

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

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КОСВЕННЫМ МЕТОДОМ

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 006 (076.6)
ББК30.10я73
А927

Атрошенко Ю.К.

Измерение температуры косвенным методом. 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 методах измерения температуры, 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 знакомстве с методами измерения температуры тел, а также в получении практических навыков измерения с помощью измерительных преобразователей.

Задачами работы являются:

- изучение средств и методов измерения температуры;
 - измерение температуры с помощью термоэлектрического преобразователя;
- измерение температуры с помощью термопреобразователя сопротивления.

Измерение температуры

Температура является одним из трех основных параметров, характеризующим состояние вещества. В промышленности измерение температуры занимает до 80 % объема всех измерений.

Температура определяет степень нагретости тела, она характеризует тепловое состояние вещества и пропорциональна средней кинетической энергии его молекул.

На практике измерение температуры непосредственно невозможно. Поэтому для измерения температуры используют различные явления, происходящие под воздействием тепла, например, расширение веществ, изменение электрического сопротивления, излучение нагретых тел. Однако, количественная оценка возможна лишь при сопоставлении с некоторой эталонной температурой.

Классификация методов измерения температуры показана на рис. 1.

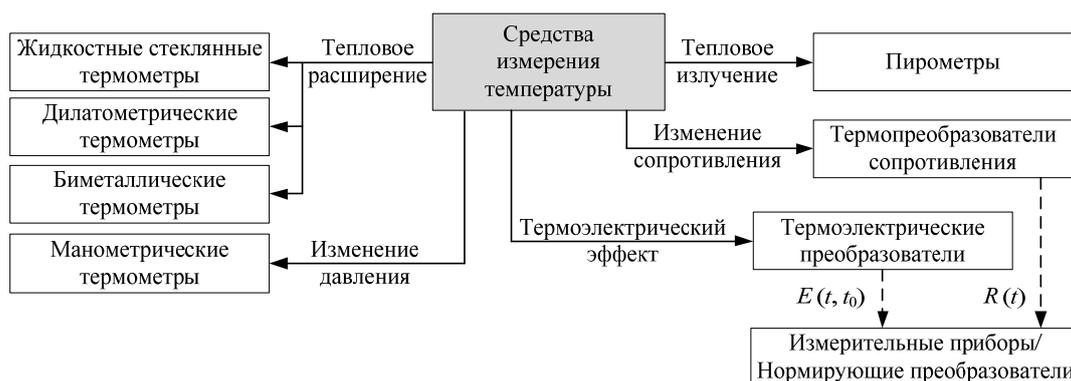


Рис. 1. Классификация средств измерения температуры

Измерение температуры любым из методов, приведенных на рис. 1, выполняется косвенно, т.е. значение измеряемой температуры определяется по результатам прямых измерений другой физической величины

– давления, термоэлектродвижущей силы, электрического сопротивления и др. Наиболее распространенными дистанционными средствами измерения температуры являются термоэлектрические преобразователи и термопреобразователи сопротивления.

Принцип действия термоэлектрических преобразователей основан на явлении генерации термоэлектродвижущей силы (ТЭДС), возникающей из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов или сплавов образующих часть одной и той же цепи. Таким образом, при измерении температуры термоэлектрический преобразователь преобразует измеряемую температуру в ТЭДС (рис. 2, а).

