

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор-директор ЭНИН
к.т.н., доцент

_____ Ю.С.Боровиков
« ____ » _____ 2011 г.

ПОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Технические измерения и приборы» для студентов
направления 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника
Энергетического института

Томск 2011

УДК 621.1.002 – 05

Проверка технических термоэлектрических преобразователей. Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технические измерения и приборы» для студентов направления 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника Энергетического института. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 11 с.

Составитель старший преподаватель Григорьева М.М.

Рецензент доцент, канд. техн. наук Волошенко А.В.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «___» _____ 2011 г.

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент _____ Озерова И.П.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении принципа действия и устройства термоэлектрических преобразователей (ТЭП), предназначенных для измерения температуры в комплекте с пирометрическими милливольтметрами, автоматическими потенциометрами и цифровыми измерителями температуры и освоении операций поверки технических ТЭП. Задачами лабораторной работы являются:

- изучение конструкции и принципа действия ТЭП,
- проведение поверки технических ТЭП методом сличения,
- обработка результатов поверки.

НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО ТЭП

ТЭП – это первичный измерительный преобразователь температуры, в котором выходная величина формируется под воздействием термоэлектрического эффекта, и представляет собой механически прочную конструкцию удобную для монтажа.

Чувствительным элементом ТЭП является термопара, изображенная на рис. 1. Принцип действия термопары основан на термоэлектрическом эффекте. Термоэлектрический эффект заключается в том, что в замкнутой цепи, состоящей из 2-х или нескольких **разнородных** проводников возникает электрический ток, если хотя бы **2 места соединения (спая) проводников имеют разную температуру**.

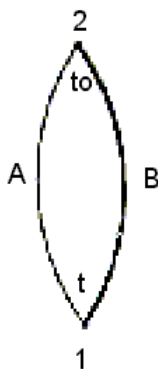


Рис. 1. Термопара

Термоэлектрический эффект объясняется наличием в металле свободных электронов, число которых в единице объема различно для различных материалов. Уравнение термопары можно записать следующим образом:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0), \quad (1)$$

где $E_{AB}(t, t_0)$ – результирующая ТЭДС термопары, состоящей из разнородных по составу проводников А и В;

$e_{AB}(t)$, $e_{AB}(t_0)$ – ТЭДС, обусловленная контактной разностью потенциалов и разностью температур рабочего спая t и свободных концов t_0 термопары.

Из уравнения (1) следует, что ТЭДС зависит от двух температур t и t_0 . При измерении температуры термоэлектрическим преобразователем t_0 поддерживается постоянной, а t в этом случае является переменной. Тогда уравнение (1) можно записать таким образом:

$$E_{AB}(t, t_0) | t_0 = \text{const} = F(t). \quad (2)$$

Для стандартных ТЭП путем градуировки находится зависимость (2), которая является номинальной статической характеристикой (НСХ) ТЭП и представлена в виде таблиц (ГОСТ Р 8.585 -2001) при $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

В эксплуатационных условиях t_0 , как правило, не равна 0°C . С изменением t_0 изменяется результирующая ТЭДС, что вызывает необходимость введения поправки на температуру свободных концов ТЭП.

Допустим $t'_0 > t_0 = 0^\circ\text{C}$, в этом случае $E_{AB}(t, t'_0) < E_{AB}(t, t_0)$. Разность этих ТЭДС и представляет собой поправку на температуру свободных концов термопары:

$$E_{AB}(t, t_0) - E_{AB}(t, t'_0) = E_{AB}(t'_0, t_0). \quad (3)$$

Следовательно, действительное значение ТЭДС равно:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t'_0) + E_{AB}(t'_0, t_0). \quad (4)$$

Конструктивное оформление ТЭП разнообразно. На рис. 2 представлена конструкция ТЭП, которая чаще всего используется для измерения температуры в трубопроводах и других аппаратах, находящихся под давлением.

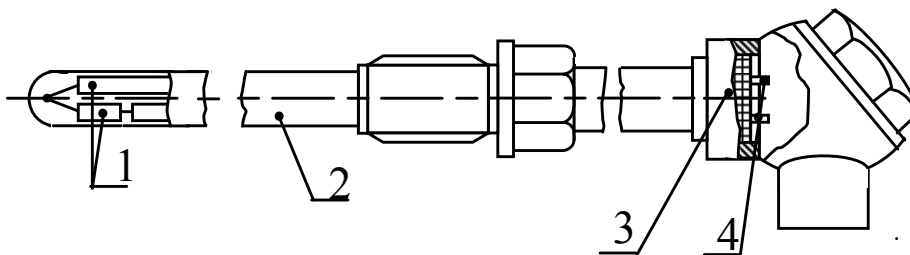


Рис. 2. Конструкция ТЭП

Для изоляции термоэлектродов и защиты их от вредного воздействия измеряемой среды, для обеспечения механической прочности термопары и удобства ее монтажа термопара помещается в защитную арматуру (рис. 2).

