

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Исследование проводниковых материалов

Цель работы

Изучение методов определения удельного электрического сопротивления ρ и металлов и сплавов; определение ρ образцов проводниковых материалов в зависимости от температуры

Домашнее задание

- 1) Физические основы и характерные черты явления электропроводности металлов и сплавов;
- 2) Влияние условий окружающей среды на процесс электропроводности металлов и сплавов;
- 3) Методика измерения сопротивлений металлов и сплавов;
- 4) Порядок проведения измерений и обработка результатов, оформление протокола испытаний.

Описание лабораторной установки

Схема установки приведена на рис. 1.

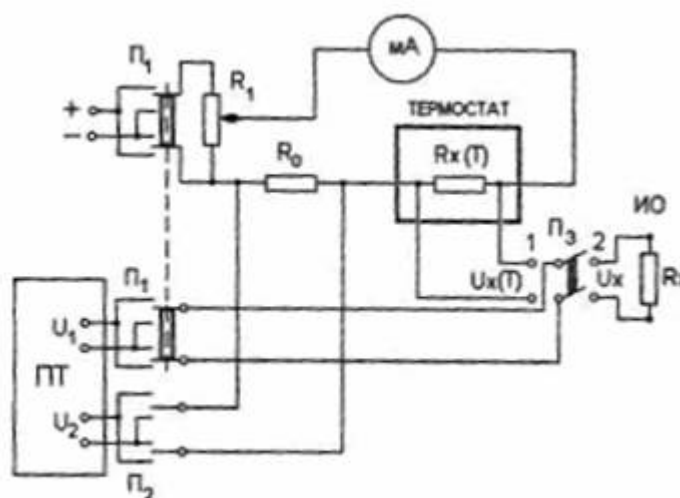


Рис. 1. Схема установки для измерения электрического сопротивления проводниковых материалов

С помощью потенциометра измеряются: падение напряжения U_x на испытуемом образце с сопротивлением R_x и падение напряжения U_0 на эталонном резисторе R_0 . Токи, протекающие через образец и эталонное сопротивление, равны. Величина сопротивления исследуемого образца рассчитывается по формуле

$$R_x = R_0 \cdot \frac{U_x}{U_0} \quad (1)$$

Испытуемый образец (ИО) выполнен в виде распределенной на поверхности керамического стержня бифилярной обмотки, выполненной из исследуемого проводника длиной L . Проводник изолирован стекловолоконистой изоляцией. При измерении

зависимости сопротивления от температуры образцы размещены в термостате, мощность нагревательного элемента которого регулируется изменением напряжения.

Удельное сопротивление ρ (Ом*м) исследуемого образца рассчитывается по формуле

$$\rho = R_x \cdot \frac{S}{L} \quad (2)$$

где S – сечение образца (м^2), L – длина образца (м).

Удельное электрическое сопротивление проводниковых материалов зависит от температуры. В области невысоких температур, где, как правило, используются проводниковые материалы, такая зависимость удовлетворительно аппроксимируется соотношением

$$\rho = \rho_0 \cdot [1 + \alpha_0 \cdot (T - T_0)] \quad (3)$$

где ρ_0 и α_0 относятся к началу температурного диапазона T_0 - T , т. е. к температуре T_0 . Параметр α_0 – температурный коэффициент электрического сопротивления показывает относительное изменение удельного сопротивления при изменении температуры на 1 градус.

$$\alpha_0 = \left(\frac{1}{\rho} \right) \cdot \left(\frac{d\rho}{dT} \right) \quad (4)$$

Зависимость (3) $\rho(T)$ представляет собой отрезок прямой линии. Эту прямую строят по экспериментальным данным, предварительно воспользовавшись методом наименьших квадратов. При этом сумма квадратов отклонений экспериментальных значений от соответствующих им значений на построенной прямой должна быть минимальной. По значениям $\rho(T_0)$, взятым на построенной прямой, рассчитывают коэффициент α_0 (1/град) по формуле:

$$\alpha_0 = \left(\frac{1}{\rho_0} \right) \cdot \left[\frac{\rho(T_{i+1}) - \rho(T_i)}{(T_{i+1} - T_i)} \right] \quad (5)$$

Виртуальная лабораторная работа состоит из вкладки «Задание» (рис. 2), на которой размещается информация об образцах и условиях проведения эксперимента и вкладок виртуальных стендов с виртуальными приборами (рис. 3).

