

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

ИЗУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Методические указания
для выполнения лабораторных работ
по дисциплине «Технические измерения и приборы»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Курган 2015

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Технические измерения и приборы»

(направление 220700.62).

Составили: канд. техн. наук, доцент О.В. Дмитриева.

Утверждены на заседании кафедры 27 ноября 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта «Инженерные кадры Зауралья» 20 декабря 2013 г.

Содержание

Введение.....	4
1. Устройство, принцип работы и области применения термоэлектрических преобразователей	4
2. Электрические термометры сопротивления	9
3. Лабораторный стенд для изучения датчиков температуры	14
3.1 Состав, назначение и технические характеристики стенда.....	14
3.2 Основные технические характеристики элементов стенда.....	15
4. Порядок выполнения лабораторной работы	17
5. Контрольные вопросы	17
6. Список использованных источников.....	18
Приложение А	19

Введение

Температура - физическая величина, характеризующая внутреннюю энергию тела. В соответствии с кинетической теорией температура - мера кинетической энергии поступательного движения молекул тела. Температуру измеряют с помощью устройств, использующих различные термометрические свойства жидкостей, газов и твердых тел.

Существуют десятки различных устройств измерения температуры, применяемых в промышленности, при научных исследованиях, для специальных целей. В таблице 1 приведены наиболее распространенные устройства для измерения температуры и пределы их применения.

Таблица 1 – Средства измерения температуры

Термометрическое свойство	Наименование устройства	Пределы длительного применения, °С	
		Нижний	Верхний
Тепловое расширение	Жидкостные стеклянные термометры	-190	600
Изменение давления	Манометрические термометры	-160	60
Изменение электрического сопротивления	Электрические термометры сопротивления.	-200	500
	Полупроводниковые термометры сопротивления	-90	180
Термоэлектрические эффекты	Термоэлектрические термометры (термопары) стандартизованные.	-50	1600
	Термоэлектрические термометры (термопары) специальные	1300	2500
Тепловое излучение	Оптические пирометры.	700	6000
	Радиационные пирометры.	20	3000
	Фотоэлектрические пирометры.	600	4000
	Цветовые пирометры	1400	2800

Цель лабораторной работы: изучить конструкции и принцип действия различных датчиков температуры и приобрести навыки работы с современными системами измерения и регулирования температуры.

1. УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Для измерения температуры в промышленности наиболее широкое распространение получили термоэлектрические термометры, работающие в интервале температур от -200 до +2500 °С и выше. Данный тип устройств характеризует высокая точность и надежность, возможность использования в системах автоматического контроля и регулирования параметра, в

значительной мере определяющего ход технологических процессов термообработки.

Сущность термоэлектрического метода заключается в возникновении ЭДС в проводнике, концы которого имеют различную температуру. Под *термоэлектрическим эффектом* понимается генерирование термоэлектродвижущей силы (термоЭДС), возникающей из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов и сплавов.

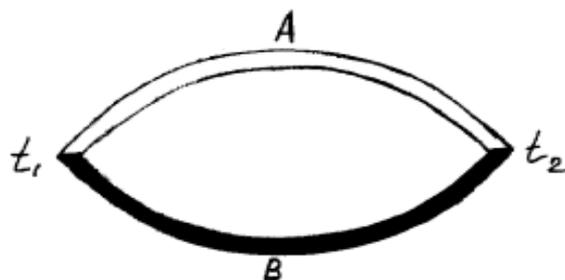


Рисунок 1 – Термопара

Результирующая термо-ЭДС цепи, состоящей из двух разных проводников А и В (однородных по длине), равна

$$E_{AB}(t_2, t_1) = e_{AB}(t_2) + e_{AB}(t_1)$$

или

$$E_{AB}(t_2, t_1) = e_{AB}(t_2) - e_{AB}(t_1) \quad (1)$$

где $e_{AB}(t_2)$ и $e_{AB}(t_1)$ - разности потенциалов проводников А и В соответственно при температурах t_2 и t_1 , мВ.

Термо-ЭДС данной пары зависит только от температуры t_1 и t_2 и не зависит от размеров термоэлектродов (длины, диаметра), величин теплопроводности и удельного электросопротивления. Для увеличения чувствительности термоэлектрического метода измерения температуры в ряде случаев применяют термобатарею: несколько последовательно включенных термопар, рабочие концы которых находятся при температуре t_2 , свободные при известной и постоянной температуре t_1 .

В сочетании с электроизмерительным прибором термопара образует термоэлектрический термометр. Измерительный прибор (микровольтметр) или электронную измерительную систему подключают либо к концам термоэлектродов (рис. 2,а), либо в разрыв одного из них (рис.2,б).

