

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

**Кафедра «Автоматическое управление»**

**Методическое руководство по учебной, конструкторско-  
технологической и преддипломной практике  
для студентов специальности  
550201.01 «Управление и информатика в технических  
системах» для всех форм обучения**

**Бишкек – 2012**

«Рассмотрено»  
на заседании кафедры  
«Автоматическое управление»  
Прот. № 10 от 23.05.2012 г.

«Одобрено»  
Учебно-методической комиссией  
ФИТ  
Прот. № 10 от 21.06.2012 г.

Составители: к.т.н., доц. К.Молдобеков, ст. преп. П.К.Насырымбекова

Методическое руководство по учебной, конструкторско-технологической и преддипломной практике для студентов специальности 550201.01 «Управление и информатика в технических системах» для всех форм обучения /КГТУ им. И. Раззакова; Сост. Молдобеков К., Насырымбекова П.К. – Б.: ИЦ «Текник», 2012. – 38 с.

Приводятся задания, порядок выполнения и оформления отчетов по практике. Написано в соответствии с учебной программой, утвержденной на заседании кафедры «Автоматическое управление».

Предназначено для студентов всех форм обучения.

Табл.: 3. Рис.: 8. Библиогр.: 4 наименов.

Рецензент к.т.н., доц. Н.И.Михеева

---

Тех. редактор *Бейшеналиева А.И.*

Подписано к печати 09.08.2012 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офс. Печать офс. Объем 2,375 п.л. Тираж 75 экз. Заказ 321. Цена 41 с.

Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43

e-mail: [beknur@mail.ru](mailto:beknur@mail.ru)

## Содержание

Введение .....	4
<b>ЧАСТЬ I. УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА</b> .....	5
1 Цели и задачи учебной практики .....	5
1.1. Задание к учебной практике .....	5
1.1.1. Устройство и принцип действия ЭВМ .....	5
1.1.2. Операционная система .....	5
1.1.3. Методы численного моделирования .....	6
1.1.4. Разработка прикладной программы .....	6
1.1.5. Имитационное моделирование ЛСАУ. Математические модели элементов структуры ЛСАУ .....	6
1.1.6. Математические модели типовых входных сигналов .....	7
1.1.7. Математические модели ЛИМ .....	7
1.1.8. Расчеты .....	8
1.1.9. Выводы .....	8
1.2. Методические указания к моделированию. Общие понятия математического моделирования .....	9
1.2.1. Особенности построения математических моделей .....	10
1.2.2. Способы описания математических моделей .....	11
1.2.3. Математическое моделирование и вычислительные методы в задачах автоматики и информационно-измерительной техники .....	12
1.2.4. Численные методы линейной алгебры для решения обыкновенных дифференциальных уравнений .....	13
1.2.5. Постановка задачи решения дифференциального уравнения .....	14
1.2.6. Методы решения задачи Коши .....	14
1.2.7. Методы Эйлера .....	15
1.2.8. Модифицированный метод Эйлера .....	16
1.2.9. Методы Рунге-Кутты .....	17
1.2.10. Методы Рунге-Кутты для системы дифференциальных уравнений .....	19
1.2.11. Общая характеристика одношаговых методов .....	19
1.3. Порядок оформления и защиты отчета .....	20
<b>ЧАСТЬ II. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА.</b> <b>ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b> .....	22
2. Основные задачи конструкторско-технологической практики .....	23
2.1. Специальные задачи конструкторско-технологической практики .....	23
2.2. Программа практики и рабочее место студента .....	25
2.3. Экзамен по конструкторско-технологической практике .....	26
<b>ЧАСТЬ III. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b> .....	27
3. Основные задачи преддипломной практики .....	27
3.1. Специальные задачи преддипломной практики .....	27
3.2. Программа преддипломной практики и рабочее место студента .....	28
3.3. Экзамен по преддипломной практике .....	30
4. Обязанности студента-практиканта .....	30
5. Обязанности преподавателя практики от кафедры (университета) .....	32
5.1. Подготовка к проведению практики .....	32
6. Обязанности руководителя практики от предприятия .....	34
Литература .....	36

## **Введение**

Автоматизированные системы управления техническими системами, как правило, включают в свой состав ЭВМ. Многие современные системы автоматического управления также реализуются на основе управляющих вычислительных машин, в качестве которых могут быть использованы мини- или микро-ЭВМ, персональные ЭВМ, микропроцессоры или микропроцессорные системы. Кроме того, для анализа, расчета и проектирования автоматических систем управления часто используются вычислительные методы и машинное моделирование, что невозможно осуществить без ЭВМ. Таким образом, ЭВМ – это инструмент для исследования, проектирования и реализации систем автоматического управления (САУ). Поэтому освоение ЭВМ и приобретение навыков ее использования для расчетов и моделирования является неотъемлемой частью программы подготовки специалистов по направлению 550201.01 «Управление и информатика в технических системах». С этой целью в учебном плане предусмотрена учебная (вычислительная) практика.

Процесс подготовки инженеров, занимающихся решением задачи разработки, построения и эксплуатации САУ, АСУТП, АСУП и т.д. немыслим без знания в области конструирования технологических линий радиоэлектронной аппаратуры, оборудования и приборов, а также программных комплексов. Кроме того, в период практики студенты должны освоить существующие технологические процессы, оборудования и системы автоматического управления и контроля.

В период прохождения студентами преддипломной практики они должны собирать материалы по теме дипломного проектирования.

## **ЧАСТЬ I. УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА**

### **1. Цели и задачи учебной практики**

Учебная практика продолжительностью 4 недели проводится после 2-го курса на базе компьютерных классов кафедры автоматического управления или иного вычислительного центра с целью изучения и освоения инструментальных средств современных автоматических и автоматизированных систем управления в технических системах.

В задачи вычислительной практики входит следующее:

1. Изучение устройства и принципа действия ЭВМ.
2. Изучение и освоение операционной системы ЭВМ.
3. Ознакомление с методами численного моделирования.
4. Приобретение навыков составления и отладки прикладных программ.
5. Осуществление имитационного моделирования ЛСАУ.

В процессе вычислительной практики студенту необходимо реализовать умения и знания, полученные по дисциплинам:

1. Математический анализ;
2. Специальные главы математики;
3. Информатика;
4. Операционные системы микро ЭВМ;
5. Языки программирования микро ЭВМ;
6. Основы кибернетики.

Результаты практики представляют в виде отчета, после защиты которого выставляется зачет.

#### **1.1. Задание к учебной практике**

Задание к учебной практике включает девять разделов.

##### **1.1.1. Устройство и принцип действия ЭВМ**

Необходимо изучить функциональную схему ЭВМ (1), назначение и принцип действия отдельных ее устройств, возможности и основные характеристики вычислительной машины, на которой организована практика. Изложение следует снабдить необходимыми рисунками и схемами.

##### **1.1.2. Операционная система ЭВМ**

Операционная система – это составная часть любой ЭВМ в виде набора специальных программ (1), без которой она не в состоянии функционировать. Назначение операционной системы – обеспечить взаимодействие ЭВМ и оператора, ввод, отладку и эксплуатацию пользовательских программ.

Необходимо изучить структуру, состав и основные характеристики операционной системы ЭВМ.

### 1.1.3. Методы численного моделирования

Необходимо ознакомиться с классификацией (2), способами описания и особенностями построения математических моделей, а также с методами решения дифференциальных уравнений на примере методов Эйлера и Рунге-Кутты.

### 1.1.4. Разработка прикладной программы

Необходимо реализовать программу моделирования линейной системы автоматического управления (ЛСАУ) на одном из алгоритмических языков.

Структурная схема ЛСАУ показана на рис. 2.