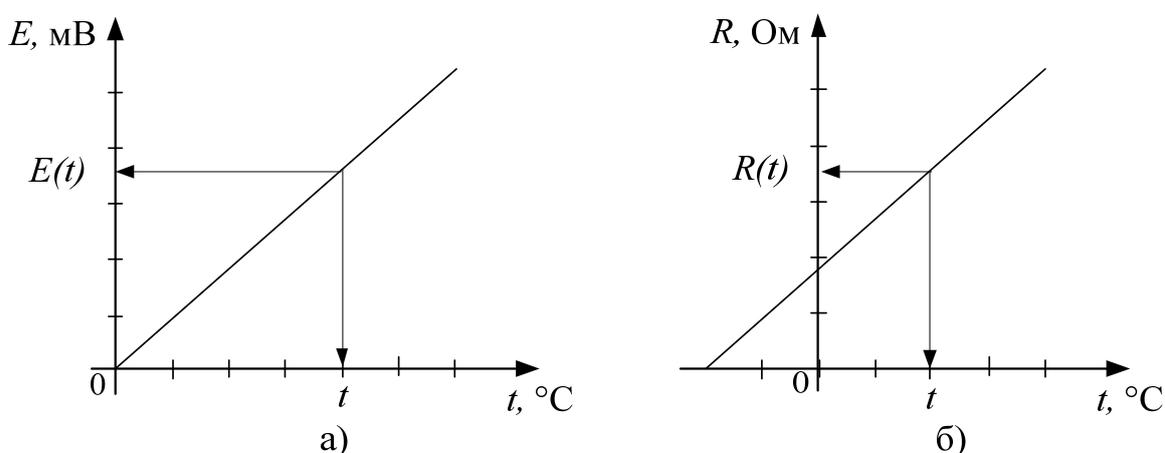


Рис. 2. Номинальные статические характеристики:
а – термоэлектрического преобразователя, б – термопреобразователя сопротивления

Принцип действия термопреобразователей сопротивления (ТПС) основаны на зависимости сопротивления металлов от температуры (рис. 2, б). В этом случае температура может быть определена по величине сопротивления.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка включает сухоблочный калибратор температуры типа КТ-650, эталонный калибратор ИКСУ-260L, образцы термопреобразователей.

Вид калибратора показан на рис. 3. На лицевой панели КТ-650 расположены:

- двухрядный индикатор температуры;
- кнопки управления.

Индикатор температуры предназначен для отображения текущего значения температуры КТ-650 и задания температуры уставки. В верхнем ряду индицируется текущая температура основного термостатирующего блока. В нижнем ряду отображается температура уставки. После задания уставки высвечивается ее температура, при этом в левом углу нижней части изображен символ «=>».



Рис. 3. Сухоблочный калибратор температуры КТ-650

Для изменения уставки имеются пять кнопок: \leftarrow вход в режим/выход из режима редактирования температуры уставки, кнопки \blacktriangleright , \blacktriangleleft передвижения по разрядам и кнопки \blacktriangle , \blacktriangledown изменения цифры соответствующего разряда. В целях безопасности предусмотрено выключение нагрева во время редактирования уставки. После выхода из режима редактирования в режим измерений индикатор гаснет на 1-3 секунды.

На вертикальной части передней панели расположены два переключателя: «СЕТЬ» и «БЛОКИРОВКА».

Двухпозиционный переключатель «Блокировка» служит для включения системы блокировки цепей питания нагревателей. Блокировка предназначена для отключения питания в аварийной ситуации. Срабатывает при отклонении текущей температуры от заданной на ± 15 °С, например, при обрыве в цепи термопреобразователей. После возвращения температуры заблокированного канала КТ-650 в зону установленных пределов питание нагревателей восстанавливается.

Для измерения значения выходного сигнала термопреобразователя используется калибратор-измеритель эталонный типа ИКСУ-260L.

Вид лицевой панели калибратора ИКСУ-260L показан на рис. 4.

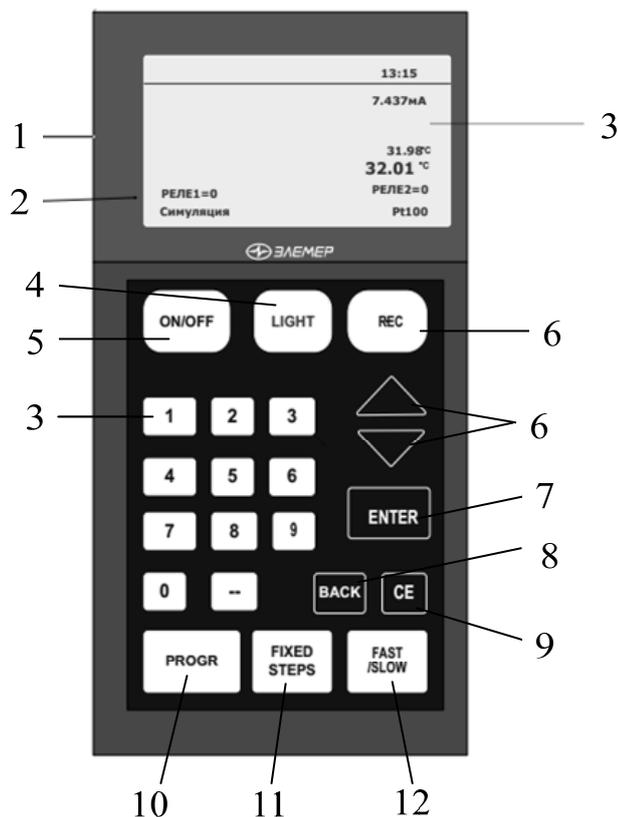


Рис. 4. Лицевая панель калибратора:

1 – корпус; 2 – лицевая панель; 3 – ЖК-дисплей; 4 – кнопка включения/выключения подсветки дисплея; 5 – кнопка включения/выключения прибора; 6 – начало/остановка записи в архив; 7 – кнопка подтверждения выбранного пункта меню/ ввод числа; 8 – возврат на предыдущий уровень меню; 9 – сдвиг числа вправо; 10 – программирование «горячей» кнопки; 11 – переход к следующему запрограммированному значению; 12 – кнопка включения/выключения «быстрого» режима автоповтора

Калибратор-измеритель ИКСУ-260L следует подключать к термопреобразователю с помощью соответствующего кабеля. Назначения кабелей калибратора-измерителя ИКСУ-260L приведены в таблице 1.

Таблица 1

Назначение кабелей

№ кабеля	Маркировка	Назначение
Кабель № 1	КИ260К	Подключение к ИКСУ термопреобразователей с НСХ ХА(К)
Кабель № 2	КИ260L	Подключение к ИКСУ термопреобразователей с НСХ ХК(L)
Кабель № 3	КИ260R1	Связь ИКСУ с термопреобразователями сопротивления по трехпроводной схеме

№ кабеля	Маркировка	Назначение
		подключения при работе в режиме измерения температуры и сопротивления постоянному току
Кабель № 5	КИ260U	Связь ИКСУ с первичными преобразователями или устройствами при работе в режиме работы измерений напряжения постоянного тока, а также воспроизведения сигналов напряжения постоянного тока

Схема подключения калибратора к измерительному преобразователю приведена на рис. 5.

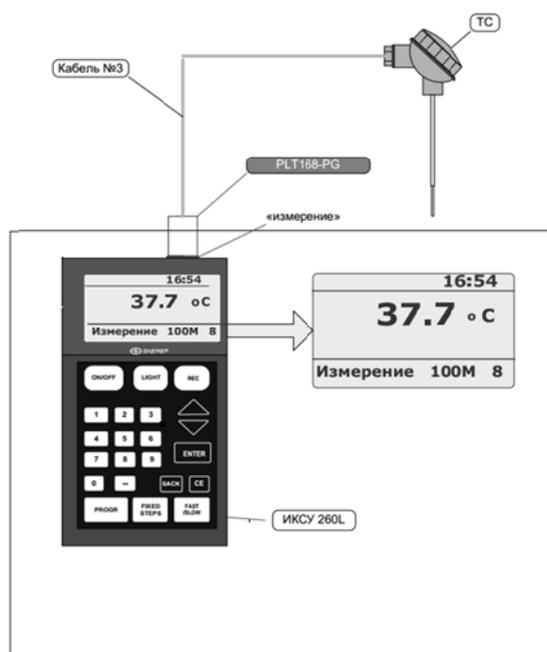


Рис. 5. Схема подключения калибратора-измерителя к термопреобразователю

Пределы допускаемой погрешности калибратора ИКСУ-260L при измерении температуры в комплекте с термопреобразователями приведены в таблице 2.

Таблица 2

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения электрических величин в нормальных условиях

Величина	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности
ТЭДС	-10...100 мВ	$\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot E + 3)$ мкВ
Сопротивление	0...320 Ом	$\pm 0,02$ Ом

Вид верхней панели калибратора ИКСУ-260L показан на рис. 6.