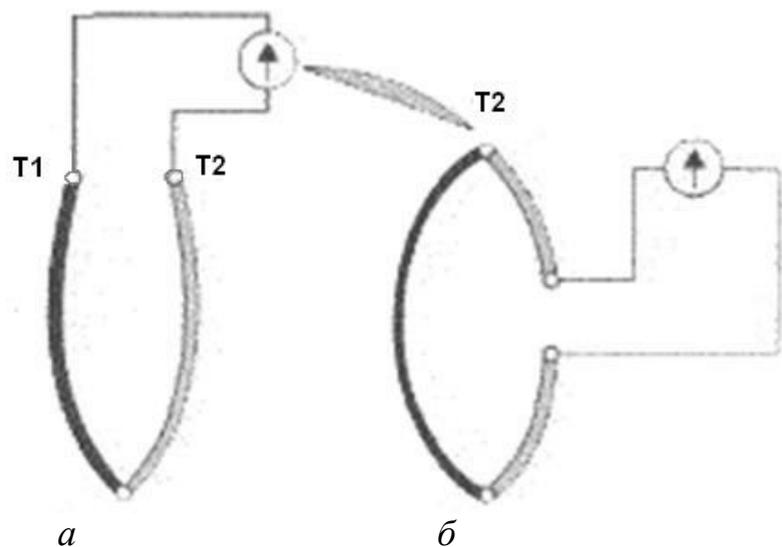


Рисунок 2 – Схемы подключения микровольтметра: а – к концам термоэлектродов; б – в разрыв термоэлектрода

Основные варианты конструктивного исполнения термопар представлены на рисунке 3.

Неизолированная токопроводящая термопара с открытым контактом применяется в диапазоне температур до 2300 °С. Малые размеры, малая постоянная времени, возможность точечного измерения (не отводит тепло от измеряемого объекта) позволяют применять данный тип термопар в биофизике, медицине, а также для динамических измерений температур. Термопары не подходят для использования в жидкостях и агрессивных средах.

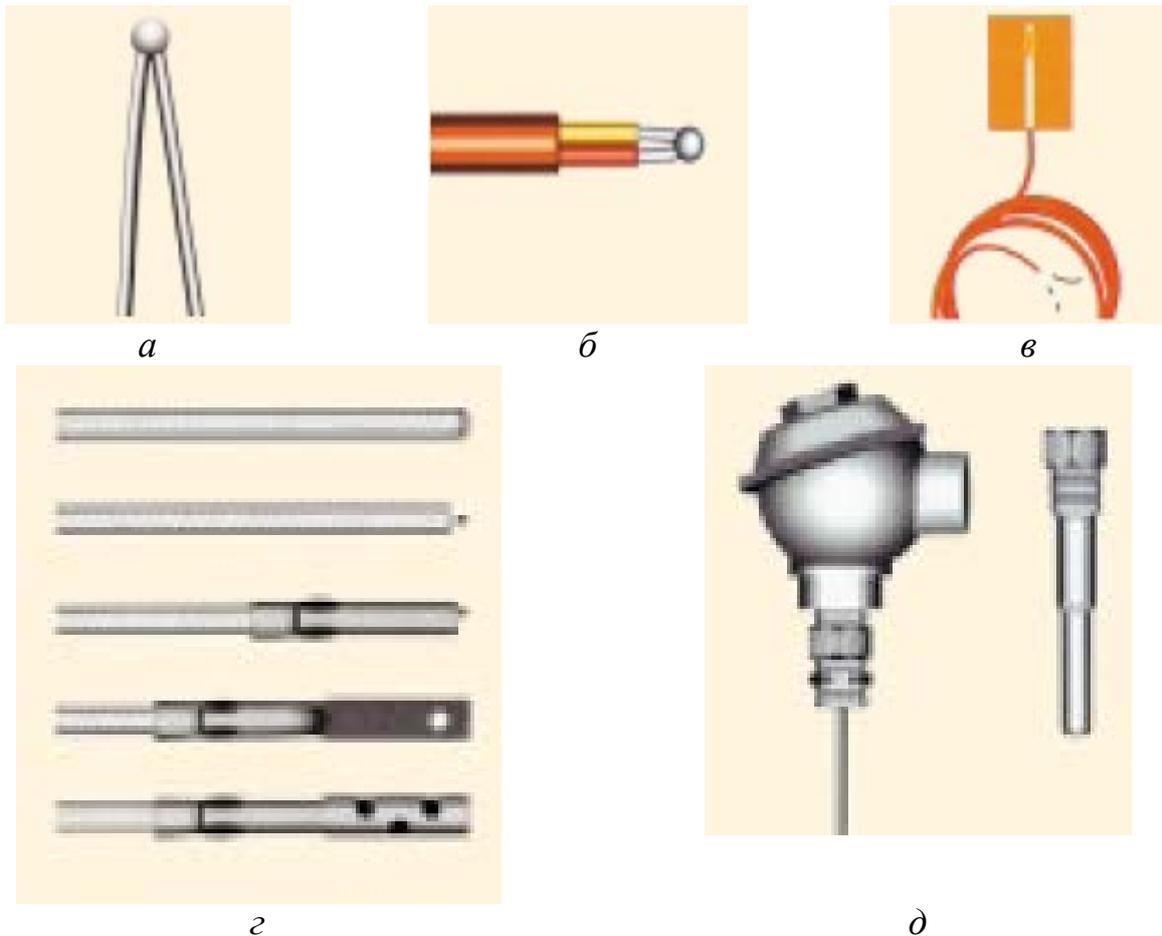


Рисунок 3 – Основные варианты конструктивного исполнения термопар: а - неизолированная токопроводящая с открытым контактом; б – изолированная с открытым контактом; в – изолированная на самоклеящейся основе; г – изолированная в керамической оболочке; д – в керамическом корпусе с встроенными клеммами для установки в гильзу

Изолированная термопара с открытым контактом используется до 500 °С. Для устранения ошибок необходимо ограничивать длину проводников. Обладают малыми постоянными времени и используются для измерения температур газов и поверхностей. Изолированная оболочка из тефлона или стекла обеспечивает термическую и химическую стойкость.

