


УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

  
Т.М. Козлякова

\_\_\_\_\_ 2016 г.



# **ТЕНЗОМЕТРЫ СТРУННЫЕ ТБ 200-ВНИИГ**

## **МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

### **ТБ 200.00.000.3 МП**

Санкт - Петербург  
2016

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ТЕНЗОМЕТРЫ СТРУННЫЕ  
ТБ 200-ВНИИГ  
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Дата введения « ..... »..... 2016 г.

Настоящая методика распространяется на тензометры струнные ТБ 200-ВНИИГ (далее - тензометры ТБ 200-ВНИИГ или тензометры), и устанавливает объём, методику и порядок проведения поверки, способ обработки экспериментальных данных, а также форму представления результатов первичной и периодической поверки тензометров.

Интервал между поверками – 5 лет.

1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1. Объём и последовательность операций по проведению поверки тензометров ТБ 200-ВНИИГ приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при поверке	
			Первичной	Периодической
1	2	3	4	5
1.	Подготовка чувствительного элемента тензометра к градуировке	3.3	Да	Нет
2.	Определение параметров градуировочной характеристики, погрешности и вариации показаний чувствительного элемента тензометра по относительной деформации	4.1	Да	Нет
3.	Внешний осмотр	4.2	Да	Нет
4.	Опробование	4.3	Да	Нет
5.	Определение сопротивления изоляции между выходными концами тензометра и его корпусом	4.4	Да	Нет
6.	Определение амплитуды выходного сигнала тензометра	4.5	Да	Да
7.	Определение логарифмического декремента затухания выходного сигнала тензометра	4.6	Да	Да
8.	Определение номинальной статической характеристики тензометра по температуре	4.7	Да	Нет
9.	Определение погрешности измерения температуры тензометром	4.7	Да	Нет
10.	Определение вариации выходного сигнала тензометра в рабочих условиях эксплуатации	4.8	Да	Нет
11.	Оформление результатов поверки	5	Да	Да

1.2. При проведении поверки тензометров ТБ 200-ВНИИГ применяются поверенные в установленном порядке средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование и тип средства измерений	Основные технические характеристики	Пункты методики
1	2	3	4
1.	Мегомметр М 4100/5	2500 В, погрешность 1%	4.4
2.	Периодомер многофункциональный ВПСД	Пиковое значение импульса напряжения запуска от 20 до 150 В; погрешность установки пикового значения напряжения импульса запуска, $\pm(1 + 0,05U)$ , где $U$ - пиковое значение установленного напряжения импульса запуска; полная длительность импульса запуска в форме спадающей экспоненты на активном сопротивлении нагрузки 800 Ом от 0,3 до 0,5 мс; диапазон измерения периода колебаний струны преобразователя от 400 до 2000 мкс; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения периода колебаний струны $\pm 0,2$ мкс; диапазон измерения активного сопротивления электромагнитной головки преобразователя от 100 до 1400 Ом; пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерения активного сопротивления электромагнитной головки преобразователя $\pm 0,4$ Ом	3.3, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8
3.	Приспособление для градуировки струны	Диапазон: $0 \div 0,5$ мм	4.1
4.	Система многоканальная с индуктивными преобразователями М-200-00	Класс точности 0, диапазон измерений $\pm 200$ мкм и $\pm 20$ мкм, дискретность отсчета 0,1 мкм и 0,01 мкм; предел допускаемой погрешности $\pm 0,3$ мкм и $\pm 0,05$ мкм	4.1
6.	Термостат нулевой Кауе К150	ПГ $\pm 0,05^\circ\text{C}$	4.7
7.	Камера климатическая SE-300-2-2	от минус $70^\circ\text{C}$ до $150^\circ\text{C}$ , ПГ $\pm 2^\circ\text{C}$	4.7
8.	Многоканальный измеритель температуры МИТ 8.10	Диапазон измерения сопротивления от 0,001 до 2000 Ом. Диапазон измерения напряжения от -300 до 300 мВ; погрешность измерений температуры для ТП $0,15^\circ\text{C}$	4.7
9.	Эталонные платиновые термометры сопротивления 2-го разряда	от минус $183^\circ\text{C}$ до $630^\circ\text{C}$ , ПГ $\pm 0,1^\circ\text{C}$	4.7

При проведении поверки допускается применять аналогичные средства измерений, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с погрешностью не хуже, чем указанные в таблице 2.

