

УДК 62-52

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ПЭВМ

**Майер Роберт Валерьевич**

д-р пед. наук

Глазовский государственный педагогический институт, Глазов

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** Описаны несложные опыты с компьютером, позволяющие изучить следующие кибернетические системы: 1) разомкнутая и замкнутая система управления; 2) система автоматического регулирования скорости вращения; 3) замкнутая электронно-акустическая система; 4) акустический метод измерения координаты; 5) замкнутая оптоэлектронная система автоматического управления; 6) модель управления технологическим процессом.

**Ключевые слова:** методика обучения; учебный эксперимент; кибернетика; автоматика; электроника; системы управления; регулятор скорости.

# EXPERIMENTAL STUDYING OF SYSTEMS AUTOMATIC CONTROL ON BASE OF COMPUTER

**Mayer Robert Valerievich**

doctor of pedagogical science  
Glazov state pedagogical institute, Glazov

**Abstract.** Are described simple experiences with the computer, which allow to study the following cybernetic systems: 1) the opened and closed control system; 2) system of automatic control of speed of rotation; 3) the closed electronic acoustic system; 4) acoustic method of measurement of coordinate; 5) the closed opto-electronic system of automatic control; 6) model of management of technological process.

**Key words:** training technique; educational experiment; cybernetics; automatic equipment; electronics; control systems; speed regulator.

В современной технике широко используются различные системы автоматического управления (САУ) [2, с. 158-159]. Разомкнутые САУ состоят из управляющего органа и связанного с ним исполнительного органа, который непосредственно воздействует на объект управления. Замкнутые САУ отличаются наличием одного или нескольких датчиков, контролирующих состояние объекта управления и посылающих соответствующие сигналы в управляющий орган (обратная связь). Создать простую систему автоматического управления можно на базе ПЭВМ [1; 4]. Для этого к выводам LPT-порта через специальные схемы сопряжения подключают те или иные исполнительные органы (лампочка, светодиод, электродвигатель, динамик, электромагнит) и датчики (фотодиод, фото-

резистор, микрофон). В наших опытах использовались IBM PC 486D2X с операционной системой Windows 98 и программы на языке Pascal, представленные в [2; 3].

**1. Разомкнутая и замкнутая системы управления.** Для изучения разомкнутой и замкнутой САУ используется экспериментальная установка, изображенная на рис. 1.1 [2, с. 112-114]. К LPT-порту компьютера 1 подключено устройство сопряжения 2, выход которого соединен с маломощным электродвигателем 4. На валу двигателя закреплен картонный диск 5 с одной или несколькими прорезями. Рядом с диском расположен оптодатчик, состоящий из светодиода 7, фотодиода 6, который через формирователь импульсов 3 подключен к LPT-порту ПЭВМ. Принципиальная схема сопряжения электродвигателя с компьютером, представлена на рис. 1.2.

Чтобы получить разомкнутую систему управления оптодатчик следует отодвинуть от диска и запустить программу ПР-1.1 [2; 3], обрабатывающую сигналы с оптодатчика и управляющую работой двигателя. Пусть сначала фотодиод освещен и программа находится в режиме ожидания, вращаясь в цикле и опрашивая при этом LPT-порт. При кратковременном пересечении оптодатчика пальцем на его выходе формируется сигнал, который поступает в компьютер. Тот выполняет заданную последовательность действий, моделируя технологический процесс: двигатель включается на несколько секунд, затем выключается, после этого снова включается на чуть большее время, затем снова выключается и т.д. После этого ПЭВМ снова переходит в режим ожидания, в котором находится до следующего пересечения оптодатчика.

Для получения замкнутой САУ, оптодатчик располагают так, чтобы его край диска находился между светодиодом и фотодиодом. После запуска программы ПР-1.2 [2; 3] двигатель начнет вращать диск, на выходе оптодатчика появится последовательность импульсов, которые будут поступать в ПЭВМ. Когда их число достигнет 50, компьютер выключит

двигатель, диск по инерции совершит несколько оборотов и остановится. Через заданное в программе ПР-1.2 время компьютер снова включит двигатель и после совершения 100 оборотов выключит его и т.д.

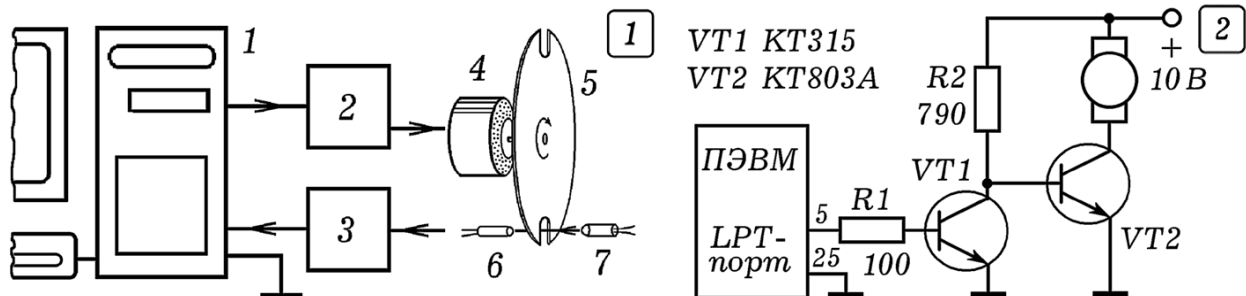


Рис. 1. Автоматический регулятор скорости на базе ПЭВМ

## 2. Система автоматического регулирования скорости вращения.

Изучение самоадаптирующихся систем автоматического регулирования обычно осуществляют на примере регулятора скорости вращения, функционирующего по замкнутой схеме. На регулируемый объект (вал электродвигателя) воздействует источник возмущения, в результате происходит отклонение регулируемого параметра (угловой скорости  $\omega$ ) от заданного значения  $\omega_0$ . Это регистрируется датчиком, который передает сигнал регулируемому органу, так изменяющему вращающий момент, что скорость восстанавливает требуемое значение  $\omega_0$ .

Для изучения работы автоматического регулятора скорости используется та же установка (рис. 1.1). На валу двигателя закреплен диск с 16 прорезями, пересекающими световой пучок оптодатчика. При вращении вала на выходе оптодатчика появляются импульсы, частота которых пропорциональна скорости  $\omega$ . Они поступают в компьютер и обрабатываются программой ПР-2. В результате ПЭВМ вырабатывает прямоугольные импульсы фиксированной частоты, разделенные промежутком  $T_{унр}$ , от величины которого зависит скорость вращения вала двигателя. Чем меньше промежуток  $T_{унр}$ , тем выше среднее значение напряжения,

а значит и скорость ротора. Программа ПР-2 определяет отклонение скорости вращения  $\omega$  от значения  $\omega_0$  и, в соответствии с заданным законом регулирования, изменяет управляющий параметр  $T_{ynp}$ . На экране монитора строятся графики зависимости  $\omega$  и  $T_{ynp}$  от времени (рис. 2).

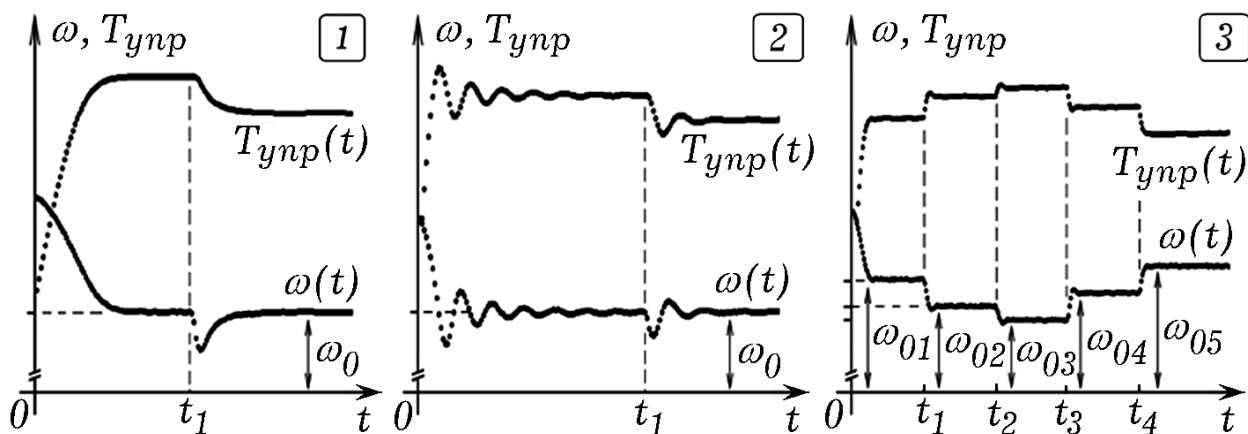


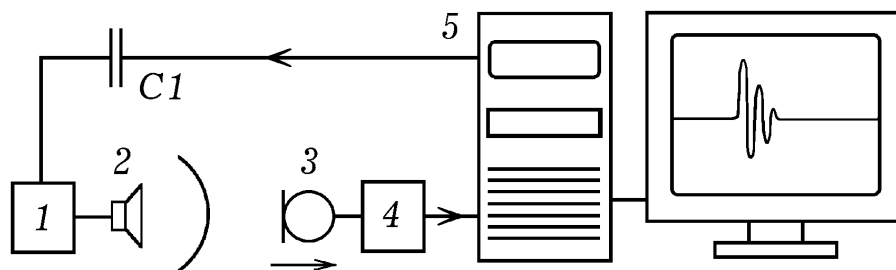
Рис. 2. Экспериментальные графики на экране монитора

Допустим, что в результате увеличения тормозящего момента или уменьшения напряжения питания двигателя в момент  $t_1$  скорость вала резко уменьшилась (рис. 2.1, 2.2). Программа считает число пересечений светового пучка оптодатчика за единицу времени, определяет  $\omega$ , находит разность  $\omega - \omega_0$ , и на величину пропорциональную  $\omega - \omega_0$  уменьшает управляющий параметр  $T_{ynp}$ . Действующее значение тока через двигатель увеличивается до тех пор, пока скорость вала  $\omega$  снова не станет равна  $\omega_0$ .

На рис. 2.1 изображен график зависимости скорости вращения вала от времени в системе с малым запаздыванием. Можно искусственно увеличить инерционность системы, изменив программу ПР-2 так, чтобы управляющий параметр  $T_{ynp}$  вычислялся, исходя из значения  $\omega$  в уже прошедший момент времени  $t$ . При соответствующем законе регулирования скорость вращения вала совершает затухающие колебания, стремясь к  $\omega_0$  (рис. 2.2). При этом данная самонастраивающаяся электроме-

ханическая система ведет себя как гомеостат, имитирующий адаптацию живых организмов к изменениям окружающей среды. Установка также позволяет изучить переходный процесс при скачке задающего воздействия. На рис. 2.3 представлены графики  $\omega(t)$  и  $T(t)$  в случае, когда в моменты времени  $t_1, t_2, t_3$ , происходят резкие изменения значения  $\omega_0$ , задаваемого программой. Видно, что это приводит к такому изменению управляющего параметра  $T$ , при котором угловая скорость вала  $\omega$  приближается к новому значению  $\omega_{01}$ , затем к  $\omega_{02}$ , потом к  $\omega_{03}$  и т.д.

**3. Замкнутая электронно-акустическая система.** В качестве еще одного примера замкнутой САУ рассмотрим систему, в которой компьютер одновременно используется в качестве генератора звукового сигнала и регистрирующего устройства. К 5 и 25 выводам LPT-порта подключим активную колонку 1 с динамиком 2, а напротив него установим микрофон 3, соединенный со звуковой платой 4 ПЭВМ (рис. 3). Можно написать программу так, чтобы колонки генерировали звуковые импульсы, а на экране монитора периодически рисовались осциллограммы сигнала с выхода микрофона.



**Рис. 3.** Замкнутая электронно-акустическая система

Текст используемой программы Пр-3 представлен в [2, с. 114]. С помощью оператора `port[888]: = 255;` (или 0) осуществляется подача логической 1 (или 0) на 2-9 выводы LPT-порта. К одному из них через резистор 1 кОм или конденсатор 0,05 мкФ следует подключить вход активных колонок. С приходом импульса колонки выдают щелчок и одновре-

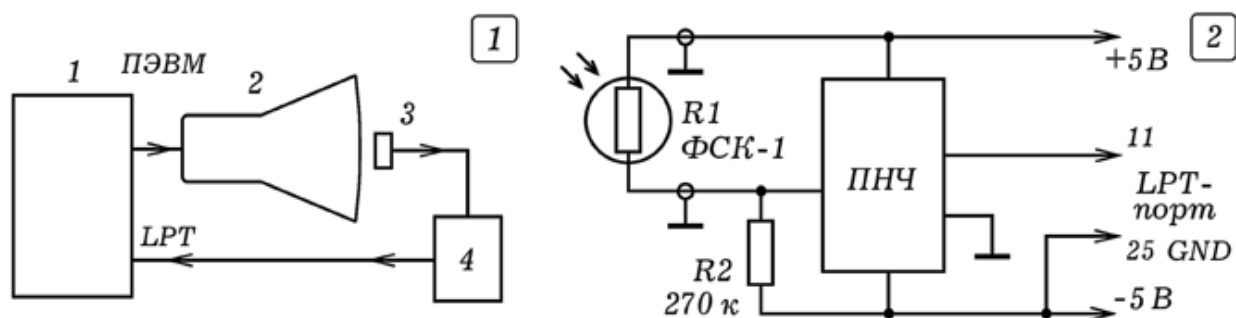
менно начинается оцифровка сигнала с микрофона. Звуковой импульс от источника до микрофона приходит с некоторым запаздыванием. Положение получающейся на экране осциллограммы (рис. 3) зависит от расстояния между микрофоном и динамиком. При его увеличении импульс на экране смещается вправо.

**4. Акустический метод измерения координаты.** Предыдущий эксперимент может быть положен в основу определения положения тела с достаточно высокой частотой отсчетов. Допустим, необходимо измерять координату колеблющегося маятника через каждые 0,2 с и построить график зависимости  $x = x(t)$ . Для этого на конце маятника устанавливается небольшой микрофон 3, соединенный через устройство сопряжения 4 (усилитель и формирователь прямоугольных импульсов) с 11 выводом LPT-порта (рис. 3). Напротив колеблющегося маятника с микрофоном располагают активную колонку 1 и 2, соединенную через конденсатор с 5 и 25 выводами LPT-порта ПЭВМ 5. При запуске программы на колонку 1 поступают электрические импульсы, динамик 2 издает щелчки. Звуковые импульсы достигнув микрофона вызывают появление на 11 выводе LPT-порта импульса напряжения. По времени запаздывания сигнала с микрофона относительно сигнала, посылаемого на колонки, можно определить координату микрофона, результаты записать в файл и построить график зависимости координаты маятника от времени. Программа может быть написана так, что на экране ПЭВМ появится метка (изображение импульса с микрофона), смещающаяся вправо или влево в зависимости от положения микрофона, либо будет выводиться его координата [2, с. 115].

Используется программа Пр-4 [3]. При записи в ячейку ОЗУ с адресом 888 числа  $2_{10} = 00000010_2$  на 3 выводе LPT-порта появляется логическая 1, динамик вырабатывает звуковой импульс. Практически сразу же запускается цикл 1 в котором в массиве  $xx[i]$  сохраняются состояния ячейки ОЗУ с адресом 889 в последовательные моменты времени. Ко-

гда звуковой импульс достигает микрофона, на выходе формирователя прямоугольных импульсов появляется логическая 1, что также записывается в массиве  $xx[i]$ . После этого запускается цикл 2, в котором состояние массива  $xx[i]$  выводится на экран в виде графика. После запуска программы динамик начинает выдавать последовательность звуковых импульсов. При приближении микрофона к динамику на распространение звука требуется меньшее время, поэтому изображение импульса на экране смещается влево. Небольшие перемещения микрофона на 2-5 мм вызывают заметные смещения импульса на экране монитора.

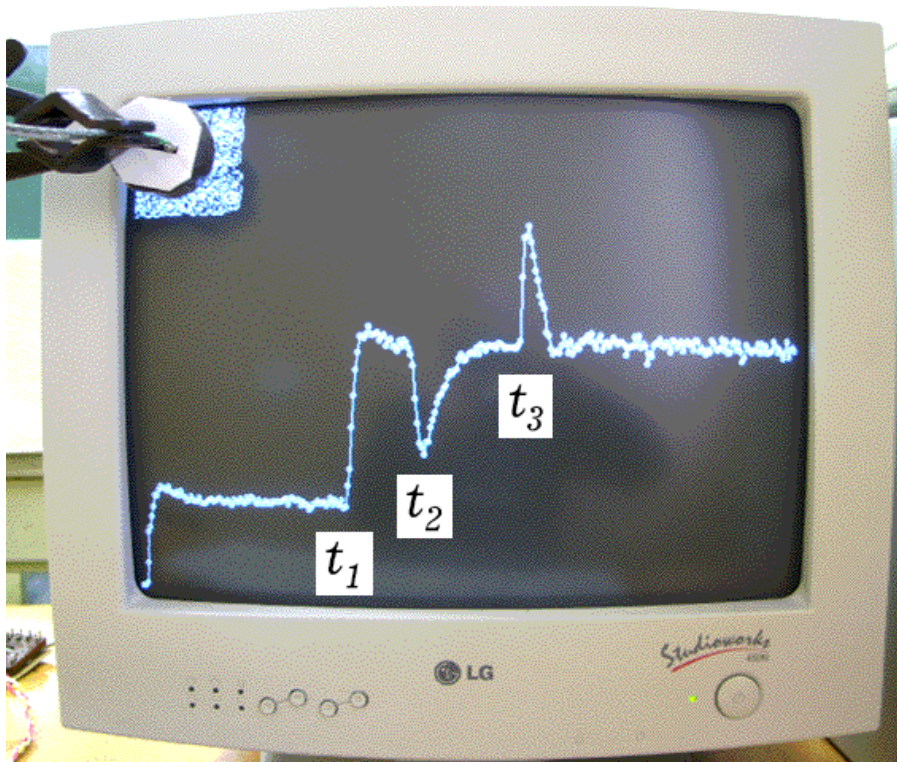
**5. Замкнутая опто-электронная система автоматического управления.** Установка состоит из компьютера 1, перед монитором 2 которого установлен фоторезистор 3, подключенный через аналого-цифровой преобразователь 4 к LPT-порту ПЭВМ (рис. 4.1). Специальная программа Пр-5 [3] сравнивает уровень освещенности фотодатчика с заданным пороговым уровнем и регулирует яркость экрана монитора. В качестве АЦП можно использовать преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ), например, на основе таймера NE555 [3]. На вход ПНЧ подается сигнал с делителя напряжения, созданного фоторезистором  $R1$  и резистором  $R2$  (рис. 4.2).



**Рис. 4.** Замкнутая опто-электронная система автоматического управления



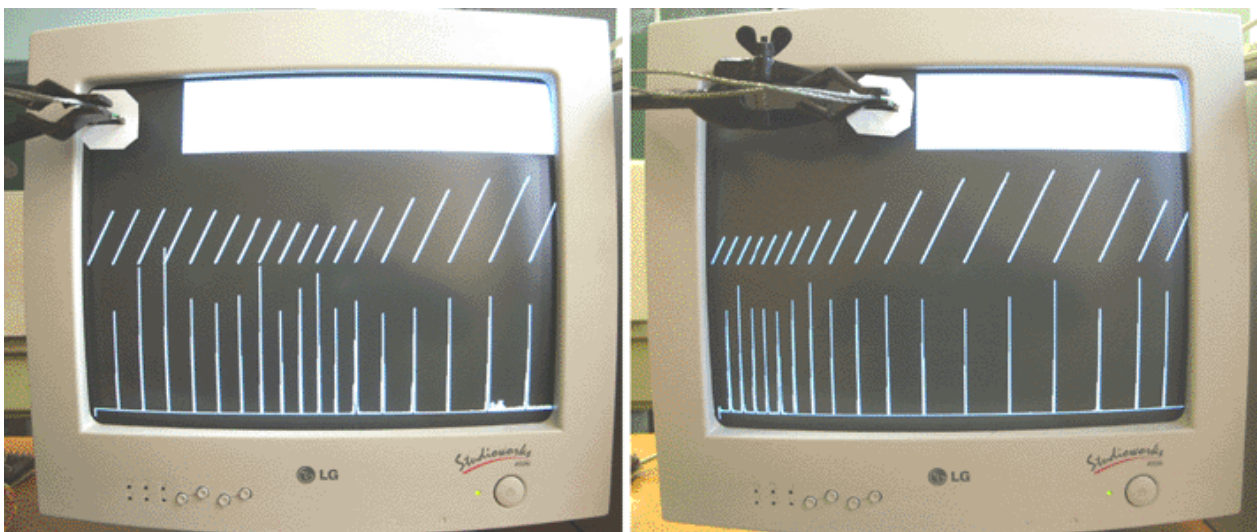
При освещении фоторезистора частота импульсов на выходе используемого нами ПНЧ уменьшается. Программа ПР-5 [3] подсчитывает число  $k$  импульсов, поступивших от ПНЧ, за время, пока переменная  $t$  не увеличится от 0 до  $10^5$ . Величина  $osv = t/k$  примерно пропорциональна освещенности фоторезистора. Программа увеличивает или уменьшает яркость свечения небольшого прямоугольника в левой верхней части экрана путем рисования  $S$  белых или черных окружностей (точек или кругов). Величина  $S$  определялась как округленное абсолютное отклонение освещенности  $osv$  от заданного уровня  $U$ :  $S = a |osv - U|$ . Чтобы искусственно увеличить инертность системы использовались переменные  $osv1$  и  $osv2$ , соответствующие предыдущим моментам времени. В нижней части экрана строится график зависимости освещенности фоторезистора от времени.



**Рис. 5.** Моделирование замкнутой опто-электронной САУ

Если после запуска рассматриваемой замкнутой системы управления уменьшить освещенность в комнате или частично перекрыть фотодатчик, то произойдет автоматическое увеличение яркости экрана (ПЭВМ нарисует дополнительные белые окружности). Если наоборот подсветить фотодатчик внешним источником света, то компьютер нарисует черные окружности, тем самым, уменьшив яркость экрана.

На рис. 5 представлена фотография экрана монитора при выполнении эксперимента. Вблизи левого верхнего угла экрана расположен фоторезистор, а напротив него рисуются белые и черные окружности (круги или точки). На остальной части экрана строится график зависимости освещенности от времени. В программе в момент  $t_1$  происходит скачкообразное увеличение заданного уровня освещенности от 200 до 500; яркость прямоугольника и реальная освещенность фоторезистора плавно увеличиваются.



**Рис. 6.** Моделирование САУ, управляющей технологическим процессом

В момент времени  $t_2$  в промежуток между экраном и фоторезистором вводят несколько слоев полиэтилена, что резко уменьшает освещенность. Система реагирует так: в прямоугольник напротив фоторезистора добавляются новые белые окружности, его освещенность плавно

увеличивается (рис. 5). Если в момент  $t_3$  убрать полиэтилен, освещенность фоторезистора резко возрастет. Система опять прореагирует: в левом верхнем углу появятся черные окружности, освещенность фоторезистора будет плавно уменьшаться.

**6. Модель управления технологическим процессом.** Рассмотренная выше установка позволяет промоделировать работу САУ при управлении технологическим процессом [3]. В нашем случае этим процессом будет рисование белой прямоугольной полосы в верхней части экрана справа на лево. Когда белая полоса дойдет до места экрана, напротив которого расположен фоторезистор, в ПЭВМ поступит сигнал, и рисование полосы прекратится. Она начнет быстро стираться слева направо, исчезнет полностью, а затем снова будет рисоваться справа на лево. Если фотодатчик сместить вправо, то белая полоса (моделирующая технологический процесс) закончится раньше. То есть длительность процесса и длина получающейся белой полосы определяется положением фотодатчика относительно экрана. Используемая программа Пр-6 представлена в [3]. При ее запуске на экране кроме белой полосы получаются (рис. 6): 1) пилообразный график зависимости длины полосы от времени; 2) импульсы напряжения, соответствующие моментам освещения фоторезистора. Оба графика зависят от положения фотодатчика.

Применение рассмотренных систем автоматического управления при изучении основ автоматики и кибернетики позволяет повысить интерес студентов к этим дисциплинам, способствует более глубокому освоению информационных технологий.

## Список использованных источников

1. Магда Ю.С. Компьютер в домашней лаборатории. М.: ДМК Пресс, 2008. 200 с.
2. Майер Р.В. Как стать компьютерным гением или книга о информационных системах и технологиях. Глазов: ГГПИ, 2008. 2004 с.
3. Майер Р.В. Практическая электроника: от транзистора до кибернетической системы. Глазов, 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://maier-rv.glazov.net>
4. Матаев Г.Г. Компьютерная лаборатория в вузе и школе. Учебное пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 440 с.