

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



Кафедра автоматике и автоматизации
производственных процессов

МОНТАЖ И НАЛАДКА СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Методические указания
к лабораторным работам 1 и 2
для студентов специальности 220301,
направления 550200
очной и заочной формы обучения

Санкт-Петербург
2011

УДК 681.512.011.56(035.3)

Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю., Тросницкий М.В. Монтаж и наладка систем измерения температуры: Метод. указания к лабораторным работам 1 и 2 для студентов спец. 550200 очной и заочной формы обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 27 с.

Излагаются правила монтажа систем измерения температуры, инженерные методы наладки систем.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. В.А. Нелеп

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2011

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Монтаж и наладка систем управления – сложный комплекс работ, выполняемый в соответствии с проектом и действующими техническими условиями.

Основой любой системы управления являются контрольно-измерительные приборы. Широкое внедрение этих приборов обуславливает высокие требования как к качеству их монтажа, так и к качеству монтажа системы управления в целом. От качества и правильного выполнения монтажных работ зависит дальнейшая надежная эксплуатация систем управления.

На заключительном этапе работ по внедрению систем управления проводят наладку, заканчивая сдачей этих систем в эксплуатацию.

В целом наладочные работы – это сложное сочетание операций по проверке, регулировке, отладке, подготовке, включению и обеспечению надежной работы систем управления технологическими процессами в заданных условиях.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

- схемы установки согласно заданию;
- табличные данные результатов измерений и наблюдений;
- результаты обработки опытов в форме расчетов;
- заключение по каждому опыту с выводами.

Основные требования техники безопасности

Техника безопасности работ включает в себя следующие требования:

- включение аппаратуры на стенде производится только под контролем преподавателя или вспомогательного персонала кафедры;
- все соединения электрических схем должны быть тщательно изолированы;
- не допускается сборка и разборка схемы, находящейся под напряжением;
- не разрешается оставлять приборы под напряжением без надзора;
- проверка наличия напряжения может производиться только соответствующими приборами;

– после окончания работ на стенде вся аппаратура выключается и приводится в состояние, соответствующее первоначальному.

Правила монтажа первичных измерительных преобразователей для измерения температуры

Наиболее распространены системы измерения температуры, состоящие из первичных измерительных преобразователей (термометрических чувствительных элементов, являющихся составной частью термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления) и измерительных приборов (автоматических потенциометров и мостов, логометров, милливольтметров и миллиамперметров), соединенных между собой каналами связи.

Точность системы измерения является ее важнейшей характеристикой и зависит от метода измерения, аппаратного состава системы и качества выполнения монтажных и наладочных работ.

Целью лабораторных работ 1 и 2 является изучение правил монтажа и наладки систем измерения температуры и получения практических навыков по их применению.

Монтаж термоэлектрических преобразователей

При установке по месту термоэлектрических преобразователей применяют типовые закладные детали. В местах установки термоэлектрических преобразователей не должно быть притоков холодного воздуха или прорыва наружу нагретых газов. Глубина погружения преобразователей должна быть максимальной, благодаря чему увеличивается ее тепловоспринимающая поверхность. Располагать их следует в местах, где наибольшая скорость потока среды, в результате чего будет увеличиваться коэффициент теплопередачи.

Примеры установки термоэлектрических преобразователей приведены на рис. 1.

Монтаж термоэлектрических преобразователей производят с соблюдением следующих требований:

– исполнение монтируемых преобразователей должно соответствовать параметрам и свойствам измеряемой и окружающей среды;

– перед установкой необходимо проверить с помощью мегомметра целостность сваренных термоэлектродов;

– при малых диаметрах трубопроводов преобразователи устанавливаются под углом 30 или 45° к оси трубопровода или размещают их в колене трубопровода. Для этих целей могут также применять специальные расширители, устанавливаемые таким образом, чтобы поток протекал снизу вверх;

– рабочая часть поверхностных термоэлектрических преобразователей должна плотно прилегать к измеряемой поверхности на возможно большей площади, а места соприкосновения должны быть очищены до металлического блеска;

– при измерении температуры сред, имеющих высокое давление и большую скорость движения, погружаемые преобразователи монтируют в специальных защитных оправах. Длину защитной оправы выбирают в зависимости от длины монтажной части термопары;

– при измерении температур более 400 °С термоэлектрические преобразователи рекомендуется устанавливать вертикально. При горизонтальном размещении для предотвращения деформации необходимо устанавливать дополнительную опору;

– при горизонтальном и наклонном монтаже штуцер для ввода проводов в головку преобразователя, как правило, должен быть направлен вниз;

– рабочий конец термопары необходимо расположить в середине измеряемого потока или плотно прижать к измеряемой поверхности. Конец погружаемой части термопары должен выступать за ось потока на 5–10 мм. При установке преобразователя для измерения температуры в рабочем пространстве печей, в топках и газоходах конец термопары должен входить в измеряемую среду на 20–50 мм;

– при монтаже платиновых преобразователей нельзя допускать непосредственного воздействия пламени или холодного воздуха на фарфоровую оболочку, так как она при резких колебаниях температуры быстро выходит из строя;

– при монтаже термоэлектрических преобразователей для измерения температур потоков запыленных сред, для предотвращения быстрого механического их износа в отборных

устройствах предусматривают специальные отбойные козырьки в виде уголка 540×540 или сегмента из листовой стали;

– при измерении температуры поверхности стен и сводов печей, топок, газоходов преобразователи следует помещать в коническом углублении, выбранном в кладке;