1.3. Эталоны и вспомогательные средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке, выданные аккредитованными организациями.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования безопасности:

- средства поверки и поверяемые средства измерений, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление;
- измерительные преобразователи, снимаемые для поверки с оборудования, должны пройти радиохимическую очистку.
- не допускается использовать в качестве заземления корпуса (коробки) силовых электрических и осветительных щитов

2.2. К поверке тензометров ТБ 200-ВНИИГ могут быть допущены лица, знающие правила техники безопасности при работе с напряжением до 1000 В и имеющие квалификацию не ниже третьей группы.

2.3. При монтаже и демонтаже приборов и проведении поверки необходимо соблюдать требования «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ) и «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), утвержденные Минэнерго РСФСР.

## 3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. При проведении работ по поверке ТБ 200-ВНИИГ в помещении должны быть соблюдены следующие условия:

- |   |         |
|---|---------|
| – температура окружающего воздуха, °С   | 20±5;   |
| – относительная влажность окружающего воздуха, %  | 60±20;  |
| – атмосферное давление, кПа   | 101±4;  |
| – отклонение напряжения питания от номинального значения, указанного в руководстве по эксплуатации, %, не более | ±10;    |
| – частота переменного тока сети питания, Гц   | 50±0,5; |
| – уровень звукового давления, дБ, не более  | 60.     |

3.2. Подготовка к поверке эталонных, поверяемых и вспомогательных средств, а также крепление поверяемых преобразователей к рабочим поверхностям установок должны соответствовать требованиям эксплуатационной документации (ЭД).

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- определены индивидуальные градуировочные характеристики чувствительных элементов тензометров по пп. 3.3, 4.1;
- тензометры, предъявляемые на поверку, должны быть полностью собраны, иметь номера и штампы ОТК в сопроводительных документах;
- тензометры должны быть выдержаны в условиях, указанных в пункте 3.1 не менее трех часов;
- все средства измерений для поверки тензометров должны быть подготовлены за два часа до начала процедуры поверки.

3.3. Подготовка чувствительного элемента тензометра к градуировке

3.3.1. Подготовить приспособление (Приложение 2) для градуировки струны.

3.3.2. Вставить струну опорным ниппелем в поворотное отверстие 5-1 левого захватного устройства 5, повернуть кольцо 5-1 на  $90^\circ \pm 30^\circ$ .

3.3.3. Вставить струну настроечным ниппелем в прорезь правого захватного устройства 10.

3.3.4. Гайкой 11-1 механизма 11 натянуть струну для центрирования.

3.3.5. Упорными винтами 5-2 и 10-1 прижать ниппели струны к опорным поверхностям захватных устройств 5 и 10 (при этом одновременно выбираются зазоры в натяжных механизмах 4 и 11).

3.3.6. При необходимости отдать гайку 9-1 устройства 9 и установить центры сердечников электромагнитной головки посередине свободной длины струны (размер  $50 \pm 0,5$  мм); зажать гайку 9-1.

3.3.7. При необходимости, вращая сердечники 8-2 головки 8, установить зазор 0,3 мм между одним из сердечников и струной.

3.3.8. Подключить осциллограф и периодомер к клеммам 7 электромагнитной головки 8. Подать на электромагнитную головку 8 напряжение питания от периодомера.

3.3.9. Произвести начальное натяжение струны вращением гайки 11-1 механизма 11 таким образом, чтобы период ее колебаний составлял  $1040 \pm 0,5$  мкс.

3.3.10. Подвести контактную поверхность П шпинделя 4-1 градуировочного механизма 4 к измерительному наконечнику преобразователя 2 до создания натяга вращением маховика 4-2, установить показания прибора на  $0 \pm 0,1$  мкм.

3.3.11. Окончательное натяжение струны создается вращением маховика 4-2 и должно составлять  $1040 \pm 0,5$  мкс.

3.3.12. Убедиться, что сигнал на экране осциллографа в момент подачи возбуждающего импульса мгновенно возрастает от минимального до максимального значения, а затем плавно затухает по экспоненте (время затухания  $\geq 1$  с).

3.3.13. Убедиться, что начальный размах напряжения выходного сигнала не менее 10 мВ при импульсе возбуждения 150 В длительностью 1 мс.