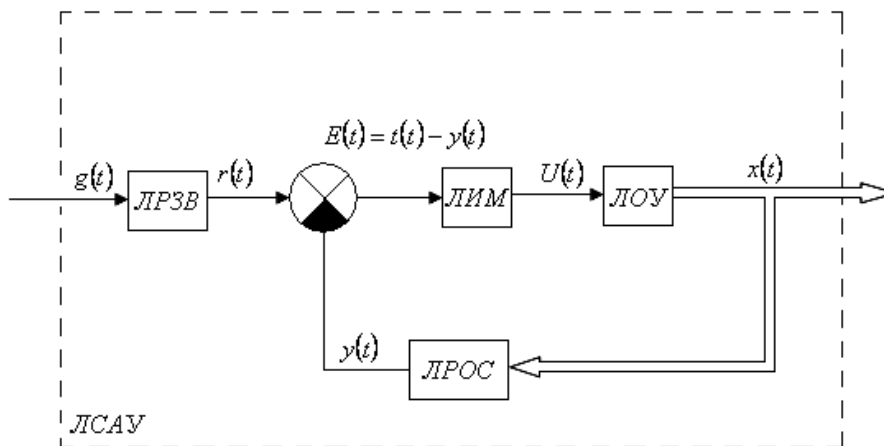


Рис. 2. Структурная схема ЛСАУ:

$\longrightarrow$	- скалярная связь;
$\Longrightarrow$	- векторная связь;
$g(t)$	- формирующий сигнал;
$r(t)$	- задающий сигнал;
$y(t)$	- сигнал обобщенного выхода;
$E(t)$	- сигнал рассогласования;
$U(t)$	- управляющий сигнал;
$x(t)$	- векторный сигнал состояния объекта управления;
ЛОУ	- линейный объект управления;
ЛРЗВ	- линейный регулятор задающих воздействий;
ЛРОС	- линейный регулятор обратной связи;
ЛИМ	- линейный исполнительный механизм.

### 1.1.5. Имитационное моделирование ЛСАУ

**Математические модели элементов структуры ЛСАУ :**

$$\text{ЛРЗВ: } r(t) = k_0 g(t), \quad k_0 = \text{const} > 0;$$

$$\text{ЛРОС: } y(t) = \sum_{i=1}^3 k_i x_i(t), \quad k = \text{const} > 0, \quad i = 1, 2, 3;$$

$$\text{ЛИМ: } U(t) = f(E(t)), \quad \text{где } f(\cdot) - \text{известная линейная функция};$$

$$\text{ЛОУ: } \dot{x}(t) = Ax(t) + BU(t);$$

$$E(t) = r(t) - y(t) = k_0 g(t) - k_1 x_1(t) - k_2 x_2(t) - k_3 x_3(t);$$

$$x(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_3 & -a_2 & -a_1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

В результате совместного рассмотрения математических моделей ЛСАУ обычно записывают следующую систему векторно-скалярных уравнений:

$$\begin{cases} u(t) = Ax(t) + Bu(t), & y(t) = c^T x(t) \\ U(t) = f(k_0 g(t) - y(t)) \end{cases} \quad (1)$$

где  $c^T = (k_1, k_2, k_3)$

Система уравнений (1) при заданной матрице  $A$ : векторах  $C$  и  $B$ : скалярной величине  $k$  и скалярной функции  $f(\cdot)$ , а также при заданном векторе начальных условий  $x(0) = (x_1(0), x_2(0), x_3(0))$  и при  $g(t) = 0$  описывает свободное движение ЛСАУ.

Если же при тех же исходных данных  $g(t) \neq 0$ , т.е.  $g(t)$  - некоторая заданная функция времени, то система (1) описывает вынужденное движение ЛСАУ.

### 1.1.6. Математические модели типовых входных сигналов

1. Свободное движение – первый типовой режим ЛСАУ исследуется при  $g(t) = g_1(t) = 0$ .
2. Вынужденное движение – второй и третий типовые режимы ЛСАУ исследуются при
  - а)  $g(t) = g_2(t) = 1(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } t > 0 \\ 0, & \text{при } t < 0 \end{cases}$ ;
  - б)  $g(t) = g_3(t) = \sin w_0 t, w_0 = 2\pi/T_0, T_0 = \text{const} > 0$ .

### 1.1.7. Математические модели ЛИМ

Статическая характеристика ЛИМ показана ниже (рис. 3).

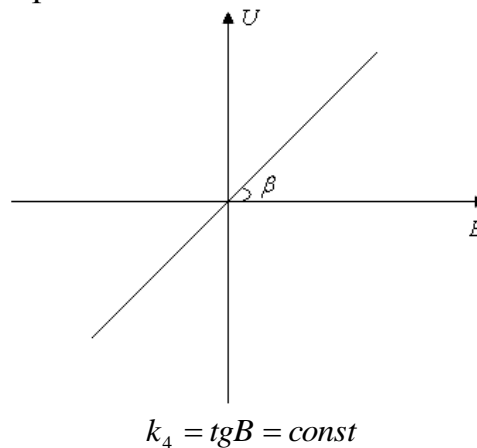


Рис. 3. Статическая характеристика ЛИМ

Математическая модель ЛИМ имеет вид:

$$U(t) = k_4 \cdot E(t) = \operatorname{tg} B \cdot E(t).$$

### 1.1.8. Расчеты

В соответствии с номером варианта (исходные данные – см. таблицу 1) необходимо рассчитать динамические процессы (процессы в *ЛСАУ* для случаев свободного (первый) и вынужденных (второй и третий) режимов. Результаты расчетов следует представить графически и произвести их анализ (функции  $E(t)$ ,  $U(t)$ ,  $y(t)$ ).

### 1.1.9. Выводы

Знания и навыки, полученные в процессе вычислительной практики, могут быть использованы при изучении дисциплин:

1. Теория автоматического управления
2. Моделирование систем
3. Системы автоматизации и управления
4. Методы оптимизации
5. Оптимальные и адаптивные системы

а также в диплом проектировании.

Таблица 1

Исходные данные

Варианты	ЛОУ					ЛРОС			ЛРЗВ	ЛИМ	Входные типовые воздействия
	Параметры			Нач. условия							$T_0$
	$a1$	$a2$	$a3$	$x_1(0)$	$x_2(0)$	$k1$	$k2$	$k3$	$k0$	$tgB$	
1	3.1	2.8	1	0.4	0.02	2.3	0.5	0.28	1.1	1.3	1.0
2	3.2	2.9	2	1.5	0.01	2.4	0.4	0.36	1.2	2	0.9
3	3.1	7.8	3	2.6	0.03	1.3	0.3	0.27	1.3	1.2	1.2
4	3.3	2.6	3.4	0.7	0.03	0.8	0.2	0.39	1.4	3	1.4
5	3.2	3	2.5	1.8	0.01	0.5	0.4	0.25	1.5	1.4	1.3
6	3.2	2.8	1	2.5	0.02	2.2	0.5	0.35	1.5	5	0.8
7	3.3	2.9	2	0.4	0.02	1.6	0.1	0.26	1.4	1.5	0.7
8	3.1	2.7	3	1.7	0.01	1.1	0.3	0.28	1.3	3	0.9
9	3.2	2.8	3.4	2.8	0.03	0.8	0.2	0.3	1.2	1.3	1.4
10	3.1	3.1	2.5	2.7	0.03	0.4	0.4	0.32	1.1	5	1.3
11	3.1	2.8	1	1.4	0.02	3.0	0.5	0.34	1.1	1.2	0.8
12	3.2	2.9	2	0.5	0.01	2.1	0.4	3.60	1.2	2	0.7
13	3.2	2.7	3	2.6	0.01	1.4	0.3	0.38	1.3	1.2	0.9
14	3.3	2.6	3.4	1.7	0.02	0.9	0.2	0.4	1.4	2	1.1
15	3.4	3.2	2.5	0.8	0.03	0.2	0.4	0.36	1.5	1.5	1.2
16	3.1	2.8	1	2.5	0.02	2.5	0.5	0.34	1.5	3	1.3
17	3.3	2.7	2	2.4	0.01	0.7	0.3	0.3	1.4	1.4	1.2
18	3.4	3.2	3	0.5	0.02	0.4	0.2	0.28	1.3	5	0.9
19	3.2	2.6	3.4	0.8	0.01	2.5	0.2	0.4	1.2	1.5	1.0
20	3.1	3	2.5	0.4	0.03	2.4	0.5	0.36	1.1	2	1.4
21	3.1	3.1	1	1.5	0.03	2.3	0.3	0.25	1.1	1.3	0.8
22	3.2	2.9	2	1.8	0.02	0.8	0.4	0.39	1.2	5	1.2
23	3.3	2.8	3	2.8	0.01	2.1	0.2	0.34	1.3	1.2	1.4
24	3.4	3	3.4	2.6	0.01	0.5	0.2	0.32	1.4	2	0.7
25	3.1	2.7	2.5	1.7	0.03	1.6	0.5	0.26	1.5	1.3	1.0



## 1.2. Методические указания к моделированию Общие понятия математического моделирования СУ

Методы моделирования широко используются в различных сферах человеческой деятельности (2), особенно в сферах проектирования и управления.

