# Определение температуры охлаждающей среды и скоропортящихся грузов

##

## Цель лабораторной работы: изучить устройство и принцип работы термометрических приборов, а также методов их проверки и настройки.

# 1. Теоретическая часть

В международной системе единиц СИ температура измеряется по термодинамической температурной шкале Кельвина (К), которая строится в соответствии со вторым законом термодинамики, независимо от свойств термометрического вещества. Кроме термодинамической шкалы, являющейся основной, используется Международная практическая температурная шкала Цельсия (°C) 1948 года, основанная на шести постоянных температурных равновесиях между твердой и жидкой или жидкой и газообразной фазами различных веществ при нормальном атмосферном давлении (P = 760 мм. рт. ст.). Применяются также температурные шкалы отсчета в градусах Фаренгейта (°F), Ренкина (°R) и др.

Показания одной температурной шкалы в другую переводят с помощью следующих выражений:

t**C** = (T - 273,15),°C;

T = (t**C** + 273,15), K;

t**F** = (9/5t**C** + 32),°F;

t**R** = (9/5t**C** + 491,67),°R.

Приборы, которые измеряют температуру до 500-600°C называются термометрами, а более высокую - пирометрами.

груз температура хладотранспорт датчик

**Пирометр** - прибор для бесконтактного измерения температуры тел. Принцип действия основан на измерении мощности [теплового излучения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) объекта измерения преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. Изначально термин использовался применительно к приборам, предназначенным для измерения температуры визуально, по яркости и [цвету](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82) сильно нагретого (раскалённого) объекта. В настоящее время смысл несколько расширен, в частности, некоторые типы пирометров (такие приборы правильнее называть инфракрасные [радиометры](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80)) измеряют достаточно низкие температуры (0°C и даже ниже), при которых тепловое излучение не видно человеческим глазом.

На хладотранспорте применяют только термометры.

Для контроля, регистрации и регулирования температуры на железнодорожном хладотранспорте используют дилатометрические термометры, контактные термометры, термографы, манометрические термометры, металлические и полупроводниковые термометры сопротивления и др.



Рис.1.1 Дилатометрический термометр: а - дилатометрический термометр с наружной шкалой; б - дилатометрический термометр с вложенной шкалой

**Дилатометрический термометр (**рис.1.1) основан на измерении меняющихся с температурой размеров тел. Из дилатометрических приборов наибольшее распространение получили жидкостные, в том числе ртутные и спиртовые. Недостатками дилатометрических термометров являются их хрупкость и большая тепловая инерция.

**Контактный термометр** (рис.1.2) состоит из ртутного термометра с двумя шкалами (верхней и нижней). По нижней определяют температуру окружающей среды. Верхняя необходима для установления на ней контролируемого значения температуры. Контактный термометр служит для сигнализации и поддержания постоянной температуры контролируемой среды. Впаянные в капилляр один, два или три платиновых контакта на отметках шкалы, соответствующих температурным точкам сигнализации или заданным значениям регулируемой температуры, обеспечивают замыкание или разрыв электрических цепей.

Рис.1.2 Контактные термометры: а - прямой контактный термометр; б - угловой контактный термометр

**Манометрический термометр** основан на измерении давления, меняющегося в замкнутом пространстве с изменением температуры.

**Термометр сопротивления** основан на измерении величины электрического сопротивления проводника или полупроводника, изменяющегося с температурой. Определение температуры с помощью таких датчиков заключается в измерении их сопротивления с использованием мостовой цепи Уитстона (рис.1.3), в которую включены четыре резистора, соединенные последовательно в замкнутый контур.



Рис.1.3 Схема измерения температуры с использованием мостовой цепи Уитстона

К двум противоположным точкам моста а и в подключён источник питания Е, а к точкам с и d - измеритель равновесия схемы (гальванометр). Диагональ а-в получила название диагонали питания, а диагональ с-d - измерительной диагонали. Плечо RX является объектом измерения, плечо R3 - объектом сравнения. Резисторы R2 и R4 служат для создания разности потенциалов на измерительной диагонали. Гальванометр служит указателем измеряемой величины.

Для измерения температуры применяют уравновешенные и неуравновешенные мосты. Схема измерения температуры металлическим термометром сопротивления на основе уравновешенного моста приведена на рис.1.4.

Процесс измерения основан на создании условия равновесия, которое имеет вид:



Мост уравновешивается с помощью реохорда R. При этом разность потенциалов на измерительной диагонали должна равняться нулю. Уравновешивая плечи моста при помощи реохорда, замеренную температуру отсчитывают по температурной шкале реохорда. Сопротивление датчика определяется по формуле.



Рис.1.4 Схема измерения температуры металлическим термометром сопротивления: Rt - резисторы измерения; R1 и R2 - уравнительные резисторы; R3 - резистор сравнения; П - переключатель; Е - источник электрического тока



Сопротивление резистора сравнения R3 остается неизменным, а величины R1 и R2 определяются по шкале регулировочного реостата. Металлический термометр сопротивления (рис.1.4) основан на принципе измерения величины электрического сопротивления металлического проводника (терморезистора), увеличивающегося при повышении температуры. Он представляет собой патрон, внутри которого помещена спираль из тонкого медного проводника (из проволоки d = 0,1 мм для измерения температур от - 50 до +150°С, R = 53 ± 0,1 Ом при 0°С). По терморезистору от источника пропускается электрический ток. Сопротивление терморезистора изменяется в зависимости от температуры и замеряется уравновешенным мостом. Каждой температуре соответствует определенное сопротивление терморезистора. Термометр сопротивления может быть удален на значительное расстояние от места замера.

Металлические термометры сопротивления применяют для измерения температуры в 5-вагонных секциях Брянского машиностроительного завода (БМЗ), а также в холодильных складах на входе и выходе воздуха из испарителя холодильной установки непосредственного охлаждения. В грузовом помещении каждого вагона установлено четыре датчика, из них два - на входе и выходе воздуха из воздухоохладителя, один - на боковой стене у дверного проема и один - на гибком проводе, что позволяет помещать его в любом месте, в том числе и в грузе. Схема размещения датчиков в грузовом вагоне 5-вагонной секции БМЗ приведена на рис.1.5 Температуру в грузовых вагонах контролируют тремя способами: выборочный ручной дистанционный контроль, автоматический контроль с периодической записью, местное измерение температуры. В качестве датчиков температуры в этих системах используются платиновые терморезисторы сопротивления, а воспринимающие (показывающие) приборы для каждой системы подобраны индивидуально.



Рис.1.5 Схема размещения датчиков температуры в грузовом вагоне 5-вагонной секции БМЗ: 1 и 2 - датчики на входе и выходе воздуха их воздухоохладителя; 3 - датчик на боковой стене; 4 - датчик на гибком проводе.

Кроме термометров сопротивления с датчиками из чистых металлов (платины, меди, железа) применяют термометры сопротивления с датчиками из полупроводников (термисторов), обладающих отрицательным температурным коэффициентом, т.е. с повышением температуры на один градус сопротивление их уменьшается на 1-3 %. Полупроводниковый термометр сопротивления представляет собой термистор, включенный в плечо неуравновешенного моста (рис.1.6).



Рис.1.6. Схема измерения температуры полупроводниковым термометром сопротивления

Перед каждым измерением температуры в рефрижераторном вагоне переключателем П включают контрольный резистор RК и устанавливают при помощи регулировочного резистора RР стрелку миллиамперметра в контрольное положение, обозначенное на шкале красной точкой, которая соответствует определенной температуре. После этого переключателем П поочередно включают термисторы. На шкале миллиамперметра стрелка указывает температуру в замеряемой точке. Температурный коэффициент термистора обратно пропорционален квадрату температуры, поэтому шкала измерительного прибора при непосредственном измерении сопротивления термистора Rt будет нелинейной.

Линейную характеристику получают путем включения в цепь термистора Rt, шунтирующего RШ и дополнительного Rд резисторов. При этом характеристика цепи принимает вид прямой, а шкала измеряющего прибора будет равномерной.

К достоинствам полупроводниковых термометров сопротивления следует отнести высокую точность измерения, легкость осуществления автоматической записи и дистанционной передачи показаний, простоту эксплуатации, дешевизну, продолжительный срок службы. Недостатком таких термометров является потребность в источнике электроэнергии.

Полупроводниковые термометры сопротивления установлены в 5-вагонных секциях ZB-5 и автономных рефрижераторных вагонах (АРВ). Температурные датчики размещены на входе и выходе воздуха из испарителя (1 и 2 - первого испарителя, 5, 6 - второго) и на боковых стенах (3,4), а для измерения температуры груза служит датчик термометра на гибком проводе (7). Место подключения переносной термостанции обозначено цифрой 8. Схема размещения датчиков температуры в грузовом помещении АРВ приведена на рис.1.7.



Рис.1.7 Схема размещения датчиков температуры в грузовом помещении АРВ

Переносная термостанция собрана по схеме уравновешенного моста и необходима для снятия показаний температуры без вскрытия грузового помещения вагона. Измерение проводится механиком пункта технического обслуживания АРВ. Переносной термостанцией оснащены также и 5-вагонные рефрижераторные секции. Сопровождающая бригада использует ее для более точного измерения температуры в грузовых вагонах.

Основными датчиками, используемыми для измерения температуры на рефрижераторном подвижном составе, являются терморезисторы типа ТСП-6108 (платиновые, сопротивлением 100 Ом при температуре 0°С) и ТСМ-010 (медные сопротивлением 53 Ом при температуре 0°С), а также термисторы типа ТNМ (сопротивлением 2500 Ом при температуре 0°С).



Рис.1.8 Переносная термостанция

**Переносная термостанция** (рис.1.8) - для измерения температуры в грузовом помещении АРВ и 5-вагонных секциях. При подключении к розетке 1 измеряют температуры входящего и выходящего воздуха воздухоохладителя первого агрегата, к розетке 2 - в грузовом помещении (левая и правая сторона), к розетке 3 - температура входящего и выходящего воздуха воздухоохладителя второй холодильной установки. Термостанция с помощью удлинителя 4 соединена со специальной вилкой 5, которую при измерении подключают поочередно в розетки 1,2,3.

К термометрам сопротивления также относится **термопара** (рис.1.9), которая состоит из двух спаянных металлических проводников, присоединенных проводами к чувствительному гальванометру. По отклонению стрелки гальванометра определяют разность температур среды, в которую помещен рабочий спай, и среды, в которой находятся свободные концы термопары. С помощью термопары измеряют температуру в пределах от - 50°С до 1000°С и выше. Например, термопара платина-родий-платина имеет диапазон измерений от - 20 до 1300°С.



Рис.1.9 Схема измерения температуры термопарой: 1 - рабочий спай; 2 и 3 - свободные концы; 4 - гальванометр

Термопары по способу действия основаны на изменении электродвижущей силы постоянного тока в спае двух разнородных металлов вследствие разности температуры окружающей среды у рабочего спая и свободных концов. Самым распространенным термоэлементом является NiCr - Ni.

**Термограф** *-* прибор для измерения и регистрации температуры. К основным конструктивным элементам термографа относятся: термометр, самописец для регистрации показаний термометра на бумажной диаграмме, часовой механизм, приводящий в движение диаграмму или самописец относительно друг друга. В термографах рефрижераторных вагонов и контейнеров в качестве термометров используют термометры сопротивления.

В настоящее время в связи с развитием электронной техники, большое распространение получила технология измерения температуры с применением электронных термометров: инфракрасный термометр с лазерным целеуказателем; высокотемпературный термометр; минитермометр с проникающим зондом и сигналом тревоги.

Все тела излучают электромагнитные волны, то есть излучают тепло в зависимости от их температуры. В процессе теплового излучения энергия перемещается, что позволяет измерять температуру тела на расстоянии без контакта с телом.

Бесконтактное измерение поверхности температуры получило распространение в 90-х годах 20 века и применяется главным образом, там, где контактные термометры не могут быть использованы.

Технология инфракрасного измерения обеспечивает легкую регистрацию температурных данных даже при быстрых и динамичных процессах. К тому же, бесспорным преимуществом технологии является малое время реакции сенсоров и систем.

Практической реализацией в настоящее время является **инфракрасный термометр с лазерным целеуказателем -** прибор для бесконтактного измерения температуры (рис.1.10). Прибор имеет память на 90 протоколов измерений, звуковую сигнализацию, которая используется в случаях превышения заданных предельных значений температур, а также программное обеспечение для архивации и документирования данных измерений с помощью ПЭВМ.

Инфракрасные термометры используются для:

измерения температуры пищевых продуктов;

определения поверхностей компрессоров, корпусов и несущих компонентов больших и малых двигателей;

измерение температуры движущихся компонентов (на движущемся конвейере, вращающихся колесах, металлопрокатных станках, колесных парах и др.).

Причинами некорректного измерения инфракрасного термометра являются пыль и частицы грязи, дождь, пар, газы.

Технические характеристики инфракрасного термометра приведены в табл.1.1.

*Таблица 1.1.* Технические характеристики инфракрасного термометра

|  |
| --- |
| Технические данные |
| Диапазонизмерений | от - 500С до +5000С |
| Разрешение | от 0,10С до 0,50С |
| Погрешность | от ±0,50С до ±20С |
| Спектр диапазона | от 8 до 14 μм |
| Вес | от 80 до 200 г |

Для измерения температуры элементов рефрижераторных установок используется **высокотемпературный измерительный прибор с памятью данных (**рис.1.11) - прибор для измерения высоких и низких температур. При полном оснащении прибор сохраняет и отображает на дисплее данные измерений до 3 подключаемых температурных зондов. Температурные характеристики регистрируются в памяти прибора, анализируются и выводятся в виде графиков и таблиц на ПЭВМ. Результаты измерений передаются по инфракрасному каналу. Возможно хранение индивидуальных протоколов или файлов с результатами измерений. Цикличность сохранения данных задается пользователем и изменяется в пределах от 0,5 секунды до 24 часов. Существует акустический сигнал тревоги при повышении предельных значений. Технические характеристики высокотемпературного прибора приведены в табл.1.2.

*Таблица 1.2.* Технические характеристики высокотемпературного прибора

|  |
| --- |
| Технические данные |
| Диапазонизмерений | от - 2000С до +13700С |
| Разрешение | 0,10С |
| Погрешность | ±0,30С |
| Габариты | 220×74×46 мм |
| Вес | 428 г |
| Ресурс батареи | 300 ч |

## Порядок выполнения работы:

1. Проверить точность приборов для измерения температуры

После изучения устройства и принципа действия приборов для измерения температуры провести проверку правильности показаний дилатометрических термометром.

Проверка рабочих термометров производится как по реперным точкам (температура плавления льда 0 0С, температура кипения воды 100 0С) так и путем сравнения показаний рабочего термометра с показаниями образцового.

Результаты замеров записать в табл.1

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Условия для замеров | Показания образцового прибора (название прибора)  | Показания проверяемого прибора(название прибора)  | Показания проверяемого прибора (название прибора)  | Показания проверяемого прибора (название прибора)  |
| Реперная точка - температура кипения воды 100 0С |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Погрешность +/- |  |  |  |  |

При заполнении таблицы следует указать название приборов и условия, при которых производились замеры (начальные условия - 15-20 мин от начала занятий, конечные условия - перед окончанием занятия, другие условии - при открытом окне, при солнечной погоде, при пасмурной погоде, при работе кондиционера и др.)

2. По результатам расчетов определить погрешности измерения различными приборами по отношению к образцовому.

3. Сформировать отчет с теоретической частью, результатами замеров и выводом о точности приборов.