3.3.14. Если начальный размах напряжения выходного сигнала меньше 10 мВ и форма сигнала на экране осциллографа отличаются от описанного выше, то это означает, что: концы струны плохо зафиксированы или струна перекручена. В этом случае необходимо провести повторное закрепление струны, выполнив пп.4.4.2 ÷ 4.4.12. Если повторное закрепление струны не дает результата, она бракуется.

3.3.14. Проверить и откорректировать ноль измерительного прибора.

3.3.15. Затянуть стяжной хомут 11-2 винтом 11-3.

3.3.16. Натянуть струну вращением маховика 4-3 механизма 4. Показания прибора 2 должны составлять  $420 \pm 1$  мкм. Выдержать струну в натянутом состоянии в течение трех минут.

3.3.17. Ослабить натяжение струны до положения, соответствующего нулю показания прибора 2 вращением маховика 4-3 в обратную сторону.

3.3.18. Повторить операции пп.3.3.13, 3.3.14 три раза.

3.3.19. По выполнению вышеуказанных действий чувствительный элемент тензометра ТБ 200-ВНИИГ считается настроенным на проведение последующих операций поверочных работ.

#### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Определение параметров градуировочной характеристики, погрешности и вариации показаний тензометра по относительной деформации.

4.1.1. Ослабить натяжение струны до показания прибора 2 соответствующего -10 мкм вращением маховика 4-3 механизма 4.

4.1.2. Произвести натяжение струны, обеспечив начальный период колебаний  $1040 \pm 0,5$  мкс и установить показания измерительного прибора на ноль.

4.1.3. Произвести натяжение струны ступенчато, плавно увеличивая и выбирая значения удлинения из ряда:

0; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240; 270; 300; 330; 360; 390; 420 мкм.

Точность отсчета  $\pm 0,1$  мкм по прибору 2. На каждой ступени снять установившиеся показания периодомера и записать в таблицу 3. Контролировать по осциллографу экспоненциальную форму сигнала. Биения не допускаются.

4.1.4. Для исключения люфтов произвести забег натяжения струны на 20 мкм, после чего произвести ослабление натяжения струны до значения периода соответствующего натяжению на 420 мкм и установить показания измерительного прибора на ноль.

4.1.5. Произвести ослабление натяжения струны, плавно уменьшая и выбирая значения укорочения из ряда:

0; -30; -60; -90; -120; -150; -180; -210; -240; -270; -300; -330; -360; -390; -420 мкм.

Точность отсчета  $\pm 0,1$  мкм по прибору 2. На каждой ступени снять установившиеся показания периодомера и записать в таблицу 3. Контролировать по осциллографу экспоненциальную форму сигнала. Биения не допускаются.

4.1.6. Переходы по пп. 4.1.1 – 4.1.5 являются одним циклом измерений. Повторить пп. 4.1.1 – 4.1.5 два раза.

4.1.7. По измеренным значениям  $T_{нагр}$  и  $T_{разгр}$  для каждого значения удлинения струны вычислить вариацию периода выходного сигнала по формуле  $\Delta T = T_{нагр} - T_{разгр}$  и занести вычисленные значения в соответствующую строку табл.3.

4.1.8. Вычислить средние значения периода и частоты колебаний струны в килогерцах и занести полученные значения в таблицу 3.

4.1.9. Вычислить коэффициенты А, В, С решением переопределенной системы линейных уравнений методом наименьших квадратов, используя средние значения частоты выходного сигнала для уравнения (1)

$$\varepsilon = A \cdot f^2 + B f + C \quad (1),$$

где  $f$  - среднее значение частоты выходного сигнала чувствительного элемента тензометра в килогерцах, вычисляемое по формуле  $f = 1000/T_{среднее}$ .

*Примечание.* Для получения коэффициенты А, В, С действительной градуировочной характеристики тензометра по относительной деформации рекомендуется использовать функцию построения диаграммы Microsoft Excel по данным табл.3 и вычисления тренда в виде параболы 2-го порядка (см. Рис. 1).

4.1.10. Полученные значения коэффициентов действительной градуировочной характеристики занести в протокол измерений.

4.1.11. Результаты поверки считать удовлетворительными, если:

- средние значения периода выходного сигнала  $T_{среднее}$ , измеренные для каждого значения удлинения струны находятся между соответствующими этому удлинению пределами (нижним  $T_{нижнее}^{ном}$  и верхним  $T_{верхнее}^{ном}$ ) допускаемых значений периода выходного сигнала;
- вариация периода выходного сигнала  $\Delta T$  при определении индивидуальной градуировочной характеристики не превышает 2,6 мкс.

