

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 ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
НА ПОКАЗАНИЯ ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО МИЛЛИВОЛЬТ-  
МЕТРА**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 006 (076.6)  
ББК30.10я73  
А927

**Атрошенко Ю.К.**

Исследование влияния внешнего сопротивления на показания пирометрического милливольтметра. 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 пирометрических милливольтметрах, 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)**  
**ББК30.10я**

*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 принципа действия и устройства пирометрических милливольтметров, предназначенных для измерения температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение устройства и принципа действия пирометрических милливольтметров;
- определение влияния величины внешнего сопротивления на показания милливольтметра.

### Пирометрические милливольтметры

Пирометрические милливольтметры предназначены для измерения температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями (ТЭП) стандартных НСХ. Пирометрические милливольтметры относятся к приборам с магнитоэлектрической системой, т.е. принцип их действия основан на взаимодействии неподвижного постоянного магнита и постоянного тока, протекающего через обмотку подвижной рамки.

Устройство пирометрического милливольтметра показано на рис. 1. Проводник в форме прямоугольной рамки 1 находится в радиальном поле постоянного магнита 2, помещенного в кольцо из магнитомягкой стали 3 для создания радиального магнитного поля. При прохождении тока  $I$ , вызванного выходным сигналом ТЭП – ТЭДС  $E(t, t_0)$ , через рамку возникает магнитное поле, перпендикулярное полю постоянного магнита. В результате взаимодействия магнитных полей образуется вращающий момент:

$$M_{\text{вр}} = \omega \cdot b \cdot l \cdot B \cdot I = \psi \cdot I, \quad (1)$$

где  $\omega$  – число витков в рамке;  $b$  – ширина рамки, м;  $l$  – длина рамки, м;  $B$  – магнитная индукция, Тл;  $I$  – сила тока, протекающего по рамке, А;  $\psi$  – потокосцепление рамки.

Подвижная часть милливольтметра будет находиться в равновесии, если вращающий момент будет равен создаваемому пружинами 4 (рис. 1) противодействующему моменту:

$$M_{\text{вр}} = M_{\text{пр}}. \quad (2)$$

Противодействующий момент определяется выражением:

$$M_{\text{пр}} = k \cdot \alpha, \quad (3)$$

где  $k$  – удельный противодействующий момент;  $\alpha$  – угол поворота подвижной части механизма.

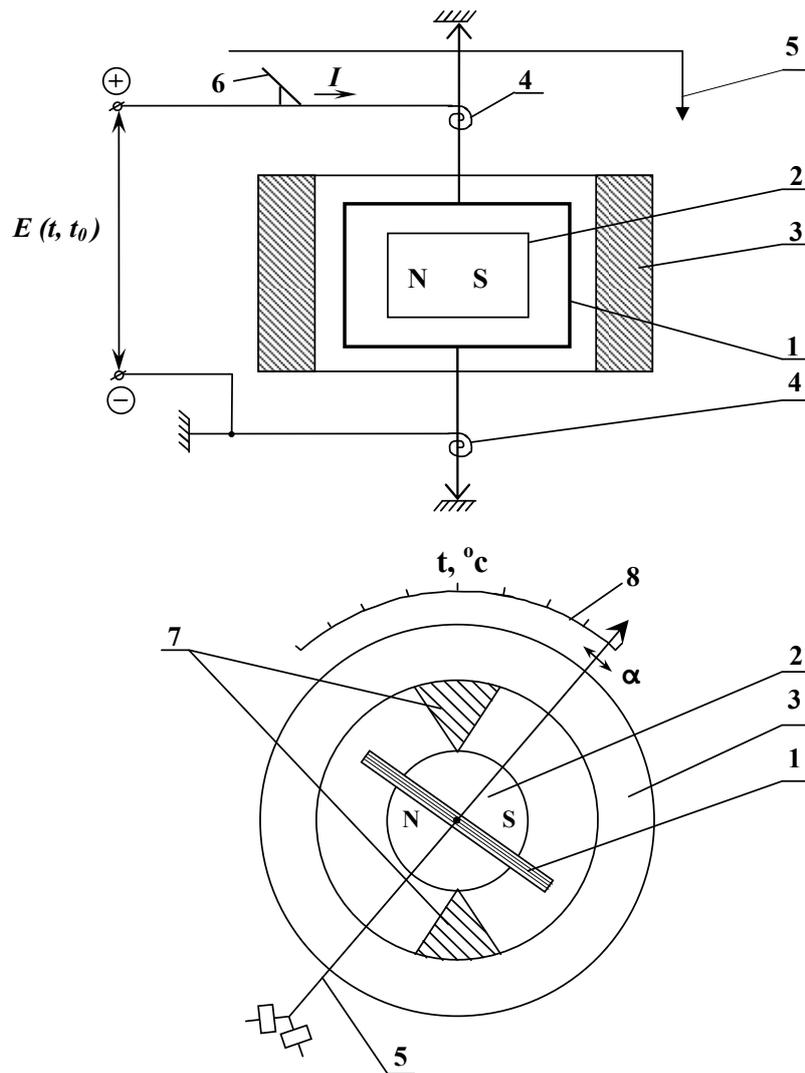


Рис. 1. Устройство пирометрического милливольтметра:  
 1 – рамка; 2 – постоянный магнит; 3 – неподвижное кольцо; 4 – противодействующие пружины; 5 – стрелка; 6 – корректор; 7 – держатели; 8 – шкала