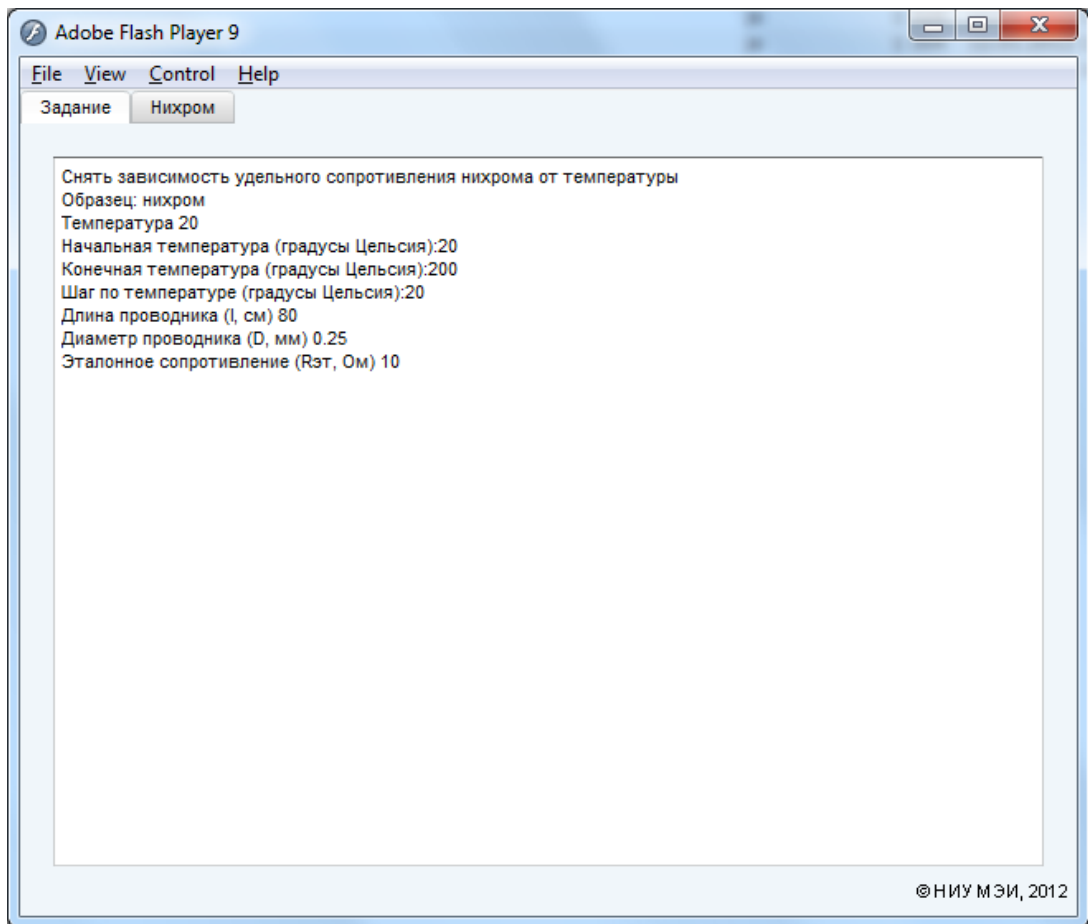


Рис.2. Вкладка «Задание» виртуальной лабораторной работы «Исследование проводниковых материалов»

