

3. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ:

3.1. Измерение деформаций и напряжений с использованием тензометрии.

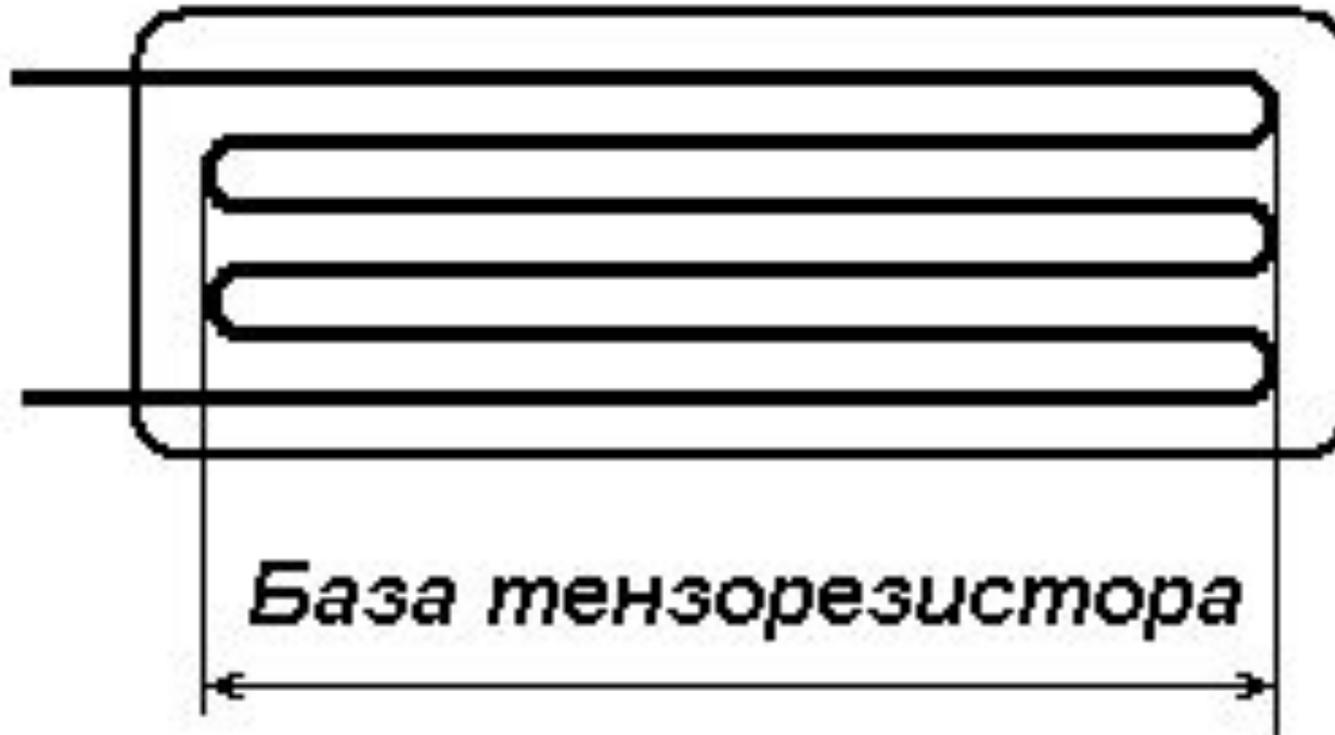
3.2. Средства для измерения сил:

- **тензорезисторные динамометры**
- **индуктивные динамометры**
- **магнитоупругие динамометры.**

3.3. Средства измерения крутящих моментов.

3.4. Погрешности средств измерений и классы точности приборов.