Целью моделирования являются получение, обработка, представление и использование информации об объектах, которые взаимодействуют между собой и внешней средой, а модель здесь выступает как средство познания свойств и закономерностей поведения объекта. Одному объекту может соответствовать несколько различных моделей. Каждая из моделей отражает некоторые свойства объекта, существенные для конкретной цели исследования. Модель представляет собой как бы проекцию объективной реальности под определенным углом зрения.

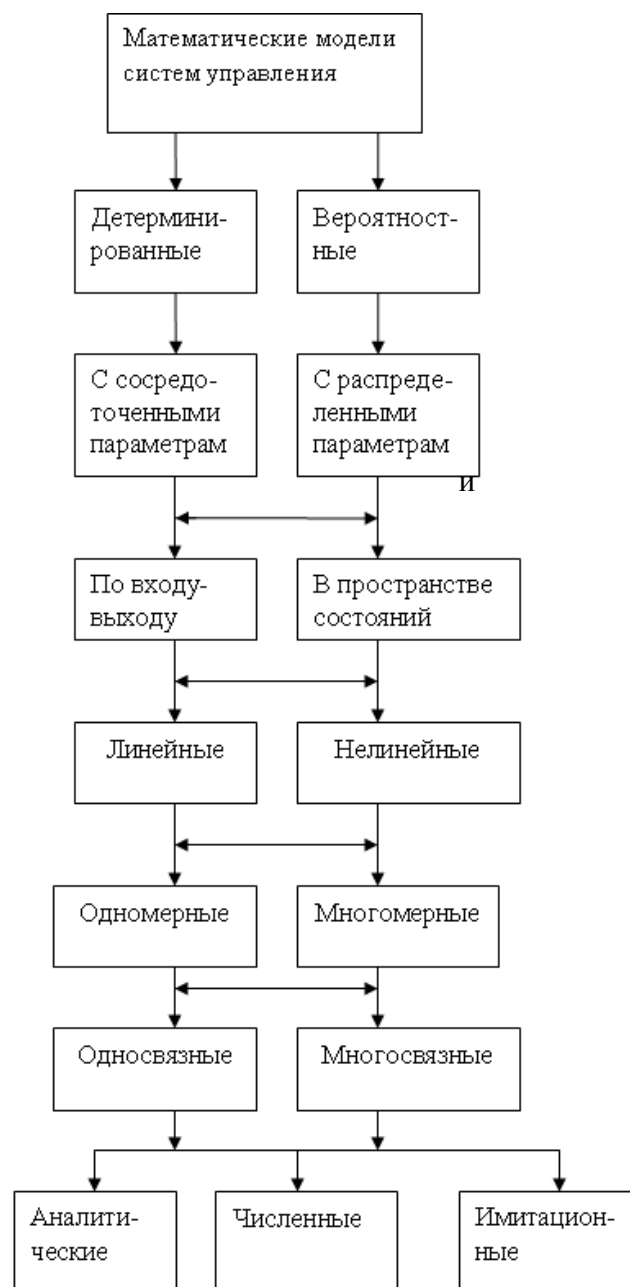


Рис. 4. Классификация математических моделей СУ (4)

Один из наиболее универсальных видов моделирования - математическое моделирование. Оно ставит в соответствие моделируемому физическому процессу систему математических соотношений, решение которой позволяет получить ответ на вопрос о поведении объекта без создания физической модели, часто оказывающейся дорогостоящей и малоэффективной.

Многие явления и процессы разной природы описываются аналогичными соотношениями, например, электроакустическая аналогия в электро-, магнито- и гидродинамике. Поэтому для анализа (решения, расчета) математических моделей необходимо владеть развитым математическим аппаратом, охватывающим все виды типовых задач прикладной математики. Применительно к использованию ЭВМ основным этапом расчета математических моделей является их алгоритмизация, т.е. разработка структуры алгоритма, представленного в виде блок-схемы, граф-схемы или программно-реализованного с использованием принципов структурного программирования.

Математические модели систем управления (СУ) можно классифицировать по различным признакам (на рис. 4 приведена одна из возможных классификаций).

### **1.2.1. Особенности построения математических моделей**

Математические модели как проекции реальных объектов характеризуются рядом особенностей (2).

Математические модели можно рассматривать как средство изучения реальной системы путем ее замены более удобной для экспериментального исследования системой (моделью), сохраняющей существенные черты оригинала. При моделировании производится аппроксимация функции описания более простой и удобной для практического анализа функцией - моделью.

Модель называется изоморфной (одинаковой по форме), если между нею и реальной системой существует полное поэлементное соответствие и гомоморфной, если существует соответствие лишь между наиболее значительными составными частями объекта и модели.

Математическое моделирование включает следующие этапы: исследование объекта и составление его математического описания; построение алгоритма, моделирующего поведение объекта; проверка адекватности модели и объекта; использование модели.

Исследование объекта моделирования и составление его математического описания заключаются в установлении связи между параметрами процесса, выявлении его граничных и начальных условий и формализации процесса в виде системы математических соотношений.

Математическое описание составляется на основе законов физики, химии и пр., характеризующих динамику и статику процесса в исследуемом объекте и выражается на языке любых разделов математики. Наибольшее распространение при построении детерминированных моделей получили алгебраические уравнения, обыкновенные дифференциальные уравнения и

дифференциальные уравнения в частных производных, матричная алгебра, а при стохастическом моделировании, когда учитывается случайный характер процессов, также и методы теории вероятностей и математической статистики. Если априорные сведения об объекте недостаточны, вид математических моделей уточняется с помощью методов многомерной статистики: регрессионного, корреляционного, многофакторного и др. анализов, а также проведения пассивного или планирования активного экспериментов. По принципам построения модели разделяют на аналитические и имитационные. Аналитические модели позволяют получить явные функциональные зависимости для искомых величин. Однако по мере усложнения объекта моделирования построение аналитической модели превращается в трудноразрешимую проблему. Имитационные модели рассматриваются как проводимые на ЭВМ эксперименты с математическими моделями, имитирующими поведение реальных объектов.

Метод математического моделирования позволяет исключить необходимость изготовления громоздких физических моделей, связанную с материальными затратами: сократить время определения характеристик (в особенности при расчете математических моделей на ЭВМ и применении эффективных вычислительных методов и алгоритмов); изучать поведение объекта моделирования; применимость различных элементов; получать характеристики и показатели, которые сложно снимать экспериментально.

### **1.2.2. Способы описания математических моделей**

В общем случае математическая модель устройства, системы, процесса представляется в виде системы функционалов (4)

$$\Phi(X, Y, g, t) = 0,$$

где  $X, Y$  - векторы входных и выходных координат;

$g$  - вектор внешних воздействий;

$t$  - координата времени.

Способ представления  $\Phi$  зависит от целей моделирования, назначения объекта, объема информации и характера исходных данных.

Поведение большинства технических систем можно охарактеризовать при помощи так называемых фазовых переменных – физических величин типа потока и потенциала. При этом целесообразно выделить в объектах моделирования достаточно крупные элементы, рассматриваемые как неделимые единицы. Законы функционирования элементов системы задаются компонентными уравнениями, связывающими разнородные фазовые переменные.

Общность описания процессов, происходящих в различных технических системах, позволяет выделить несколько типов элементов:  $R$ - элемент рассеяния энергии,  $C$  и  $L$ - элементы накопления энергии. Сочетанием этих простейших элементов и источников фазовых переменных получают эквивалентную схему технической системы любой сложности и ее математическую модель (конкретный смысл фазовых переменных приведен в

табл. 2). Для описания поведения системы в любой момент времени удобно использовать единую математическую характеристику – переменную состояния. Для системы первого порядка

$$\begin{aligned} X(t) &= f[X(t), U(t), t]; \\ Y(t) &= g[X(t), U(t), t]. \end{aligned}$$

где  $t$  - время;  $X(t), Y(t)$  - входные и выходные переменные;  $U(t)$  - переменные состояния.