Таблица 3

Удлинение струны, мкм	Относительная деформация тензометра, 10 мкм/м	$T_{нагр}$ , мкс	$T_{разгр}$ , мкс	$T_{нагр}$ , мкс	$T_{разгр}$ , мкс	$\Delta T$ , мкс	$T_{нижнее}^{ном}$ , мкс	$T_{среднее}$ , мкс	$T_{верхнее}^{ном}$ , мкс	$f$ , кГц
0	0						1034,9		1045,3	
30	15						939,0		949,4	
60	30						865,8		876,2	
90	45						807,6		818,0	
120	60						759,8		770,2	
150	75						719,6		730,0	
180	90						685,3		695,7	
210	105						655,4		665,8	
240	120						629,2		639,6	
270	135						605,8		616,2	
300	150						584,9		595,3	

Удлинение струны, мкм	Относительная деформация тензометра, 10 мкм/м	$T_{нагр}$ , МКС	$T_{разгр}$ , МКС	$T_{нагр}$ , МКС	$T_{разгр}$ , МКС	$\Delta T$ , МКС	$T_{нижнее}^{ном}$ , МКС	$T_{среднее}$ , МКС	$T_{верхнее}^{ном}$ , МКС	$f$ , кГц
330	165						566,1		576,5	
360	180						548,9		559,3	
390	195						533,2		543,6	
420	210						518,8		529,2	

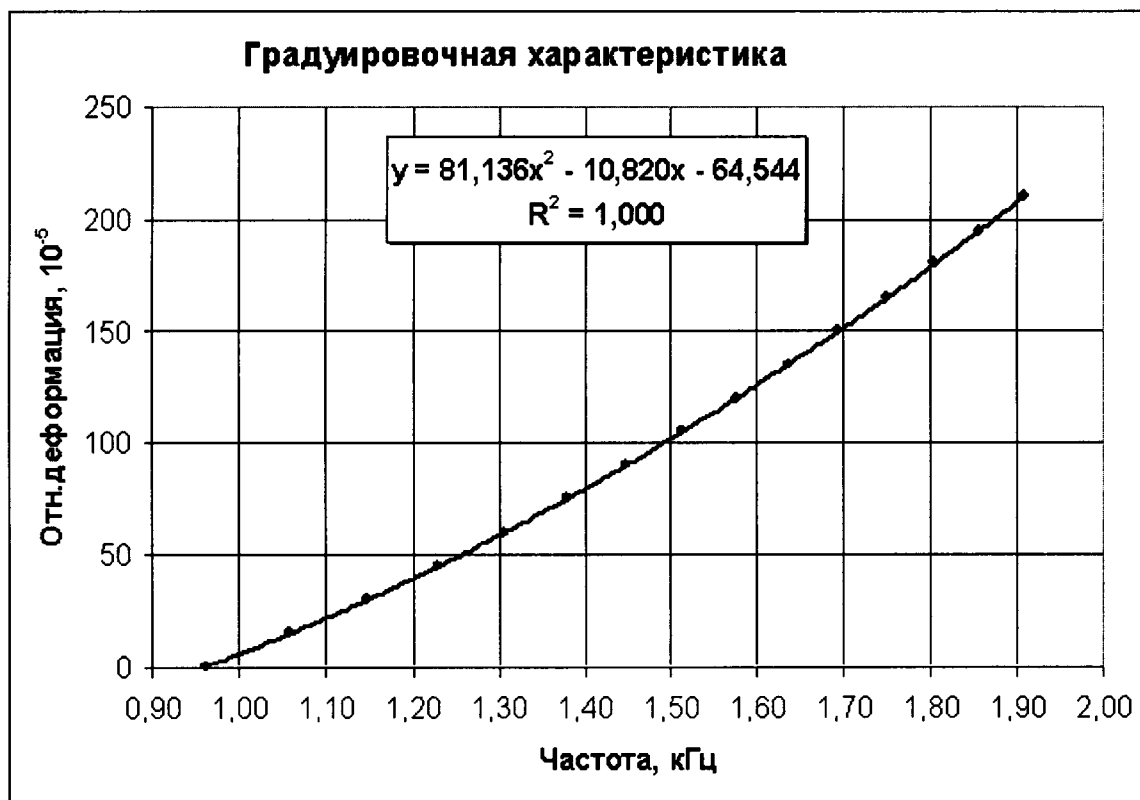


Рис. 1.