Изолированная термопара на самоклеящейся основе пригодна для измерений в диапазоне температур от -60 °С до +175 °С. Малая постоянная времени, малая тепловая инерция, удобная самоклеящаяся основа обусловили основное применение для измерения температуры поверхности. Легко снимается и устанавливается.

Изолированная термопара в керамической оболочке обладает гибкой конструкцией, стойкостью к истиранию, возможностью работы при высоких температурах до 1100 °С. Используются в термопечах, термоустановках, станкостроении.

Термопары в керамическом корпусе с встроенными клеммами используются для установки в гильзу до 1150 °С. Высокая коррозионная

стойкость в промышленных условиях, возможность установки в гильзу позволяют проводить измерения в тяжелых промышленных условиях и использовать с гильзами различных типов.

Основные характеристики термопар приведены в приложении А.

Для измерения в машиностроении наиболее широко применяются термопреобразователи со стандартной градуировкой: платинородий-платиновые (ТПП), платинородий-платинородиевые (ТПР), хромель-алюмелевые (ТХА), хромель-капелевые (ТХК), вольфрамрений-вольфрамрениевые (ТВР). В ряде случаев используют также термопары с нестандартной градуировкой: медь-константановые, вольфрам-молибденовые (ТВР) и др. На рисунке 4 приведены градуировочные кривые ряда термопар.

В условиях длительной эксплуатации при высоких температурах и агрессивном воздействии сред появляется нестабильность градуировочной характеристики, которая является следствием ряда причин: загрязнения материалов термоэлектродов примесями из защитных чехлов, керамических изоляторов и атмосферы печи; испарения одного из компонентов сплава; взаимной диффузии через спай. Величина отклонения может быть значительной и резко увеличивается с ростом температуры и длительностью эксплуатации. Указанные обстоятельства необходимо учитывать при оценке точности измерения температуры в производственных условиях.

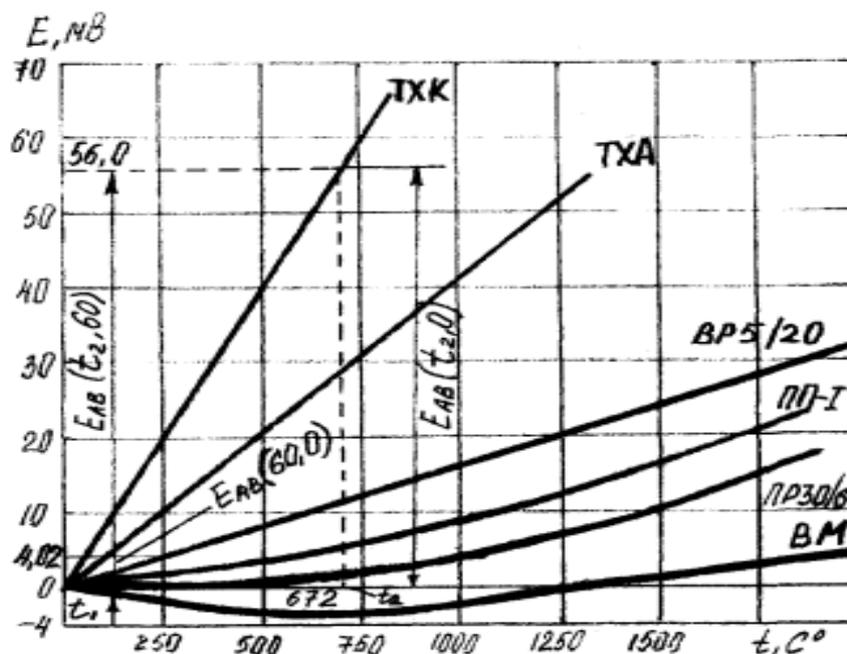


Рисунок 4 – Градуировочные характеристики термопреобразователей

Термопары типа ТХА обладают наиболее линейной характеристикой, предназначены для использования в окислительных и инертных средах.

Термопары типа ТХК обладают наибольшей чувствительностью, высокой термоэлектрической стабильностью в диапазоне температур до 600 °С.

Используются в окислительных и инертных средах. Основным недостатком является высокая чувствительность к деформациям.