– при присоединении к термоэлектрическим преобразователям компенсационных проводов, необходимо строго соблюдать полярность. Свободные концы преобразователей должны иметь постоянную температуру; соединительные линии от термоэлектрических преобразователей должны быть защищены от механических повреждений, электрических помех, влияния высокой температуры и влажности окружающей среды;

– соединительные линии должны иметь минимальное сопротивление, которое для всех соединительных и компенсационных проводов вместе с термопарой не должно превышать паспортное значение сопротивления внешней цепи, подключаемой к прибору;

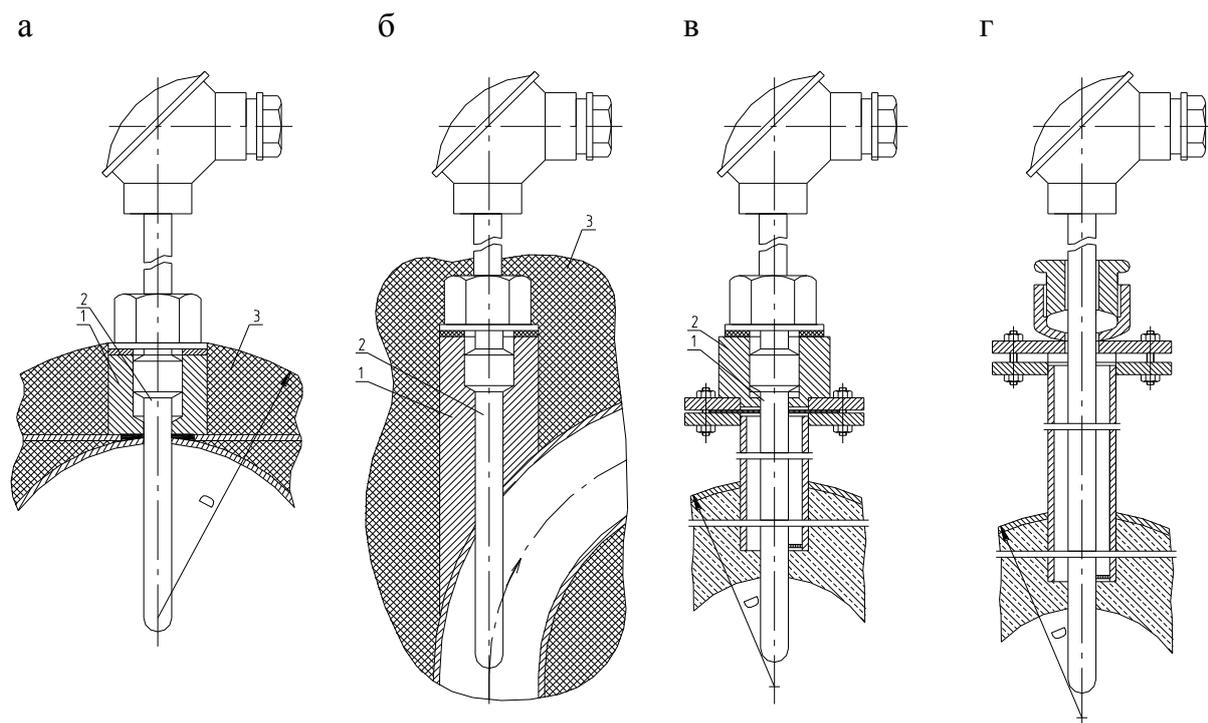


Рис. 1. Примеры установки термоэлектрических преобразователей при использовании:
прямой (а) и скошенной (б) бобышек; в оправе фланцевой с бобышкой (в) и с сальником (г);
1 – закладная конструкция; 2 – термоэлектрический преобразователь;
3 – легко снимаемый слой тепловой изоляции

– особое внимание следует обратить на снижение переходных сопротивлений в клеммных зажимах и переключателях. На соединительных линиях запрещается применять однополюсные переключатели, так как возможный электрический контакт между отдельными термопарами приводит к искажению показаний прибора.

Монтаж термопреобразователей сопротивления

Для установки на рабочих местах термопреобразователей сопротивления используют закладные конструкции. Монтаж термопреобразователей сопротивления осуществляют с соблюдением следующих требований:

– исполнение монтируемых термометров должно соответствовать параметрам и свойствам измеряемой и окружающей среды;

– перед установкой термопреобразователей сопротивления необходимо проверить целостность электрической цепи термометра и сопротивление изоляции между чувствительным элементом и корпусом термометра с помощью мегомметра;

– конец погружаемой части термопреобразователя сопротивления необходимо размещать для платиновых термометров на 50–70 мм ниже оси измеряемого потока, для медного – на 25–30 мм;

– на трубопроводах диаметром 50 мм и менее термопреобразователь сопротивления необходимо устанавливать в специальных расширителях таким образом, чтобы поток проходил снизу вверх;

– рабочая часть поверхностных термопреобразователей сопротивления должна плотно прилегать к измеряемой поверхности на возможно большей площади, а места соприкосновения должны быть очищены до металлического блеска;

– при измерении температур сред, имеющих высокое давление и большие скорости движения, погружаемые термометры монтируют в специальных защитных оправах.

Длину защитной оправы выбирают в зависимости от длины монтажной части термометра; в местах установки термопреобразователей сопротивления не должно быть притоков холодного воздуха или прорыва наружу нагретых газов; при измерении температуры более 400 °С термопреобразователи сопротивления рекомендуется устанавливать вертикально.

При горизонтальной установке с целью предотвращения деформации необходимо устанавливать дополнительную опору; при горизонтальном и наклонном монтаже штуцер для ввода проводов в головку термометра рекомендуется направлять вниз; сечение соединительных проводов должно быть 1–1,5 мм; соединительные провода должны быть защищены от механических повреждений, влияния высокой температуры и влажности окружающей среды; термопреобразователи сопротивления, измеряющие температуру воздуха в помещениях, необходимо устанавливать на конструкциях, которые удалены от стены на 50–70 мм; подвод проводов к термометрам, как правило, осуществляют в металлорукавах длиной не более 500 мм. Разрешается непосредственное подсоединение защитной трубы к головке термометра. При этом необходимо предусматривать разъемное соединение. Подводимые к термометру кабели, провода и трубы должны быть промаркированы и иметь бирки с номером позиций по проекту; платиновые термопреобразователи сопротивления нельзя устанавливать на вибрирующем оборудовании и трубопроводах. Примеры установки термопреобразователей сопротивления приведены на рис. 2.

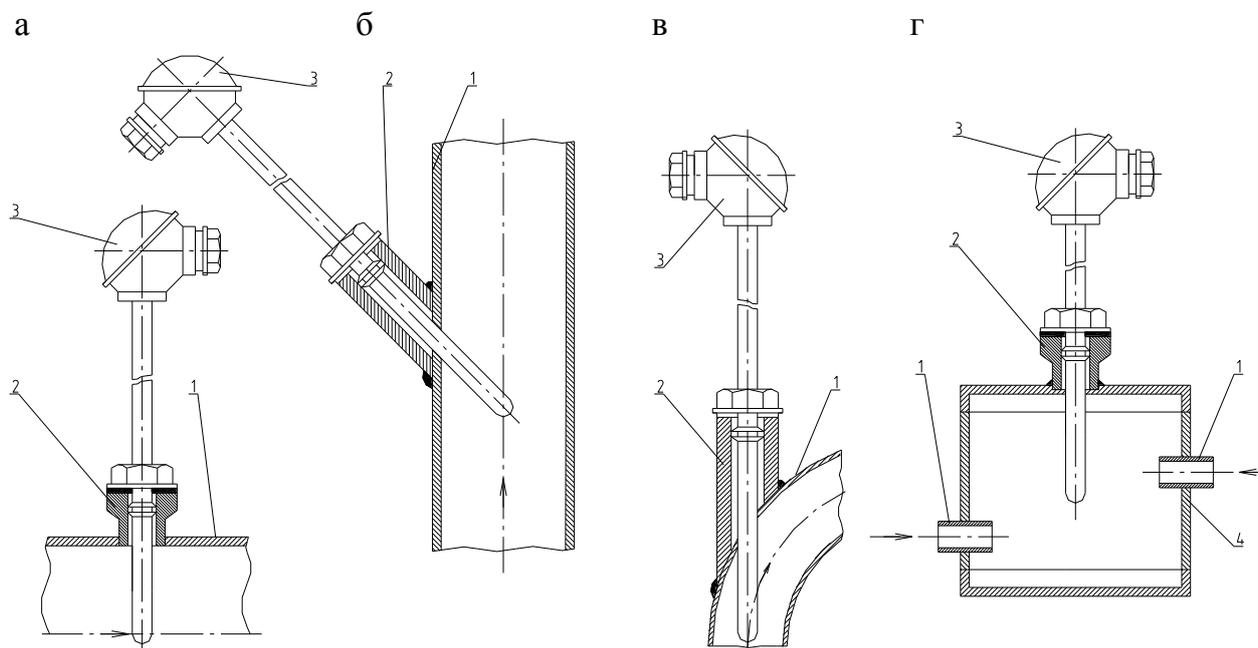


Рис. 2. Примеры установки термопреобразователей сопротивления на трубопроводах:

а, б – на горизонтальных и вертикальных участках; в – на колене;

г – с помощью расширителя;

1 – трубопровод; 2 – бобышки; 3 – термопреобразователь; 4 – расширитель

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Монтаж и наладка системы измерения температуры с термоэлектрическими преобразователями

Целью работы является изучение правил монтажа и наладки системы измерения температуры с термоэлектрическими преобразователями (термопарами).

Порядок выполнения

Перед началом монтажа системы измерения температуры с термоэлектрическим преобразователем необходимо провести внешний осмотр и проконтролировать фазировку термопреобразователя (термопары). При внешнем осмотре проверяют отсутствие видимых повреждений защитной арматуры и зажимов термопреобразователя.

Полярность термоэлектродов может быть определена с помощью контрольного прибора (милливольтметра, переносного потенциометра). При соединении «плюса» контрольного прибора с «плюсом» термопары стрелка контрольного прибора отклоняется вправо.

С учетом того, что у всех термоэлектрических преобразователей промышленного производства должен маркироваться положительный термоэлектрод, следует проверить соответствие маркировки и действительной полярности электродов.

Следующая операция – проверка сопротивления электрической изоляции между термоэлектродами и металлической частью защитной арматуры с помощью тестера (омметра). При низком сопротивлении изоляции следует проверить изоляцию испытательным напряжением с помощью мегомметра на 500 В. Электрическая изоляция должна выдерживать это напряжение в течение минуты при одних и тех же параметрах температуры и влажности окружающей среды.

По окончании этих операций установить термопреобразователь в объект контроля по правилам, рассмотренным выше.

Подключить к термопреобразователю термоэлектродный (компенсационный) провод. Термоэлектродный провод должен быть

подключен к зажимам в головке преобразователя в соответствии с полярностью жил.

После указанных операций следует закрыть крышку на головке преобразователя, проверить наличие уплотнительной прокладки, сальника на вводе провода в головку.

Термоэлектродный провод проложить в коробе или в защитной трубе. Сопротивление линии связи и термоэлектрического преобразователя милливольтметров $R_{вн}$ должно иметь определенное значение (5 или 15 Ом), указанное на шкале прибора. Допустимое отклонение сопротивления катушки должно быть не более $+0,1 R_{вн}$. Сопротивление линии связи и преобразователя измеряется мостом постоянного тока типа МО-62 или универсальным прибором типа Р4833 и подгоняется до нужного значения с помощью манганиновой катушки.

После перечисленных операций наладка термоэлектрического преобразователя и линии связи считается законченной.

При проведении предмонтажной проверки потенциометр или милливольтметр должен быть приведен в нормальное рабочее состояние.

При проверке соединения образцового прибора с поверяемым осуществляется медными или термоэлектродными проводами с учетом требуемого внешнего сопротивления.

После прогрева потенциометра или милливольтметра при любом значении задаваемого напряжения в диапазоне измерения необходимо оценить реакцию приборов на изменение входного сигнала.

Убедившись в том, что приборы правильно реагируют на изменение входного сигнала, необходимо приступить к проверке основной погрешности.

На рис. 3 показана схема проверки потенциометра при наличии манганиновой катушки.

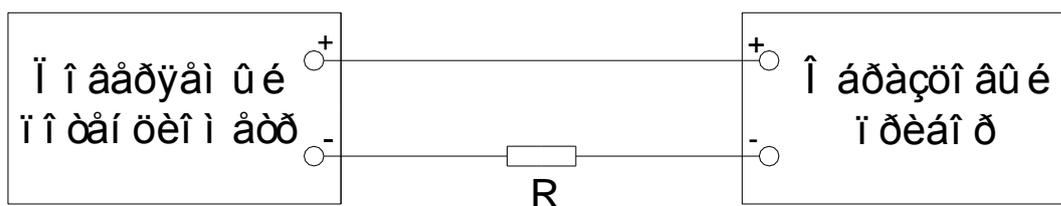


Рис. 3. Схема проверки потенциометра

Поверяемый и образцовый приборы соединяются медными проводами. Сопротивление R устанавливают таким, чтобы оно совместно с выходным сопротивлением образцового прибора было равно 0,8–1,0 наибольшего значения сопротивления термоэлектрического термометра, включая сопротивление линии связи.

Проверку потенциометра производят на оцифрованных точках в соответствии с температурой свободных концов. При использовании данной схемы температура свободных концов приводится к температуре 30 °С (это определяется номинальными значениями сопротивлений катушек). Тогда по ГОСТ 3044-84 для любой проверяемой оцифрованной отметки шкалы при температуре свободных концов 30 °С выбираются соответствующие значения термоЭДС, мВ (см. приложение).

Например, для оцифрованной точки 300 °С потенциометра градуировки ХА значение термоЭДС при температуре свободных концов 30 °С равно 11,004 мВ.

При выборе образцового потенциометра для определения основной погрешности поверяемого потенциометра следует помнить, что их допускаемые погрешности должны соответствовать условию:

$$\Delta \leq \frac{\Delta_{\text{пов}}}{3}.$$

Основная погрешность определяется не менее, чем на пяти отметках шкалы, включая начальную и конечную отметку.

Путем увеличения напряжения на образцовом потенциометре необходимо стрелку поверяемого потенциометра последовательно установить на оцифрованных отметках шкалы, соответствующих 0, 20, 40...100 % диапазона измерения прибора, а затем в обратном направлении.

Показания образцового прибора в том и другом случае необходимо записать в табл. 1. В ту же таблицу записываются действительные значения ЭДС, соответствующие данной температуре, которые определяются из градуировочных таблиц (см. приложение).

Таблица 1

ТермоЭДС стандартной термопары		Показания образцового прибора		Вариация, %	Основная погрешность, %
°С	мВ	Прямой ход, мВ	Обратный ход, мВ		

После измерений рассчитывают основную погрешность по формуле:

$$\gamma = \frac{E - E_o}{E_k - E_n} 100\%,$$

где γ – основная погрешность, %; E – значение ЭДС, соответствующее проверяемой точке по градуировочной таблице, мВ; E_o – показания образцового прибора, мВ; E_k и E_n – значение ЭДС, соответствующее концу и началу шкалы проверяемого прибора, мВ.

Вариация прибора определяется по формуле:

$$B = \frac{E_{пр} - E_{об}}{E_k - E_n} 100\%,$$

где B – вариация прибора, %; $E_{пр}$ и $E_{об}$ – показания образцового прибора при прямом и обратном подходе к проверяемой точке.

Результаты вычислений также записываются в табл. 1.

Прибор считается исправным, если наибольшая основная погрешность меньше класса точности прибора. Предел допускаемого значения вариации не должен превышать абсолютного значения предела допускаемого значения основной погрешности.

Если основная погрешность показаний потенциометра превышает допускаемое значение, то необходимо провести юстировку.

Юстировка включает в себя совокупность операций по доведению погрешностей приборов до значений, соответствующих техническим требованиям.

При юстировке вместо манганиновых спиралей катушек измерительной схемы, которые служат для изменения показаний в

начале и конце шкалы, следует подключить образцовые магазины сопротивлений МСР-63 с учетом сопротивления соединительных проводов.

На одном магазине нужно установить сопротивление, соответствующее начальной отметке, а на другом – сопротивление, соответствующее конечной отметке шкалы, и, поочередно изменяя сопротивление на магазинах, добиться совпадения крайних отметок шкалы.

