

## Практическое занятие № 1

### ТЕРМОРЕЗИСТИВНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

**Цель работы:** изучить устройство, принцип действия и область применения терморезистивных преобразователей.

**Приборы и оборудование:** сушильный шкаф, ртутный термометр (0...100 °С), термосопротивление ММТ-4, микроультиметр, секундомер.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

При выполнении различных технологических операций в процессе хранения и переработки сельскохозяйственной продукции необходимо контролировать температуру, влажность, газовый состав воздушной среды и некоторые другие параметры. Наиболее широко распространенные в настоящее время приборы контроля температуры, влажности и газового состава среды выполнены на основе терморезисторов, которые относятся к параметрическим датчикам автоматических систем. Различают металлические и полупроводниковые (термисторы) терморезисторы. Металлические изготавливают из чистых металлов: меди, платины, никеля, железа, молибдена; термисторы — из смеси оксидов марганца, никеля и кобальта, германия и кремния с различными примесями.

Основная характеристика терморезистора — зависимость его сопротивления от абсолютной температуры  $T$ .

Для металлических терморезисторов

$$R = ce^{\alpha T}, \quad (8.1)$$

где  $c$  — постоянный коэффициент, зависящий от материала и конструктивных размеров проводника;  $e$  — основание натурального логарифма;  $\alpha$  — температурный коэффициент линейного расширения, °С<sup>-1</sup>;  $T$  — температура, К.

Для термисторов

$$R_T = Ae^{B/T}, \quad (8.2)$$

где  $A$  — постоянный коэффициент, зависящий от материала и конструктивных

размеров термистора;  $B$  — постоянный коэффициент, зависящий от физических свойств полупроводника.

Из формул (8.1) и (8.2) видно, что у полупроводниковых терморезисторов с ростом температуры сопротивление уменьшается, а у металлических — увеличивается.

Другая наиболее важная характеристика терморезисторов — чувствительность, которую определяют как относительное изменение сопротивления терморезистора, деленное на вызвавшее это изменение приращение температуры:

$$S = (\Delta R/R)/\Delta T, \quad (8.3)$$

где  $\Delta R/R$  — относительное изменение сопротивления.

Чувствительность термисторов значительно выше, чем у металлических терморезисторов, так как температурный коэффициент сопротивления полупроводниковых терморезисторов примерно на порядок больше, чем у металлических. Если для металлов  $\alpha = (4...6) \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , то для полупроводниковых терморезисторов  $|\alpha| \geq 4 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

На рис. 8.1 показано устройство термометра сопротивления, предназначенного для контроля температуры в электропечах (типа ТСП).

Серебряные выводы 5 терморезистора пропущены через фарфоровые изоляторы 6.

На рис. 8.2 показаны некоторые конструкции термисторов (типов ММТ-1 и КМТ-1). Они состоят из полупроводникового стержня 1 (см. рис. 8.2, а), покрытого эмалевой краской, контактных колпачков 2 с токоотводами 3. У термисторов типа ММТ-4 и КМТ-4 (см. рис. 8.2, б) полупроводниковый стержень дополнительно обматывается фольгой и защищается металлическим чехлом с изолятором 6. Данные термисторы предназначены для работы в условиях повышенной влажности.

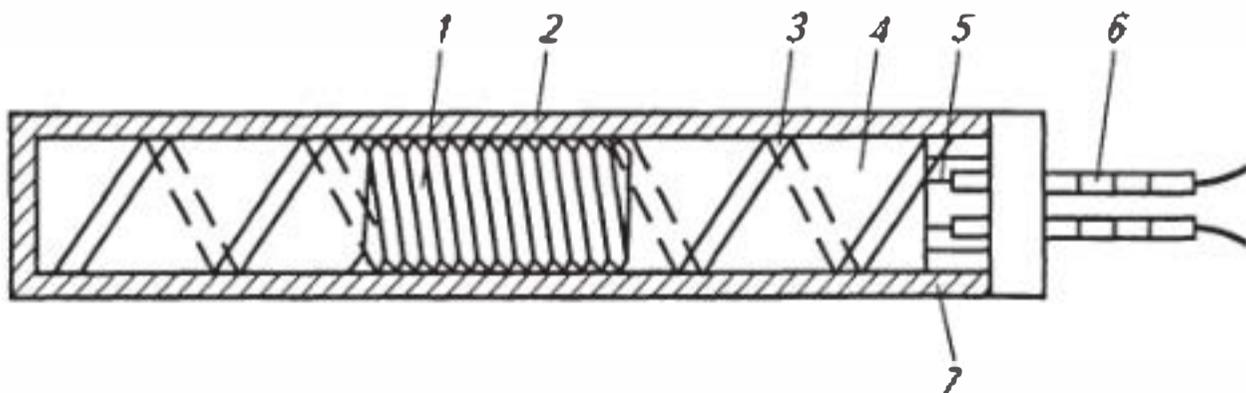
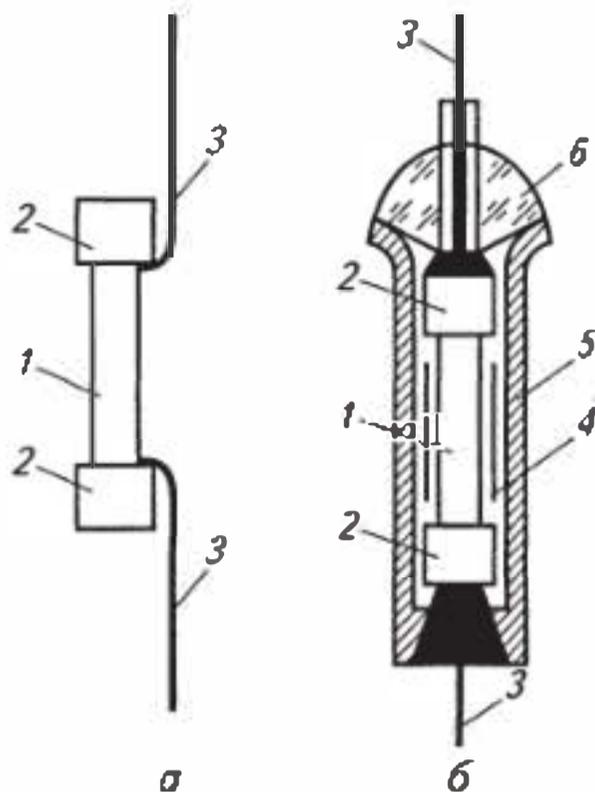


Рис. 8.1. Платиновый термометр сопротивления:

1 — платиновая проволока; 2 — слюдяная пластинка; 3 — слюдяная наклепка; 4 — лента; 5 — серебряные выводы; 6 — изолятор; 7 — защитный чехол

Рис. 8.2. Устройство термисторов:

*a* — типа ММТ-1 и КМТ-1; *б* — типа ММТ-4 и КМТ-4;  
 1 — полупроводниковый стержень; 2 — контактный колпачок; 3 — токоогводы; 4 — защитная фольга; 5 — металлический чехол; 6 — изолятор



При использовании терморезисторов в качестве датчиков систем автоматики различают два режима. В первом режиме температура терморезистора практически определяется температурой окружающей среды (так как ток, проходящий через терморезистор, мал и практически его не нагревает). Во втором режиме терморезистор нагревается проходящим через него довольно большим током, а температура терморезистора будет зависеть от внешних изменяющихся условий (например, поверхностный обдув воздушными потоками; изменяющаяся влажность потока и т. д.).

Процентное содержание газа в воздушной среде (например, в овощехранилищах) контролируют при помощи электрического газоанализатора (рис. 8.3). Он состоит из двух одинаковых самонагреваемых терморезисторов, помещенных в камеры с обычным

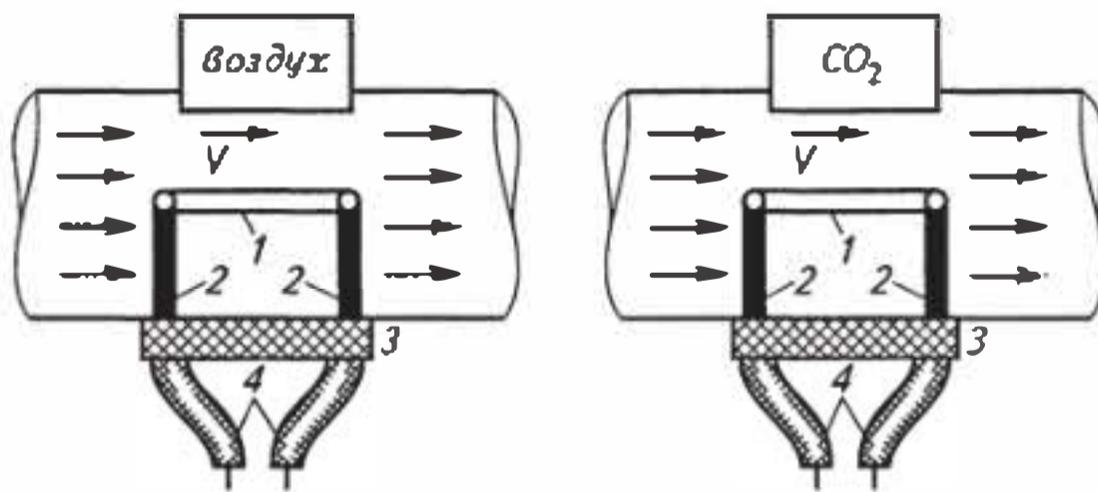


Рис. 8.3. Принцип работы электрического газоанализатора:

1 — платиновая проволока; 2 — марганцевые стержни; 3 — изоляционное основание; 4 — выводы терморезистора

воздухом, и в камеру, наполненную, например, смесью воздуха с диоксидом углерода. Из-за различной теплопроводности воздуха и  $\text{CO}_2$  сопротивление терморезисторов будет разным. Поскольку теплопроводность  $\text{CO}_2$  значительно меньше теплопроводности воздуха, то и отвод теплоты от терморезистора в камере с  $\text{CO}_2$  будет меньше, чем от терморезистора в камере с воздухом. По разнице сопротивлений терморезисторов можно судить о процентном содержании диоксида углерода в газовой среде.

### МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Проводят тарировку терморезистора типа ММТ-4, т. е. экспериментально снимают и графически изображают зависимость сопротивления терморезистора от температуры  $T = f(R)$ .

В качестве объекта управления используют сушильный шкаф мощностью 235 Вт. Максимальная температура нагрева  $100^\circ\text{C}$ . При включении питания шкаф получает единичное воздействие входной величины — постоянную мощность нагрева. Выходной величиной регулирования служит температура внутри шкафа. В верхней части шкафа имеется отверстие для термометра.

Объект исследований — терморезистор ММТ-4 ( $R = 4,7 \text{ кОм}$ ) — подпаян к двум проводникам и опущен в отверстие шкафа рядом с термометром. Микромультиметр, подключенный к термосопротивлению, измеряет его сопротивление.

Лабораторную работу выполняют в следующей последовательности: в отверстие шкафа опускают терморезистор и термометр, при этом фиксируют комнатную температуру. К терморезистору подключают микромультиметр в режиме измерения сопротивления. Включают нагрев шкафа и секундомер. Через каждые  $5^\circ\text{C}$  измеряют температуру, сопротивление и время. Измерения проводят до  $80^\circ\text{C}$ .

Данные опыта заносят в табл. 8.1.

8.1. Результаты тарировки терморезистора

$T, ^\circ\text{C}$									
$R, \text{кОм}$									

По данным табл. 8.1 строят тарировочную кривую  $T = f(R)$ , делают вывод о линейности или нелинейности тарировочной кривой.

**Контрольные вопросы и задания.** 1. Объясните принцип работы терморезистора 2. Из каких материалов изготавливают металлические терморезисторы? 3. Какие терморезисторы называют термисторами? 4. Из каких материалов изготавливают термисторы? 5. Как изменяется сопротивление полупроводникового терморезистора при нагревании? 6. Как устроен и работает электрический газоанализатор? 7. В каких режимах работают терморезисторы?