Термопары типа ТПП обладают хорошей устойчивостью к газовой коррозии, особенно на воздухе при высоких температурах; высокой надежностью при работе в вакууме. Предназначены для длительной эксплуатации в окислительных средах. Недостатком является высокая чувствительность термоэлектродов к любым загрязнениям, появившимся при изготовлении, монтаже или эксплуатации термопар.

Преимущества применения термопреобразователей:

- возможность измерения высоких температур;
- измерение в воздухе и газе;
- устойчивость к вибрациям и ударам.

Среди основных недостатков термопар следует отметить неточность измерения из-за погрешностей, относительно низкий уровень выходного сигнала, плохая устойчивость к шумам.

Основные источники погрешности при измерении температуры с использованием термопреобразователей являются: плохой контакт в месте спая и раскалибровка; шунтирование термопары и гальванический эффект; шумы и помехи; тепловое сопротивление между термопарой и образцом; теплоотвод по термопарным проводам.

Для уменьшения негативных факторов и улучшения качества измерений температуры с помощью термопар следует использовать максимально толстые проводники, не отводящие тепло от измеряемой зоны; при использовании тонких проводников максимально уменьшать их длину; не подвергать термопару резким колебаниям температуры и использовать её и соединительные провода только в рабочем диапазоне температур; оберегать по возможности датчик и провода от ударов и вибраций, которые могут ухудшить параметры измерительной системы.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Принцип действия термометров сопротивления основан на изменении электрического сопротивления проводника при изменении температуры. Зная зависимость сопротивления от температуры, можно по его измерению определять температуру среды, в которую помещен термометр сопротивления.

Известно, что при нагреве металлы увеличивают сопротивление от 0,4 - 0,6 % на 1 °С, а окислы металлов (полупроводники) уменьшают свое сопротивление в 8 - 15 раз по сравнению с металлами. График изменения электрического сопротивления проводников представлен на рисунке 5.

Зависимость сопротивления металлов от температуры в небольшой интервале температур определяется уравнением:

$$R_t = R[1 + \alpha(t - t')] \quad (2)$$

где R_t - сопротивление металлического проводника при температуре t ; R - сопротивление того же проводника при температуре t' ; $(t-t')$ - интервал измерения температур; α - коэффициент температурного сопротивления. При увеличении температуры полупроводникового термометра его сопротивление резко уменьшается согласно зависимости:

$$R_t = R \cdot e^{\frac{B(293-T)}{293T}} \quad (3)$$

где R - значение сопротивления при 293 К; T - температура, К; B - постоянная, зависящая от свойств полупроводникового материала.

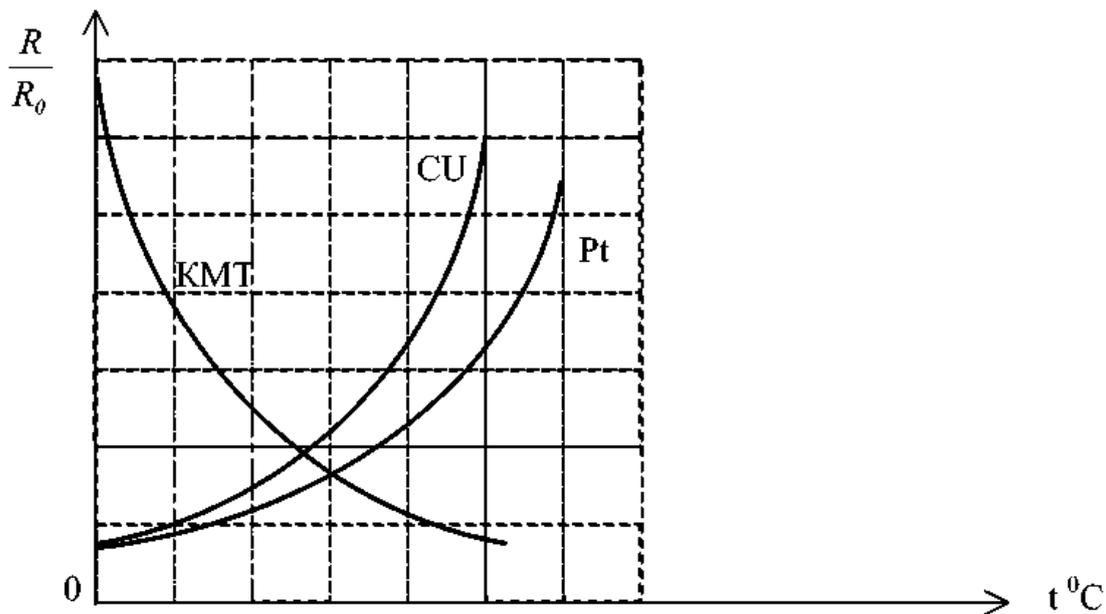


Рисунок 5 – Зависимость сопротивления термометров сопротивления от температуры: Cu – медный; Pt – платиновый; КМТ – полупроводниковый

В комплект электрического термометра входят чувствительный элемент, измерительный прибор и соединительные провода. В качестве чувствительного элемента в термометре сопротивления применяется металлическая проволока (Cu, Pt), намотанная на изоляционный каркас и заключенная в защитный кожух (рис.6).