4.1.12. При положительном результате поверки по п.4.1.11 считать, что:

- диапазон измерения относительной деформации струны составляет 2100 мкм/м;
- обеспечена ширина диапазона измерения относительной деформации (с учетом возможности настройки начала отсчета деформации тензометрами) равная 1500 мкм/м;
- значение погрешности тензометров в диапазоне измерения относительной деформации соответствует заявленной.

*Примечание.* Тензометры, прошедшие проверку по параметрам индивидуальной градуировочной характеристики, поступают на окончательную сборку.

#### 4.2. Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие комплектности и маркировки требованиям эксплуатационной документации с указанием типа и заводского номера по системе нумерации предприятия - изготовителя;
- отсутствие механических повреждений (вмятин, сколов, трещин) и других дефектов.

#### 4.3. Опробование

Для опробования выход тензометра подключают к входу периодомера (приложение 1) и определяют значение периода выходного сигнала, которое должно быть в пределах допускаемого значения, то есть не должно отклоняться от указанного в сопроводительной документации значения периода более, чем на удвоенное значение допускаемой вариации периода выходного сигнала при определении индивидуальной градуировочной характеристики, то есть 5,2 мкс.

#### 4.4. Определение сопротивления изоляции между выходными концами тензометра и его корпусом

Соединить выходные контакты тензометра между собой накоротко. Измерить мегомметром с выходным напряжением 1000 В сопротивление изоляции между выходными концами тензометра и его корпусом. Результаты проверки считать удовлетворительными, если сопротивление изоляции выходных контактов относительно корпуса тензометра превышает 1000 МОм.

#### 4.5. Определение размаха выходного сигнала тензометра.

4.5.1. Для собранного тензометра подключить осциллограф к выходу тензометра согласно Рис. 2 и по окончании импульса запроса определить по осциллографу размах напряжения выходного сигнала. Значение размаха напряжения выходного сигнала в контролируемый период времени должно быть не менее 5 мВ.

#### 4.6. Определение логарифмического декремента затухания выходного сигнала тензометра.

4.6.1. Подключить осциллограф к выходу периодометра и по окончании импульса запроса:

- оценить форму выходного сигнала тензометра;
- определить логарифмический декремент затухания выходного сигнала тензометра  $\varepsilon$  по осциллографу, используя формулу (3.1);

$$\varepsilon = -\frac{\ln\left(\frac{A_N}{A_1}\right)}{2\pi N} \quad (3.1)$$

где  $A_1, A_N$  - пиковые значения выходного сигнала тензометра при первом (максимальном по размаху) и  $N$  - м колебаниях, мВ.

4.6.2. Результаты проверки считать удовлетворительными, если форма выходного сигнала тензометров представляет собой затухающие колебания, близкие к синусоидальным, а логарифмический декремент затухания выходного сигнала тензометров не превышает 0,001.

#### 4.7. Определение номинальной статической характеристики тензометра по температуре

4.7.1. Определение параметров номинальной статической характеристики тензометра по температуре, проверки диапазона измерения температуры тензометром и погрешности измерения температуры проводить в следующей последовательности.

4.7.1.1. Подготовить термостатированный сосуд (далее – нулевой термостат) и смесь снега, мелко колотого льда и холодной водой в такой пропорции, чтобы получить снежно-ледяную водную смесь, температура которой близка к 0°C с отклонением  $\pm 0,02^\circ\text{C}$ , и собрать схему измерения измерений согласно рис. 4 Приложения 3.

Примечание. Последующие операции проверки выполнять, руководствуясь ГОСТ 8.461-82.

4.7.1.2. Погрузить тензометры в термостат, заполнить термостат смесью по п.3.8.1, уплотнить ее вокруг тензометров и выдержать их не менее 30 минут для их равномерного охлаждения, при этом все время контролировать термометром нулевую температуру и измерять сопротивление тензометров по 4-х проводной схеме измерения. После получения стабильных результатов измерения сопротивления при нулевой температуре принять результат измерения за значение сопротивления тензометра при нулевой температуре  $R_0$  и занести полученное значение в таблицу 4.