3.1. Тензорезисторы (проволочные или фольговые) для измерения напряжения



ДИАМЕТР ПРОВОЛОКИ - 0,015 - 0,05 мм

ТОЛЩИНА ФОЛЬГИ - 0,005 - 0,025 мм

3.1. Тензорезисторы (проволочные или фольговые) для измерения напряжения

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОЛОКИ :

$$\Delta R/R = S (\Delta L/L),$$

($\Delta L/L$) – относительная деформация проволоки,

S – коэффициент тензочувствительности, $S = 1.9 - 2.1$ – для

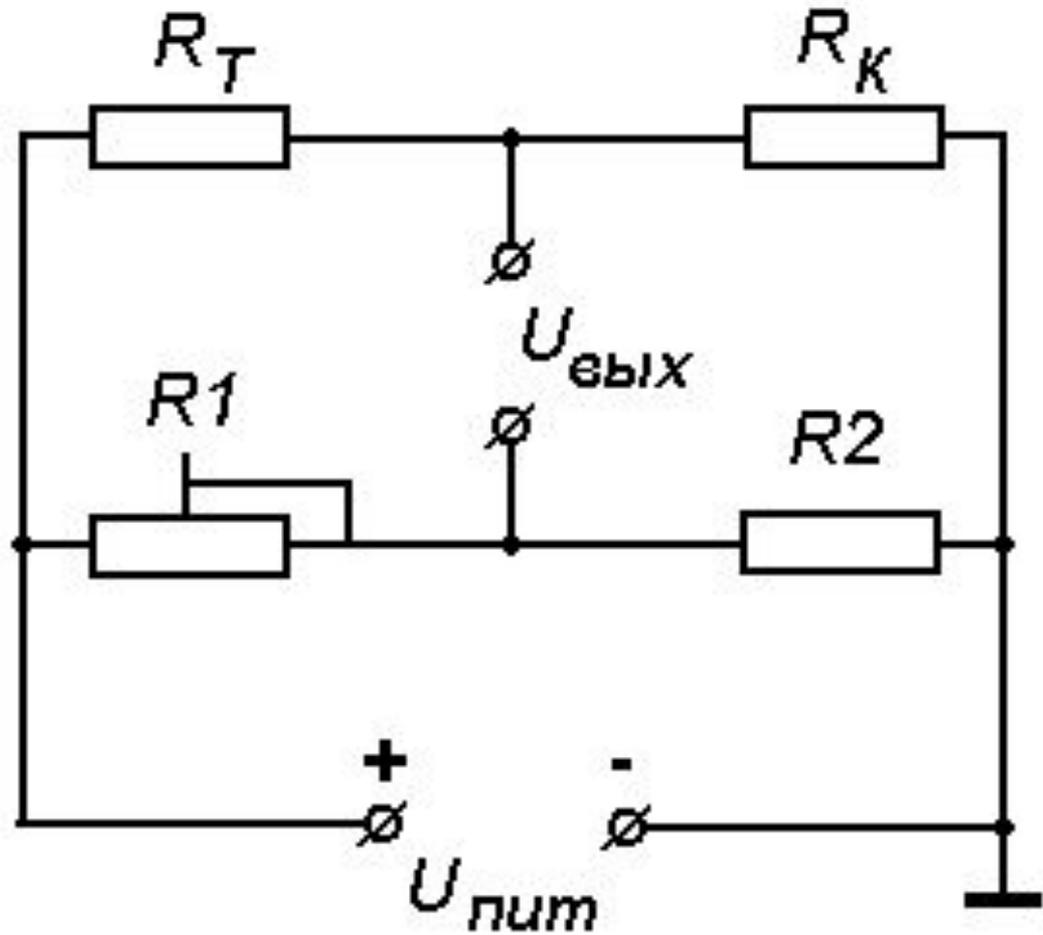
Константана (наиболее термостабильного сплава).

Номиналы тензорезисторов от 30 Ом до 500 Ом.

Для полупроводниковых тензорезисторов (на основе кремниевых соединений) $S - 100-200$.