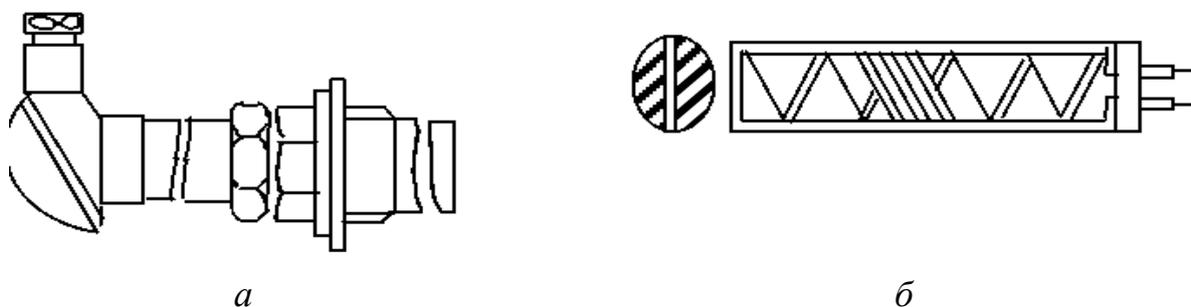


Рисунок 6 – Платиновый термометр сопротивления: а – с подвижным штуцером; б – чувствительный элемент

Электрические термометры сопротивления применяются для измерения температур в диапазоне от -200 до +700°C. Серийно выпускаемые в нашей стране термометры сопротивления приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики термометров сопротивления

Тип	Номинальное сопротивление при 0°C, Ом	Новая градуировка	Старая градуировка
ТСП платина	1	1П	
	5	5П	
	10	10П	гр. 20
	50	50П	гр. 21 (46 Ом)
	100	100П	гр. 22
ТСМ медные	10	ЮМ	
	50	50М	гр. 23 (53 Ома)
	100	100М	гр. 24

Чувствительными элементами полупроводниковых термометров сопротивления (термисторов) являются смеси окислов меди, марганца, магния, никеля, кобальта и др. Смеси двух-трех окислов со связывающими добавками измельчают, спекают и обжигают, придавая им форму небольших цилиндриков, шайбочек или бусинок (рисунок 7). В торцы чувствительных элементов вжигают контакты.

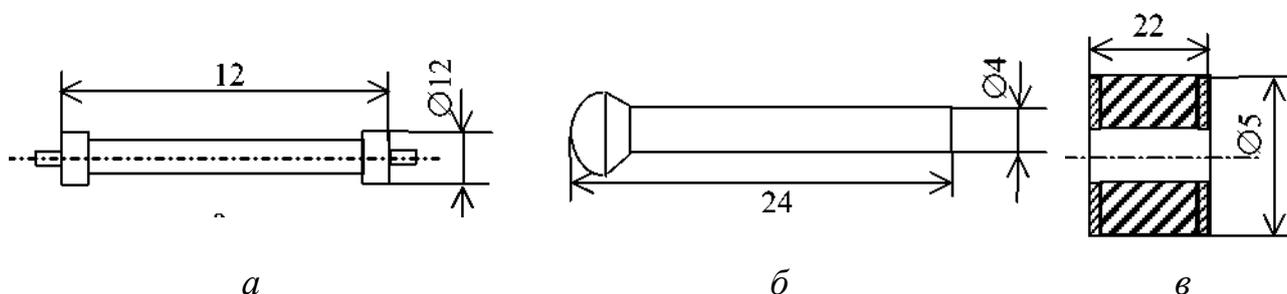


Рисунок 7 – Конструктивные формы полупроводниковых термометров сопротивления: а – трубчатая (КМТ); б – дисковая (СТ5); в – цилиндрическая (ММС)

Технически серийно изготавливаемые термисторы предназначены для измерений температур в диапазоне от -90 до +180°C.

В качестве вторичных приборов с термометрами сопротивления применяются обычно автоматические электронные равновесные мосты, реже логометры, неравновесные мосты и тестеры.

Уравновешенный мост, принципиальная схема которого приведена на рисунке 8,а, используется для определения величины сопротивления при градуировке ТС и при измерениях температуры в лабораторных условиях.