4.7.1.3. Разместить тензометры в камере тепла и холода совместно с эталонными платиновыми термометрами сопротивления 2-го разряда из расчета не менее 2-х эталонных термометров сопротивления на ширину укладки испытуемых тензометров.

4.7.1.4. Задавать температуру в камере тепла и холода согласно таблице 4 и поддерживать ее постоянной в течение не менее 30 минут. По показаниям эталонных платиновых термометров сопротивления убедиться, что разность температур между ними не превышает 0,1°C, а градиент температуры во времени не превышает 0,1°C за 5 минут.

Примечание. Для комнатной температуры ( $20 \pm 5$ )°C допускается проводить измерения при выключенной камере тепла и холода (использовать режим пассивного термостата).



4.7.1.5. Измерить температуру тензометров  $T_i$ °С и их сопротивление  $R_i$  при этой температуре и занести результаты измерений в таблицу 4.

Таблица 4

$T_i^{зад}$ , °С	$R_i$ , Ом	$T_i^{изм}$ , °С	$\Delta T_i$ , °С	$T_{изм}$ , мкс
- 30				
0				
20				
50				

4.7.1.6. Произвести расчет температуры, измеренной тензометром по формуле (2).

$$T_i^{изм} = (R_i/R_0 - 1)/\alpha_T \quad (2)$$

где  $T_i^{изм}$  - значение измеряемой тензометрами температуры, °С;  
 $R_i$  - сопротивление тензометра, измеренное при температуре  $T_i$ °С, Ом;  
 $R_0$  - сопротивление тензометра, измеренное при температуре 0°С, Ом;  
 $\alpha_T = 0,00428$  - температурный коэффициент медного термометра сопротивления, 1/°С,

Подставить вычисленные значения температуры в табл. 4.

4.7.1.7. Вычислить разности между измеренными и заданными значениями температуры  $\Delta T_i$  и занести их в таблицу 4.

4.7.1.8. Результаты проверки считать удовлетворительными, если все значения  $\Delta T_i$  не превышают 1°С.

4.8. Определение вариации периода выходного сигнала тензометров рабочих условиях эксплуатации

4.8.1. Выполнить операции в соответствии с п. 4.7 и произвести измерения периода колебаний струны тензометра при температуре  $T_i$ , в соответствии с рабочими условиями эксплуатации.

4.8.2. Выбрать минимальное и максимальное значения периода колебаний струны тензометра из таблицы 4 и вычислить разность между ними.

4.8.3. Результаты проверки считать удовлетворительными, если вариация периода выходного сигнала тензометров в рабочих условиях эксплуатации, не превышает 5,2 мкс.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

При поверке тензометров ТБ200-ВНИИГ, положительные результаты оформляют в соответствии с действующими правилами и наносят поверительное клеймо в формуляр тензометра.

Тензометры, не соответствующие заявленным требованиям, к выпуску и применению не допускают и на них оформляются извещения о непригодности в соответствии с действующими правилами.

Главный специалист отдела № 433



А.Ю. Смирнов

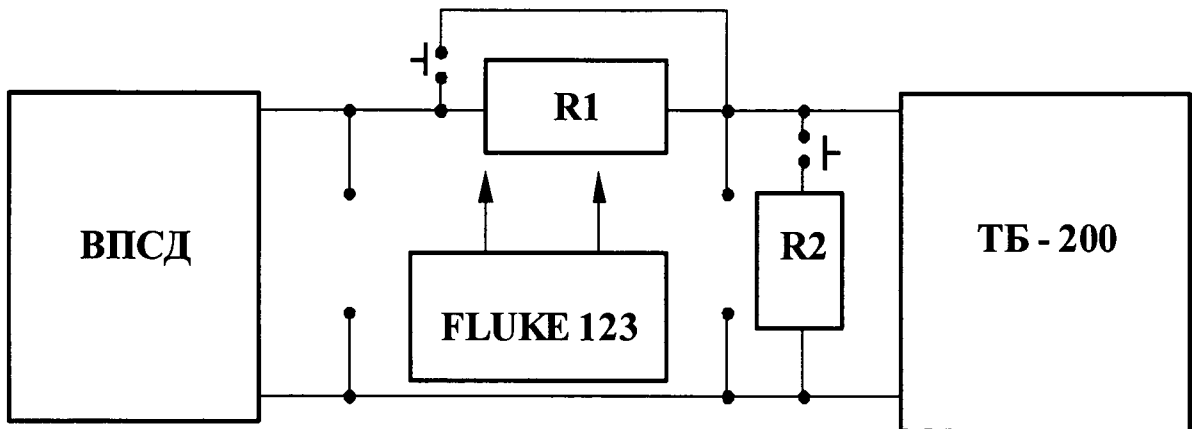


Рис. 2.