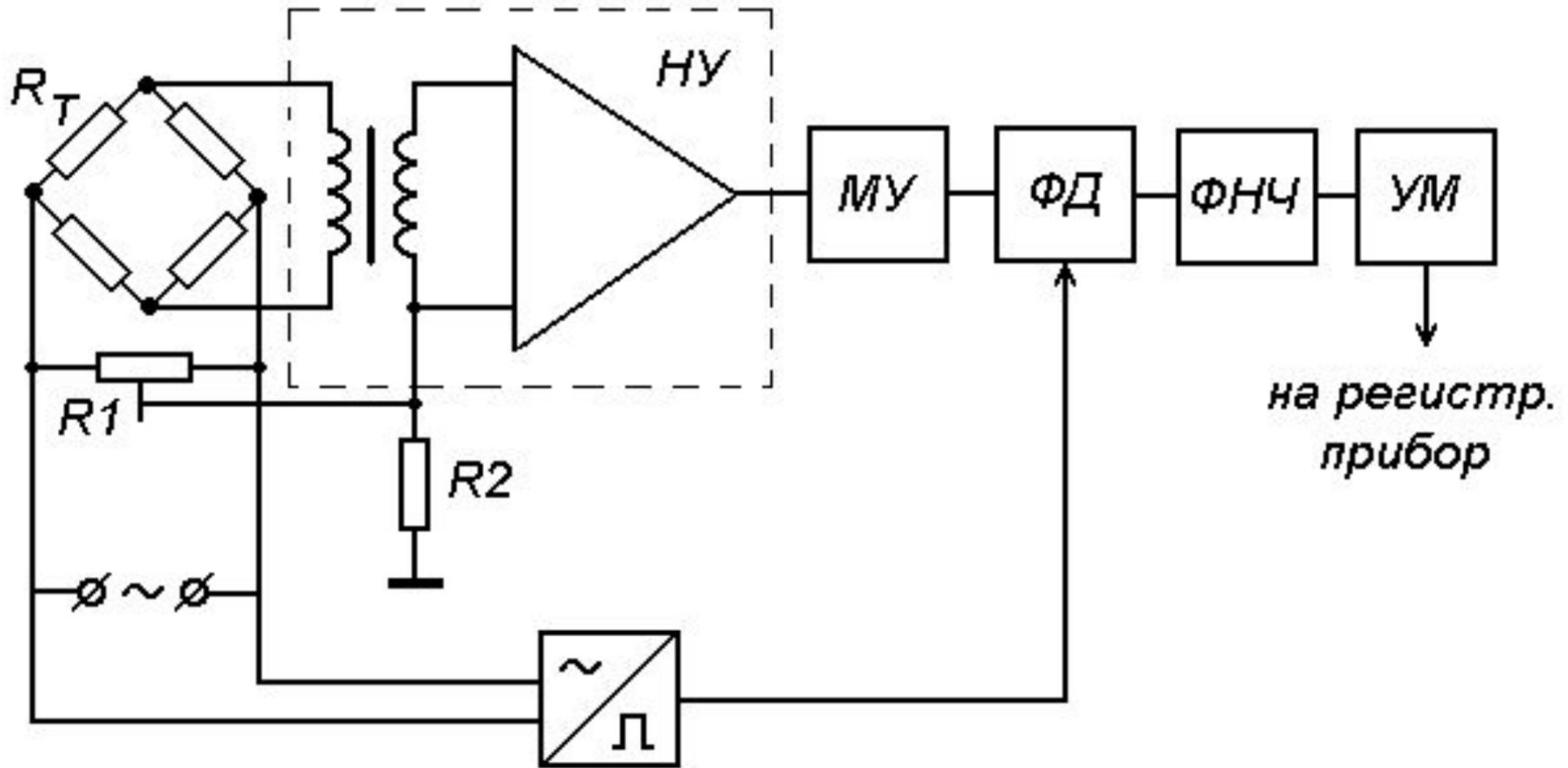
**МОСТОВАЯ
СХЕМА
ВКЛЮЧЕНИЯ
тензорезистора**

**Мост
ПОСТОЯННОГО
ТОКА**



$$U_{ВЫХ} = U_{ПИТ} \left(\frac{R_K}{R_T + R_K} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРА В МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