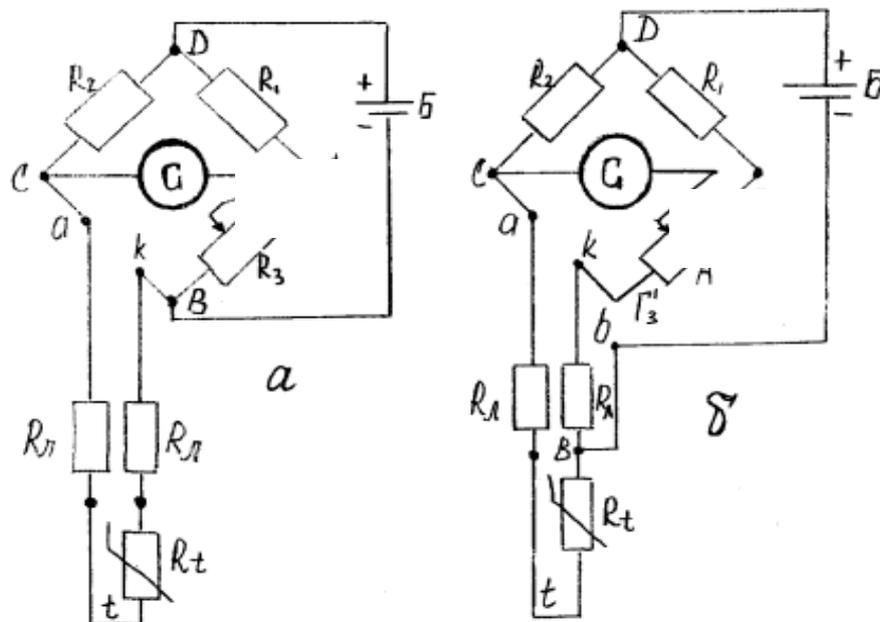


Рисунок 8 – Мостовые схемы включения термосопротивлений

Нулевой метод измерения характеризуется высокой точностью, так как исключается влияние окружающей температуры, магнитных полей и изменения напряжения батареи питания Б. Однако значительная погрешность может возникать при изменении сопротивления соединительных проводов $R_{л}$, что вызывается значительными сезонными и суточными колебаниями температуры в местах прохождения кабеля, соединяющего ТС и измерительный мост.

На рисунке 8,б представлена трехпроводная схема включения ТС, в которой одна вершина диагонали питания (В) перенесена непосредственно к термометру. Сопротивление проводов $R_{л}$ оказываются включенными в различные плечи моста, поэтому изменение их величины $\Delta R_{л}$ практически взаимно компенсируются.

Неуравновешенный мост исключает необходимость выполнения ручных операций по изменению величины R_3 . В нем вместо нуля-прибора G в диагональ моста AC устанавливается миллиамперметр. При постоянном напряжении питания и постоянных сопротивлениях R_1, R_2, R_3 через этот прибор протекает ток, величина которого зависит (нелинейно) от изменения R_T . Использование данных мостов для измерения температуры ограничено. В основном они применяются для преобразования сопротивления термометра в напряжение.

Автоматические уравновешенные мосты широко используются для измерения и регистрации температуры в комплекте с термосопротивлениями. Их характеризует высокая точность и возможность использования в системах автоматического регулирования. Они выпускаются различных модификаций: одно- и многоточечные, с дисковой или ленточной диаграммой, с сигнальными устройствами и др.

На рисунке 9 приведена принципиальная схема автоматического уравновешенного моста, который, так же как ручной равновесный мост, реализует нулевой метод измерения сопротивления.

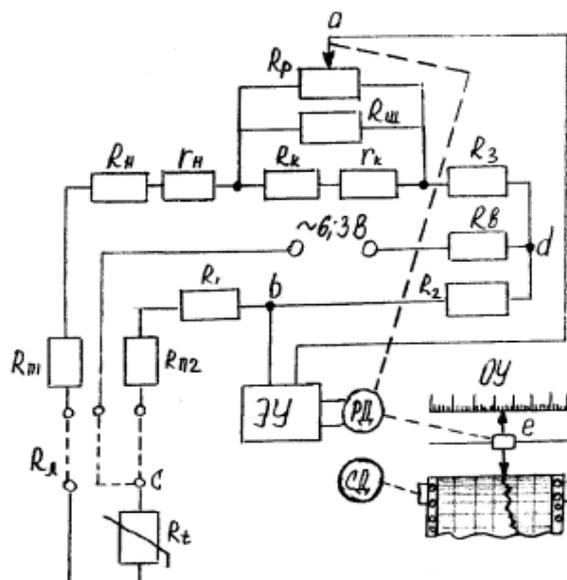


Рисунок 9 – Автоматический уравновешенный мост

Термометр сопротивления R_t подключен к прибору по трехпроводной схеме. В измерительную схему моста входят уравновешивающий реохорд R_p с шунтирующим его резистором $R_{ш}$ (ограничивает ток, текущий по реохорду); резисторы $R_н$ и $R_к$, определяющие начало и конец шкалы; спирали $r_н$ и $r_к$, обеспечивающие точную подгонку диапазона шкалы и являющиеся частью резисторов $R_н$ и $R_к$; резисторы R_1 , R_2 и R_3 , образующие постоянные плечи моста; термосопротивление R_t , являющийся переменным плечом; балластный резистор R_6 , который ограничивает ток в мостовой схеме и обеспечивает минимальный нагрев термосопротивления; подгоночные резисторы $R_{п1}$ и $R_{п2}$, обеспечивающие сопротивление подводящей линии $R_{л}=5$ Ом (каждый из двух соединительных проводов имеет сопротивление 2,5 Ом).

