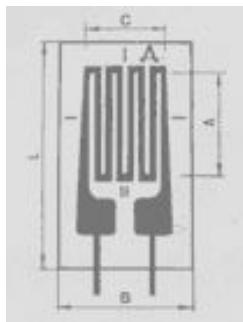
13.1 Тензорезисторы разрешается транспортировать всеми видами крытого транспорта, в том числе самолетами в герметизированных отапливаемых отсеках.

13.2 Транспортировка и хранение тензорезисторов без упаковки не допускается.

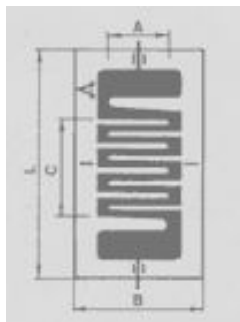
13.3 Хранение тензорезисторов должно осуществляться при температуре от +5 до +35 °С, относительной влажности не выше 80% и при отсутствии в атмосфере паров агрессивных веществ.

13.4 Клеи необходимо хранить при температуре не выше +5 °С в закрытых сосудах, предохраняя от попадания влаги.

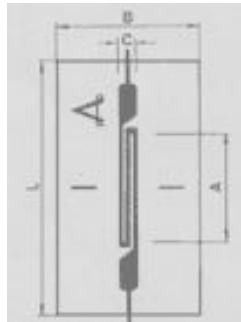
**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**(справочное)**  
**Внешний вид тензорезисторов**



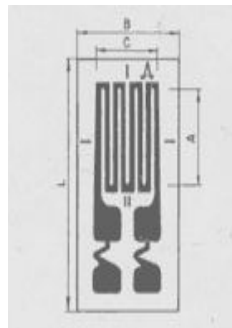
**Рис.1 КФ4П1,  
КФ5П1**



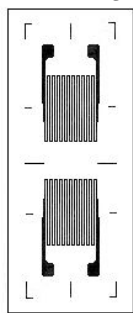
**Рис.2 КФ4П2,  
КФ5П2**



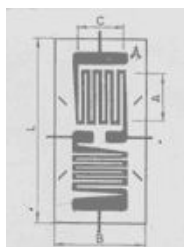
**Рис.3 КФ4П3**



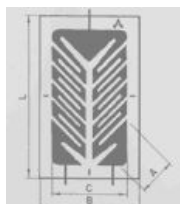
**Рис.4 КФ4П4**



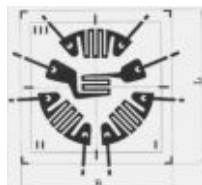
**Рис.5  
КФ5P7**



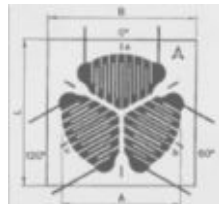
**Рис.6 КФ4P1,  
КФ5P1**



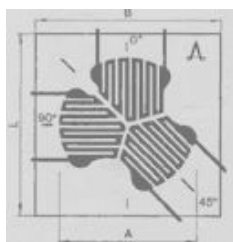
**Рис.7 КФ4P2,  
КФ5P2**



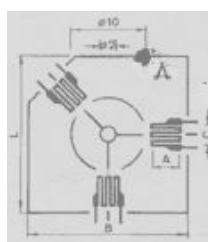
**Рис.8 КФ5P6**



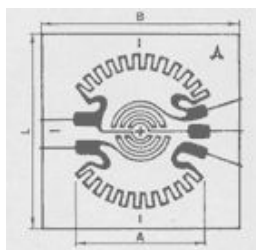
**Рис.9 КФ5P4**



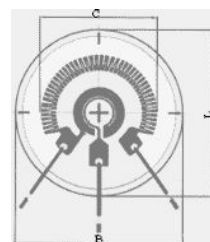
**Рис.10 КФ5P5**



**Рис.11 КФ5P3**



**Рис.12 КФ5M**



**Рис.13 КФ5M1**

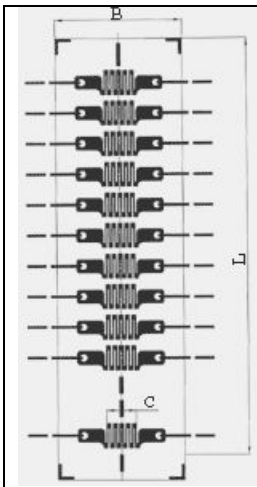


Рис.14 КФ5Ц1

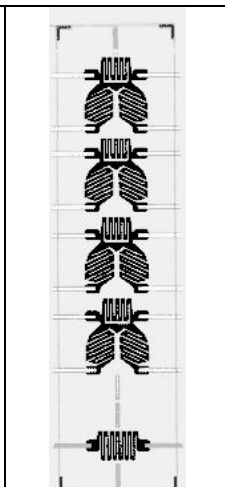


Рис.15 КФ5Ц4

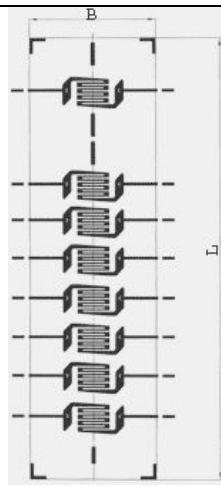


Рис.16 КФ5Ц2

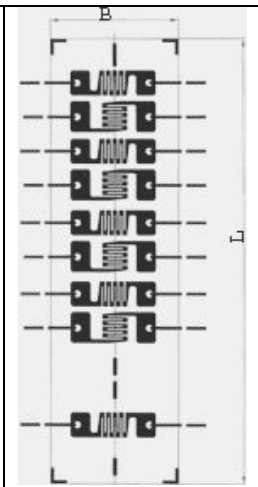


Рис.17 КФ5Ц3