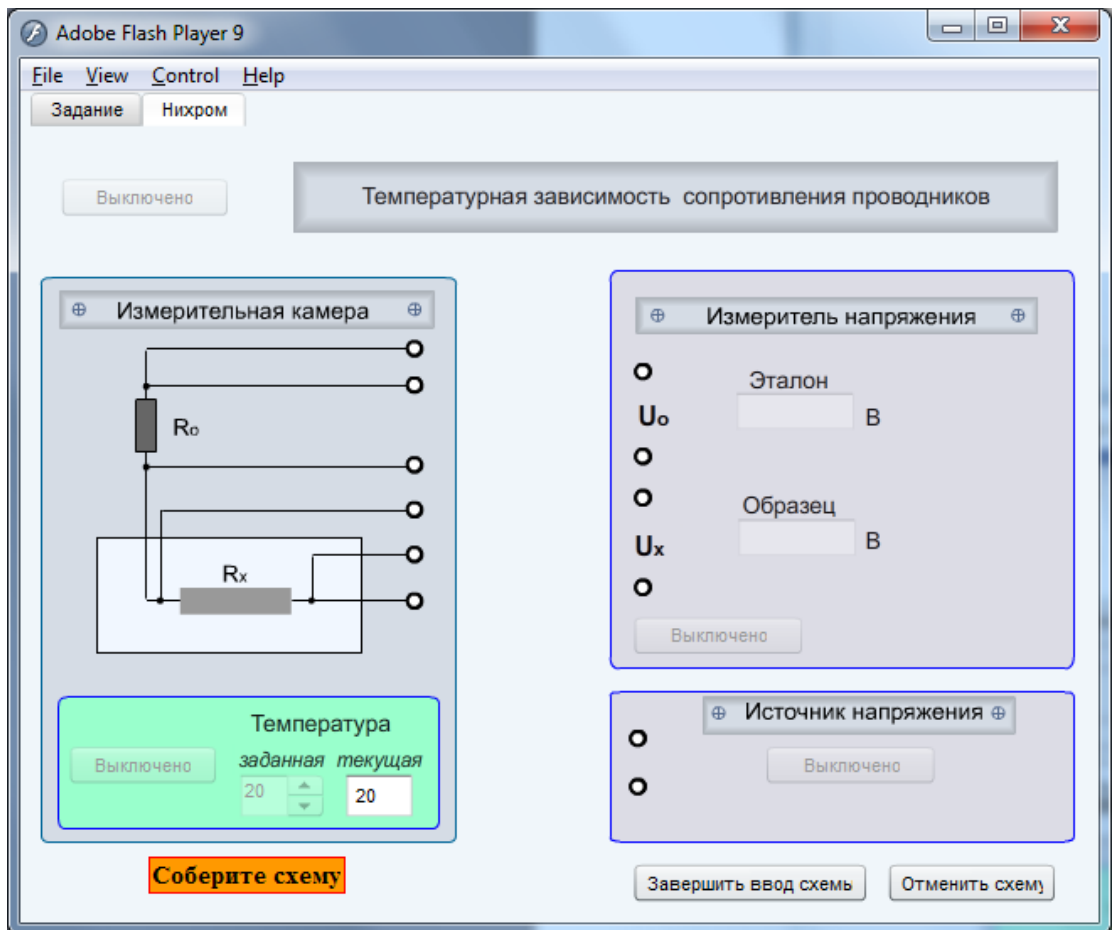


Рис.3. Измерительный стенд виртуальной лабораторной работы «Электропроводность проводниковых материалов»

Виртуальный лабораторный стенд включает в себя: камеру с испытуемым образцом, размещенном в термостате, источник напряжения, измеритель напряжения. Стенд, термостат, измеритель напряжения и источник напряжения имеют кнопки включения. Для выполнения измерений необходимо собрать схему соединений. Соединения осуществляются с помощью мыши перетаскиванием контактов. Позиционируем указатель мыши на первый контакт соединения, кликаем левую кнопку мыши и удерживая ее, протаскиваем указатель мыши на второй контакт соединения, отпускаем левую кнопку. В случае правильного соединения появляется электрическое соединение. Для завершения сборки схемы необходимо нажать кнопку «Завершить ввод схемы». Если схема собрана неправильно, то появляется сообщение «Схема собрана неправильно», необходимо отменить собранную схему, нажав кнопку «Отменить схему» и повторить процедуру сборки вновь. После того, как собрана схема следует включить стенд и приборы стенда. Включенный, подготовленный к работе стенд приведен на рис. 4.