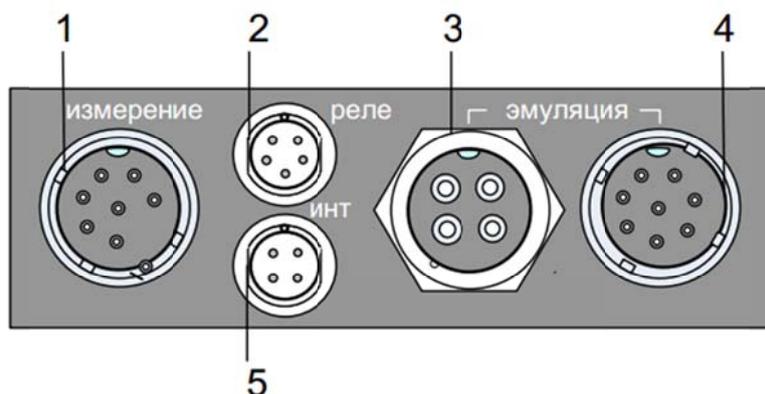


Рис. 6. Вид верхней панели калибратора ИКСУ-260L:

1 – разъем для измерительного входа; 2 – разъем для подключения реле; 3 – разъем выхода эмуляции в виде сигнала сопротивления; 4 – разъем выхода эмуляции в виде сигнала напряжения; 5 – разъем для обмена данными с ПК по интерфейсу RS-232

Дисплей предназначен для:

- индикации измеренного и/или воспроизводимого значения физической величины;
- отображения пунктов меню и названий конфигурационных параметров;
- отображения информации о текущем режиме.

Порядок выполнения работы

1. Поместить термопреобразователь в отверстие термостатирующего блока.
2. Подключить термпреобразователь с помощью соответствующего кабеля к разьему «Измерение» измерителя-калибратора ИКСУ-260L.
3. Включить калибратор ИКСУ-260L, нажав кнопку 5 (рис. 5).
4. Нажать кнопку 8 для входа в Главное меню.
5. В Главном меню войти в режим Измерения, выбрать «Сопротивление» для работы с термопреобразователями сопротивления или «Напряжение» для работы с термоэлектрическими преобразователями и нажать кнопку 7. Прибор перейдет в режим измерения сигнала от преобразователя.
6. Включить переключатель «Сеть» на передней панели калибратора.
7. С помощью кнопок для изменения уставок на передней панели калибратора установить значение температуры t_1 (см. табл. 4).
8. После установления температуры, измерить выходное значение сопротивления/напряжения, занести измеренное значение в

таблицу 3. Повторить п. 7-8 для других значений температуры (см. табл. 4).

Таблица 3

Экспериментальные и расчетные данные

№ эксп.	Температура (по калибратору), °С	Сопротивление, Ом (ТермоЭДС, мВ)	Расчетное значение температуры, °С
1	t_1		
...			
7	t_7		

Таблица 4

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	НСХ	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7
1	ТХК	50	60	70	80	90	100	110
2	ТХА	50	55	60	65	70	75	80
3	50П	50	55	60	65	70	75	80
4	50М	50	55	60	65	70	75	80
5	100П	50	55	60	65	70	75	80
6	100М	50	55	60	65	70	75	80
7	ТХК	50	55	60	65	70	75	80
8	ТХК	64	74	84	94	104	114	124
9	ТХА	64	74	84	94	104	114	124
10	ТХА	58	68	78	88	98	108	118

Порядок обработки экспериментальных данных

1. Определить величину поправки на температуру свободных концов $E_{\text{попр}}$ ТЭП. Значение величины поправки численно равно значению ТЭДС, соответствующей температуре наружных концов и определяется по таблицам НСХ для ТЭП.
2. Вычислить приведенное значение ТЭДС по формуле:

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{ср}} + E_{\text{попр}}, \quad (1)$$

1. По таблицам НСХ по полученным значениям сопротивлений и/или ТЭДС определить значение температуры, полученные значения занести в таблицу 3.
2. По данным таблицы 3 построить график зависимости значений сопротивления/ТЭДС от расчетных значений температуры.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) теоретические сведения об измерении температуры;
- 2) описание лабораторной установки;
- 3) порядок выполнения работы;
- 4) экспериментальные и расчетные данные;
- 5) график искомой зависимости;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы измерения температуры, выделите методы, используемые в измерительных преобразователях.
2. Опишите процесс измерения температуры косвенным методом с помощью измерительных преобразователей.
3. Как называется зависимость выходного сигнала термопреобразователя от измеряемой температуры?

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