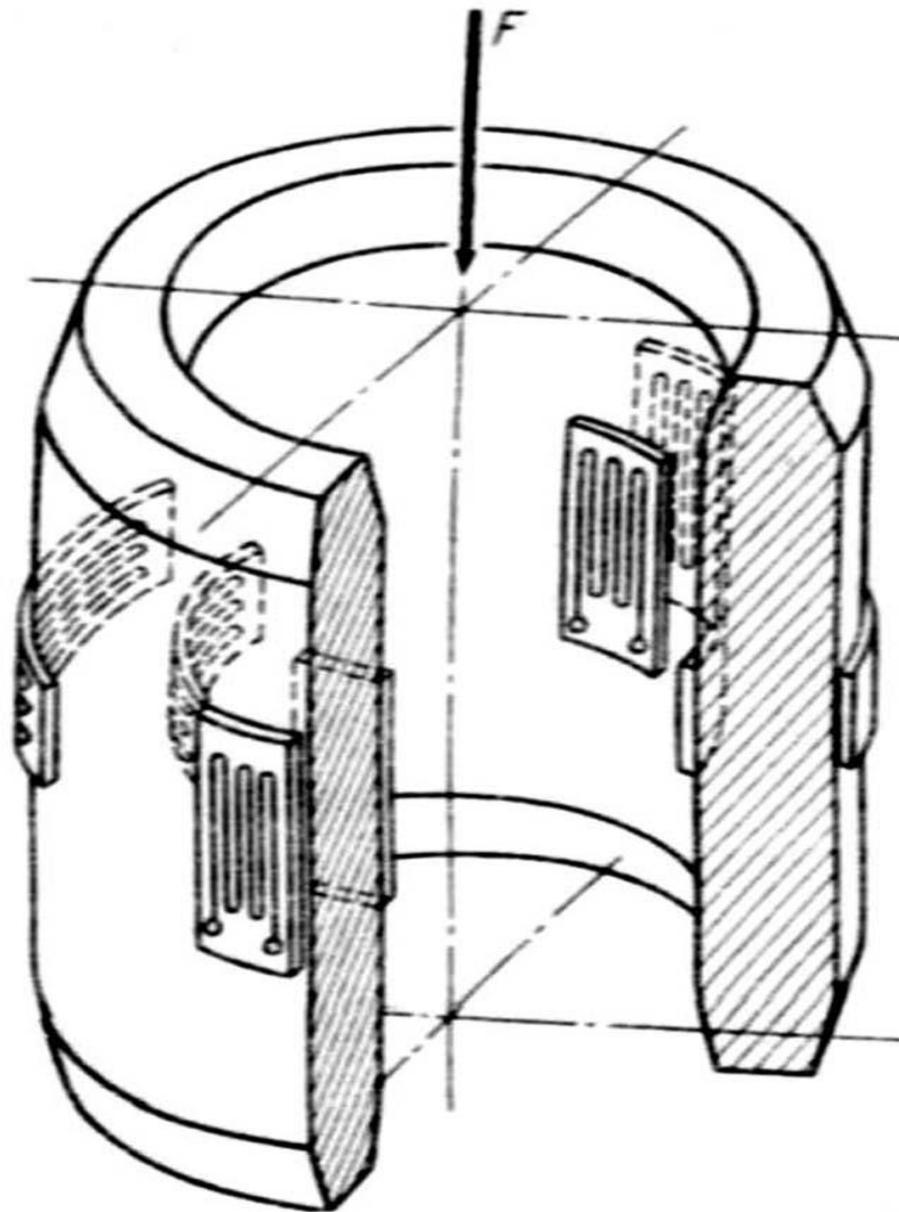
Модель	ТА-5	8	Топаз-1	Топаз-2
Напряжение питания	Переменное 220 В Виды	Переменное 220 В Виды	Постоянное 10 – 15 В	Постоянное 10 – 15 В
Число каналов	4	8	10	3
Напряжение сту	6 В,	7 В и 14 В,	Постоянное 9 В	Постоянное 9 В
Максимальный выходной ток	35 мА	30 мА	12 мА	12 мА

**ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНЫЙ
ДИНАМОМЕТР
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
СИЛ**