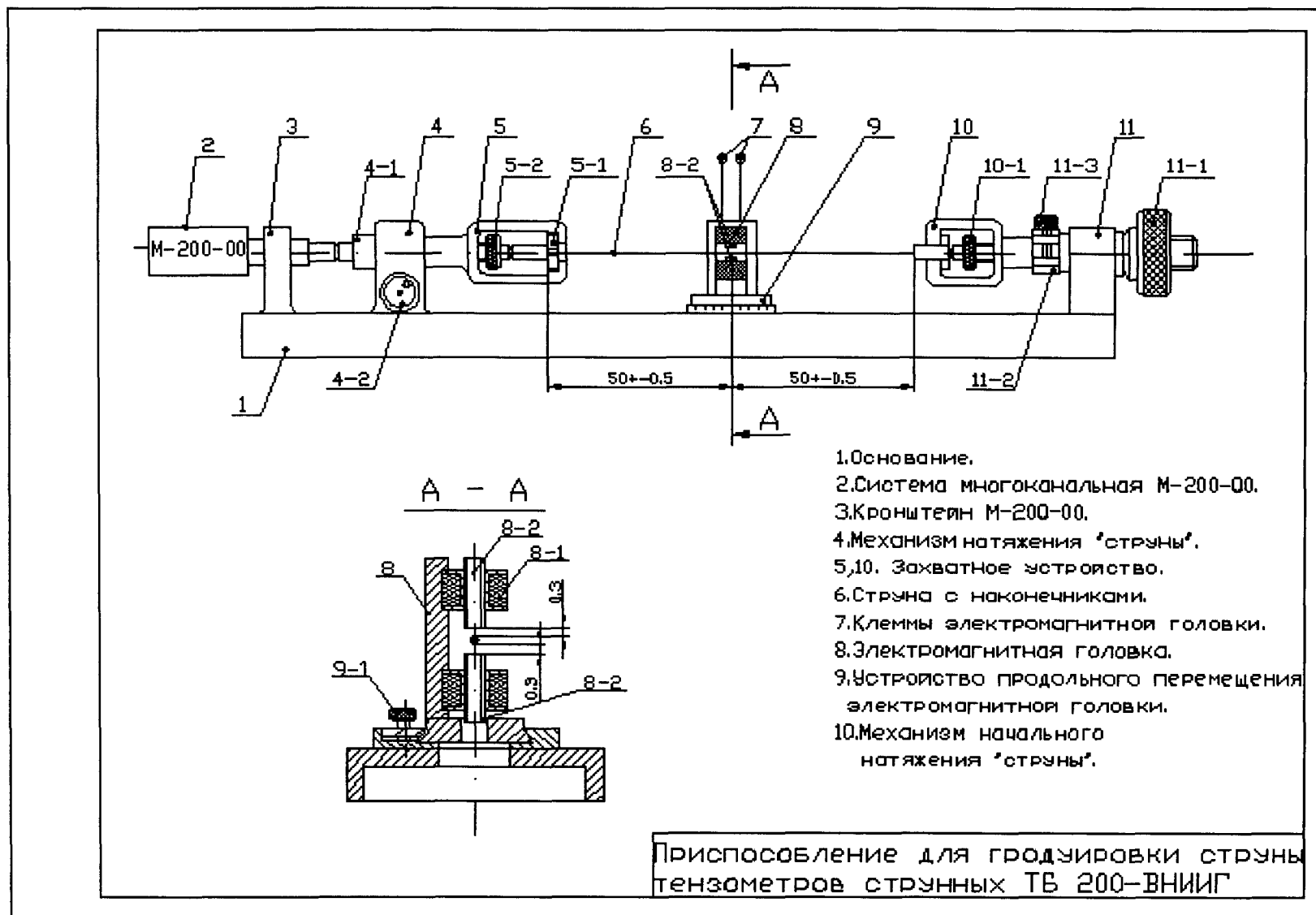


Рис. 3.