Электронный усилитель переменного тока ЭУ включен в диагональ ab и обеспечивает усиление разбаланса, возникающего в измерительной схеме при изменении сопротивления терморезистора R_t . Усиленный сигнал поступает на вход реверсивного двигателя РД, который вращением вала заставляет перемещаться подвижную каретку регистрирующего устройства e и движок реохорда R_p . Вращение вала происходит до тех пор, пока не наступит новое равновесие схемы; напряжение разбаланса станет равным 0, сигнал на входе РД также исчезнет и двигатель остановится.

Питание измерительной схемы моста производится через диагональ d с помощью силового трансформатора ЭУ переменным током напряжением 6,3 В

и частотой 50 Гц. Синхронный двигатель СД перемещает диаграммную бумагу относительно пера или печатающего устройства с постоянной скоростью.

3. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

3.1 Состав, назначение и технические характеристики стенда

Лабораторный стенд предназначен (рисунок 10) для проведения лабораторных работ по курсу «Технические измерения и приборы».



Рисунок 10 – Стенд для изучения датчиков температуры

Стенд обеспечивает изучение и исследование:

- статических и динамических характеристик датчиков температуры различного типа;
- промышленных контроллеров;
- протоколов передачи данных;
- замкнутой системы автоматического регулирования температуры.

В состав стенда входят: стол лабораторный; емкость лабораторная воздушная; контактный датчик температуры; термопары (2 шт.); термометры сопротивления (2 шт.); биметаллический стрелочный термометр; датчик температуры с AS-интерфейсом; измеритель-регулятор; программируемый

логический контроллер; преобразователь интерфейса Modbus-USB; персональный компьютер; SCADA – система; программное обеспечение (компакт-диск); комплект силовых кабелей и соединительных проводов.

Технические характеристики стенда:

- Напряжение электропитания, В220
- Частота питающего напряжения, Гц50
- Потребляемая мощность, ВА не более500
- Габариты, не более, мм1550x1200x700(ШxВxГ)
- Масса, не более, кг100
- Диапазон рабочих температур, °С+10...35
- Влажность, %.....до 80

3.2 Основные технические характеристики элементов стенда

Стенд имеет *технологическую емкость* из органического стекла, объемом не менее 10 л., в которой установлен нагреватель и все исследуемые датчики температуры с возможностью их быстрого введения и выведения из рабочей области емкости. Исследуемые устройства и приборы установлены на стенде таким образом, что существует возможность сравнения между собой показаний измерительных приборов различного типа при измерении одного и того же параметра. В лабораторном стенде использовано только промышленное оборудование и лицензионное ПО программируемого контроллера, SCADA-системы и операционной системы персонального компьютера.

Контактный датчик температуры представляет собой биметаллический термостат с техническими характеристиками, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики контактного датчика температуры

Характеристика	Значение
Напряжение коммутируемой цепи, не более, В	~250
Максимальный ток, не более, А	10
Число срабатываний при макс. токе 16/25 А и $\cos \phi=1,0$ не менее	30000
Температура срабатывания, °С	50±3
Температура возврата ниже точки настройки °С	37 ± 8;
Переходное сопротивление, не более, Ом	0,05
Электрическая прочность, не менее, В	1500
Сопротивление изоляции, не менее, Мом	50
Степень защиты термоограничителя, не менее	IP4x

Термопары. В стенде применены 2 различных термопары с техническими характеристиками, представленными в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики термопреобразователей

Параметр	Датчик	Датчик
Номинальная статическая характеристика (НСХ)	ХК	ХА
Рабочий диапазон измеряемых температур, °С	-40...+600	
Класс допуска	2	
Условное давление, МПа	10	
Исполнение рабочего спая	Изолированное, неизолированное	
Диаметр термоэлектродной проволоки	0.7, 1.2, 3.2	
Показатель тепловой инерции изолированным рабочим спаем, с	60	
Показатель тепловой инерции неизолированным рабочим спаем, с	10	
Сопротивление изоляции, МОм	100	
Степень защиты	IP54	
Материал защитной арматуры	сталь 12Х18Н10Т	

Биметаллический стрелочный термометр используется для визуального контроля температуры в технологической емкости и обладает следующими техническими характеристиками (таблица 5).

Таблица 5 – Технические характеристики биметаллического стрелочного термометра

Параметр	Значение
Рабочий диапазон измеряемых температур, не менее, °С	0...+120
Класс точности, не более	2,5
Измерительная система	биметаллическая пружина
Постоянная времени, не более, с	30
Степень защиты, не менее	IP43

Датчик температуры с AS-интерфейсом. В стенде использован интеллектуальный датчик температуры, поддерживающий передачу данных по AS-интерфейсу. Технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики интеллектуального датчика

Параметр	Значение
Разъем подключения к процессу	G1/4 А
Разрядность	16 бит со знаком
AS-i профиль	S-7.3
Максимальная температура среды, не менее	+150 °С
Диапазон измерения, не менее	-10...+150 °С

Применение	жидкости и газы
Диапазон рабочих напряжений, не менее	+(18...31,6) В
Защита от переплюсовки	Да
Защита от перегрузок по току	Да
Потребление тока, не более	25 мА
Предел прочности по давлению	400 Атм
Точность по аналоговому выходу, не более	$\pm 0,1$ (60°C / 140°F) $\pm 0,3$ (0...140°C / 32...284°F)
Точность температурных коэффициентов (в % к интервалу в 10 К), не более	0,1
Разрешение по аналоговому выходу	0,05
Измерительный элемент	1 x Pt 1000, to DIN EN 60751, класс А
Динамика реакции (срабатывания) T05 / T09	1/3
Минимальная глубина установки	15 мм

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Внимательно изучить теоретические сведения, которые содержатся в данных методических указаниях, и ответить на контрольные вопросы.