**трубчатый
динамометр**

**Диапазон измерений
сил: 5 Н - 20 МН,**

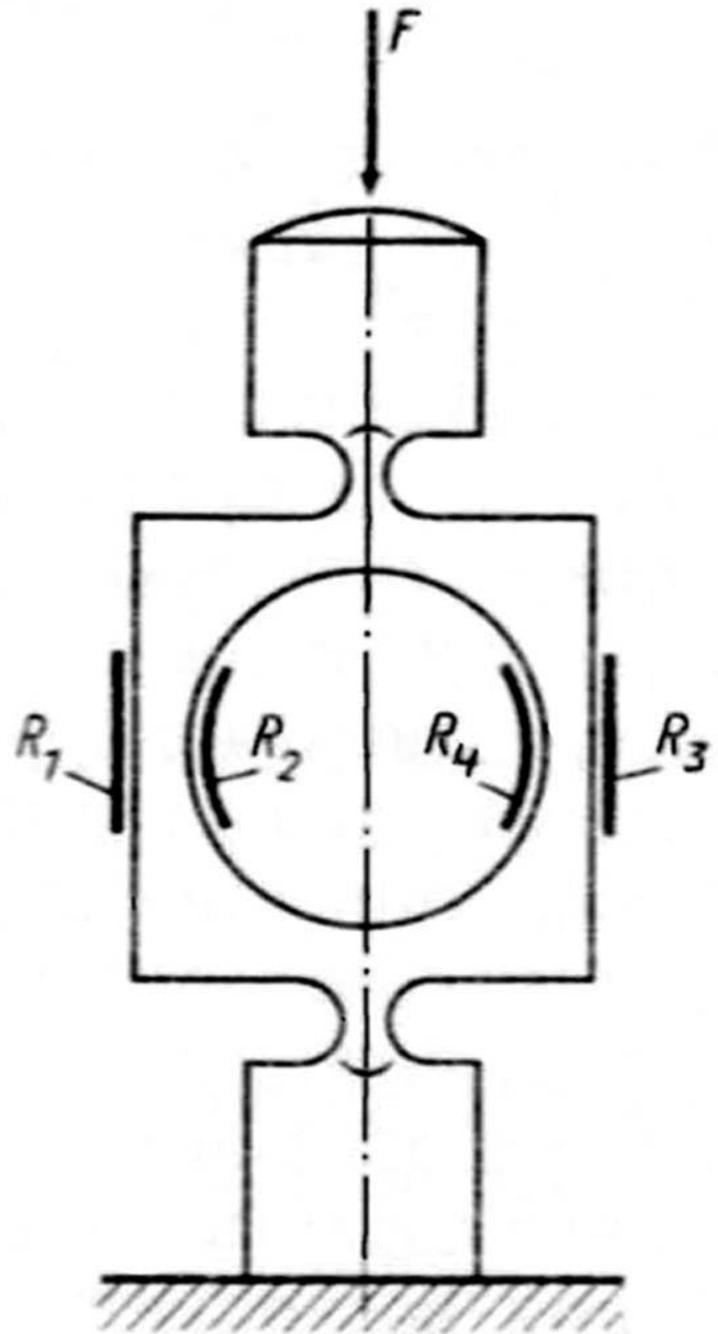
**Погрешность
измерения:
0,03% и ниже (до
0,01%)**



КОЛЬЦЕВОЙ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫ Й ДИНАМОМЕТР

(для малых сил -
до 5Н)

Используются
деформации
изгиба



ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫХ ДИНАМОМЕТРОВ (ТД) :