Арматура состоит из электроизоляции 1 (керамические бусы, трубки и т. п.), металлического защитного чехла 2 и головки 3 с зажимами 4 для присоединения компенсационных проводов, соединяющих ТЭП с измерительным прибором (ИП). Термопара, помещенная в защитную арматуру, называется ТЭП. Основные номинальные статические характеристики (НСХ) стандартных технических ТЭП наиболее часто применяемых в энергетике и их метрологические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1–Метрологические характеристики ТЭП

Тип ТЭП	НСХ	Материалы термоэлектродов	Класс допуска	Пределы измерения, °С	Допускаемая погрешность, Δt_d °С
ТПП	S (ПП)	Платинордий – платина	2	0 – 600	1,5
			1	600 – 1600 0 – 1100 1100 – 1600	$0,0025 \cdot t$ 1,0 $1+0,003(t-1000)$
ТХА	К(ХА)	Хромель–алюмель	2	-40 – 333	2,5
			1	333 – 1300 -40 – 375 375 – 1300	$0,0075 \cdot t$ 1,5 $0,004 \cdot t$
ТХК	L(ХК)	Хромель–копель	2	-40 – 300 300 – 800	$2,5$ $0,7+0,005 \cdot t$

Примечания: 1. t –значение измеряемой температуры.

2. Пределы допускаемых погрешностей ТЭДС термоэлектрических преобразователей ΔE_d в мВ определяются по формуле

$$\Delta E_d = \Delta t_d \cdot \left(\frac{\Delta E}{\Delta t} \right), \quad (5)$$

где Δt_d – предел допускаемой абсолютной погрешности, рассчитанный по данным табл. 1 для соответствующего диапазона и класса допуска;

$\left(\frac{\Delta E}{\Delta t} \right)$ – чувствительность ТЭП, рассчитанная для измеренного значения температуры.

Чувствительность ТЭП определяется следующим образом:

- в окрестности измеряемой температуры t выбирают небольшой интервал температур ($\sim 20 \div 50$ °С) $\Delta t = t_2 - t_1$, причем $t_2 > t > t_1$;

- по заданной НСХ ТЭП находят изменение ТЭДС, соответствующее выбранному интервалу температур $\Delta E = E(t_2, t_0) - E(t_1, t_0)$;
- находят отношение $\left(\frac{\Delta E}{\Delta t} \right)$.

Рис. 3 иллюстрирует нахождение чувствительности ТЭП.

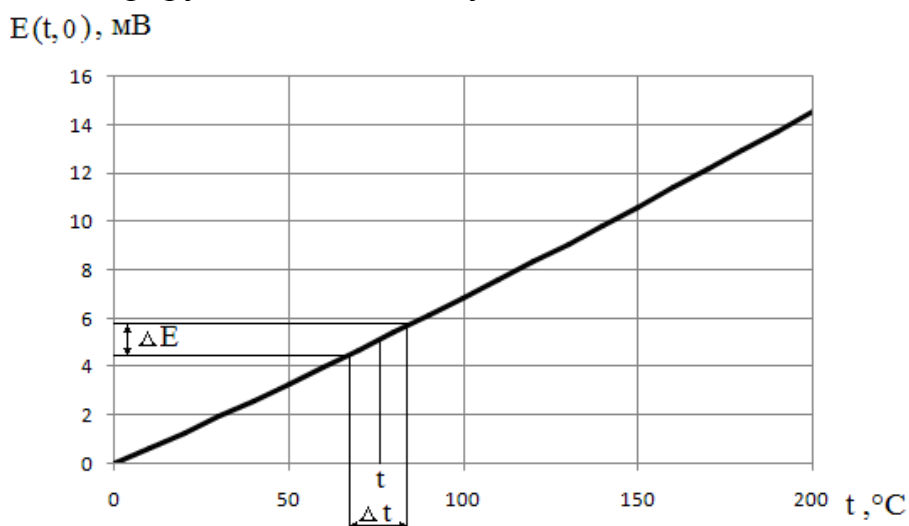


Рис. 3. Определение чувствительности ТЭП по НСХ

ПОВЕРОЧНАЯ УСТАНОВКА

На рис. 4 приведена схема установки для поверки технических ТЭП. Нагрев ТЭП производится в трубчатой электропечи 1. Питание электропечи включается тумблером 14. Сила тока в цепи питания электропечи измеряется амперметром 13.