Подставив выражения (1) и (3) в уравнение (2) получим условие равновесия:

$$\psi \cdot I = k \cdot \alpha. \quad (4)$$

Из условия (1.55) зависимость между углом поворота подвижной части и током, протекающим через обмотку рамки:

$$\alpha = \frac{\psi}{k} \cdot I = S \cdot I, \quad (5)$$

где  $S$  – чувствительность измерительного механизма к току.

На рис. 2 приведена схема подключения ТЭП к пирометрическому милливольтметру.

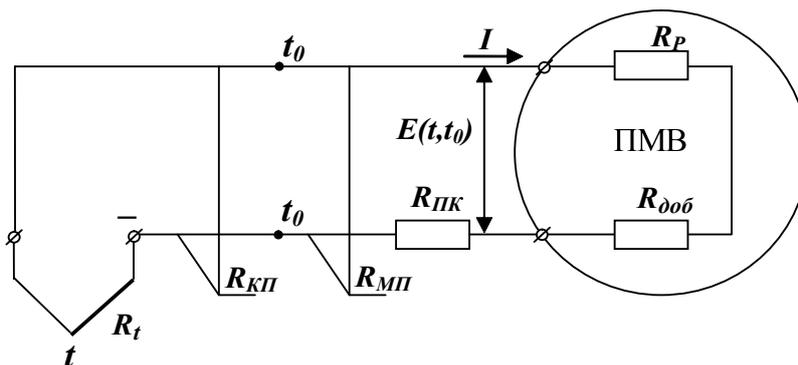


Рис. 2. Устройство пирометрического милливольтметра:

$t$  – измеряемая температура;  $t_0$  – температура свободных концов;  $R_t$  – сопротивление ТЭП;  $R_{кп}$  – сопротивление компенсационных проводов;  $R_{мп}$  – сопротивление медных проводов;  $R_{пк}$  – сопротивление подгоночной катушки;  $R_p$  – сопротивление рамки;  $R_{доб}$  – добавочное сопротивление; ПМВ – пирометрический милливольтметр

Величина тока (рис. 2), протекающего через рамку, определяется выражением:

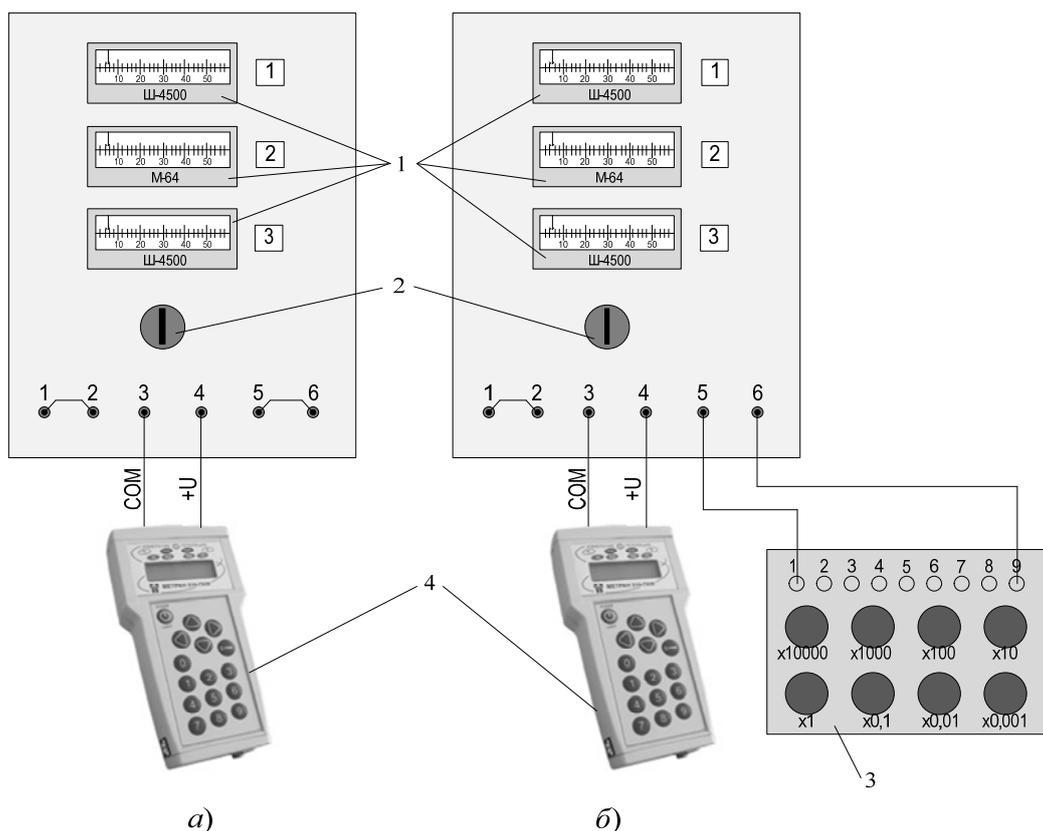
$$I = \frac{E(t, t_0)}{R_t + R_{кп} + R_{мп} + R_{пк} + R_M}, \quad (6)$$

