

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
ПОВЕРКА АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ С МОСТОВОЙ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СХЕМОЙ**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 006 (076.6)  
ББК30.10я73  
А927

**Атрошенко Ю.К.**

Исследование метрологических характеристик и поверка автоматических приборов с мостовой измерительной схемой. Методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

В пособии приведены сведения о термоэлектрических преобразователях, показан ход выполнения лабораторной работы. Лабораторная работа содержит индивидуальные варианты заданий. Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 140100 (13.03.01) «Теплоэнергетика и теплотехника» и 141100 (13.03.03) «Энергетическое машиностроение».

**УДК 006 (076.6)**  
**ББК30.10я73**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

*Мамонтов Г.Я.*

Доцент ФГОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)»

*Волошенко А.В.*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014  
© Атрошенко Ю.К., Кравченко Е.В.  
© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2014

Цель работы заключается в изучении автоматических приборов для измерения температуры работающих в комплекте со стандартными термопреобразователями сопротивления, изучении эталонных средств, применяемых для поверки автоматических приборов с мостовой измерительной схемой, получении практических навыков выполнения поверки.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение принципа действия автоматических приборов с измерительной схемой;
- изучение методики поверки;
- определение метрологических характеристик автоматических приборов с измерительной схемой;
- проведение поверки автоматических приборов с измерительной схемой.

### Принцип работы приборов с мостовой измерительной схемой

Автоматические приборы с мостовой измерительной схемой используются для измерения температуры в комплекте с термопреобразователями сопротивления (ТПС). В таких приборах используется нулевой метод измерения сопротивления, реализованный с помощью уравновешенного четырехплечевого моста (рис. 1).

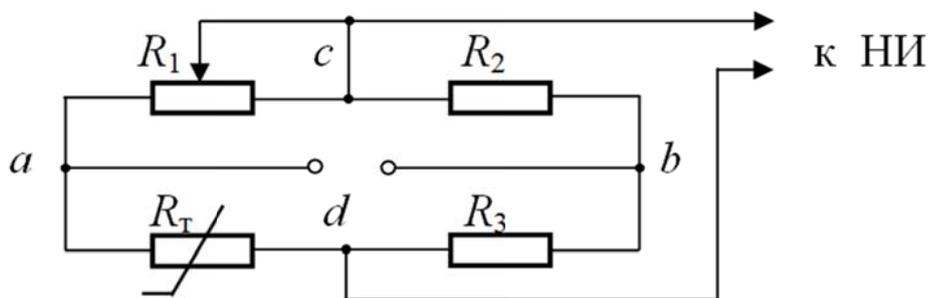


Рис. 1. Схема четырехплечевого уравновешенного моста:

$R_T$  – термопреобразователь сопротивления;  $R_2, R_3$  – постоянные плечи моста;  
 $R_1$  – реохорд;  $a-d$  – вершины моста; НИ – нуль-индикатор

Измерительная схема представляет собой цепь из последовательно включенных термопреобразователя сопротивления  $R_T$ , переменного резистора  $R_1$  и постоянных резисторов  $R_2, R_3$ . Точки  $a, b, c$  и  $d$  называют вершинами моста, а электрические цепи между вершинами  $a-d, d-b, b-c$  и  $c-a$  – плечами моста. В электрическую цепь между вершинами  $a$  и  $b$  включен источник питания, эта цепь называется диагональю питания. В

электрическую цепь между вершинами  $c$  и  $d$  включается нуль-индикатор (НИ), эта цепь называется измерительной диагональю.

Состояние равновесия моста характеризуется отсутствием тока в измерительной диагонали. Этому состоянию соответствует равенство произведений сопротивлений противоположных плеч моста:

$$R_1 \cdot R_3 = R_T \cdot R_2 \quad (1)$$

При изменении сопротивления  $R_T$  вследствие изменения температуры равновесие моста, характеризуемое равенством 1.25, будет нарушено, и НИ будет показывать наличие тока в измерительной цепи моста. Равновесие моста может быть восстановлено изменением сопротивления  $R_1$ . При этом сопротивление  $R_T$  ТПС может быть определено из соотношения:

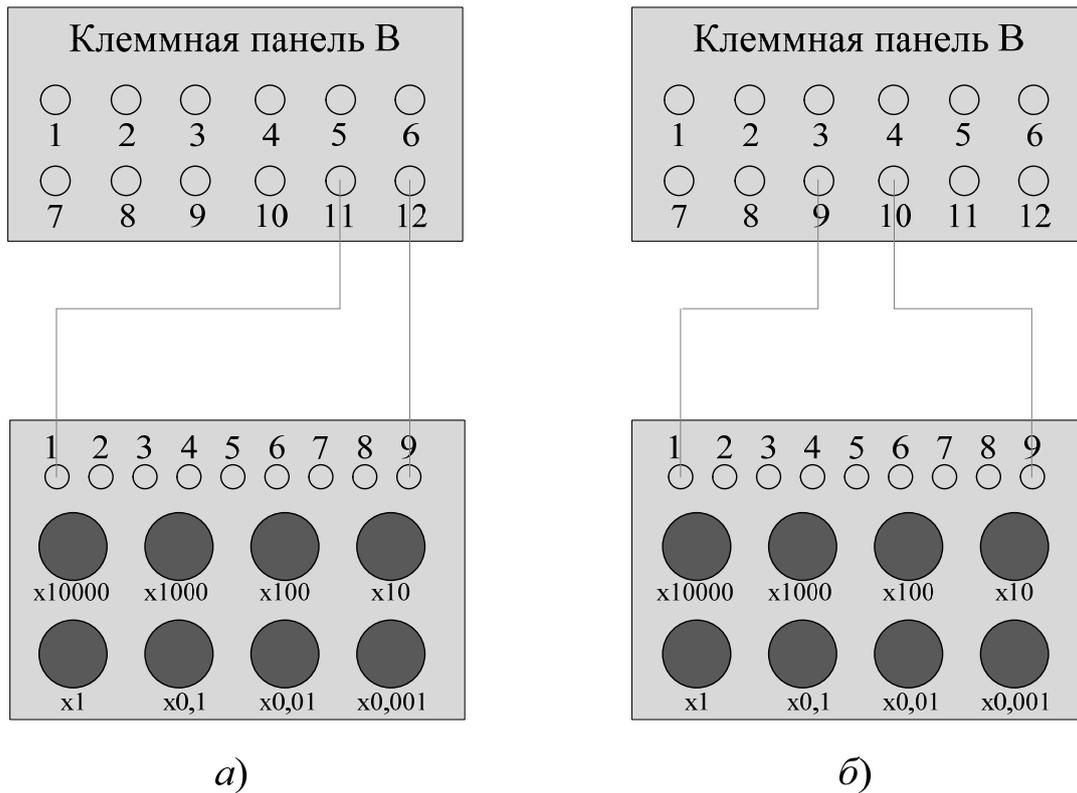
$$R_T = R_1 \cdot \frac{R_3}{R_2} \quad (2)$$

В автоматических приборах изменение сопротивления  $R_1$  производится не вручную, а автоматически с помощью следящей системы.

При поверке прибора выполняются следующие операции: внешний осмотр, проверка электрической прочности изоляции и определение электрического сопротивления изоляции, определение соответствия времени прохождения указателем всей шкалы, определение соответствия основной погрешности и вариации показаний прибора допускаемым значениям, проверка качества записи, проверка отклонения диаграммных скорости движения диаграммных лент и др. При поверке моста в качестве меры сопротивлений используются магазины сопротивлений. Соответствие основной погрешности и вариации допускаемым значениям определяют не менее чем на пяти отметках шкалы, интервал между которыми не должен превышать 30 % длины шкалы.

### **Описание лабораторной установки**

В лабораторной работе выполняется поверка регистрирующего измерительного прибора типа А100-Н. Прибор имеет три канала измерения и регистрации: первый и второй каналы предназначены для измерения температуры в комплекте с ТПС с номинальной статической характеристикой 50М, третий канал предназначен для измерения расхода. В качестве меры сопротивления используется магазин сопротивлений типа Р4831. Схема подключения меры сопротивления к измерительному прибору показана на рис. 2.



*Рис. 2. Схема лабораторной установки:  
а – схема подключения для проверки первого измерительного канала; б – схема подключения для проверки второго измерительного канала*

Предел допускаемой основной погрешности прибора типа А100-Н составляет  $\pm 0,5 \%$  от нормирующего значения, класс точности магазина сопротивления составляет  $0,02/2 \cdot 10^{-6}$ .

### Порядок выполнения работы

1. Собрать схему поверочной установки, приведенной на рис. 2.
2. Включить тумблеры «Сеть» и «А100».
3. В протокол поверки (Приложение 1) в первый столбец занести значения температуры, соответствующим проверяемым отметкам шкалы (см. табл. 1).
4. В протокол поверки (Приложение 1) во второй столбец занести значения сопротивлений, соответствующих проверяемым отметкам шкалы.
5. С помощью галетных переключателей магазина сопротивлений увеличивать подаваемое сопротивление к поверяемому прибору так, чтобы стрелка прибора устанавливалась на отметке шкалы  $t_i$ , °С (см. табл. 1).

6. Значения сопротивлений, соответствующие отметкам  $t_i$ , определенные в ходе эксперимента, заносятся в протокол поверки (при увеличении показаний выполняется прямой ход, при уменьшении – обратный ход).
7. С помощью магазина сопротивления установить стрелку-указатель поверяемого прибора на отметку 0 °С.
8. Подать сопротивление, соответствующее верхнему пределу измерения прибора, определить время прохождения стрелкой всей шкалы.