Таблица 2

### Аналоги фазовых переменных

Подсистема	Фазовые переменные	
	типа потока	типа потенциала
Электрическая	Ток	напряжение
механическая- поступательная	Сила	скорость
механическая- вращательная	Момент	угловая скорость
Гидравлическая	Расход	давление
Тепловая	Тепловой поток	температура

### 1.2.3. Математическое моделирование и вычислительные методы в задачах автоматики и информационно-измерительной техники

Математическое моделирование является частью процесса создания технических средств автоматики и информационно-измерительной техники. Вычислительные методы, программно-реализуемые на ЭВМ, стали основным практическим инструментом разработчиков автоматических измерительных информационных устройств и систем. Накоплен большой опыт использования вычислительной техники, применения численных методов, создания специального программного обеспечения при решении разнообразных задач в этой области. Рассмотрим основные их типы.

1. Идентификация динамических характеристик линейных звеньев при использовании различных описаний сигналов на их входах и выходах.
2. Использование метода наименьших квадратов для идентификации передаточной характеристики по массивам данных, описывающих переходную и частотную характеристики или сигналы на входных и выходных звеньях.
3. Исследование устойчивости линейных динамических систем на основе использования различных критериев. Построение области устойчивости на плоскости параметров систем.
4. Анализ качества систем автоматического управления. Определение оптимальных управляющих воздействий.
5. Исследование нелинейных автоматических систем.
6. Статистическое имитационное моделирование измерительных устройств и систем на ЭВМ.
7. Аналитическое-вероятностное моделирование измерительных информационных устройств и систем на основе взаимосвязанных вероятностных (законы распределения вероятностей) и энергетических (спектральные плотности мощности) моделей.

8. Решение задачи определения распределения значений измеряемой величины (скоростей потока, звуковой волны, температур) в замкнутой области.
9. Исследование устройств автоматики методом планирования эксперимента.
10. Анализ спектров различных сигналов с использованием преобразования Фурье в задачах распознавания образов и цифровой обработки сигналов.
11. Анализ и оценка погрешностей измерительных устройств и систем на основе методов частных производных, вероятностного моделирования, интервального анализа и др.
12. Решение задач автоматизации проектирования систем автоматического управления.

#### **1.2.4. Численные методы линейной алгебры для решения обыкновенных дифференциальных уравнений**

Такие разделы линейной алгебры как методы решения систем линейных уравнений и нахождение собственных значений матриц особенно широко применяются при решении инженерных задач (3). К системам линейных уравнений сводятся многие задачи идентификации, оптимального управления, которые являются основой решения других задач вычислительной математики, например, систем дифференциальных уравнений. Если в теории автоматического управления нахождение собственных значений позволяет определить критические параметры управляющих воздействий, превышение которых ведет к потере устойчивости системы, то при динамическом анализе резонансных колебательных систем собственные значения соответствуют собственным частотам колебаний, а собственные векторы характеризуют моды этих колебаний.

Во многих практических задачах приходится сталкиваться с необходимостью решения уравнений, содержащих одну или несколько производных. Такие уравнения описывают большинство законов физики, к их решению сводится рассмотрение различных электронных и автоматических систем. В зависимости от числа независимых переменных и, следовательно, типа входящих в них производных дифференциальные уравнения делятся на обыкновенные дифференциальные, содержащие одну независимую переменную и производные по ней, и уравнения в частотных производных, имеющие несколько независимых переменных и производные (частные) по ним.

Существует много приемов для нахождения решений дифференциальных уравнений через элементарные или специальные функции. Такие методы называют аналитическими, или классическими, однако в большинстве задач они либо вообще неприменимы, либо приводят к сложным и громоздким расчетам. При задании коэффициентов или функций в дифференциальных уравнениях в виде таблиц экспериментальных данных использование

классических методов принципиально невозможно. Это обуславливает важность рассматриваемых в этой главе численных методов решения дифференциальных уравнений, являющихся основой при составлении алгоритмов и программ для ЭВМ.

### 1.2.5. Постановка задачи решения дифференциального уравнения

Обыкновенное дифференциальное уравнение имеет бесконечное множество решений (3). Для отыскания какого-либо конкретного решения требуются дополнительные условия. Эти условия могут быть различными. В случае, когда дополнительные условия задаются при одном значении независимой переменной, имеет место задача Коши (задача с начальными условиями). Если же условия задаются при двух или более значениях независимой переменной, то задача называется краевой. В задаче Коши дополнительные условия называются начальными, а в краевой – граничными. При решении этих задач используются разные методы и алгоритмы.

Сформулируем задачу Коши.

Пусть дано дифференциальное уравнение

$$dy/dx = f(x, y)$$

и начальное условие

$$y(x_0) = y_0.$$

Требуется найти функцию на отрезке от  $x = a$  до  $x = b$ , удовлетворяющую как указанному уравнению, так и начальному условию (при этом всегда предполагается, что существует единственное решение на всем отрезке).

### 1.2.6. Методы решения задачи Коши

Поскольку численное решение задачи Коши широко применяется в различных областях науки и техники (3), то оно в течение многих лет было объектом пристального внимания и число разработанных для него методов очень велико.

Методы решения задачи Коши можно разделить на две группы: одношаговые, в которых для нахождения следующей точки на кривой  $y = f(x)$  требуется информация лишь об одном предыдущем шаге (методы Эйлера и Рунге-Кутты), многошаговые (прогноза и коррекции), в которых для нахождения следующей точки на кривой  $y = f(x)$  требуется информация более, чем об одной из предыдущих точек. Остановимся на одношаговых методах решения задачи Коши.

Одношаговые методы предназначены для решения дифференциальных уравнений первого порядка вида

$$\dot{y} = f(x, y),$$

где  $\dot{y} = dy/dx$ , при начальном условии  $y(x_0) = y_0$ . С помощью этих методов вычисляют последовательные значения  $y$ , соответствующие дискретным значениям независимой переменной  $x$ .

### 1.2.7. Метод Эйлера

Это простейший метод решения задачи Коши, позволяющий интегрировать дифференциальные уравнения первого порядка (3). Его точность невелика, и поэтому на практике им пользуются сравнительно редко. Однако на основе этого метода легче принять алгоритм других, более эффективных методов.

Метод Эйлера основан на разложении  $y$  в ряд Тейлора в окрестности  $x_0$ :

$$y(x_0 + h) = y(x_0) + hy'(x_0) + 0,5h^2 y''(x_0) + \dots$$

Если  $h$  мало, то члены, содержащие  $h$  во второй или более высоких степенях, являются малыми, более высоких порядков, и ими можно пренебречь. Тогда

$$y(x_0 + h) = y(x_0) + hy'(x_0)$$

$y(x_0)$  находим из дифференциального уравнения, подставив в него начальное условие. Таким образом можно получить приближенное значение зависимой переменной при малом смещении  $h$  от начальной точки. Этот процесс можно продолжать, используя соотношение:

$$y_{n+1} = y_n + hf(x_n, y_n), \quad n = 1, 2, \dots$$

и делая сколь угодно много шагов (графически метод Эйлера показан на рис. 5). Ошибка метода имеет порядок  $h^2$ , т.к. члены, содержащие  $h$  во второй и более высоких степенях, отбрасываются.

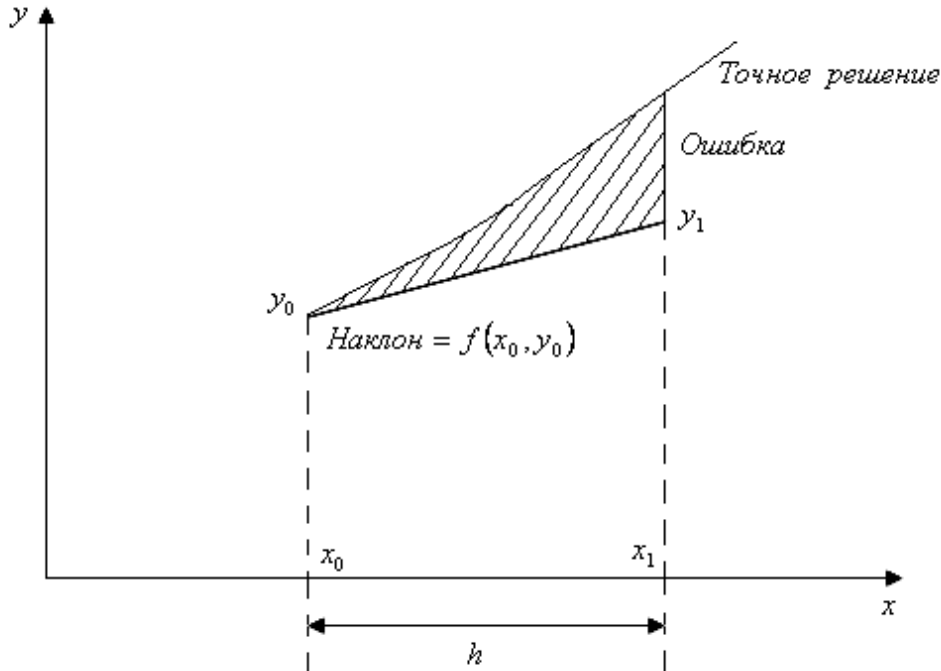


Рис. 5. Метод Эйлера

Для оценки следующей точки на кривой  $y = f(x)$  используется только один линейный в форме Тейлора (см. рис. 2):

$$y(x_0 + h) = y(x_0) + hy'(x_0),$$

где  $y(x_0)$  определяется из исходного уравнения.

### 1.2.8. Модифицированный метод Эйлера

Хотя тангенс угла наклона касательной к истинной кривой в исходной точке известен и равен  $y'(x_0)$ , он изменяется в соответствии с изменением независимой переменной (3). Поэтому в точке  $x_0 + h$  наклон касательной уже не таков, каким он был в точке  $x_0$ . Следовательно, при сохранении начального наклона касательной на всем интервале  $h$  в результаты вычислений вносится погрешность. Точность метода Эйлера можно значительно повысить, улучшив аппроксимацию производной. Это можно сделать, например, используя среднее значение производной в начале и конце интервала. В модифицированном методе Эйлера сначала вычисляется значение функции в следующей точке по методу Эйлера (прием иллюстрируется на рис. 6):

$$y_{n+1} = y_n + hf(x_n, y_n)$$

которое используется для вычисления приближенного значения производной в конце интервала  $f(x, y)$ . Вычислив среднее между этим значением производной и ее значением в начале интервала, найдем более точное значение  $y_{n+1}$ :

$$y_{n+1} = y_n + 0,5hf(x_n, y_n) + f(x_{n+1}, y_{n+1})$$

Принцип, на котором основан модифицированный метод Эйлера, можно пояснить и иначе. Для этого вернемся к разложению в ряд Тейлора:

$$y(x_0 + h) = y(x_0) + h\dot{y}(x_0) + 0,5h^2\ddot{y}(x_0) + \dots$$

Кажется очевидным, что сохранив член с  $h^2$  и отбросив члены более высоких порядков, можно повысить точность. Однако, чтобы сохранить член с  $h^2$  надо знать вторую производную  $\ddot{y}(x_0)$ . Ее можно аппроксимировать конечной разностью:

$$\ddot{y}(x_0) = \Delta y / \Delta x = (\dot{y}(x_0 + h) - \dot{y}(x_0)) / h.$$

Подставив это выражение в ряд Тейлора с отброшенными членами порядка более второго, найдем:

$$y(x_0 + h) = y(x_0) + 0,5h[\dot{y}(x_0 + h) + \dot{y}(x_0)].$$

Это совпадает с ранее полученным выражением при условии, что значение производной  $\dot{y}(x + h)$  заменено приближенным  $f(x_{n+1}, y_{n+1}^*)$ . Оценки показывают, что ошибка при этой замене имеет порядок  $h$ .

Этот метод является методом второго порядка, так как в нем используется член ряда Тейлора, содержащий  $h^2$ . Ошибка на каждом шаге при использовании этого метода имеет порядок  $h^3$ . За повышение точности приходится расплачиваться дополнительными затратами времени для вычислений  $y_{n+1}$ . Более высокая точность может быть достигнута, если потратить дополнительное машинное время на лучшую аппроксимацию производной путем сохранения большего числа членов ряда Тейлора. Эта идея лежит в основе методов Рунге-Кутты.



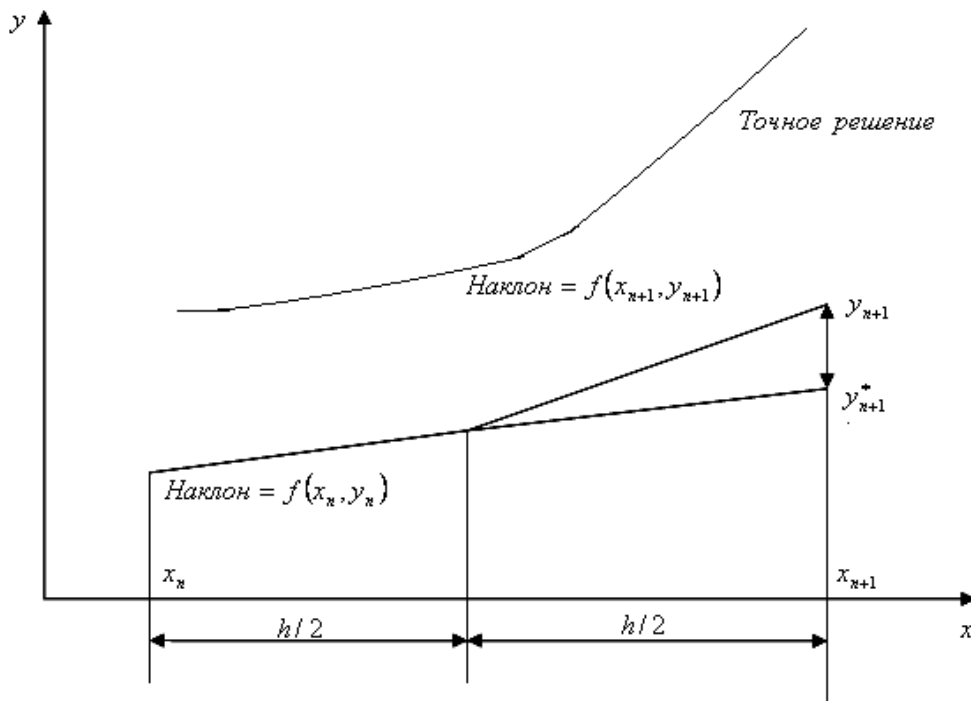


Рис. 6. Модифицированный метод Эйлера

### 1.2.9. Методы Рунге-Кутты

Чтобы сохранить в ряде Тейлора член  $n$ -го порядка, необходимо каким-то образом вычислить  $n$ -ю производную зависимой переменной (3). При использовании модифицированного метода Эйлера для получения второй производной в конечно-разностной форме достаточно было знать наклоны кривой на концах рассматриваемого интервала. Чтобы вычислить третью производную в конечно-разностном виде, необходимо иметь значения второй производной по меньшей мере в двух точках. Для этого необходимо дополнительно определить наклон кривой в некоторой промежуточной точке интервала  $h$ , т.е. между  $x$  и  $x$ . Очевидно, чем выше порядок вычисляемой производной, тем больше дополнительных вычислений потребуется внутри интервала. Метод Рунге-Кутты дает набор формул для расчета координат внутренних точек, требуемых для реализации этой идеи. Так как существует несколько способов расположения внутренних точек и выбора относительных весов для найденных производных, то метод Рунге-Кутты в сущности объединяет целое семейство методов решения дифференциальных уравнений первого порядка. Наиболее распространенным из них является метод, при котором удерживаются все члены, включая  $h$ . Это метод четвертого порядка точности, для которого ошибка на шаге имеет порядок  $h$ . Расчеты при использовании этого классического метода производятся по формуле

$$y_{n+1} = y_n + \frac{K_0 + 2K_1 + 2K_2 + K_3}{6},$$

где  $K_0 = hf(x_n, y_n)$ ,  $K_1 = hf(x_n + 0,5h, y_n + 0,5K_0)$ ;

$$K_2 = hf(x_n + 0,5h, y_n + 0,5K_1), K_3 = hf(x_n + h, y_n + K_2).$$

Метод Эйлера и его модификация по сути дела сводятся к методам Рунге-Кутты первого и второго порядка соответственно. По сравнению с ними метод Рунге-Кутты имеет то важное преимущество, что обеспечивает более высокую точность. Более высокая точность метода Рунге-Кутты часто позволяет увеличить шаг интегрирования  $h$ . Допустимая погрешность на шаге определяет его максимальную величину. Чтобы обеспечить высокую эффективность вычислительного процесса, величину  $h$  следует выбирать именно из соображений максимальной допустимой ошибки на шаге. Такой выбор часто осуществляется автоматически и является составной частью алгоритма, построенного по методу Рунге-Кутты.

Относительную точность одношаговых методов можно продемонстрировать на следующем примере.

Пример. Пусть требуется решить уравнение

$$\frac{dy}{dx} = 2x^2 + 2y,$$

при начальном условии  $y(0)=1$ ,  $0 < x < 1$  и  $h=0,1$ . Это линейное уравнение имеет следующее точное решение:

$$y = 1,5e^{2x} - x^2 - x - 0,5,$$

помогающее нам сравнить относительную точность, обеспечиваемую разными методами. Результаты расчета представлены в приведенной ниже табл. 3, из которой хорошо видны преимущества метода Рунге-Кутты по сравнению с обычным и модифицированным методами Эйлера.

Таблица 3

#### Результаты расчета

Значения $x$	Метод Эйлера	Модиф. Эйлера	Рунге-Кутта	Точное решение
0,0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,1	1,2000	1,2210	1,2221	1,2221
0,2	1,4400	1,4923	1,4977	1,4977
0,3	1,7384	1,8284	1,8432	1,8432
0,4	2,1041	2,2466	2,2783	2,2783
0,5	2,5569	2,7680	2,8274	2,8474
0,6	3,1183	3,4176	3,5201	3,5202
0,7	3,8139	4,2258	4,3927	4,3928
0,8	4,6747	5,2288	5,4894	5,4895
0,9	5,7376	6,4704	6,8643	6,8645
1,0	7,0472	8,0032	8,5834	8,5836

Из табл. 3 видно явное преимущество метода Рунге-Кутты по сравнению с обычным и модифицированным методами Эйлера.

### 1.2.10. Методы Рунге-Кутты для системы дифференциальных уравнений

Любую из формул Рунге-Кутты можно использовать для решения систем дифференциальных уравнений и (3), следовательно, для решения дифференциальных уравнений более высоких порядков, так как любое дифференциальное уравнение  $n$ -го порядка можно свести к  $n$  дифференциальных уравнений первого порядка. Например, в дифференциальном уравнении второго порядка

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = g\left(x, y, \frac{dy}{dx}\right)$$

можно принять  $z = dy/dx$ . Тогда  $dz/dx = d^2 y/dx^2$ , откуда получаем два уравнения первого порядка

$$dz/dx = g(x, y, z), \quad dy/dx = f(x, y, z)$$

где  $f(x, y, z) = z$  задача Коши в этом случае содержит два начальных условия

$$y(x_0) = y_0 \text{ и } z(x_0) = z_0$$

Формулы Рунге-Кутты для рассматриваемого случая имеют вид

$$y_{n+1} = y_n + K \text{ и } z_{n+1} = z_n + L,$$

где

$$K = \frac{K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4}{6}, \quad \text{а} \quad L = \frac{L_1 + 2L_2 + 2L_3 + L_4}{6};$$

здесь

$$\begin{aligned} K_1 &= hf(x_n, y_n, z_n), \quad L_1 = hg(x_n, y_n, z_n); \\ K_2 &= hf(x_n + 0,5h, y_n + 0,5K_1, z_n + 0,5L_1); \\ L_2 &= hg(x_n + 0,5h, y_n + 0,5K_1, z_n + 0,5L_1); \\ K_3 &= hf(x_n + 0,5h, y_n + 0,5K_2, z_n + 0,5L_2); \\ L_3 &= hg(x_n + 0,5h, y_n + 0,5K_2, z_n + 0,5L_2); \\ K_4 &= hf(x_n + h, y_n + K_3, z_n + L_3); \\ L_4 &= hg(x_n + h, y_n + K_3, z_n + L_3). \end{aligned}$$

### 1.2.11. Общая характеристика одношаговых методов

Всем одношаговым методам присущи определенные общие черты:

1. Чтобы получить информацию в новой точке, надо иметь данные лишь в одной предыдущей точке. Это свойство можно назвать «самостартованием».
2. В основе всех одношаговых методов лежит разложение функции в ряд Тейлора, в котором сохраняются члены, содержащие  $h$  называется порядком метода. Погрешность на шаге имеет порядок  $k+1$ .
3. Все одношаговые методы не требуют действительного вычисления производных — вычисляется лишь сама функция, однако могут потребоваться ее значения в нескольких промежуточных точках. Это влечет за собой, конечно, дополнительные затраты времени и усилий.
4. Свойство «самостартования» позволяет легко менять величину шага  $h$ .

Существует совокупность многошаговых методов, когда для вычисления положений новой точки используется информация о нескольких предыдущих точках. Такие методы позволяют на каждом шаге оценивать ошибку вычислений, что делает их более эффективным, чем одношаговые методы, в то же время они сложнее, и при их реализации предъявляются повышенные требования к объему памяти ЭВМ.

### 1.3. Порядок оформления и защиты отчета

Отчет по практике оформляют на писчей бумаге формата А4, он должен быть сброшюрован. Содержание и структура отчета соответствуют ГОСТ 7.32.-81 «Отчет о научно-исследовательской работе» (образец его титульного листа приведен на рис. 1).

Отчет должен включать:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- библиографический список.

Министерство образования и науки Кыргызской Республики	
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова	
Кафедра «Автоматическое управление»	
ОТЧЕТ по учебной практике	
Факультет:	
Группа:	
Студент:	
Руководитель от предприятия:	
Руководитель от КГТУ:	
Бишкек 20__	

Рис. 1. Образец титульного листа

Введение к отчету должно содержать краткий обзор современного состояния изучаемого научно-технического вопроса, цели и задачи учебной практики.

В основной части отчета должны быть отражены постановка задач, методы их решения, принцип действия и характеристики изучаемых ЭВМ и их операционных систем, описание алгоритмов, программ и контрольных примеров согласно ЕСПД. Текст основной части делится на разделы и подразделы.

Заключение должно содержать краткую оценку проделанной работы, возможности и направления использования результатов.

Таблицы, рисунки и страницы отчета нумеруют. Объем отчета не регламентируется, однако изложение должно быть лаконичным, а оформление – аккуратным.

Отчет необходимо представить руководителю практики от университета за один-два дня до защиты. Защиту отчета проводят в виде собеседования, где студент должен проявить полное понимание целей и задач практики, уметь обосновать алгоритмы, пояснить программы и контрольные примеры, сделать выводы о проделанной работе.

## **ЧАСТЬ II. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Конструкторско-технологическая практика является одним из важнейших этапов обучения студентов, позволяющим закрепить полученные знания путем участия в решении реальных проблем в области автоматизации и управления процессами. Она проводится после 6-го учебного семестра (3 курса) в течение 5 недель.

Под технологическим процессом понимается последовательность операции, направленная на изготовление изделий, начиная от получения сырья и до изготовления готовой продукции. Основными средствами любого технологического процесса являются технические средства (аппаратура, оборудование и т.д.) и математическое обеспечение – программные комплексы.

В зависимости от участия человека, процесс может быть автоматическим (без участия человека) или автоматизированным (с участием человека). В настоящее время повышение производительности труда при одновременном улучшении качества готовой продукции невозможно без широкого внедрения автоматических и автоматизированных систем управления и контроля процессами. При автоматизации процессы делятся на ряд классов, к каждому из которых требуется использовать индивидуальный подход. Классы процессов устанавливаются по классификационным признакам:

1. характер протекания процессов;
2. характер связей в процессах.

По характеру протекания процессы делятся на непрерывные и дискретные. По характеру связей можно указать следующие классы:

- гидродинамические процессы;
- химические процессы;
- термодинамические процессы;
- механические процессы;
- микробиологические процессы и т.д.

Технологические оборудования выбираются исходя из класса процессов. Например, техническими средствами автоматизированной системы управления технологическим процессом являются: контрольно-измерительные приборы, преобразователи, задающие устройства, усилители, устройства сравнения, исполнительные механизмы, регуляторы, управляющие вычислительные машины и операторы.

На заводах и фабриках где протекают производственно-технологические процессы создаются специализированные конструкторские бюро (СКБ), которая занимается улучшением и усовершенствованием качества технологического процесса путем разработки и конструирования технологического оборудования, а также технических средств автоматизации процесса.

## **2. Основные задачи конструкторско-технологической практики**

1. Закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе обучения в институте в течение 3-х лет.
2. Изучение технической подготовки производства, специфики разработки конструкций и технологий; вопросы изготовления аппаратуры автоматики и телемеханики (цель применения, технические характеристики, схемные и конструктивные решения, выбор элементной базы и его обоснование, расчеты параметров, методология испытаний и проверки созданной аппаратуры.
3. Изучение средств и системы автоматического контроля и управления технологическими процессами, системы и средств диспетчерской службы.
4. Ознакомление и участие в научно-исследовательской работе по разработке средств и систем автоматизации и управления.
5. Ознакомление с научной организацией труда и управление производством, организацией технического контроля, вопросами сетевого планирования.
6. Ознакомление и участие в проводимой на предприятии организационной, политико-воспитательной, спортивно-массовой работе среди работников предприятия.

### **2.1. Специальные задачи конструкторско-технологической практики**

1. Знакомство с перспективной элементной базой для научного приборостроения, изучение принципа работы и применения ее в специальных разработках, устройствах аналогового и цифрового действия, информационно-измерительных систем и технологий.
2. Изучение методов конструирования и проектирования бортовой и наземной аппаратуры с применением больших и средних интегральных схем, функциональной электроники и др.
3. Участие в проектировании и разработке приборов бортового и наземного исполнения, разработка сопровождающей технической документации в соответствии с ЕСКД и стандартами предприятия.
4. Участие в монтаже, наладке и регулировке разработанных в подразделениях предприятия устройств и систем, научных приборов.
5. Ознакомление с методами функциональной, электромагнитной совместимости электронных устройств.
6. Участие в проведении испытаний (ЛОИ, КДИ), разработка вспомогательного оборудования, пультов проверки, технической документации для проведения испытаний устройств и систем РЭА, автоматики, телемеханики, телеметрии и др.
7. Уточнение тематики дипломного проекта по задачам предприятия для каждого студента.





Примерный сетевой график прохождения конструкторско-технологической практики и объем выполнения поставленных задач представлен на рис. 7.

Сетевой график для каждого студента составляется руководителем практики от предприятия и согласуется с руководителем от университета в первые два-три дня прохождения практик.

## **2.2. Программа производственной практики и рабочее место студента**

В период практики работа студентов в подразделениях предприятия предусматривается на нештатных (неоплачиваемых) должностях. Однако по результатам конструкторско-технологической практики, личному вкладу каждого студента в конкретное выполнение задач подразделений руководство отдела может ходатайствовать перед руководством предприятия о материальном поощрении наиболее отличившихся студентов, показавших хорошие теоретические знания и способных к практической, экспериментальной и научно-исследовательской работе в объеме ставки инженера, лаборанта и т.д. в зависимости от специфики их деятельности на практике.

За время практики, кроме выполнения основных и специальных задач, студентами должны быть изучены следующие вопросы:

1. Существующие методики и практические приемы расчета и конструирования средств и систем автоматики и телемеханики, научного приборостроения.
2. Методы теоретических исследований и экспериментальных испытаний таких систем.
3. Методы организации эксперимента, техника измерений и обработка экспериментальных данных.
4. Технология производства отдельных элементов РЭА, систем автоматики и телемеханики.
5. Применение ЭВМ на предприятиях для управления производством, проектирования изделий, автоматизации испытаний и т.д.
6. Методы оценки и обеспечения надежности и высокого качества осуществляемых разработок.
7. Изготовление рабочих и сборочных чертежей, оформление технической документации, вопросы научно-технической информации.

В период практики проводятся экскурсии, лекции и беседы, показывающие студентам весь производственный цикл, начиная от проектирования и кончая производством и испытаниями готовых изделий согласно плану, представленному в приложении 1. Лекции желательно читать один-два раза в неделю, в объеме 2-3 часов, равномерно, в течение всего периода практики. К чтению лекций необходимо привлечь ведущих специалистов предприятия.

Рекомендуется привлекать студентов к технической учебе, проводимой в отделах предприятия, поручать им подготовку вопросов, связанных с тематикой задач конструкторско-технологической практики.

В дневник практики и рабочую тетрадь, которые регулярно должны вести студенты, вносятся конспекты прослушанных лекций, описание экскурсий, перечень выполненных работ и материалы, собранные для курсового и дипломного проектирования, методики расчетов и сами расчеты, конспекты и тезисы статей и отчетов и др.

### **2.3. Экзамен по конструкторско-технологической практике**

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие всю программу практики, включая индивидуальные задания, представившие дневник практики с итоговым техническим отчетом, а также положительную характеристику руководителя практики от предприятия. В характеристике студента отмечается:

- 1.2. Полнота изучения специфики порученной работы, конкретный объем и качество ее выполнения;
- 1.3. Проявленные способности к решению инженерно-технических, научно-исследовательских задач; инициативность, добросовестность, ответственность за порученное дело;
- 1.4. Участие в общественной жизни предприятия.

С этой характеристикой должно обязательно ознакомиться руководство предприятия для определения возможности прохождения студентов преддипломной практики и последующего выполнения дипломного проекта.

Итоговый технический отчет по практике должен содержать тезисы ответов на вопросы индивидуального задания (со ссылками на соответствующие рисунки, схемы и т.п.), список подобранной или изученной литературы, принципиальную схему системы, разработанной или исследованной в ходе практики; анализ существующих методов исследования или разработки подобных исследований по проектированию, конструированию и наладке устройств могут быть приложены к дневнику практики в отдельной папке.

Экзамен принимает специальная комиссия, включая руководителей практики от кафедры и предприятия в последние 2-3 дня практики. При этом учитываются знания студентов, полученные на практике, качество и полнота выполнения индивидуального задания, собранных материалов, результатов макетирования и отладки, производственная и общественная активность студента во время практики.

При получении отрицательной характеристики о работе или неудовлетворительной оценки на зачете студент к учебному процессу не допускается и этот вопрос рассматривается руководством кафедры.

## **ЧАСТЬ III. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Преддипломная практика является заключительной фазой в практической подготовке инженера широкого профиля по специальности 550201.01 «Управление и информатика в технических системах» служит естественным завершением специализации студентов в области научного приборостроения и проводится по окончании 9 семестра.

Как правило, преддипломную практику проходят студенты, имеющие тему дипломного проекта, связанную с тематическим планом предприятия. Однако, в виде исключения, здесь могут проходить практику и студенты, имеющие темы, близкие по характеру решаемых задач, применяемой элементной базе, методам проектирования и применению.

### **3. Основные задачи преддипломной практики**

1. Закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе обучения в институте в течение 5 лет.
2. Приобретение недостающих знаний в специальных областях техники, определяемых темой дипломного проекта, спецификой решаемых задач.
3. Ознакомление и участие в научно-исследовательской работе по разработке средств и систем автоматики и телемеханики.
4. Подбор материалов по теме дипломного проекта и подготовка работы над проектом. Обоснование и выбор методов проектирования и конструирования аппаратуры, выбор элементной базы и знакомство с особенностями ее работы.

#### **3.1. Специальные задачи преддипломной практики**

1. Изучить специфику систем и научных приборов, в состав которых будут входить устройства и узлы, разрабатываемые в дипломном проекте.
2. Осуществить обоснование выбора метода проектирования и элементной базы для применения в разрабатываемом устройстве.
3. Изучить вопросы расчетов электрических параметров, электромагнитной и функциональной совместимости, помехоустойчивости, сопряжения с существующими узлами действующих или проектируемых на предприятии систем научного приборостроения.
4. Приступить к разработке функциональной и принципиальных электрических схем, макетированию, отладке отдельных узлов системы.

### **3.2. Программа преддипломной практики и рабочее место студента**

В период преддипломной практики работа студентов предусматривается на штатных или нештатных инженерно-технических должностях, по профилю которых определена тема дипломного проекта.

В процессе практики студент собирает необходимые материалы для дипломного проектирования и завершает подготовку к работе над проектом. Качество подобранного материала в значительной степени определяет успех дипломного проектирования.

Круг вопросов, подлежащих изучению и глубина их проработки во многом определяются темой дипломного проекта и его специальностью, которые должны быть уточнены и сформулированы в виде ТЗ руководителем на первой неделе практики. Важнейшие вопросы, подлежащие углубленному изучению, руководитель практики от кафедры записывает в качестве индивидуального задания в дневник практиканта.

В процессе работы студенту должна быть представлена возможность посещать смежные отделы, цеха, лаборатории для сбора материалов по теме дипломного проекта.