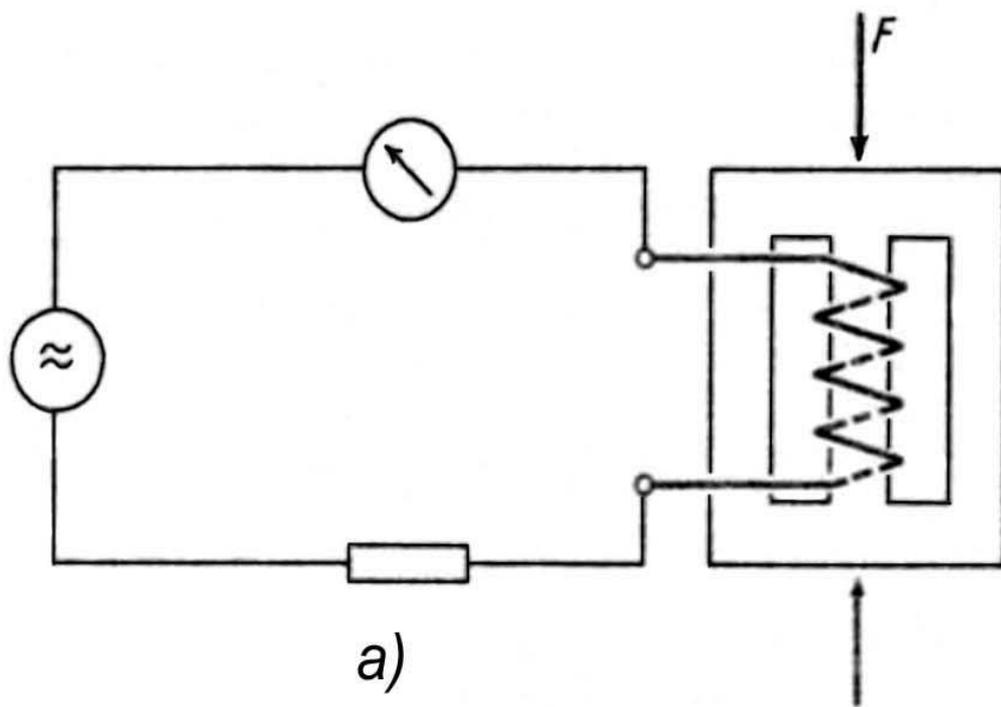
- ТД применимы для статических и динамических измерений силы (до нескольких десятков килогерц)**
- ТД имеют мостовую схему с использованием не менее четырех активных тензорезисторов, и сопротивление моста может составлять от 120 ом до 4000 ом,**
- класс точности ТД составляет от 0,03% до 2%, причем для больших сил ($> 2,5\text{МН}$) точность ТД - 0,1%,**
- деформации в ТД малы (от 0,1 до 0,3 мм),**
- применение ТД возможно в сложных условиях (в том числе, обеспечение взрывобезопасности),**

ИНДУКТИВНЫЙ ДИНАМОМЕТР (вращательно-симметричный, тарельчатого типа)



ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ИНДУКТИВНЫХ ДИНАМОМЕТРОВ (ИД):

- ИД имеют высокую чувствительность (сигнал),**
- ИД выпускают в классе точности от 0,2% до 1%,**
- Диапазон изменений сил в ИД могут быть до 10 МН,**
- ИД работают на несущей частоте от 4кГц до 10кГц,**
- чувствительность ИД к поперечным силам невелика,**
- ИД сравнительно недорогие.**

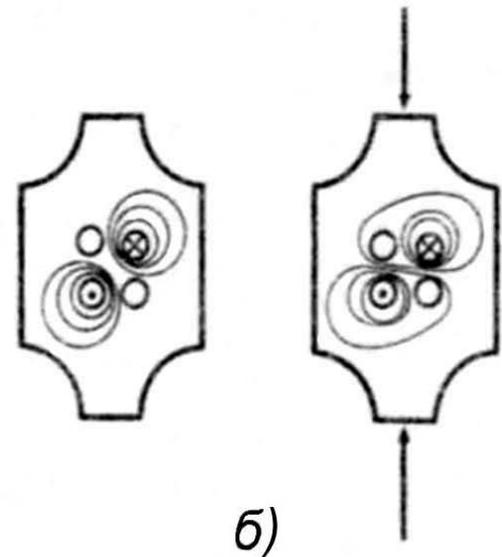
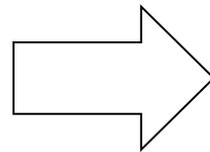