По сумме сопротивлений (сопротивление на магазине и сопротивление соединительных проводов от магазина до измерительной схемы) с помощью универсального прибора типа Р4833 или моста постоянного тока МО-62, необходимо подогнать сопротивление спиралей до этого значения с точностью $\pm 0,01$ Ом.

После окончания юстировки необходимо повторно проверить правильность показаний потенциометра по оцифрованным отметкам.

Перед подключением линии связи к измерительному прибору необходимо измерить термоЭДС на термоэлектродных проводах у прибора (с помощью переносного потенциометра ПП-63).

После измерения термоЭДС в полученное значение напряжения вводится поправка на температуру свободных концов термоэлектродного провода в месте замера. Поправка (в милливольтках) суммируется с показанием переносного потенциометра, если температура окружающей среды положительная, и вычитается, если отрицательная.

Значение температуры окружающей среды контролируется стеклянным лабораторным термометром.

Пользуясь приложением, для соответствующей градуировки термоэлектродов находят действительное значение температуры в месте установки термоэлектрического преобразователя.

Затем линию связи следует подключить к потенциометру и сопоставить информацию о значении измеряемого параметра по местному ртутному термометру с показаниями потенциометра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Монтаж и наладка системы измерения температуры с термопреобразователями сопротивления

Целью работы является изучение правил монтажа и наладки системы измерения температуры с термопреобразователями сопротивления, работающими совместно с микропроцессорным двухканальным измерителем 2ТРМО с универсальными измерительными входами.

Порядок выполнения

Перед началом выполнения работы необходимо ознакомиться с правилами монтажа прибора (в зависимости от его исполнения) и подготовки его к работе, изложенными в руководстве по эксплуатации (РЭ).

В данной лабораторной работе предусматривается использование прибора конструктивного исполнения «Щ» (щитового крепления), работающего совместно с первичными преобразователями типа ТС.

Перед началом монтажа системы необходимо выполнить пред-монтажную поверку прибора.

При проведении поверки должны выполняться следующие операции:

- 1) внешний осмотр;
- 2) проверка электрического сопротивления изоляции;
- 3) опробование;
- 4) определение основной приведенной погрешности.

При проведении поверки прибора должны использоваться мегомметр М4100/3 ($U=500В$) и магазин сопротивлений Р4831.

Подготовка к поверке:

– подготовить к работе поверяемый прибор в соответствии с указаниями, изложенными в РЭ на 2ТРМО.

– подготовить к работе средства поверки.

Проведение поверки

1. Внешний осмотр.

1.1. Прибор должен быть чистым и не иметь механических повреждений на корпусе и лицевой панели.

1.2. Прибор не должен иметь механических повреждений входных и выходных клеммных соединителей.

1.3. На приборе должна быть необходимая маркировка.

2. Проверка электрического сопротивления изоляции

2.1. На время испытаний контакты с 10 по 14 соединить между собой перемычками.

2.2. При помощи мегомметра М4100/3 последовательно подать испытательное напряжение 500В на следующие точки его приложения:

контакт 1 и контакт 3, 11, 15;

контакт 3 и контакт 11, 15;

контакт 11 и контакт 15;

корпус и контакт 1, 3, 11, 15.

2.3. Измеренные значения занести в таблицу. Прибор считается выдержавшим испытание, если измеренное сопротивление изоляции для любой из приведенных пар точек не менее 20 МОм

3. Опробование

3.1. Прибор подключить к питающему напряжению сети в соответствии с указаниями РЭ и перевести его в режим «Программирование».

3.2. В соответствии с указаниями РЭ проверить во всех каналах заданные значения параметров коррекции измеряемых величин «Сдвиг характеристики» и «Наклон характеристики» и установить их равными соответственно «000,0» и «1,000».

3.3. В соответствии с указаниями РЭ отключить во всех каналах цифровые фильтры, установив в параметрах «Постоянная времени фильтра» и «Полоса пропускания фильтра» нулевые значения.

4. Определение основной приведенной погрешности прибора при работе с термопреобразователями сопротивления.

4.1. К входу поверяемого канала прибора вместо термопреобразователя сопротивления подключить магазин сопротивлений Р4831. Подключение магазина к прибору производить с помощью трехпроводной линии по схеме подключения (рис. 4). При этом

сопротивления соединительных проводов должны быть равными и не превышать 15 Ом.

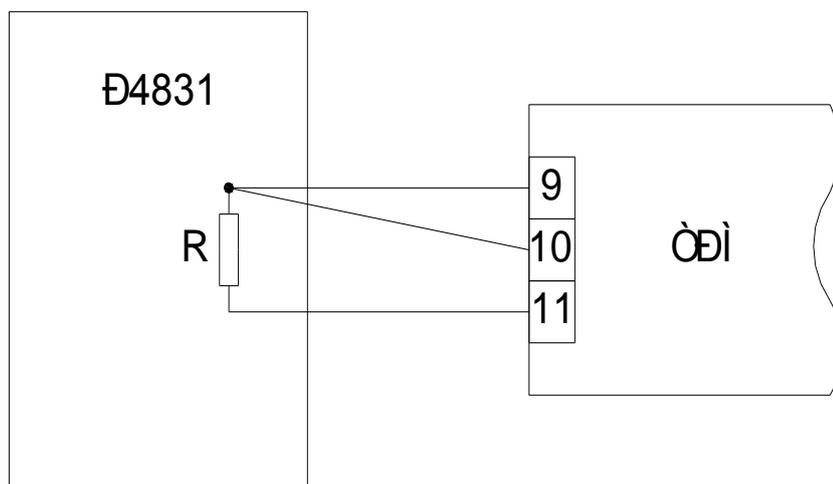


Рис. 4. Схема подключения

4.2. Последовательно устанавливать на магазине сопротивлений R4831 величины сопротивлений соответствующие значениям выходного сигнала в контрольных точках, приведенных в табл. 2.

Зафиксировать по установившимся показаниям цифрового индикатора прибора измеренную прибором температуру для каждой точки.

4.4. Рассчитать для каждой контрольной точки основную приведенную погрешность по формуле:

$$\gamma = \frac{T_{\text{изм}} - T_{\text{нсх}}}{T_{\text{норм}}} 100 \%,$$

где γ – основная приведенная погрешность; $T_{\text{изм}}$ – измеренное прибором значение температуры в заданной контрольной точке, °С; $T_{\text{нсх}}$ – значение температуры в заданной контрольной точке по НСХ термопреобразователя, °С; $T_{\text{норм}}$ – нормирующее значение, равное разности максимальной и минимальной температур диапазона измеряемых прибором температур, °С.

4.5. Результаты занести в таблицу. Результат считать положительным, если в каждой контрольной точке $|\gamma| < 0,5 \%$

Таблица 2

Тип датчика (НСХ)	Контрольные точки, % от диапазона измерения						
	0	5	25	50	75	95	100
Модификации ТРМ в исполнении «ТС»							
	Ом (°C)	Ом (°C)	Ом (°C)	Ом (°C)	Ом (°C)	Ом (°C)	Ом (°C)
ТСМ (Cu 50) W100=1,4260	39,345 (-50,0)	42,010 (-37,5)	52,662 (12,5)	65,980 (75,0)	79,297 (137,5)	89,952 (187,5)	92,615 (200,0)
ТСМ (50M) W100=1,4280	39,225 (-50,0)	41,932 (-37,5)	52,673 (12,5)	66,040 (75,0)	79,408 (137,5)	90,103 (187,5)	92,775 (200,0)
ТСП (Pt 50) W100=1,3850	9,475 (-199,0)	18,610 (-156,0)	52,633 (13,5)	92,505 (225,0)	129,965 (437,5)	158,060 (607,5)	164,820 (650,0)
ТСП (50П) W100=1,3910	8,840 (-199,0)	18,120 (-156,0)	52,675 (13,5)	93,180 (225,0)	131,248 (437,5)	159,748 (607,5)	166,615 (650,0)
ТСМ (Cu 100) W100=1,4260	78,690 (-50,0)	84,230 (-37,0)	105,325 (12,5)	131,960 (75,0)	158,595 (137,5)	179,905 (187,5)	185,230 (200,0)
ТСМ (100M) W100=1,4280	78,450 (-50,0)	84,080 (-37,0)	105,345 (12,5)	132,080 (75,0)	158,815 (137,5)	180,205 (187,5)	185,550 (200,0)
ТСП (Pt 100) W100=1,3850	18,950 (-199,0)	37,220 (-156,0)	105,265 (13,5)	185,010 (225,0)	259,930 (437,5)	316,120 (607,5)	329,640 (650,0)
ТСП (100П) W100=1,3910	17,680 (-199,0)	36,240 (-156,0)	105,350 (13,5)	186,360 (225,0)	262,495 (437,5)	319,495 (607,5)	333,230 (650,0)

5. Монтаж системы измерения температуры.

5.1. Установка прибора 2ТРМ0.

5.1.1. Подготовить на щите управления место для установки прибора.

5.1.2. Установить прибор на щите управления, используя для его крепления монтажные элементы, входящие в комплект поставки.

5.1.3. Вставить прибор в специально подготовленное отверстие на лицевой панели щита.

5.1.4. Вставить фиксаторы из комплекта поставки в отверстия на боковых стенках прибора.

5.1.5. С усилием завернуть винты М4х35 из комплекта поставки в отверстия каждого фиксатора так, чтобы прибор был плотно прижат к лицевой панели щита.

5.2. Монтаж термометров сопротивления.

5.2.1. Установить в объекте контроля термометр сопротивления в соответствии с рекомендациями, приведенными в методических указаниях к лабораторной работе № 1.

5.2.2. Подключить к термометру сопротивления соединительный медный кабель, концы которого перед подключением следует тщательно зачистить. Сечение жил кабеля должно быть не более 1 мм^2 , а количество жил – не менее трех. Длина линии – не более 100 м. При прокладке кабеля выделить линию связи, соединяющую прибор с датчиком в самостоятельную трассу, располагая ее отдельно от цепей питания.

5.3. Подключение термометра сопротивления.

5.3.1. В соответствии со схемой подключения, приведенной на рис. 5, подключить к прибору линию связи «прибор-датчик».

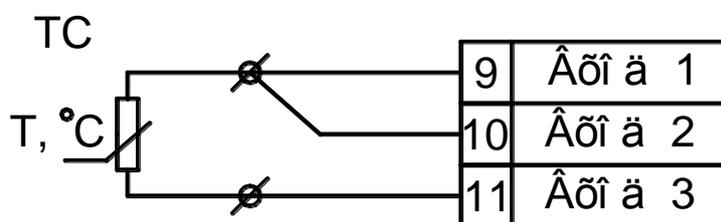


Рис. 5. Схема подключения термометра сопротивления

В данном случае используется трехпроводная схема подключения термометра сопротивления. К одному из его выводов

подсоединяются две жилы, а третья подключается к другому выводу. Такая схема позволяет скомпенсировать сопротивление соединительных проводов (жил кабеля). При этом необходимо соблюдать условия равенства сопротивлений всех трех проводов (жил кабеля).