где  $E(t, t_0)$  – ЭДС термопары, мВ;  $R_t$  – сопротивление термопары, Ом;  $R_{кп}$  – сопротивление компенсационных проводов, Ом;  $R_{мп}$  – сопротивление медных проводов, Ом;  $R_{пк}$  – сопротивление подгоночной катушки, Ом;  $R_p$  – сопротивления рамки, Ом;  $R_{доб}$  – добавочное сопротивление, Ом.

Пирометрические милливольтметры градуируются на определенное внешнее сопротивление цепи  $R_{вн}$ , значение которого указывается на шкале прибора. В большинстве случаев внешнее сопротивление прибора равно 5 Ом. На шкале указываются также: тип, НСХ термоэлектрического преобразователя, класс точности, система прибора (магнитоэлектрический, электромагнитный и т.п.), рабочее положение прибора для вертикальной или горизонтальной установки, заводской номер, год выпуска и марка завода-изготовителя.

### Порядок выполнения работы

1. Для определения основной погрешности прибора собрать электрическую схему, представленную на рис. 3, а.
  - 1.1. Соединить перемычкой контакты 1 и 2.



*Рис. 3. Схема лабораторной установки:  
а – для определения основной погрешности милливольтметра; б – для исследования влияния величины внешнего сопротивления; 1 – пирометрические милливольтметры; 2 – переключатель; 3 – магазин сопротивления; 4 – калибратор*

- 1.2. Соединить перемычкой контакты 5 и 6.
- 1.3.
- 1.4. Подключить контакт СОМ калибратора 4 (режим «Генерация») к контакту 3.
- 1.5. Подключить контакт +U калибратора 4 (режим «Генерация») к контакту 4.
- 1.6. В первый столбец таблицы 1 занести значения отметок шкалы, соответствующие заданным значениям температуры (см. табл. 2).
- 1.7. Определить НСХ пирометрического милливольтметра.
- 1.8. Во второй столбец таблицы 1 занести значения ТЭДС, соответствующие значениям температуры (определяется по таблицам НСХ).
- 1.9. Включить калибратор нажатием кнопки 5 (рис. 4).
- 1.10. С помощью кнопок 1 и 3 (рис. 4) выбрать пункт меню Генерация, нажать кнопку 4.

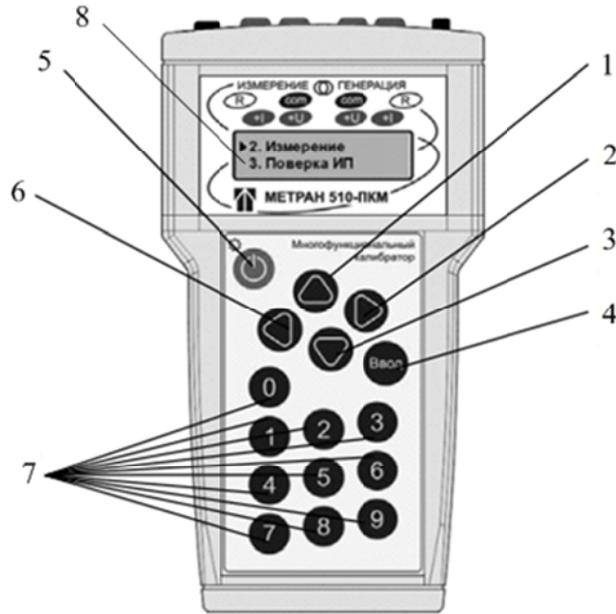


Рис. 4. Вид на лицевую панель калибратора:

- 1 – кнопка «Вверх»; 2 – кнопка «Вправо»; 3 – кнопка «Влево»; 4 – кнопка «Ввод»;  
 5 – кнопка включения/выключения питания; 6 – кнопка «Влево»; 7 – цифровые кнопки;  
 8 - дисплей