Таблица 1

*Варианты индивидуальных заданий*

№ варианта	Проверяемые отметки шкалы					
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$
1	0	40	80	120	160	180
2	0	20	40	60	80	100
3	0	15	30	45	60	75
4	0	25	50	75	100	125
5	0	10	20	30	40	50
6	0	30	60	90	120	150
7	0	35	70	105	140	180
8	0	20	30	50	60	80
9	0	15	25	35	45	65
10	0	25	45	65	85	105

**Порядок обработки экспериментальных данных**

1. Определить абсолютную погрешность показаний прибора прямого хода:

$$\Delta_{nx} = R_{nx} - R_0, \quad (1)$$

где  $R_{nx}$  – значения сопротивления, соответствующие проверяемым отметкам шкалы, определенные при прямом ходе, Ом;  $R_0$  – значения сопротивления, соответствующие проверяемым отметкам шкалы, определенные по НСХ, Ом.

2. Определить абсолютную погрешность показаний прибора прямого хода:

$$\Delta_{nx} = R_{ox} - R_0, \quad (2)$$

где  $R_{ox}$  – значения сопротивления, соответствующие проверяемым отметкам шкалы, определенные при обратном ходе, Ом.

3. Определить вариацию погрешность показаний прибора прямого хода:

$$V = |R_{nx} - R_{ox}|. \quad (3)$$

4. Определить значение допускаемой основной абсолютной погрешности по формуле:

$$\Delta_{\text{доп}} = \pm \gamma_{\text{доп}} \cdot \frac{R_{\text{вп}} - R_{\text{нп}}}{100}, \quad (4)$$

где  $R_{\text{вп}}$ ,  $R_{\text{нп}}$  – значения сопротивления, соответствующие верхнему и нижнему пределу измерения поверяемого прибора соответственно, Ом;  $\gamma_{\text{доп}}$  – предел допускаемой основной приведенной погрешности.

5. Определить значение допускаемой вариации:

$$V_{\text{доп}} = \pm 0,5 \cdot \gamma_{\text{доп}} \cdot \frac{R_{\text{вп}} - R_{\text{нп}}}{100}. \quad (5)$$

6. Сравнить наибольшие значения абсолютной погрешности и вариации с допускаемыми, сделать вывод о пригодности прибора к измерениям.

7. В одной системе координат построить графики:

- зависимость сопротивления (по НСХ) от значений температуры, соответствующих проверяемым отметкам шкалы ( $R_0=f(t)$ );
- зависимость значений сопротивления, полученных с помощью калибратора при увеличении показаний от значений температуры, соответствующих проверяемым отметкам шкалы ( $R_{\text{пх}}=f(t)$ );
- зависимость значений сопротивления, полученных с помощью калибратора при уменьшении показаний от значений температуры, соответствующих проверяемым отметкам шкалы ( $R_{\text{ох}}=f(t)$ ).

8. На графике показать вариацию прибора.

### Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) описание принципа работы автоматических приборов с мостовой схемой и методики их поверки;
- 2) описание лабораторной установки;
- 3) порядок выполнения работы;
- 4) порядок обработки экспериментальных данных;
- 5) графики искомых зависимостей;
- 6) протокол поверки;
- 7) ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Какой метод измерения реализуется в мостовой измерительной схеме?
2. Запишите условие равновесия четырехплечевого моста.
3. Какие операции выполняются при поверке автоматического прибора с мостовой измерительной схемой?
4. Изобразите структурную схему лабораторной установки.

# Приложение 1

Протокол № \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ Г.

поверки \_\_\_\_\_, принадлежащего \_\_\_\_\_.  
(наименование устройства) (наименование организации)

Тип \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_. Пределы измерений \_\_\_\_\_,

НСХ \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Образцовые приборы: \_\_\_\_\_  
(тип, номер)

\_\_\_\_\_ (пределы измерений, класс точности)

Время прохождения стрелкой прибора всей шкалы \_\_\_\_\_ с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ И ВАРИАЦИИ

Проверяемые отметки шкалы	Значение входного сигнала (по НСХ)	Отсчет по рабочему эталону		Абсолютная погреш- ность прибора		Вариация показаний прибора
		Прямой ход	Обрат- ный ход	Прямой ход	Обрат- ный ход	

Наибольшая погрешность  
прибора \_\_\_\_\_  
(ед. изм.)

Допускаемая погрешность  
прибора \_\_\_\_\_  
(ед. изм.)

Наибольшая вариация показаний  
прибора \_\_\_\_\_  
(ед. изм.)

Допускаемая вариация показаний  
прибора \_\_\_\_\_  
(ед. изм.)

Вывод: \_\_\_\_\_  
(прибор годен/ не годен для измерений)

Учебное издание

АТРОШЕНКО Юлиана Константиновна  
КРАВЧЕНКО Евгений Владимирович

Подписано к печати 12.11.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.  
Заказ . Тираж 5 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru