НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



ОИВТ-6

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТЫ С ПК.

Тула, 2013 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТЫ С ПК.

Цель работы: на примере реальных физических проблем и задач рассмотреть построение математической модели системы. Примером физической задачи является задача об автоматической установке и поддержании заданной температуры в электропечи. При этом наблюдается периодический процесс и постепенно устанавливается необходимая температура.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

Понятие модели и моделирования. Классификация моделей.

Задачи, которые решает человек в своей образовательной, научноисследовательской, профессиональной деятельности, делятся на две категории: вычислительные и функциональные. Цель вычислительных задач – расчет параметров, характеристик, обработка данных. Функциональные задачи требуют решения при реализации функций управления, проектирования. Это, например, управление деятельностью торгового предприятия, планирование выпуска продукции, управление перевозкой грузов и т. п.

Процесс решения задачи средствами моделирования отображает схема, показанная на рис. 1.1. Под реальным объектом подразумевается исследуемый объект (система, явление, процесс). Модель – это материальный или воображаемый объект, который в процессе познания замещает реальный объект, сохраняя при этом его существенные свойства.

Моделирование – это процесс исследования реального объекта с помощью модели. Исходный объект называется при этом прототипом или Выделяют моделирования. Натурное оригиналом. разные виды моделирование проведение исследований на реальном объекте С последующей обработкой результатов эксперимента. Имитационное моделирование _ метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Физическое моделирование – метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на их физическом подобии (физических моделях).

Математическое моделирование – процесс установления соответствия данному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта.



Рис. 1.1. Решение задачи посредством моделирования.

Моделировать можно не только материальные объекты, но и процессы. Например, конструкторы используют аэродинамическую трубу для воспроизведения на земле условий полета самолета. Создается модель полета самолета, т. е. условия, подобные тем, что происходят в реальном полете. На такой модели измеряются нагрузки на корпусе, исследуется прочность самолета и пр.

В дальнейшем термин «объект моделирования» будем понимать в широком смысле: это может быть и некоторый вещественный объект (предмет, система) и реальный процесс.

Модель повторяет не все свойства реального объекта, а только те, которые требуются для ее будущего применения. Поэтому важнейшим понятием в моделировании является понятие цели.

Цель моделирования – это назначение будущей модели. Цель определяет те свойства объекта-оригинала, которые должны быть воспроизведены в модели. Иначе говоря, модель – это упрощенное подобие реального объекта, который отражает существенные особенности (свойства) изучаемого реального объекта, отвечающие цели моделирования.

К построению модели прибегают в тех случаях, когда использование объекта-оригинала по каким-либо причинам затруднено или невозможно.

Такими причинами могут быть, например:

* слишком большой (Солнечная система) или слишком маленький размер объекта (молекула или атом);

* моделируемый процесс протекает слишком быстро (сгорание топлива в двигателе внутреннего сгорания) или слишком медленно (процесс возникновения жизни на Земле); * исследование объекта может оказаться опасным для окружающих (атомный взрыв);

* объект-оригинал может быть разрушен в процессе исследования (исследование прочностных характеристик конструкции самолета).

Существует ряд общих требований к свойствам, которым должны удовлетворять модели:

- адекватность достаточно точное отображение свойств объекта;
- конечность модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и свойств;
- полнота (информативность) предоставление получателю всей необходимой информации об объекте в рамках гипотез, принятых при построении модели;
- упрощенность модель отображает только существенные стороны объекта;
- гибкость возможность воспроизведения различных ситуаций во всем диапазоне изменения условий и параметров;
- приемлемая для имеющегося времени и программных средств трудоемкость разработки модели.

Классификация моделей.

Классификация – это разделение объектов на группы, имеющие один или несколько общих признаков. В зависимости от признака классификации одни и те же модели могут быть отнесены к разным классам. Такими признаками могут быть, например, учет в модели временного фактора, способ представления модели и др.

Классификация по области использования модели представлена на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Классификация моделей по области использования.

Учебные модели – наглядные пособия, тренажеры, обучающие программы.

Игровые модели – это экономические, военные, деловые игры. Они репетируют поведение объекта в различных ситуациях.

Исследовательские модели создаются для исследования процессов или явлений, например, стенды для проверки электронной аппаратуры.

Опытные модели – это уменьшенные или увеличенные копии объектов. Их используют для исследования объекта и прогнозирования его будущих характеристик (например, опытная модель проектируемого автомобиля).

Имитационные модели имитируют реальность, при этом, как правило, эксперимент многократно повторяется.

Классификация по отрасли представленных в модели знаний разделяет все модели на физические, биологические, социальные, экономические и т. д.

Компьютерное математическое моделирование.

Математическое моделирование не связано напрямую с компьютером. Аналитические решения (математические формулы, выражающие зависимость результата от исходных данных) удобнее и информативнее численных решений. Аналитическая модель – математическая модель, представляющая собой совокупность аналитических выражений и зависимостей, позволяющих оценивать определенные свойства моделируемого объекта.

Аналитические модели процессов и явлений находят широкое применение в различных областях науки и техники. Изучая качественную сторону процессов и явлений, исследователи стремятся выразить их изменения в виде определенных соотношений или пропорций между основными величинами. Аналитические модели позволяют быстро и точно объяснить процессы, происходящие в системах и предсказать их возможное поведение в различных условиях. Однако возможности аналитических методов решения сложных математических задач весьма ограничены.

Построение математической модели начинается с описания исходных данных и результатов, а затем на основании изучения реальной системы устанавливают виды взаимосвязи между исходными данными и результатами, формальная запись этих зависимостей дает математическую модель.

Описательные математические модели используются для описания объекта моделирования с помощью математических формул. Такое описание затем позволяет применить для исследования модели математические методы.

Например, в решении экономических задач широко используются матричные математические модели, для исследования которых применяются методы линейной алгебры.

Пример 1. Предприятие производит *n* типов продукции, используя *m* видов ресурсов. Нормы затрат *i*-го ресурса (*i*=1, 2, ..., *m*) на производство единицы продукции *j*-го типа (*j*=1, 2, ..., *n*) заданы матрицей затрат:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix},$$
где где a_{ij} – количество *i*-го ресурса, затраченное

на производство единицы продукции *j*-го типа. Пусть за определённый отрезок времени предприятие выпустило количество продукции каждого типа x_i . (i=1,2,..., n). Представим выпуск продукции с помощью вектора-столбца $\begin{pmatrix} x_i \\ x_i \end{pmatrix}$

$$X = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$
. Построенная описательная математическая модель производства

продукции позволит решать вычислительные задачи. Например, можно определить полные затраты ресурсов каждого вида s_i (i=1, 2, ..., m) на производство всей продукции за данный период времени как произведение матрицы A на вектор-столбец X, т. е:

$$S = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_n \end{pmatrix} = A \times X = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}$$

Математическое моделирование стохастических процессов.

При моделирования стохастических (случайных, вероятностных) процессов и явлений, которые зависят от некоторых случайных факторов, приходится строить модели случайных величин, а также зависимостей между ними. Случайная величина – это величина, которая в зависимости от исхода испытания принимает одно из множества возможных значений.

Предсказать заранее, какое значение будет принято случайной величиной в результате опыта или наблюдения, невозможно. Примерами случайных величин являются: количество посетителей магазина в течение дня; количество оценок «отлично» на экзамене и др.

B качестве примера статистического моделирования рассмотрим построение регрессионной модели статистической зависимости одной случайной величины (Y) от другой (X). Установлено, например, что рост доходов населения ведет к увеличению потребления, рост цены на какой-либо товар – к снижению спроса на этот товар. При этом зависимость не является однозначной, т. е. одному значению независимой величины (X) может соответствовать множество значений зависимой величины (Y).

Для решения задачи построения уравнения регрессии по известным выборочным значениям наблюдаемых случайных величин X и Y используется метод наименьших квадратов. Рассмотрим применение метода наименьших квадратов для случая линейной регрессии, когда зависимость Y от X является линейной.

Пусть после предварительного анализа была выбрана линейная модель вида $y=a\cdot x+b$. Теперь задача состоит в том, чтобы найти наилучшие значения параметров модели *a* и *b*. Нам известны значения x_i и y_i - конкретные числа, полученные в опытах (рис. 1.3). Для определения неизвестных параметров можно составить систему условных линейных уравнений, каждое из которых имеет вид:

$$y_i = a \cdot x_i + b, \ i = 1, 2, 3, ..., n$$
 (1.1)



Система уравнений (1) при n - кратных измерениях может быть избыточной, если n > 2 и, вообще говоря, несовместна, т. к. результаты измерений величин x и y неизбежно содержат ошибки. Поэтому из этих уравнений можно определить лишь **оценки** искомых параметров A и B, которые являются случайными величинами.

Будем считать, что все пары экспериментальных значений x_i , y_i равновероятны (т. е. измерения равноточны), случайные ошибки величин x и y распределены по нормальному закону, а систематическими ошибками можно пренебречь. Между рассчитанными по модели значениями и экспериментальными отсчетами y будут наблюдаться отклонения. Введем для них обозначение:

$$\Delta_i = y_i - \tilde{y}_i = y_i - (A \cdot x_i + B).$$

Математики Лежандр и Гаусс показали, что оценки параметров A и B будут наиболее вероятными, если сумма квадратов отклонений по всем точкам *n* будет наименьшей:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2 \to \min$$
 (1.2)

Минимум этой суммы находится по правилам дифференциального исчисления: условием минимума функции является обращение в нуль частных производных функции *Q* по независимым переменным *A* и *B*:

$$\frac{\partial Q}{\partial A} = 0; \quad \frac{\partial Q}{\partial B} = 0.$$
 (1.3)

Подставляя (1.2) в (1.3), получаем:

$$\begin{cases} A \cdot \sum_{i=1}^{n} x_{i} + n \cdot B - \sum_{i=1}^{n} y_{i} = 0, \\ B \cdot \sum_{i=1}^{n} x_{i} + A \cdot \sum_{i=1}^{n} x_{i}^{2} - \sum_{i=1}^{n} x_{i} \cdot y_{i} = 0. \end{cases}$$
(1.4)

Решая эту систему уравнений относительно параметров А и В, находим:

$$A = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}.$$
(1.5)

Если разделить числитель и знаменатель уравнения (1.5) на n², то после несложных преобразований можно выразить коэффициент А через средние значения величин, входящих в эти уравнения. Тогда получим:

$$A = \frac{\langle x \cdot y \rangle - \langle x \rangle \cdot \langle y \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}$$
(1.6)

где $\langle x \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i$, $\langle y \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i$, $\langle x \cdot y \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i \cdot y_i)$, $\langle x^2 \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i^2$ – арифметические значения соответствующих величин.

Из уравнения (1.1), рассчитав параметр А, можно найти параметр В:

$$B = \langle y \rangle - A \cdot \langle x \rangle \tag{1.7}$$

Нахождение искомых оценок А и В по уравнениям удобно проводить на микрокалькуляторах или на ЭВМ.

Теория дает возможность определить также дисперсию (рассеяние, отклонение экспериментальных точек от модельной прямой) и дисперсию коэффициентов А и В. Если обозначить S_0^2 - дисперсию точек, S_A^2 и S_B^2 - дисперсии коэффициентов A и В, то

$$S_{0}^{2} = \frac{n}{n-2} \cdot \left\{ \left\langle y^{2} \right\rangle - \left\langle y \right\rangle^{2} - \frac{\left[\left\langle x \cdot y \right\rangle - \left\langle x \right\rangle \left\langle y \right\rangle \right]^{2}}{\left\langle x^{2} \right\rangle - \left\langle x \right\rangle^{2}} \right\},$$

$$S_{A}^{2} = \frac{S_{0}^{2}}{n \cdot \left[\left\langle x^{2} \right\rangle - \left\langle x \right\rangle^{2} \right]},$$

$$S_{B}^{2} = S_{A}^{2} \cdot \left\langle x^{2} \right\rangle.$$
(1.8)

Интервалы, в которых с доверительной вероятностью α могут находиться коэффициенты a и b, записываются в виде:

$$A - t_{\alpha, n-2} \cdot S_A \le a \le A + t_{\alpha, n-2} \cdot S_A,$$

$$B - t_{\alpha, n-2} \cdot S_B \le b \le B + t_{\alpha, n-2} \cdot S_B$$
(1.9)

где t_{а,n-2}- - коэффициент Стьюдента.

Полученные формулы непосредственно могут быть использованы для расчета параметров линейных аппроксимирующих зависимостей в лабораторных работах.

Пример 2. Определим характер зависимости выпуска продукции (Y) от количества потребляемой электроэнергии (X). Результаты наблюдения за 12 месяцев (n=12) представлены в табл. 1.

Данные наблюдений

Таблица 1

Потребление												
эл. энергии х _і	50	70	100	120	150	170	180	200	220	230	240	250
Выпуск												
продукции y _i	120	220	260	380	420	450	580	620	640	700	750	760

Отобразим результаты наблюдений из табл. 1 на графике (рис. 1.4). Рассматривая экспериментальные данные, предположим, что они подчиняются гипотезе о линейной зависимости Y от X, т. е. примем в качестве модели зависимость *y*=*a*•*x*+*b*. Выполнив расчеты с помощью формул



Рис. 1.4. Графический вид представления результатов наблюдения.

Построенная регрессионная кривая может использоваться для вычисления прогнозных значений случайной величины Y. Например, можно построить прогноз относительно выпуска продукции для значения потребления электроэнергии, равного 270.

Подставим в уравнение $y = -30,56 + 3,17 \cdot x$ значение x=270 и получим y=824.

Моделирование средствами ЭВМ.

В практике научных исследований часто приходится иметь дело с таблицей численных значений экспериментальных данных, отражающих некоторую функциональную зависимость $y_i = f(x_i)$. Замена табличной функции $y_i = f(x_i)$ аналитической функцией $y = \phi(x)$ называется аппроксимацией, а аппроксимирующей функция $\phi(\mathbf{x})$ называется функцией. Получение аппроксимирующей функции представляет собой математическое моделирование того или иного параметра исследуемого процесса или объекта по результатам наблюдений или измерений значений этого параметра.

В качестве простейших аппроксимирующих функций используют:

- линейную y = ax + b,
- степенную $y = ax^b$,
- логарифмическую $y = a \ln(x) + b$,
- экспоненциальную $y = a e^{bx}$.

Все эти функции содержат два коэффициента аппроксимации a и b. Если эти функции не обеспечивают необходимой точности аппроксимации, количество коэффициентов можно увеличить и использовать более сложные функции. Например, можно использовать полиномиальную аппроксимацию функцией $y = a + bx + cx^2 + ...$, которая позволяет путем увеличения степени полинома и, соответственно, количества коэффициентов обеспечить необходимую точность аппроксимации. Задача аппроксимации может быть решена с помощью ЭВМ с использованием математических пакетов.

Физическая задача «Регулирование температуры электропечи. Автоматическое поддержание заданной температуры объекта».

Отметим, что полное описание процесса работы систем автоматического регулирования достаточно сложно и рассматривается подробно в специальном курсе «Основы теории управления». Поэтому здесь мы ограничимся краткими качественными выводами, необходимыми для понимания работы исследуемого устройства.

Главная задача систем регулирования состоит в том, чтобы стабилизировать параметры процесса на заданном уровне при воздействии внешних возмущающих воздействий, действующих на объект управления. Этим занимаются системы автоматической стабилизации. Другой не менее важной задачей является задача обеспечения программного перехода на новые режимы работы. Решение этой проблемы осуществляется с помощью той же системы стабилизации, задание которой изменяется от программного датчика.

Структурная схема одноконтурной системы АР объектом управления приведена на рис. 2.1. Основными элементами ее являются: АР — автоматический регулятор, УМ — усилитель мощности, ИМ — исполнительный механизм, РО — регулируемый орган, СОУ — собственно объект управления, Д — датчик, НП — нормирующий преобразователь, ЗД — задатчик, ЭС — элемент сравнения.



Рис. 2.1

Переменные: Y3 — задающий сигнал, е — ошибка регулирования, U_P — выходной сигнал регулятора, U_y — управляющее напряжение, h — перемещение регулирующего органа, Q_r — расход вещества или энергии, F — возмущающее воздействие, T — регулируемый параметр, Y_{OC} — сигнал обратной связи (выходное напряжение или ток преобразователя).

Нормирующий преобразователь выполняет следующие функции:

• преобразует нестандартный сигнал датчика в стандартный выходной сигнал;

• осуществляет фильтрацию сигнала;

• осуществляет линеаризацию статической характеристики датчика с

целью получения линейного диапазона.

Для расчетных целей исходную схему упрощают до схемы, показанной на рис. 2. 2, где AP — регулятор, ОУ — объект управления.



Рис. 2.2

Выбор канала регулирования

Одним и тем же выходным параметром объекта можно управлять по разным входным каналам.

При выборе нужного канала управления исходят из следующих соображений:

• Из всех возможных регулирующих воздействий выбирают такой поток вещества или энергии, подаваемый в объект или отводимый из него, минимальное изменение которого вызывает максимальное изменение регулируемой величины, то есть коэффициент усиления по выбранному каналу должен быть, по возможности, максимальным. Тогда, по данному каналу можно обеспечить наиболее точное регулирование.

• Диапазон допустимого изменения управляющего сигнала должен быть достаточен для полной компенсации максимально возможных возмущений, возникающих в данном процессе, то есть должен быть обеспечен запас по мощности управления в данном канале.

Основные показатели качества регулирования

К автоматическим системам регулирования предъявляются требования не только по устойчивости процессов регулирования во всем диапазоне нагрузок на объект, но и по обеспечению определенных качественных показателей процесса автоматического регулирования. Ими являются:

• Ошибка регулирования (статистическая или среднеквадратическая составляющие).

• Время регулирования.

- Перерегулирование.
- Показатель колебательности.

Динамический коэффициент регулирования ${\rm R}_{\rm d}$, который определяется из формулы:

$$R_d = \frac{Y}{Y_0^1} \times 100\% \quad , \tag{2.1}$$

где смысл величин Y_0 и Y_1 ясен из рис. 2.3.



Рис. 2.3

Величина R_d характеризует степень воздействия регулятора на процесс, то есть степень снижения динамического отклонения в системе с регулятором и без него.

Величина перерегулирования зависит от вида отрабатываемого сигнала. При отработке ступенчатого воздействия по сигналу задания величина перерегулирования определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{X_m - X_y}{X_y} \times 100\%$$
(2.2)

где значения величин X_m и X_y показаны на рис. 2.4.



Рис. 2.4

При отработке возмущающего воздействия величина перерегулирования определяется из соотношения:

$$\sigma = \frac{X_1}{X_m} \times 100\% \tag{2.3}$$

где значения величин X_m и X_v показаны на рис. 2.5



Рис. 2.5

Время регулирования — это время, за которое регулируемая величина в переходном процессе начинает отличаться от установившегося значения менее, чем на заранее заданное значение β, где β— точность регулирования. Настройки регулятора выбираются так, чтобы обеспечить либо минимально возможное значение общего времени регулирования, либо минимальное значение первой полуволны переходного процесса.

В некоторых системах АР наблюдается ошибка, которая не исчезает даже по истечении длительного интервала времени — это **статическая ошибка регулирования** — ε_c .

У регуляторов с интегральной составляющей ошибки в установившемся состоянии теоретически равны нулю, но практически незначительные ошибки могут существовать из-за наличия зон нечувствительности в элементах системы.

При настройке регуляторов можно получить достаточно большое число переходных процессов, удовлетворяющих заданным требованиям. Таким образом, появляется некоторая неопределенность в выборе конкретных значений параметров настройки регулятора. С целью ликвидации этой неопределенности и облегчения расчета настроек вводится понятие оптимальных типовых процессов регулирования.

Выделяют три типовых процесса:

1. Апериодический процесс с минимальным временем регулирования (рис. 2.6). Этот типовой процесс предполагает, что отрабатывается возмущение F (система автоматической стабилизации). В данном случае настройки подбираются так, чтобы время регулирования t_p было минимальным. Данный вид типового процесса широко используется для настройки систем, не допускающих колебаний в замкнутой системе регулирования.



Рис. 2.6

 Процесс с 20-процентным перерегулированием и минимальным временем первого полупериода (рис. 2.7). Такой процесс применяется для настройки большинства промышленных САР, так как он соединяет в себе достаточно высокое быстродействие (t1=min) при ограниченной колебательности (σ=20%).



Рис. 2.7

3. Процесс, обеспечивающий минимум интегрального критерия качества (рис. 2.8). Интегральный критерий качества выражается формулой:

$$J = \int_{0}^{\infty} e^{2}(t) dt \rightarrow min$$
, где e – ошибка регулирования.

Рис. 2.8

К достоинствам этого процесса можно отнести высокое быстродействие (1ой полуволны) при довольно значительной колебательности. Кроме этого, оптимизация этого критерия по параметрам настройки регулятора может быть выполнена аналитически, численно или путем моделирования (на ЭВМ).

Классификация регуляторов

Автоматичекские регуляторы классифицируются по разным признакам. Например:

• по виду регулируемого параметра: регуляторы давления, расход, уровня, температуры и так далее;

• по роду действия: регуляторы прерывистые и не прерывистые;

• по способу действия: регуляторы косвенного и прямого действия.

Эти виды классификации регуляторов не являются определяющими, так как не характеризуют их свойства. Основной признак, по которому классифицируются регуляторы независимо от принадлежности к одной из перечисленных выше групп, является характеристика действия, то есть зависимость между изменением регулируемой величины и перемещением регулирующего органа.

По характеристике действия регуляторы подразделяются на следующие:

• позиционные (Пз) регуляторы;

x

- интегральные (И) регуляторы;
- пропорциональные (П) регуляторы;
- пропорционально-интегральные (ПИ) регуляторы;

•дифференциальные (Д) регуляторы (пропорционально-дифференциальные (ПД), пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы).

Входной величиной регулятора является сигнал, пропорциональный разности между заданным и текущим значениями управляемой (регулируемой) величины; выходной – положение регулирующего органа.

Постановка задачи «Регулирование температуры электропечи. Автоматическое поддержание заданной температуры объекта».

Необходимо держать температуру на заданном неком уровне и менять задание. Для этого будем использовать микроконтроллер, к которому подсоединены измеритель температуры (датчик температуры цифровой типа DS18b20), и силовой элемент (полевой транзистор) для управления мощностью.

Датчик температуры работает с микропроцессором типа AVR (Atmega8,16 либо 32).

DS18B20 это цифровой термометр с программируемым разрешением, от 9 до 12-bit, которое может сохраняться в EEPROM памяти прибора. DS18B20 обменивается данными по 1-Wire шине и при этом может быть как единственным устройством на линии так и работать в группе. Все процессы на шине управляются центральным микропроцессором.

Диапазон измерений от -55° C до $+125^{\circ}$ C и точностью 0.5° C в диапазоне от -10° C до $+85^{\circ}$ C. В дополнение, DS18B20 может питаться напряжением линии данных ("parasite power"), при отсутствии внешнего источника напряжения.

Каждый DS18B20 имеет уникальный 64-битный последовательный код, который позволяет, общаться с множеством датчиков DS18B20 установленных на одной шине. Такой принцип позволяет использовать один микропроцессор, чтобы контролировать множество датчиков DS18B20, распределенных по большому участку. Приложения, которые могут извлечь выгоду из этой особенности, включают системы контроля температуры в зданиях, и оборудовании или машинах, а так же контроль и управление температурными процессами.

Рис. 2.9 показывает блок-схему DS18B20. 64-битовый ROM запоминает уникальный последовательный код прибора. Оперативная память содержит 2байтовый температурный регистр, который хранит значение температуры по окончанию температурного преобразования. Два однобайтовых регистра температуры контроля температуры (триггерной схемы TH и TL), и к регистру конфигурации. Регистр конфигурации позволяет пользователю устанавливать разрешающую способность цифрового преобразователя температуры к 9, 10, 11, или 12 битам, это и влияет на время конвертирования температуры. ТН, TL и регистры конфигурации энергонезависимы (EEPROM), таким образом они сохранят данные, когда прибор - выключен. DS18B20 использует исключительно 1-Wire протокол – при этом формируется соединение, которое осуществляет коммуникацию на шине, используя всего один управляющий сигнал. Шина должна быть подключена к источнику питания через подтягивающий резистор, так как все устройства связаны с шиной, используют соединение через Z-состояния или вход открытого стока. Используя эту шину микропроцессор (устройство управления) идентифицирует и обращается к датчикам температуры, используя 64-битовый код прибора. Поскольку каждый прибор имеет уникальный код, число приборов, к которым можно обратиться на одной

шине, фактически неограниченно.

Другая особенность DS18B20 - способность работать без внешнего питания. Эта возможность предоставляется через подтягивающий резистор. Высокий сигнал шины заряжает внутренний конденсатор (СРР), который питает прибор, когда на шине низкий уровень. Этот метод носит название «Паразитное питание». При этом максимальная измеряемая температура составляет + 100 °C. Для расширения диапазона температур до + 125 °C необходимо использовать внешнее питание.



Режим - конвертации температуры

Рис. 2.9 Блок — схема цифрового датчика температуры типа DS18B20.

Основные функциональные возможности DS18B20 - его температурный преобразователь.

Разрешающая способность температурного преобразователя может быть изменена пользователем и составляет 9, 10, 11, или 12 битов, соответствуя приращениям (дискретности измерения температуры) 0.5 °C, 0.25°C, 0.125°C, и 0.0625°С, соответственно. Разрешающая способность по умолчанию установлена 12-бит. В исходном состоянии DS18B20 находится в состоянии покоя (в неактивном состоянии). Чтобы начать температурное измерение и преобразование, начала конвертирования температуры должен подать команду ведущий [0х44]. После конвертирования, полученные данные запоминаются в 2байтовом регистре температуры в оперативной памяти, и DS18B20 возвращается к неактивному состоянию. Если DS18B20 включен с внешним питанием, ведущий может контролировать конвертирование температуры (после команды [0х44]) по состоянию шины. DS18B20 будет формировать (ответ на слот времени чтения от устройства управления) логический «О» когда происходит температурное преобразование. И логическую «1», когда конвертирование выполнено. Если DS18B20 включен с паразитным питанием, эта технология уведомления не может быть использована, так как шину нужно подать высокий уровень (напряжение питания) в течение всего времени температурного преобразования. В этом случае устройство управления должно самостоятельно контролировать время конвертирования.

Выходные температурные данные DS18B20 калиброваны в градусах Цельсия. Температурные данные запоминаются как 16-битовое число со знаком.

Решение поставленной физической задачи.

Для работы устройства следует взять разницу между текущей температурой и нужной, умножить на настраиваемый коэффициент, получить мощность, которую надо выдать в данный момент. Это пропорциональная составляющая, она работает в момент появления рассогласования — то есть моментально откликается как на изменение установки, так и на поведение объекта. Если объект исследования (электропечь) начал подогреваться, то мощность начинает спадать. Если объект исследования (электропечь) перегрелся, то устройство регулирования должно выключиться, или даже дать сигнал охлаждения.

В реальной жизни эффект от воздействия проявляется с запаздыванием (электропечь очень инерционная система), а на объект воздействуем не только мы, но еще и окружающая среда: разогретый резистор не только внутри горячий, но еще и остывает, отдавая тепло комнате, а потому как только выключаем мощность, он сразу начинает остывать. Поэтому чистый пропорциональный регулятор колеблется вокруг точки поддержания, и тем сильнее колеблется, чем выше воздействие окружающей среды.

Чтобы компенсировать «внешние» воздействия на систему, в цепь добавляют интегральную составляющую. Всё рассогласование, которое было в системе, идёт на интегратор (соответственно, как только мы перегрели — сумма уменьшается, пока недогрето — сумма увеличивается). И накопленный интеграл, со своим коэффициентом, даёт свою прибавку-убавку к мощности. В результате такого подхода, при стационарном процессе, через некоторое время интеграл подбирает такой вклад в сумму с мощностью, который компенсирует потери окружающей среды, и колебания исчезают — интеграл становится стабильным, поэтому величина выдаваемой мощности становится постоянной. Причем так как при этом держится нужная температура, рассогласование отсутствует, пропорциональная составляющая не работает вообще.

Для компенсации влияния задержек между воздействием и реакцией системы, в систему добавляют дифференциальную составляющую. Просто пропорциональный регулятор даёт мощность всё время, пока температура не достигнет нужной точки, пропорционально-дифференциальный начинает снижать подаваемую мощность раньше, чем догрелся до нужной точки — так как рассогласование уменьшается, имеется наличие отрицательной производной, уменьшающей воздействие. Это позволяет минимизировать перегрев при больших переходах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. Аппаратная часть. Приборы и оборудование.

Эксперимент для исследования моделей и решений физических задач состоит из нескольких частей и проводится на лабораторном стенде ОИВТ — 6.

Первая часть эксперимента вычислительно - модельная. Исходя из заранее смоделированных данных: зависимость напряжения U на постоянном резисторе от силы тока I через резистор; зависимости сопротивления полупроводника от температуры и зависимости сопротивления металла от температуры методом наименьших квадратов следует определить наиболее вероятные значения физических параметров в каждой конкретной модели (постоянного резистора, полупроводника или образца металла), а также построить модельные кривые для других образцов. Задание выполняется с помощью математических пакетов (OpenOffice Calc, LabVisual Magic Plot).

Вторая часть эксперимента — лабораторный опыт решения физической задачи об установлении и автоматическом регулировании сильно инерционной величины — температуры в системе «окружающая среда — электропечь». Для выполнения данного задания используется учебный блок «Терморегулятор ОИВТ-6», имеющий сопряжение с ПЭВМ, но допускающий ручной (автономный) режим работы. Все параметры эксперимента, установленные и измеренные значения параметров выводятся в соответствующие окна программы - оболочки для работы с установкой – LabVisual 2.6 и дублируются на ЖКД LCD дисплее учебной установки. Блок может работать как в сопряжении с ПК, так и в ручном режиме работы, для которого не требуется наличие компьютера. В этом случае все параметры эксперимента, установленные и измеренные значения параметры эксперимента, установленные и измеренные значения выводятся на ЖКД LCD дисплей учебной установки.

Принцип работы прибора основан на измерении температуры цифровым термодатчиком с последующей обработкой результатов измерения микропроцессором и подстройкой мощности нагревателя для достижения установленной температуры. Мощность нагревателя регулируется плавно автоматически до достижения нужной (установленной с помощью кнопок управления) температуры. Далее начинается периодический процесс колебаний температуры около установленной точки. Регулировка мощности достигается посредством Широтно-Импульсной-Модуляции (ШИМ) цепью обратной связи термодатчика с ШИМ генератором.

Для установки нужной температуры используются кнопки «УСТАНОВКА ТЕМПЕРАТУРЫ»: «ГРАДУСЫ», «ДОЛИ ГРАДУСА». Условная скорость срабатывания цепи обратной связи устанавливается ручкой «СКОРОСТЬ ОБРАБОТКИ», установленное значение «скорости обработки» отображается на LCD ЖКД дисплее в переменной А. При небольших установленных значениях параметра А (5-10 единиц) скорость нагрева либо охлаждения повышается, однако возрастают паразитные колебания температуры, при высоких значениях параметра А (20-100 единиц) скорость нагрева либо охлаждения уменьшается, однако температура устанавливается наиболее точно (рис. 2.8, 3.1). Время ожидания нужной температуры может достигать полутора часов. Вентилятор включается и отключается кнопкой SA1 «ВЕНТИЛЯТОР».

Свойства устройства достаточно сильно зависят от объема и замкнутости нагреваемой системы и типа используемого нагревателя.



Рис. 3.1 Кривая зависимости температуры электропечи от времени при работе автоматического регулятора.

В процессе выхода на заданную регулятор температуру, сначала включает максимальную мощность в нагрузке. По достижении определенной температуры и скорости нарастания нагреватели ee отключаются. Процесс самонастройки заканчивается после остановки нарастания температуры по инерции. После параметры этого новые и прибор сохраняются в памяти, переходит в режим регулирования по ПИД-закону рис. 3.2.

Таким образом, процессе В работы системы в установившемся режиме, без т.е. внешних возмущающих воздействий. температура все время колеблется вокруг заданной (Рис. 3.4) и при подобранных параметров хорошо через определенное время колебания прекратиться вовсе могут И температура системы станет равна заданной Тсист=Тзал.



Рис. 3.3.

После включения комплекса и появления на ЖКД дисплее надписи «CONNECTING...», лабораторный комплекс необходимо проинициализировать. Сделать это возможно непосредственно с учебной установки, нажимая и удерживая кнопку «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ/USB» до тех пор, пока индикатор уровня инициализации на ЖКД экране не достигнет правого конца дисплея, либо с помощью программы управления учебной установкой LabVisual 2.6. Для этого, после включения и появления сообщения «CONNECTING...» на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК и однократно нажать кнопку «СТАРТ» в программе-оболочке LabVisual (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). При этом начнется процесс инициализации.

После проведения инициализации, USB передатчик учебной установки отключается и прибор переходит в автономный режим работы без ПК «USB OFF». Для включения USB в приборе и последующей работы с программой приема и обработки данных LabVisual, либо для отключения USB и работы в ручном режиме, следует нажимать кнопку «ИНИЦИАЛИЗА-ЦИЯ/USB». Это сделано для исключения влияния паразитных наводок в ручном режиме работы, так как если в ручном режиме оставлять приемник-передатчик USB включенным, то возможен приход незапланированных команд управления.

Программная часть. Подготовка к работе.

Учебная установка может работать как в автономном режиме, без использования ПК, так и в автоматизированном режиме с персональным компьютером.

Для сопряжения работы учебной установки с персональным компьютером используется специально разработанный протокол передачи данных LabVisual, разделяющий байты управления и байты данных. Для визуализации принятых данных служит программа-оболочка LabVisual для ОИВТ-6. Установка подключается к USB порту компьютера при помощи специального соединительного кабеля.

Программа LabVisual может успешно работать как на компьютерах под управлением OC Windows так и на компьютерах под управлением OC Linux при помощи эмулятора среды окружения VirtualBox (32-битные OC). На прилагаемых дисках в соответствующих папках содержатся сборки программ для установки и работы в этих операционных системах.

Подробная инструкция по установке среды LabVisual 2.6 содержится в прилагаемом руководстве к программе.

В комплекте с лабораторной установкой поставляется ПЭВМ с предустановленным дистрибутивом среды LabVisual 2.6 и установленным и настроенным программным обеспечением (всё предустановленное программное обеспечение поставляется согласно лицензии GNU GPL v2 и является свободным и бесплатным, если не оговорено обратное; подробно см. п. 1.1 и пп. 4 — 5 Руководства к среде LabVisual 2.6).

После загрузки программной среды (~ 1 мин.) автоматически запуститься программа оболочка LabVisual для работы с экспериментальной установкой. Если программа не запустилась автоматически, на виртуальном рабочем столе следует дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на ярлык LabVisual. При этом должно открыться главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой (рис. 4.1).

Программа LabVisual имеет интуитивно понятный, дружественный пользователю интерфейс. После включения и до выполнения конфигурации USB-передатчика учебного прибора, устройство должно быть отключено от USB – порта ПК до соответствующего приглашения пользователя, высвечиваемого на LCD ЖКД дисплее:

Connecting.....

После появления данного сообщения на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК и однократно нажать кнопку «СТАРТ» в программе-оболочке LabVisual (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). При этом начнется процесс инициализации прибора. В противном случае, возможна некорректная работа USB протокола и работа устройства.

После проведения инициализации, USB передатчик учебной установки отключается и прибор переходит в автономный режим работы без ПК «USB OFF». Для включения USB в приборе и последующей работы с программой приема и обработки данных LabVisual, либо для отключения USB и работы в ручном режиме, следует нажимать кнопку «ИНИЦИАЛИЗА-ЦИЯ/USB».



Рис. 4.1. Главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой.

После соединения прибора с USB – портом ПК и выбора опыта, при запущенной среде LabVisual, необходимая подпрограмма для измерения должна запуститься автоматически.

Для ознакомления с программой в отсутствии учебной установки, можно воспользоваться демонстрационным режимом. Для этого в главном окне программы, **при отключенном от USB-порта ПК приборе**, установите галочку «Демонстрационный режим» и нажмите на кнопку «Переключить». Появится меню, содержащие наименования экспериментов и позволяющее переключаться между ними для ознакомления с интерфейсом программы — оболочки.

Для выхода их демонстрационного режима, в главном окне программы снимите соответствующий флажок и нажмите кнопку «ПЕРЕКЛЮЧИТЬ».

Демонстрационный режим доступен только в том случае, если прибор отключен от USB – порта ПК, в противном случае переключение режимов блокируется.

После запуска программы автоматически включается рабочий режим и ожидается подключение к USB-порту ПЭВМ.



Рис. 4.2. Подпрограмма «ИЗМЕРЕНИЯ» программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой.

В данной версии ПО, среда LabVisual позволяет управлять параметрами эксперимента и учебной установкой непосредственно из окна программы – оболочки.

Для начала работы с программой включите USB передатчик на учебном приборе, нажав кнопку «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ/USB». При этом запустится под-программа для измерения рис. 4.1а.

Программа LabVisual 2.6 предусматривает возможность сохранения избранного набора данных файл для последующей визуализации и, при необходимости, обработки. Данные, которые необходимо сохранить, вводятся в поле «ДАННЫЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ».

Например, для сохранения данных о зависимости температуры системы $T_{\text{тек}}$ от времени, вводим в текстовое поле в столбец значения времени с начала наблюдений и **через пробел** значение текущей температуры $T_{\text{тек}}$, по показаниям цифрового термометра, соответствующее этому времени. Перемещение между ячейками данных осуществляется стандартными клавишами-стрелками с клавиатуры. В качестве отделения целой части от дробной используйте «,» (запятая).

После заполнения текстового поля данными, нажимаем кнопку «СОХРА-НИТЬ ДАННЫЕ» и в стандартном диалоговом окне задаем имя файла для сохранения результатов опыта. При работе в ОС Linux в эмуляторе программного кода VirtualBox данные рекомендуется сохранять на виртуальный диск Z:\, последующий доступ к этому виртуальному диску из операционной системы осуществляется как к папке /home/имя_пользователя/LabVisual/DISK_Z, где имя_пользователя по умолчанию pankov. Для обзора папок рекомендуется пользоваться программой Krusader.

Для анализа экспериментальных данных и построения графиков также можно воспользоваться специальным компонентом LabVisual «MagicPlot», вызываемым нажатием кнопки «АНАЛИЗИРОВАТЬ» рис. 4.2.

ВНИМАНИЕ! Для работы компонента MagicPlot для анализа данных необходимо установить последнюю версию исполняющей среды Java 6 (Runtime библиотеки виртуальной машины Java).



Рис. 4.2. Компонент для анализа данных, получаемых на лабораторной установке.

Для импорта данных в подпрограмму — анализатор следует воспользоваться командой Project — Import Text Table. При этом откроется стандартное диалоговое окно выбора файла рис. 4.3.

После импорта файла данных автоматически заполнятся столбцы таблицы А, В компонента. Для построения графика следует выделить мышью столбцы А и В таблицы, для чего, удерживая клавишу Ctrl, щелкнуть левой кнопкой мыши на заголовке столбцов «А», затем «В» и использовать команду Table — Create Fit Plot – Line для отображения данных в виде плавной линии либо Table — Create Fit Plot - Marker, Line&Marker для отображения данных в виде экспериментальных точек.

В появившемся окне графика данных щелкнуть правой кнопкой мыши в области окна и выбрать наилучший масштаб для отображения автоматически: Scale: Best View puc. 4.4.

Цвет символов данных, форму символов и другие параметры можно настроить вызвав диалоговое окно Data Style puc. 4.5 двойным щелчком левой кнопкой мыши на какой-либо экспериментальной точке данных на графике. 28

🚯 Import Text 1	Table(s)
Look in:	🕞 other (E:) 🔻 👔 🏢
Recent	2222 Agilent VEE Pro v9.0 autoscool Clipart
Рабочий стол	Den.Kogda.Zemiya.Ostanovilas.2008.BDRip.x264.aac.[rutracker.org] Den.Mertvecov.1985.BDRip.XviD.AC3HQ-VIDEO
Мои документы Мой	ekg liaz Prince.of.Persia.The.Sands.of.Time.2010.HDRip_[torrents.ru] QuakeIII Samovary by Krokoz - Professional Plus VL RU EN Sijanie. 1980.rus.eng.sub Six Shooter by K.Pozdnyakov
компьютер	File name: Open Files of type: All Files
	From Clipboard

Рис. 4.3. Выбор файла для импорта данных.



Рис. 4.4. Настройка автомасштаба графика.

🕽 Data Style: T10P49 A	×
Line & Markers Drop & Errors	
Line	Marker
Connect Line 🔻	Marker 🗨 👻
Break at Missing Points	Use Line Color
Line Color	Marker Size, pt 5.0 👻
Style 🗾 🗸	Edge Width, pt 1.0 💌
Width, pt 0.5	📝 Fill Marker
Fill To X Axis -	☑ Use Edge Color
✓ Use Line Color Transparency (%)	Mark Every 1 💌 Point
Plot Data Properties	Close

20

Рис. 4.5. Настройка изображения и стиля графика.

Для визуализации сохраненных данных можно использовать компонент LabVisual Data Analizer, вызываемый нажатием кнопки «ВИЗУАЛИЗИРОВАТЬ» из главного окна программы-оболочки и из любой подпрограммы см рис. 4.6.



Рис. 4.6. Компонент для визуализации данных, получаемых на лабораторной установке.

Для загрузки какого-либо файла данных служит кнопка «ЗАГРУЗИТЬ», для отображения загруженных данных, а также после каких-либо внесенных изменений в график (цвет, символы для отображения и т. д.) следует нажимать кнопку «ОТОБРАЗИТЬ» для перерисовки. Открыв несколько вкладок данных нажатием на вкладку «+» и, загрузив в каждую вкладку данные из сохраненных файлов-данных, можно отобразить на рабочем поле семейство характеристик, так как это представлено на рис. 4.6. Вкладка «+» для графиков служит для создание нескольких рабочих областей графиков, в каждую из которых также можно загрузить данные.

порядок выполнения.

Работа с моделями данных.

- 1. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.
- 2. Загрузить операционную систему согласно стандартным процедурам загрузки.
- 3. Создайте папку, соответствующую Вашей фамилии или любую другую с понятным именем и скопируйте модели данных из дистрибутива (папка Model_DATA) в вашу папку. В папке содержатся текстовые файлы *.dat, соответствующие измеренным в эксперименте значениям зависимостей сопротивления образцов металлов и полупроводников от температуры (первый столбец температура, второй столбец сопротивление в Ом) и вольт-амперная характеристики линейного резистора (R=const) (первый столбец ток через резистор в Ампер, второй столбец падение напряжение на резисторе в Вольт):

Me_1.dat — зависимость сопротивления металла 1 от температуры (температура в градусах Цельсия);

Me_2.dat — зависимость сопротивления металла 2 от температуры (температура в градусах Цельсия);

Me_3.dat — зависимость сопротивления металла 2 от температуры (температура в градусах Цельсия);

ppGe.dat - зависимость сопротивления полупроводника Германий от температуры (температура в Кельвин);

ppSi.dat - зависимость сопротивления полупроводника Кремний от температуры (температура в Кельвин);

ppSe.dat - зависимость сопротивления полупроводника Селен от температуры (температура в Кельвин);

UfromI_R_const_from.dat — вольт-амперная характеристика линейного резистора.

4. Запустите с помощью ярлыка на рабочем столе или из меню ПУСК-Программы программу LibreOffice (OpenOffice) и выберите пункт «Электронная таблица»



Рис. 5.1. Компонент «Электронная таблица» пакета LibreOffice

Импорт текста - [ppGe.dat]	
Импорт	
Кодировка Кириллица (Windows-1251)	
<u>Я</u> зык Стандарт - Русский	Отмена
Со строки 1	<u>С</u> правка
Параметры разделителя	
○ Фиксированная ширина	
• Разделитель	
Точка с запятой Про <u>б</u> ел	
<u>О</u> бъединять разделители Разде <u>л</u> итель текста	
Другие параметры	
✓ Поля в кавычках как текст	
— – П Распознавать особые числа (даты и т.п.)	
Тип сторбна	
Стандарт Стандарт	
1 283 5477,40000486679	
2 284 5218,99705977631	
3 285 4974,47126565528	
4 286 4742,99357223344	
5 287 4523,78917884902	
6 288 4316,1336900799	
7 000 4110 2405 2204004	

Рис. 5.2. Диалоговое окно «ИМПОРТ ДАННЫХ».

- 5. Импортируйте в программу один из файлов данных, например один из файлов данных зависимости сопротивления полупроводника от температуры, используя команду ВСТАВКА--> ЛИСТ ИЗ ФАЙЛА. При этом откроется диалоговое окно «ИМПОРТ» рис. 5.2.
- 6. В наших файлах данных в качестве разделителя столбцов используется табуляция, поэтому в разделе «ПАРАМЕТРЫ РАЗДЕЛИТЕЛЯ» следует выбрать соответствующий пункт и снять флажки с других рис. 5.2.
- 7. После импорта данных мы должны получить рабочий лист программу OOCalc, состоящий из двух столбцов, причем в первом столбце показания температуры (К), а во втором сопротивление образца (Ом) рис. 5.3.

😈 Бе	ез имени 1	- OpenOffice.org Calc		
<u>Ф</u> айл	Правка <u>В</u> и,	д Вс <u>т</u> авка Фо <u>р</u> мат С <u>е</u>	рвис <u>Д</u> анные	<u>О</u> кно Спр <u>а</u> вка
1	8 V V	🔁 📮 🗄 🗃 + 😂 🛛	. 🗠 🖻	» Найти 🐥
. 9	Arial	▶ 10	💌 ж К	<u>Ч</u> ≡ [*] ,
A1		\checkmark $\mathcal{F}_{\mathbf{x}} \Sigma = 283$	3	
	A	В	С	D 👗
1	283	5477,4000048668		
2	284	5218,9970597763		
3	285	4974,4712656553		
4	286	4742,9935722334		
5	287	4523,789178849		
6	288	4316,1336900799		
7	289	4119,349563848		
8	290	3932,8028282744		
9	291	3755,9000456005		
10 (1)	292 • • • • Лист	<u>3588.0855033492</u> 1 2 Лист 1 Лист 2 Лис	T3 / ()	▼
) & T 🔍 🔷 •	© • ⇔ • [• • • .
Лист	1/4 Базовь	ій СТАНД *	Сумма=2	83 🕞

Рис. 5.3. Рабочее пространство программы OOCalc.

8. Файл следует периодически сохранять во избежании потери данных (файл--->сохранить). Для построения графика рекомендуется воспользоваться мастером диаграмм. Для этого выбрать из главного меню ВСТАВ-КА --->ДИАГРАММА. Из предлагаемого списка выбрать Диаграмма ХҮ (рис 5.4) и нажать кнопку ДАЛЕЕ. Откроется окно выбора диапазона данных для построения диаграммы рис. 5.5 Следует щелкнуть мышью на кнопку выбора диапазона данных (см. рис. 5.5) и, удерживая левую кнопку мыши, выделить все заполненные ячейки. После этого снять галочки в мастере диаграмм «Первая строка как надпись» и «Первый столбец как надпись» для правильной интерпретации данных программой (рис. 5.5).

🖀 💿 Мастер диаграмм	×
Шаги 1. Тип диаграммы 2. Диапазон данных 3. Ряд данных 4. Элементы диаграмм	Выберите тип диаграммы № Гистограмма № Линейчатая № Круговая № Области № Линии № <u>Диаграмма XY</u> № Сетчатая № Сетчатая № Биржевая № Столбцы и линии
<u>С</u> правка	<< <u>Н</u> азад Далее >> <u>Г</u> отово Отмена

Рис. 5.4. Выбор типа диаграммы ООСАLС «Электронные таблицы».

Мастер диаграмм	
Шаги	Выберите диапазон данных
 Тип диаграммы Диапазон данных Ряды данных Элементы диаграммы 	Диапазон данных \$Лист 1_2.\$A\$1:\$В\$91 Ряды данных в строках Ряды данных в столбцах Первая строка как подпись Первый столбец <u>к</u> ак подпись
<u>С</u> правка	<< <u>Н</u> азад Далее >> <u>Г</u> отово Отмена

Рис. 5.5. Выбор диапазона данных ООСАLС «Электронные таблицы».

- 9. Настроить значения данных Х и Ү либо оставить по умолчанию рис. 5.6.
- 10. В результате работы мастера диаграмм должны получить зависимость сопротивления полупроводникового образца от температуры рис. 5.7.

Мастер диаграмм			×
Шаги	Настроить диапазоны д	нных	
1. Тип диаграммы 2. Диапазон данных 3. Ряды данных	Столбец В	Название Вначения Х \$Л Значения Y \$Л	ист1 2.\$A\$1:\$A\$91 ист1_2.\$B\$1:\$B\$91
4. Элементы диаграммы		Диапазон для: Значения X \$Лист 1_2.\$А\$1:\$А\$91	
	<u>Доб</u> авить <u>У</u> далить	<u>П</u> одписи данных	
<u>С</u> правка	<< <u>Н</u> азад	Далее >> <u>Г</u> от	гово Отмена

Рис. 5.6.

Линия тренда для рядов данных «Столбец В»	×
Тип Линия	
Тип регрессии	
О Динейная	
Ологари <u>ф</u> мическая	
Экспоненциальная	
Сте <u>п</u> енная	
Уравнение	
Показать уравнение	
Показать ко <u>э</u> ффициент детерминации (R ²)	
ОК Отмена <u>С</u> правка <u>В</u> осстановить	,

Рис. 5.7. Выбор типа регресии.

11.Для проведения анализа кривой методом наименьших квадратов и построения линии регрессии перейдем в режим редактирования диаграммы, дважды щелкнув по ней мышью. Далее необходимо щелкнуть мышью по какой либо точке данных, тем самым выделив весь диапазон данных для проведения регрессии. Выбрать из главного меню программы OOCALC пункт вставка---> линии тренда (статистика). Откроется диалог выбора способа регрессии, из доступных возможностей следует выбрать ЭКСПО-НЕНЦИАЛЬНАЯ РЕГРЕССИЯ (для аппроксимации зависимости сопротивления полупроводника от температуры) либо «ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕС-СИЯ (см. рис. 5.8). В диаграмме появиться кривая регрессии, аппроксимирующая исходные данные. Для просмотра уравнения линии следует щелкнуть левой кнопкой мыши по линии регрессии на диаграмме, тем самым выделив её, затем нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Вставить уравнение кривой регрессии».



Рис. 5.8. Результат анализа данных.

- 12. Окончательный вариант анализа должен иметь вид, аналогичный рис. 5.8.
- 13. Повторить указанные действия для других файлов данных, изменяя тип аппроксимации, соответственно имеющимся физическим параметрам (металл, полупроводник, постоянный резистор).
- 14. Запустить интегрированную среду лабораторного эксперимента LabVisual с помощью ярлыка на рабочем столе либо из меню ПУСК-ПРОГРАМ-МЫ.
- 15. Из главного меню программы запустить математические утилиты для работы с данными «LabVisual Data Analizer» и «Magic Plot», вызываемые соответственно кнопками «ВИЗУАЛИЗИРОВАТЬ» и «АНАЛИЗИРОВАТЬ» и повторить указанные выше действия по анализу файлов в данных программах.
- 16. В целом следует отметить, что на сегодняшний момент существует огромное количество математических пакетов и утилит для работы с физическими данными и моделями, поэтому рекомендуется при работе с каждой программой ознакомится с прилагаемой документацией и файлми помощи.

РАБОТА С ПРИБОРОМ.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность всех соединительных сигнальных и сетевых проводов. Все работы по подключению комплекса к компьютеру следует выполнять только при отключенных от сети приборах. Разобраться с принципиальными блок-схемами опытов, в назначении кнопок, переключателей и ручек прибора. На данном шаге НЕ подключайте прибор к USB порту ПК.

2. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.

3. Загрузить операционную систему согласно стандартным процедурам загрузки.

4. При необходимости, настроить компьютер для работы с учебной установкой согласно прилагаемому руководству к среде LabVisual.

5. Запустить программу LabVisual для работы с учебной установкой для данного эксперимента пользуясь ярлыком на рабочем столе либо другим способом, указанным лаборантом.

ПОДГОТОВКА К ЭКСПЕРИМЕНТУ.

6. Перед началом работы ознакомится с принципиальной схемой учебной установки, разобраться в назначении кнопок и измерительного прибора. Проверить целостность сетевого провода.

 Включить установку в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели учебного модуля в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор «СЕТЬ».

8. Дождаться появления системного сообщения на ЖКД LCD дисплее прибора, о дальнейшем порядке действий:

Connecting.....

- 9. После появления данного сообщения на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК, используя стандартный USB провод из комплекта, и однократно нажать кнопку «СТАРТ/USB/ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ» (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). В противном случае, возможна некорректная работа USB протокола и устройства (иногда инициализация USB выполняется и без нажатия кнопки).
- 10. После проведения инициализации, USB передатчик учебной установки отключается и прибор переходит в автономный режим работы без ПК «USB OFF». Для включения USB в приборе и последующей работы с программой приема и обработки данных LabVisual, либо для отключения USB и работы в ручном режиме, следует на-

жимать кнопку «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ/USB». Это сделано для исключения влияния паразитных наводок в ручном режиме работы, так как если в ручном режиме оставлять приемник-передатчик USB включенным, то возможен приход незапланированных команд управления.

- 11. Дать установке прогреться в течение трех минут и приступить к планируемому эксперименту.
- 12. Установить ручкой «СКОРОСТЬ ОБРАБОТКИ» условную скорость срабатывания цепи обратной связи порядка А=1 3 %.
- 13. Кнопками «ГРАДУСЫ», «ДОЛИ ГРАДУСА» установить температуру Тзад в пределах Тзад=35 50 °С (температуру системы к которой необходимо стремиться регулятору).
- 14. Наблюдая за процессом регулировки, записываться показания текущей температуры от времени через каждые 30 секунд 1 минуту Ттек=Ттек(t) в течении 30 минут и построить соответствующий график. В процессе регулировки в среде LabVisual отображаются параметры регулировки: значками <<<; >>> показывается уменьшается либо увеличивается значение мощности (напряжения с выхода широтно-импульсного ШИМ регулятора), подаваемой на резистор. При достижении максимально либо минимально возможной мощности отображается соответствующее сообщение.
- 15. В случае перегрева системы (T>95 °C) выводится соответствующее предупреждение и программа аварийно закрывается. При этом следует немедленно включить вентилятор нажатием кнопки на приборе «ВЕН-ТИЛЯТОР/ОХЛАЖДЕНИЕ».
- 16. Изменить параметры системы, например изменить постоянную A, установив её в пределах A=10 ... 20 % и повторить п. 14 (требуется время для наблюдения за процессом).
- 17. Построить соответствующие графики и сравнить их с математической моделью, показанной на расчётных графиках рис. 3.1 3.3.
- 18. По окончании работы следует закрыть программу-оболочку LabVisual и все открытые подпрограммы, закрыть виртуальную среду VirtualBox (при работе в среде Linux).
- 19.Выключить компьютер, нажав на кнопку, находящуюся в крайнем нижнем левом углу экрана. Из доступных действий выбрать «ВЫХОД»--> «ВЫКЛЮЧИТЬ КОМПЬЮТЕР».
- 20.Отключить установку от сети, поставив переключатели «СЕТЬ» на панели установки в положение «ВЫКЛ» и вынуть сетевые вилки из розеток.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

- Аш Ш., Андре П., Бофрон Ж. и др. Датчики измерительных систем. В 2 кн. – М.: – Мир, 1992.
- Левшина Е. С., Новицкий П. В. Измерительные преобразователи. – Л.: Энергоиздат, 1983 г.
- Бриндли К. Измерительные преобразователи.-М.: Энергоатомиздат, 1991. 134 с.
- Туричин А. М. Электрические измерения неэлектрических величин. – М. – Л.: Энергия, 1975.
- Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. –М.: Додэка-XXI, 2002. 484 с.
- 6. Сергеев А. Г., Крохин В. В. Метрология. -М.: ЛОТОС, 2001г.
- Осипович А. А. Датчики физических величин. –М.: Машиностроение, 1979..
- 8. Семёнов В. С. Датчики тепловых величин. –М.: МИФИ, 1982.
- Семёнов В. С. Датчики механических величин и анализа состава вещества. –М.: МИФИ, 1984.
- Карцев Е. А. Физические основы преобразования неэлектрических величин в электрические. –М.: МИЭМ, 2005. 159 с.
- Никифоров А. Ю., Согоян А. В. Электронные датчики: преобразователи температуры, фотоприемники.–М.: МИФИ, 2005. 116 с.
- Никифоров А. Ю., Согоян А. В., Бойченко Д. В.
 Электронные датчики: преобразователи ионизирующих излучений, механических величин, магнитного поля.–М.: МИФИ, 2005.196 с.
- Азаров В. Н., Арменский Е. В., Рыбин В. М. Диагностика пучков заряженных частиц. –М.: Европейский центр по качеству, 2004. 178 с.