5.4. Подключение прибора.

5.4.1. Подключить прибор к сетевому фидеру 220 В, 50 Гц. Подключение производится к контактам 1, 2 клеммной колодки прибора.

5.4.2. Подать питание и выставить коды датчиков в соответствии с указаниями, приведенными в РЭ. После подачи напряжения питания прибор переходит в режим «РАБОТА». При исправности датчика и линии связи на цифровом индикаторе отобразится текущее значение измеряемой температуры.

6. Испытание системы измерения температуры.

6.1. Исходя из конкретных условий определить рабочий диапазон измерения температуры в объекте управления.

6.2. Определить контрольные точки (25, 50, 75, 100 % от диапазона измерения).

6.3. Плавно изменяя температуру среды последовательно установить ее на значениях, определяемых контрольными точками. Температуру контролировать образцовым местным термометром.

6.4. Зафиксировать в таблице показания образцового местного термометра и 2ТРМ0.

6.5. Рассчитать абсолютную погрешность измерения температуры по формуле:

$$\Delta = \pm (t_n - t_o), \text{ } ^\circ\text{C},$$

где t_n – значение температуры, измеренное прибором 2ТРМ0; t_o – значение температуры, измеренное местным образцовым термометром.

6.6. Оценить полученные значения абсолютной погрешности измерения температуры с точки зрения требований, предъявляемых к точности контроля температуры среды для данного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каминский М. Л., Каминский В. М. Монтаж приборов и средств автоматизации. – М.: Высш. шк., 2005. – 345 с.
2. **2ТРМ0**. Измеритель микропроцессорный двухканальный. Руководство по эксплуатации. – М.: ООО «Производственное объединение "ОВЕН"», 2005. – 61 с.
3. **Измерители-регуляторы микропроцессорные ТРМ1, 2ТРМ0, 2ТРМ1, ТРМ10, ТРМ12**. Методика поверки КУВФ.421210.002 МП. – М.: ООО «Производственное объединение "ОВЕН"», 2005. – 17 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Номинальные статические характеристики термоэлектрических преобразователя по ГОСТ 3044-84

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ
Преобразователь типа ТВР, характеристика преобразователя ВР(А)-1 (диапазон температур: от 0 до 2500 °С)							
0	0,000	700	11,283	1350	21,284	2000	29,181
100	1,337	750	12,112	1400	21,971	2050	29,693
150	2,086	800	12,933	1450	22,645	2100	30,189
200	2,871	850	13,746	1500	23,306	2150	30,576
250	3,682	900	14,549	1550	23,953	2200	31,138
300	4,512	950	15,342	1600	24,588	2250	31,589
350	5,354	1000	16,125	1650	25,209	2300	32,024
400	6,203	1050	16,898	1700	25,816	2350	32,445
450	7,055	1100	17,659	1750	26,411	2400	32,853
500	7,908	1150	18,409	1800	26,992	2450	33,250
550	8,758	1200	19,146	1850	27,560	2500	33,638
600	9,605	1250	19,872	1900	28,114	—	—
650	10,448	1300	20,584	1950	28,655	—	—
Преобразователь типа ТВР, характеристика преобразователя ВР(А)-2 (диапазон температур: от 0 до 1800 °С)							
0	0,000	500	7,996	1000	16,287	1500	23,509
50	0,630	550	8,853	1050	17,065	1550	24,165
100	1,337	600	9,706	1100	17,831	1600	24,808
150	2,100	650	10,554	1150	18,585	1650	25,437
200	2,901	700	11,397	1200	19,326	1700	26,052
250	3,728	750	12,234	1250	20,054	1750	26,649
300	4,570	800	13,063	1300	20,769	1800	27,226
350	5,422	850	13,884	1350	21,427	—	—
400	6,279	900	14,695	1400	22,163	—	—
450	7,138	950	15,497	1450	22,842	—	—

Продолжение прил.

Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ
Преобразователь типа ТВР, характеристика преобразователя ВР(А)-3 (диапазон температур: от 0 до 1800 °С)							
0	0,000	450	6,984	900	14,410	1350	21,095
50	0,625	500	7,826	950	15,199	1400	21,776
100	1,318	550	8,667	1000	15,978	1500	23,101
150	2,062	600	9,505	1050	16,745	1550	23,745
200	2,842	650	10,339	1100	17,501	1600	24,377
250	3,647	700	11,167	1150	18,245	1650	24,996
300	4,469	750	11,990	1200	18,976	1700	25,601
350	5,302	800	12,805	1250	19,695	1750	26,192
Преобразователь типа ТПР, характеристика преобразователя ВР(А)-3 (диапазон температур: от 0 до 1800 °С)							
-200	-6,153	-120	-4,313	-40	-1,622	40	1,783
-190	-5,975	-110	-4,020	-30	-1,232	50	2,253
-180	-5,781	-100	-3,715	-20	-0,832	60	2,731
-170	-5,572	-90	-3,396	-10	-0,421	70	3,215
-160	-5,349	-80	-3,065	0	0,000	80	3,709
-150	-5,111	-70	-2,722	10	0,431	90	4,211
-140	-4,859	-60	-2,367	20	0,872	100	4,721
-130	-4,593	-50	-2,000	30	1,323	–	–
Преобразователь типа ТПР, характеристика преобразователя ПР(В) (диапазон температур: от 300 до 1800 °С)							
300	0,431	700	2,430	1150	6,273	1550	10,674
350	0,596	750	2,782	1200	6,783	1600	11,257
400	0,786	800	3,154	1250	7,308	1650	11,842
450	1,002	850	3,546	1300	7,845	1700	12,426
500	1,241	900	3,957	1350	8,393	1750	13,008
550	1,505	1000	4,833	1400	8,952	1800	13,585
600	1,791	1050	5,297	1450	9,519	–	–
650	2,100	1100	5,777	1500	10,094	–	–

Продолжение прил.

Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ
Преобразователь типа ТМК, характеристика преобразователя МК(М) (диапазон температур: от -200 до +100 °С)							
-200	-6,153	-120	-4,313	-40	-1,622	40	1,783
-190	-5,975	-110	-4,020	-30	-1,232	50	2,253
-180	-5,781	-100	-3,715	-20	-0,832	60	2,731
-170	-5,572	-90	-3,396	-10	-0,421	70	3,215
-160	-5,349	-80	-3,065	0	0,000	80	3,709
-150	-5,111	-70	-2,722	10	0,431	90	4,211
-140	-4,859	-60	-2,367	20	0,872	100	4,721
-130	-4,593	-50	-2,000	30	1,323	–	–
Преобразователь типа ТПП, характеристика преобразователя ПП(S) (диапазон температур: от -0 до 1600 °С)							
0	0,000	450	3,743	700	6,274	925	8,729
50	0,299	500	4,234	725	6,539	950	9,012
100	0,645	525	4,482	750	6,805	975	9,298
150	1,029	550	4,732	775	7,074	1000	9,585
200	1,440	575	4,984	800	7,345	1025	9,874
250	1,873	600	5,237	825	7,618	1050	10,165
300	2,323	625	5,493	850	7,892	1075	10,459
350	2,786	650	5,751	875	8,169	1100	10,754
1150	11,348	1275	12,852	1400	14,368	1525	15,877
1175	11,647	1300	13,155	1425	14,671	1550	16,176
1200	11,947	1325	13,458	1450	14,473	1575	16,474
1225	12,248	1375	13,761	1475	15,275	1600	16,771
Преобразователь типа ТХА, характеристика преобразователя ХА(К) (диапазон температур: от -200 до +1300 °С)							
-200	-5,892	500	20,640	780	32,455	1060	43,585
-200	-5,892	500	20,640	780	32,455	1060	43,585
-150	-4,914	520	21,493	800	33,277	1080	44,349
-100	-3,553	540	22,346	820	34,095	1100	45,108
-50	-1,889	560	23,198	840	34,909	1120	45,863

Продолжение прил.

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ
0	0,000	580	24,050	860	35,718	1140	46,612
50	2,022	600	24,902	880	36,524	1160	47,356
100	4,095	620	25,751	900	37,325	1180	48,095
150	6,136	640	26,599	920	38,122	1200	48,828
200	8,137	660	27,445	940	38,915	1220	49,555
250	10,151	680	28,288	960	39,703	1240	50,276
300	12,207	700	29,128	980	40,488	1260	50,990
350	14,292	720	29,965	1000	41,269	1280	51,697
400	16,395	740	30,799	1020	42,045	1300	52,398
450	18,513	760	31,626	1040	42,817	–	–
Преобразователь типа ТХК, характеристика преобразователя ХК(L) (диапазон температур: от –200 до +800 °С)							
–200	–9,488	60	3,989	320	24,518	580	47,339
–190	–9,202	70	4,689	330	25,380	590	48,216
–180	–8,894	80	5,398	340	26,244	600	49,094
–170	–8,502	90	6,116	350	27,111	610	49,971
–160	–8,207	100	6,842	360	27,981	620	50,847
–150	–7,831	110	7,576	380	28,853	630	51,724
–140	–7,433	120	8,318	390	30,604	640	52,600
–130	–7,014	130	9,069	400	31,482	650	53,477
–120	–6,575	140	9,826	410	32,361	660	54,353
–110	–6,117	150	10,591	420	33,241	670	55,229
–90	–5,146	160	11,363	430	34,122	680	56,106
–80	–4,634	170	12,142	440	35,004	690	56,981
–70	–4,106	180	12,928	450	35,886	700	57,857
–60	–3,502	190	13,720	460	36,769	710	58,732
–50	–3,003	200	14,519	470	37,652	720	59,606
–40	–2,429	210	15,323	480	38,534	730	60,478
–30	–1,841	220	16,134	490	39,417	740	61,348
–20	–1,240	230	16,950	500	40,299	750	62,215
–10	–0,626	240	17,772	510	41,181	760	63,079

Окончание прил.

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ
0	0,000	250	18,599	520	42,062	770	63,937
10	0,638	260	19,431	530	42,943	780	64,789
20	1,287	270	20,268	540	43,823	790	65,634
30	1,947	280	21,110	550	44,703	800	66,469
40	2,618	300	22,806	560	45,582	–	–
50	3,299	310	23,661	570	46,461	–	–

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	5
Основные требования техники безопасности	5
Правила монтажа первичных измерительных преобразователей для измерения температуры	6
Монтаж термоэлектрических преобразователей	6
Монтаж термопреобразователей сопротивления.....	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ	23

Лаврищев Илья Борисович
Кириков Алексей Юрьевич
Тросницкий Михаил Вадимович

МОНТАЖ И НАЛАДКА СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Методические указания
к лабораторным работам 1 и 2
для студентов специальности 220301,
направления 550200
очной и заочной формы обучения

Редактор

Л.Г. Лебедева

Корректор

Н.И. Михайлова

Компьютерная верстка

Н.В. Гуральник

Подписано в печать 30.07.2011. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 1,63. Печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 1,56

Тираж 50 экз. Заказ № С 81

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