Измерительная система, состоящая из милливольтметра 8 и ТЭП 3 с НСХ К (хромель - алюмель), предназначена для измерения и регулирования температуры в электропечи. Регулирование температуры в электропечи производится следующим образом: задатчик милливольтметра с помощью отвертки устанавливается на отметку шкалы, соответствующую значению поверяемой температуры, при достижении температурой в электропечи заданного значения размыкается нормально замкнутый контакт 15 милливольтметра и выключается цепь питания электропечи.

Рабочие концы эталонного платиновой - платинового ТЭП и поверяемого хромель - копелевого ТЭП, вставлены в медный блок 2, который служит для выравнивания температур рабочих концов всех ТЭП.

К ТЭП присоединяются компенсационные провода 4, отводящие холодные концы 12 в нулевой термостат 5. Компенсационные

провода скручиваются или спаиваются с медными соединительными проводами 7, погружаются в пробирки 6, заполненные трансформаторным маслом. Через клеммы 11 (3÷6) и двухполюсный переключатель 9 эталонный и поверяемый ТЭП поочередно подключаются к рабочему эталону 10 (МЕТРАН 510-ПКМ) класса точности 0,015.

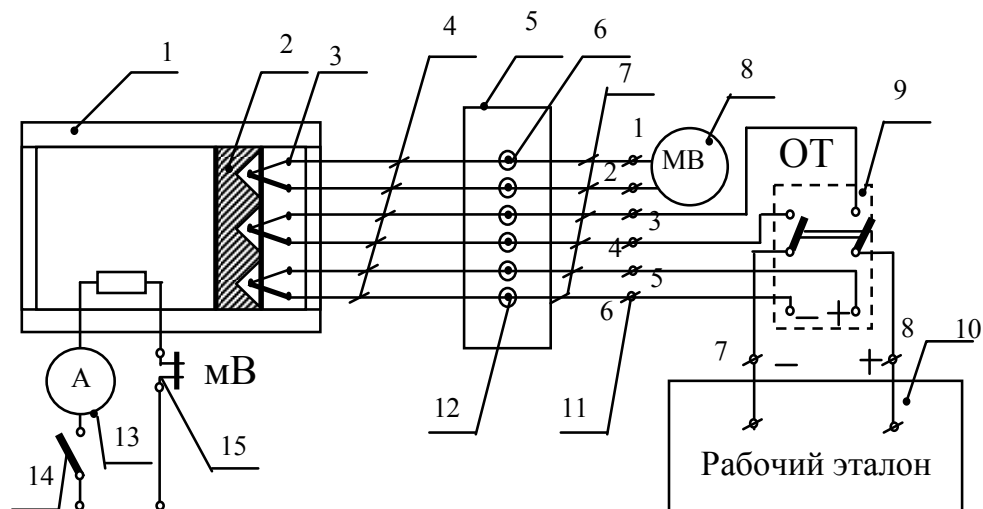


Рис. 4. Схема поверочной установки

ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Методика поверки технических ТЭП приведена в ГОСТ 8.338 – 2002. Поверка производится методом сличения их показаний с показаниями эталонного ТЭП, т.е. определяется реальная НСХ.

Температура свободных концов ТЭП в процессе поверки должна поддерживаться равной $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ (смесь чистого льда или снега с водой). Поверка может производиться и при иной t_0 , которая должна измеряться с погрешностью не более $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Окончательные результаты измерений ТЭДС должны быть приведены к $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Измерение ТЭДС производится через $100 - 200 \text{ }^\circ\text{C}$ при температурах близких к целым сотням градусов, начиная со $100 \text{ }^\circ\text{C}$ до верхнего температурного предела измерения поверяемого ТЭП.

На занятии должны быть сняты значения ТЭДС не менее чем в 2-х температурных точках. Значения поверяемых температурных точек задаются преподавателем.

На установке № 5 включаются тумблеры «Сеть» (загорается красная сигнальная лампочка) и «ТЭП», при этом включается амперметр 13 и напряжение подается на электропечь.

Намечаются поверяемые температурные точки, определяются по таблицам (НСХ) соответствующие им ТЭДС для эталонного ТЭП и

вносятся в протокол. Выставляется задатчик милливольтметра на первую поверяемую температурную отметку.

Проверяется наличие термометра в нулевом термостате 6, который предназначен для измерения температуры холодных концов ТЭП.

Подсоединяется к клеммам «РЭ» (7-8), соблюдая полярность, эталонный калибратор и настраивается для измерения напряжения. Двухполюсный переключатель 9 включается в положение ОТ (эталонный ТЭП).

ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

Прогревается печь до заданной температуры. При этом регулирующий милливольтметр автоматически отключает питание печи, и стрелка амперметра падает до нуля. Через 1÷2 минуты после отключения печи скорость изменения температуры достигнет допустимой, т.е. $0,2 \div 0,4$ °С в минуту. Измеряется калибратором ТЭДС эталонного ТЭП. Убедившись, что ТЭДС его близка к табличному значению, продолжить замеры, проделав их не менее 4-х раз для каждого ТЭП, при поочередном подключении эталонного и поверяемого ТЭП. Измерения производятся с максимально возможной скоростью и точностью. Результаты измерения заносятся в протокол поверки.

Аналогично производятся измерения ТЭДС в последующих поверяемых точках.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Для каждой температурной точки вычисляется среднее арифметическое значение ТЭДС эталонного ТЭП $E'_{\text{ср}}$. Если $t'_0 > 0$ °С, то к $E'_{\text{ср}}$ необходимо прибавить поправку на t'_0 . Затем по НСХ эталонного ТЭП определяется значение действительной температуры в печи t_d .

Для поверяемого ТЭП по его НСХ и t_d определяется действительное значение ТЭДС $E_{\text{пт}}$. Вычисляется среднее арифметическое значение ТЭДС поверяемого ТЭП $E'_{\text{ср}}$ и прибавляется к нему поправка на t'_0 . Абсолютная погрешность определяется по формуле:

$$\Delta E = \pm (E_{\text{ср}} - E_{\text{пт}}), \text{ мВ.} \quad (6)$$

Значения пределов допускаемых абсолютных погрешностей технических ТЭП Δt_d в °С приведены в табл. 1, а ΔE_d в мВ определяются по формуле 5.

Устанавливается соответствие метрологических характеристик поверяемого ТЭП для каждой поверяемой точки путем сравнения значений абсолютных погрешностей, полученных в результате поверки, с пределами

допускаемых абсолютных погрешностей, выраженных в мВ. Если выполняется условие:

$$\Delta E \leq \Delta E_d, \quad (7)$$

то поверяемый ТЭП «годен» для дальнейших измерений температуры. Если условие (7) хотя бы в одной поверяемой точке не соблюдается, то ТЭП «не годен» для измерений. В протоколе поверки делается соответствующая запись.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

1. Назначение, устройство и принцип действия ТЭП.
2. Описание поверочной установки.
3. Поверка ТЭП, обработка результатов измерений и протокол поверки.
4. Ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Можно ли одним ТЭП измерить разность температур двух сред?
2. Можно ли проводить поверку ТЭП при температуре свободных концов не равной 0 °С?
3. Какова допустимая скорость изменения температуры в печи при поверке ТЭП?
4. Какие основные устройства и приборы необходимы для поверки ТЭП?
5. Для чего применяются компенсационные провода?
6. ТЭП какой градуировки развивает большую ТЭДС при 100 °С?
7. Каково назначение защитной арматуры ТЭП?
8. Изменится ли ТЭДС, если в цепь термопары включить измерительный прибор?
9. С какой целью и когда вводится поправка на температуру свободных концов ТЭП?
10. С какими измерительными приборами в комплекте работают ТЭП?

ПРОТОКОЛ

поверки термоэлектрического преобразователя с НСХ _____.
 Поверка произведена по эталонному термоэлектрическому преобразователю с НСХ _____ и эталонному калибратору типа _____, № _____, класса точности _____.
 Температура свободных концов ТЭП _____ °С.
 Поправка на температуру свободных концов: эталонного ТЭП _____ мВ, поверяемого ТЭП _____ мВ.

Поверяемые точки, °С	Эталонный ТЭП						Действительная температура $t_{д}, ^\circ\text{C}$	Поверяемый ТЭП						Абсолютная погрешность $\Delta E, \text{ мВ}$	Допускаемая погрешность $\Delta t_{д}, ^\circ\text{C}$	Допускаемая погрешность $\Delta E_{д}, \text{ мВ}$	
	Измеренная ТЭДС, мВ					$E'_{\text{эп}}$, приведенная к $t_0=0^\circ\text{C}$		Табличная ТЭДС $E_{\text{тп}}, \text{ мВ}$	Измеренная ТЭДС, мВ								$E'_{\text{пер}}$, приведенная к $t_0=0^\circ\text{C}$
	1	2	3	4	$E'_{\text{эп}}$				1	2	3	4	$E'_{\text{пер}}$				

Вывод: _____

Муза Михайловна Григорьева

Проверка технических термоэлектрических преобразователей.
Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технические измерения и приборы» для студентов направления 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника Энергетического института.

Подписано к печати _____.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл. печ. л. 0.75. Уч.-изд. л. 0.7.

Тираж _____ экз. Заказ _____ . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина 30.