- 1.11. В меню с помощью кнопок 1 и 3 (рис. 4) выбрать пункт Напряжение (мВ).
- 1.12. В меню Задать с помощью кнопок 7 (рис. 4) задать значение ТЭДС, соответствующее первой отметке прибора, нажать кнопку 4, выбрать пункт Постоянное, нажать кнопку 4.
- 1.13. Корректируя значение подаваемого напряжения установить стрелку пирометрического милливольтметра на первую отметку шкалы. При этом значение подаваемого напряжения занести в третий столбец таблицы 1.
- 1.14. Повторить пп. 1.9–1.12 для всех заданных значений температуры (см. табл. 2).

Таблица 1

*Экспериментальные и расчетные данные*

Отметки шкалы прибора	Значение входного сигнала (по НСХ)	Отсчет по рабочему эталону		Абсолютная погрешность прибора		Вариация показаний прибора
		Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	
$R=R_{ВН} + \Delta R_1$						
1						
...						

$R=R_{ВН}+ \Delta R_2$						
1						
...						
$R=R_{ВН}+ \Delta R_3$						
1						
...						

Таблица 2

*Варианты индивидуальных заданий*

№ вар.	Проверяемые отметки шкалы, °С							Добавочное сопротивление, Ом		
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$\Delta R_1$	$\Delta R_2$	$\Delta R_3$
1	0	100	200	300	400	500	600	5	10	15
2	0	20	120	220	320	420	520			
3	0	40	140	240	340	440	540			
4	0	60	160	260	360	460	560			
5	0	80	180	280	380	480	580			
6	0	120	240	360	480	600	650			
7	0	40	100	160	220	280	340			
8	0	60	120	180	240	300	360			
9	0	80	160	240	320	400	480			
10	0	100	150	200	250	300	350			

2. Для определения влияния величины внешнего сопротивления на показания прибора собрать электрическую схему, представленную на рис. 3, б.
  - 2.1. Подключить контакт 1 магазина сопротивления к контакту 5.
  - 2.2. Подключить контакт 9 магазина сопротивления к контакту 6.
  - 2.3. На магазине сопротивления установить значение сопротивления  $\Delta R_1$ , выполнить пп. 1.9–1.12 для всех заданных значений температуры (см. табл. 2).
  - 2.4. Повторить пп. 2.3 для значений сопротивления  $\Delta R_2, \Delta R_3$ .
  - 2.5. Полученные данные занести в таблицу 1

**Порядок обработки экспериментальных данных**

1. Определить абсолютную погрешность показаний прибора при прямом ходе для всех значений внешнего сопротивления по формуле:

$$\Delta E_1 = E_0 - E_{пх} \quad (7)$$

где  $E_{пх}$  – значение ТЭДС, полученные при прямом ходе, мВ.

2. Определить абсолютную погрешность показаний прибора при прямом ходе для всех значений внешнего сопротивления по формуле:

$$\Delta E_2 = E_0 - E_{ox}. \quad (8)$$

где  $E_{ox}$  – значение ТЭДС, полученные при обратном ходе, мВ.

3. В одной системе координат построить графики:
- зависимость ТЭДС (по НСХ) от значений температуры, соответствующих проверяемым отметкам шкалы ( $E_0=f(t)$ );
  - зависимость значений ТЭДС, полученных с помощью калибратора при увеличении показаний от значений температуры, соответствующих проверяемым отметкам шкалы ( $E_{пх}=f(t)$ );
  - зависимость значений ТЭДС, полученных с помощью калибратора при уменьшении показаний от значений температуры, соответствующих проверяемым отметкам шкалы ( $E_{ox}=f(t)$ ).
4. В одной системе координат построить графики зависимостей абсолютной погрешности показаний прямого хода от значений температуры, соответствующих отметкам шкалы для всех значений внешнего сопротивления.
5. Сделать вывод о влиянии внешнего сопротивления на погрешность показаний пирометрического милливольтметра.

### Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) описание принципа пирометрического милливольтметра;
- 2) описание лабораторной установки;
- 3) порядок выполнения работы;
- 4) порядок обработки экспериментальных данных;
- 5) таблицы, содержащие результаты экспериментов и расчетов;
- 6) графики искомых зависимостей;
- 7) ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Для чего используются пирометрические милливольтметры?
2. Каким образом осуществляется питание пирометрических милливольтметров?
3. Какие устройства используются для определения основной погрешности пирометрического милливольтметра?

4. Объясните назначение магазина сопротивлений в эксперименте.
5. Почему изменение внешнего сопротивления оказывает влияние на показания микрометрического милливольтметра?

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](http://www.tpu.ru)