2. Техническое описание стенда, в котором содержатся основные технические характеристики стенда в целом и его составных элементов. Подробно изучить раздел связанные с описанием исследования датчиков температуры: термопар; терморезисторов; датчика температуры с AS-интерфейсом.

3. Подготовить стенд к работе.

4. Получить индивидуальное задание у преподавателя. Работа Выполняется группой из 2-3 студентов.

5. Провести измерения температуры различными средствами измерений.

6. Составить отчет по лабораторной работе, в котором следует отразить следующее:

- измеренные параметры температуры, представленные в табличной форме;
- графики изменения температуры, построенные по опытным данным;
- выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое термопара?
2. В чем заключается термоэлектрический эффект?
3. Как меняется сопротивление проводников в увеличении их температуры?
4. Какие датчики температуры наиболее часто применяются при измерении температуры в машиностроении?

5. Какие пределы измерения температуры с помощью термосопротивлений? термопреобразователей?

6. Какие схемы включения применяют для использования термосопротивлений?

7. Как повысить точность измерения термопреобразователями?

6. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: Учебник для студентов вузов. -М.: Академия, 2004.-311с.

2 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов / Н.Н. Евтихийев, Я.А. Купершмидт, В.Ф.Папуловский, В.Н. Скуров: Под ред. Н.Н. Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.-352 с.

3 Фарзани Н.Г., Илясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы: Учеб. для студ. вузов по спец. “Автоматизация технологических процессов и производств”.-М.: Высш. шк. 1989.-456 с.

4 Датчики теплофизических и механических параметров: Справочник в трех томах. Т.1 (кн. 1) / Под общ. ред. Ю.Н.Коптева; Под ред. Е.Е. Багдатьяева, А.В. Горша, Я.В. Малкова.-М.: ИПРЖР, 1998.-458 с.

5 Типовой комплект учебного оборудования «Промышленные датчики температуры». Техническое описание, 2014.

Приложение А

Основные характеристики промышленных термопар

Термопара	Условное обозначение НСХ	Материал термоэлектрода		Материал удлинительного провода, марка и цвет оплетки		ТермоЭДС, мВ при $t=100^{\circ}\text{C}$, $t_0=0^{\circ}\text{C}$	Сопротивление 1 м. Ом для сечения, мм ²	
		положит.	отрицат.	положит.	отрицат.		1	2,5
Платинородий - платина	ПП (R, S)	Платинородий (90%Pt+10% Rh)	Платина	Медь П, красный или розовый	Медно-никелевый (99,4%Cu +0,6%Ni) зеленый	0,64 ± 0,03	0,05	2,5
Платинородий - платинородий	ПР (В)	Платинородий (70%Pt+30% Rh)	Платинородий (94%Pt+6% Rh)	-	-	-	0,05	0,02
Хромель - алюмель	ХА (К)	Хромель (89%Ni+9,8% Cr+1% Fe+ 0,2% Mn)	Алюмель (94% Ni+2% Al+ 2,5% Mn+1% Si+ 0,5% Fe)	Медь М, красный или розовый	Константан (42% Ni+58%Cu), коричневый	4,10 ± 0,16	0,52	0,02
Хромель - копель	ХК (L)	То же	Копель (55%Cu+45% Ni+Co)	Хромель ХК, фиолетовый или черный	Копель, желтый, оранжевый	6,95 ± 0,2	1,15	0,21
Железо - копель	ЖК	Железо	То же	Железо ЖК, белый	То же	5,57	0,60	0,46
Медь - копель	МК (М)	Медь	То же	Медь МК, красный или розовый	То же	4,76	0,50	0,24
Медь - константан	МКт (Т)	Медь	Константан (42%Ni+58% Cu)	То же	Константан, коричневый или черный	4,10 ± 0,16	0,52	0,20
Вольфрам - рений-вольфрам - рений	ВР (А1, А2, А3)	Вольфрам-рений	Вольфрам-рений	То же	Медно - никелевый синий или голубой	1,33 ± 0,03	0,20	0,21
Вольфрам - молибден	ВМ	Вольфрам	Молибден	То же	Медно-никелевый (99,7%Cu+ 0,3%Ni)	0,40 ± 0,03	0,05	0,04

Дмитриева Ольга Венедиктовна

ИЗУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Методические указания
для выполнения лабораторных работ
по дисциплине «Технические измерения и приборы»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Авторская редакция

Подписано в печать 17.03.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ.л. 1,25	Уч.-изд.л. 1,25
Заказ 54	Тираж 25	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.