**МАГНИТОУПРУГИ
И
ДИНАМОМЕТР
магнитоупругий
эффект
(магнитострикционн
ый)**

Схема включения

**Магнитоупругий
динамометр**

с двумя обмотками



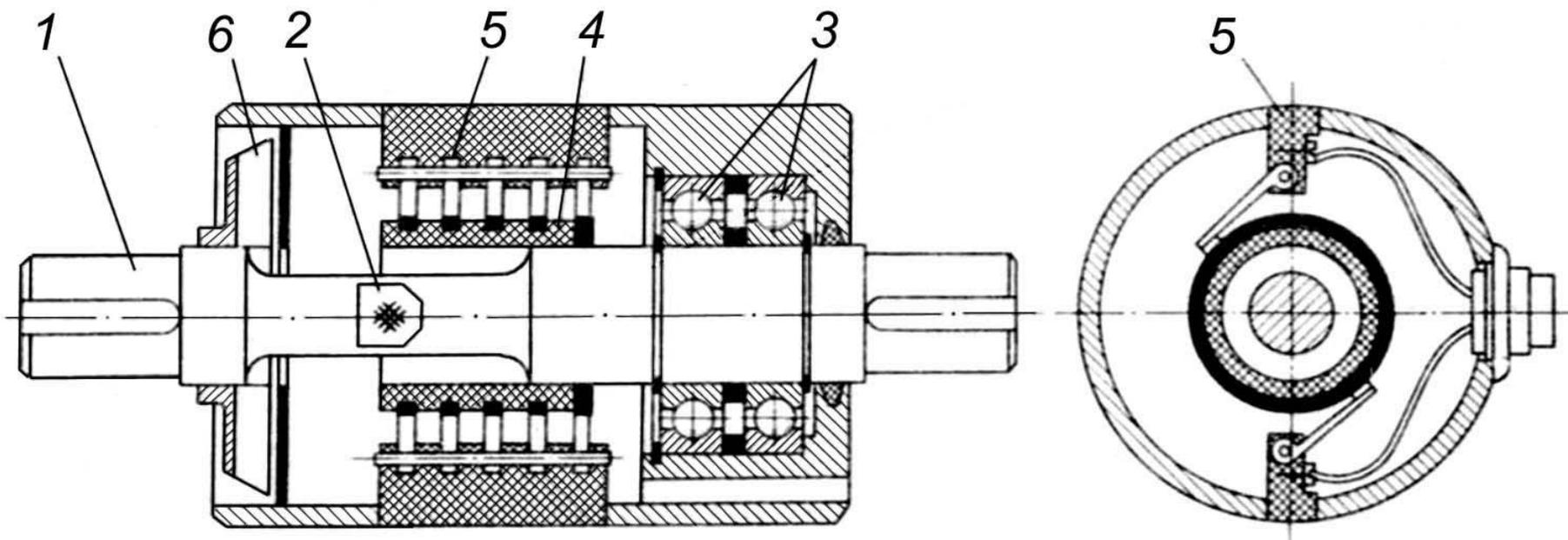
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАГНИТОУПРУГИХ ДИНАМОМЕТРОВ (МД):

МД применимы для статических и динамических измерений силы,

- МД имеют класс точности от 0,1% до 2%,**
- МД могут применяться для измерения больших сил (диапазон изменений сил в МД могут быть до 50 МН),**
- МД работают на переменном токе до 4кГц ,**
- Чувствительность МД высокая, некоторые МД могут применяться без усилителя,**
- МД достаточно простые и недорогие.**