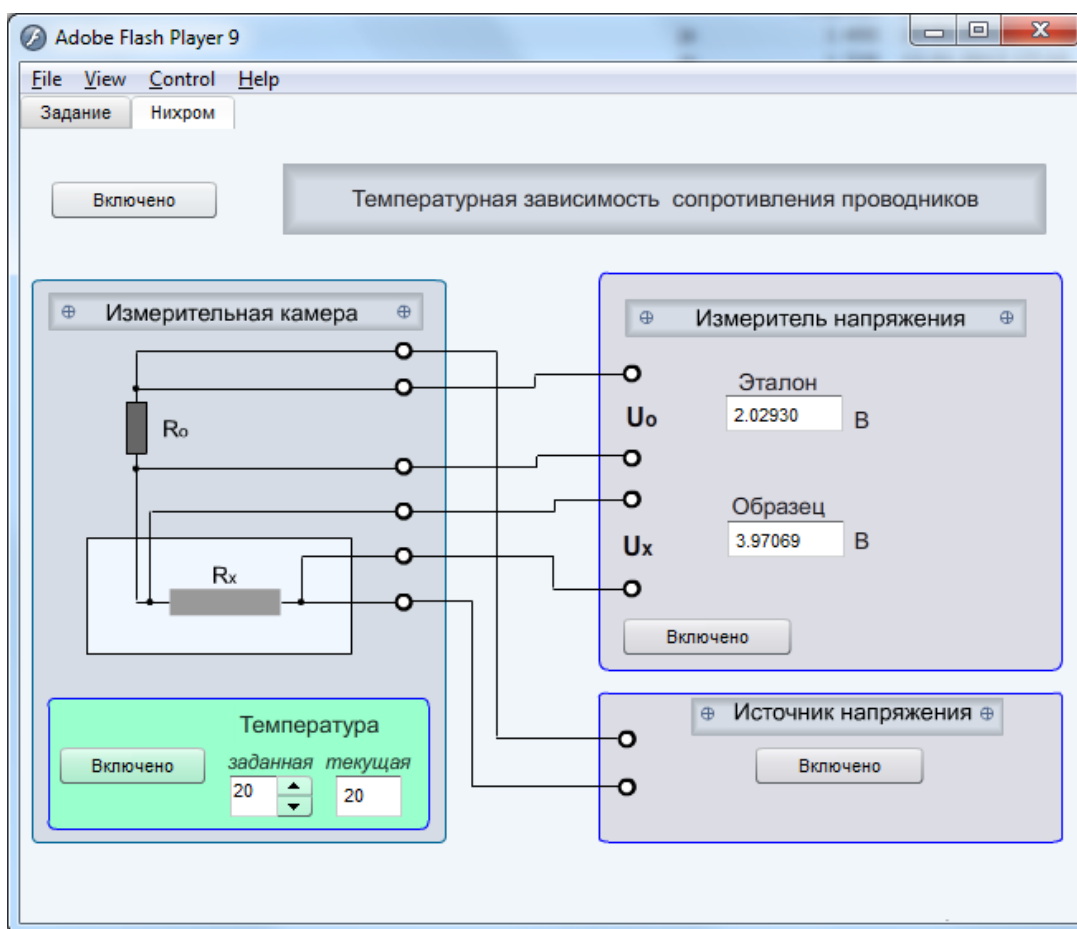


Рис. 4. Виртуальный лабораторный стенд подготовлен к измерениям

Образец установлен в камеру с термостатом. Термостат имеет два дисплея, в одном отображается температура испытания, задаваемая пользователем, в другом – текущая температура в измерительной камере с образцом. Температура задается с помощью клика мышью на элементы управления, отображаемые в виде треугольников. При однократном нажатии на верхний треугольник заданная температура возрастает на один градус, при нажатии на нижний треугольник – соответственно температура уменьшается на один градус. Температуру можно задавать также и с клавиатуры, предварительно кликнув на окне «Заданная температура». При этом после завершения ввода следует нажать клавишу «Enter».

Задаем необходимую температуру в термостате. Дожидаемся, пока температура в термостате не станет равной заданной. Фиксируем с помощью измерителя падение напряжения на эталонном сопротивлении – дисплей «Эталон», на образце – дисплей «Образец».

Рабочее задание и порядок проведения работы

Лабораторная работа проводится по следующей схеме:

1. Авторизоваться на учебно-методическом комплексе «Виртуальные лабораторные работы по курсу ЭТМ» (<http://etm.mpei.ru>). Загрузить виртуальную лабораторную работу «Электропроводность проводниковых материалов». Перейти к вкладке «Задание» на виртуальном лабораторном стенде и ознакомиться с выданным для выполнения заданием.
2. Собрать схему, перетаскивая соответствующие клеммы на виртуальном стенде. Занести в таблицу измеренные значения падения напряжения на образце и

эталонном сопротивлении в зависимости от температуры. Рассчитать зависимости удельного сопротивления и температурного коэффициента сопротивления проводникового материала от температуры. Построить график зависимости удельного сопротивления от температуры.

3. Сделать письменные выводы по проделанной работе, объяснив полученные зависимости. Подготовить отчет в формате текстового процессора Microsoft Word по проделанной работе в соответствии с установленными требованиями. Отчет должен включать в себя:
 - титульный лист с наименованием лабораторной работы, названием кафедры, Ф.И.О. студента и преподавателя;
 - конкретное задание, номер варианта;
 - основные формулы и соотношения, по которым проводился расчет;
 - таблицы (протоколы) с результатами экспериментов и рассчитанными удельными сопротивлениями и температурным коэффициентом сопротивления;
 - графики, полученных зависимостей;
 - краткие письменные выводы, объясняющие соответствие (или несоответствие) полученных зависимостей теоретическим.
 - Графические зависимости оформляются с помощью средств построения графиков Excel, либо с помощью любых программ построения графиков.

Контрольные вопросы

1. Какие виды проводниковых материалов Вы знаете, какова физическая природа их электропроводности?
2. Почему примеси и другие структурные дефекты влияют на процесс электропроводности металлов?
3. Какие электрические свойства характерны для металлических сплавов?
4. Что представляют собой проводниковые медь, алюминий, железо, никель, латуни, ковар.
5. Перечислите тугоплавкие материалы и их свойства.

Литература

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. Учебник. Лань. 2001. 185 с.
2. Конструкционные и электротехнические материалы / под ред. В.А.Филикова. М.:Высшая школа, 1990, 294 с.
3. Электронные учебники по курсу «Электротехническое материаловедение». НИУ МЭИ, <http://ftemk.mpei.ac.ru/ctlw/LocalContent.aspx?id=etmTut>
4. Бородулин В.Н., К.В.Елизаров К.В., Сутченков А.А., Тихонов А.И. Методические указания по курсу Электротехническое материаловедение. Под ред А.И. Тихонова; М.: Изд-во МЭИ, 1997. 32с. Электронное учебное пособие.
5. Бородулин В.Н., К.В.Елизаров К.В., Сутченков А.А., Тихонов А.И. Задачи компьютерного учебно-контролирующего комплекса. Учебное пособие по курсу Электротехническое Материаловедение. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 42с. Электронное учебное пособие.