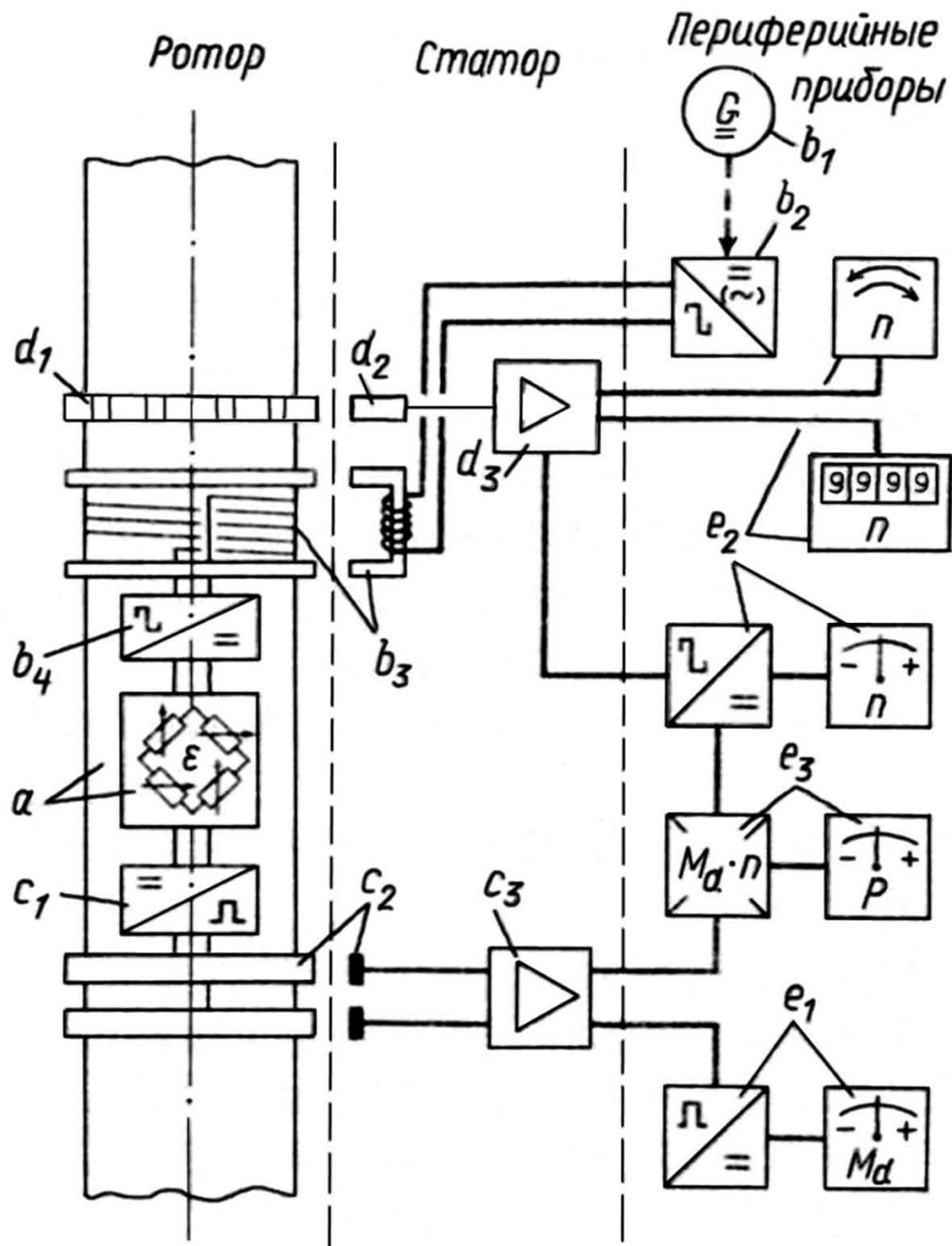
3.3.СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

посредством контактного торсионного датчика,



. 1. Торсионный датчик с контактными щетками:

1 – торсионный вал; 2 – тензорезисторы; 3 – корпус с односторонним шариковым подшипником; 4 – контактные кольца; 5 – контактные щетки; 6 – вентилятор



**СХЕМА
ИЗМЕРЕНИЯ
КРУТЯЩЕГО
МОМЕНТА
посредством
бесконтактного
торсионного
преобразовател
я**

3.4 Нормирование погрешностей средств измерений (СИ).

Первый способ нормирования погрешностей СИ

$$\Delta = \pm$$

$$\delta = \pm 100 \Delta / ,$$

$$\delta = \pm 100 \Delta / X_{\max}$$

Второй способ нормирования основных погрешностей

$$\Delta = \pm (a + b X) ,$$

$$\delta = \pm [c + d (X_{\max} / X - 1)] \%$$

$$\delta = \pm [c + d | X^* / X - 1|] \%$$

Третий способ нормирования основной погрешности

Классы точности измерительных приборов

$$K = [1; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0] 10^N$$

$$N = 1; 0; -1; -2; \dots$$

$$\delta = \pm 0,2\%$$

0,2

c / d .

$$\delta = \pm [0,02 + 0,01 (X_{\max} / X - 1)] \% , \quad 0,02/0,01$$

$$c / |d|. \quad \delta = \pm [0,5 + 0,2 | X^* / X - 1 |] \% , \quad 0,5 / |0,2|$$