Для успешного выполнения программы практики и дипломного проекта руководителем практики от предприятия назначается руководитель дипломного проекта, который составляет вместе со студентом сетевые графики по прохождению практики и выполнению дипломного проекта, которые утверждаются одним из руководителей предприятия.

За время практики должны быть изучены следующие вопросы:

- существующие методики и практические приемы расчета и конструирования средств и систем научного приборостроения;
- методы теоретических исследований и экспериментальных испытаний таких систем;
- методы организации и планирования экспериментов, техника измерений и обработка экспериментальных данных;
- технология производства отдельных элементов систем научного приборостроения;
- применение ЭВМ для автоматизации проектирования изделий, управления производством, автоматизации испытаний и т.п.;
- методы оценки и обеспечения надежности проводимых разработок.

За время преддипломной практики должен быть окончательно решен вопрос о руководителе, а также рецензента дипломного проекта и их кандидатуры утверждены руководством предприятия и кафедры «Автоматическое управление». Студент должен принять активное участие в оформлении документов руководителя и будущего рецензента дипломного проекта.

Обобщенный график прохождения преддипломной практики показан на рис. 8.

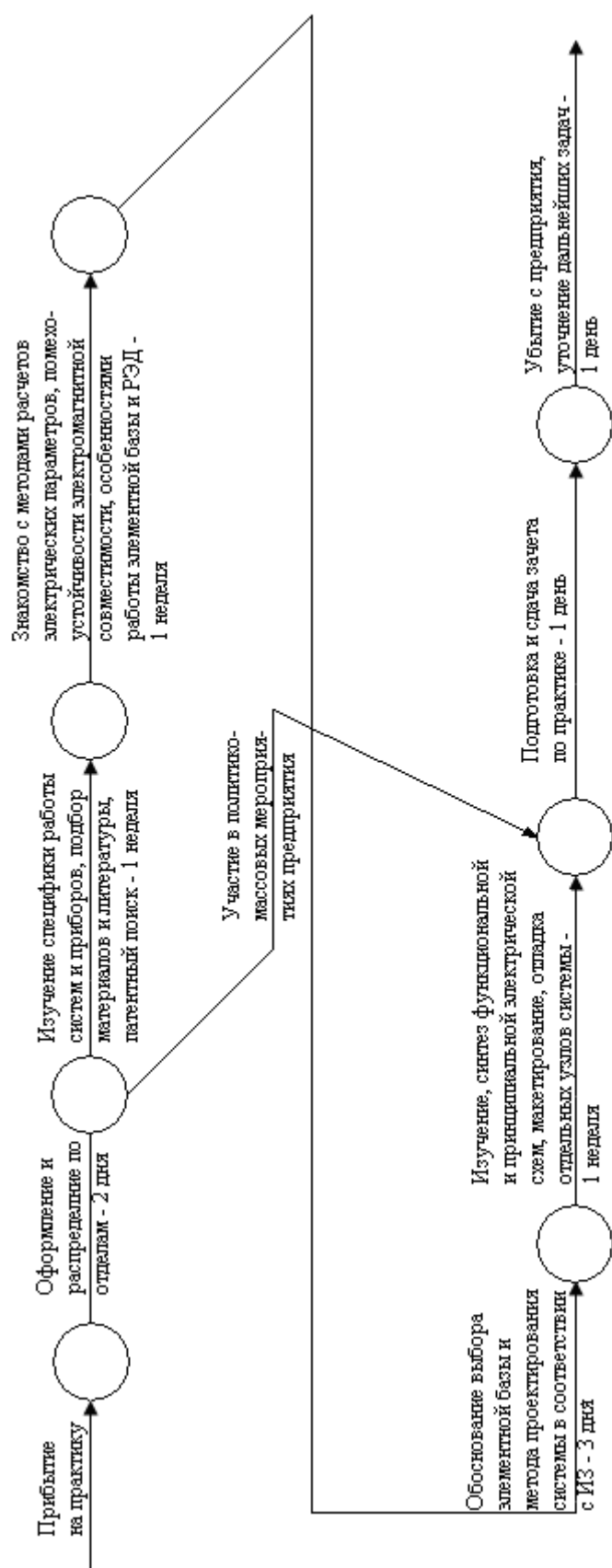


Рис. 8. Сетевой график прохождения преддипломной практики для студентов специальности 550201.01 «Управление и информатика в технических системах» (5 курс, после 9 семестра, длительность – 5 недель)

### **3.3. Экзамен по преддипломной практике**

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие всю программу практики, включая индивидуальные задания, представившие дневник практики с итоговым техническим отчетом, а также положительную характеристику руководителя практики.

Итоговый технический отчет по практике должен содержать тезисы ответов на вопросы индивидуального задания (со ссылками на соответствующие рисунки, схемы и т.п.); список подобранной литературы по теме дипломного проекта, а также принципиальную схему системы, разрабатываемой исследуемой в дипломном проекте; анализ существующих методов исследования и разработки подобных систем, обоснование выбранного метода; основные соображения по разработке темы дипломного проекта и ориентировочный план проекта. Чертежи и схемы, собранные для дипломного проекта, могут быть приложены к дневнику практики в отдельной папке.

Экзамен принимает специальная комиссия в составе нескольких преподавателей кафедры, руководителей практики от кафедры и предприятия в последние 2-3 дня практики.

Оценка экзамена производится по стобальной системе. При этом учитываются знания студентов, полученные на практике, качество и полнота выполнения индивидуального задания и собранных материалов к дипломному проекту, производственная и общественная активность студента во время практики.

При получении отрицательной характеристики о работе или неудовлетворительной оценки на экзамене студент к дипломному проектированию не допускается.

### **4. Обязанности студента-практиканта**

4.1. При подготовке к прохождению практики студент обязан:

- получить справку о допуске;
- проверить наличие паспорта и студенческого билета с отметкой учебы на соответствующем курсе, заверенной печатью;
- встретиться с преподавателем-руководителем практики от кафедры и предоставить ему краткие сведения о себе, о своих родителях, месте жительства, табель успеваемости за прошедший период, краткую характеристику;
- получить от руководителя практики дневник, письмо о направлении на практику и программу практики.

4.2. При явке на практику студент обязан иметь справку о допуске, паспорт, студенческий билет, дневник и программу практики. Студенты работавшие ранее предоставляют трудовую книжку.

4.3. Перед началом прохождения практики студенты обязательно проходят инструктаж по технике безопасности и охране труда, знакомятся с внутренним распорядком и структурой предприятия, изучают правила

технической эксплуатации оборудования, слушают лекции и беседы согласно плану приложения 1.

#### 4.4. В период практики студент обязан:

- соблюдать все правила внутреннего распорядка предприятия, техники безопасности, электро и пожаробезопасности;
- соблюдать правила ведения технической документации, эксплуатации приборов и оборудования;
- добросовестно выполнять функциональные обязанности на рабочем месте, требовать от руководителя практики от предприятия выполнения всех задач и обеспечения работ, запланированных в сетевом графике прохождения практики;
- не допускать нарушений дисциплин (опозданий, неявок, преждевременных уходов с предприятия), соблюдать установленный для цеха (отдела) режим рабочего времени;
- добросовестно выполнять программу практики, проявлять инициативу и самостоятельность в изучении вопросов, предусмотренных программой;
- участвовать в общественно-политической, спортивно-массовой, культурно-воспитательной жизни предприятия;
- систематически встречаться с руководителем практики от института и информировать его о прохождении практики и выполнении задач.

Руководство предприятия имеет право применять по отношению к студентам, нарушившим правила внутреннего распорядка, меры административного воздействия (объявление взыскания в приказе по цеху, отделу или заводу и т.п., вплоть до лишения допуска на предприятие).

За нарушение трудовой дисциплины в период практики (прогулы, опоздания и т.п.), за недобросовестное отношение к выполнению программы практики студенты подвергаются таким же мерам наказания, как в период теоретического обучения (объявление, взыскания в приказе по университету, оставление на повторный курс и т.п., вплоть до отчисления из университета).

#### 4.5. При подготовке к завершению итогового технического отчета и сдаче зачета по практике студент обязан:

- согласовать с руководителем практики от предприятия структуру, объем и характер предоставляемой информации в техническом отчете;
- заполнять все пункты дневника практики, индивидуальных заданий, участия в экскурсиях, лекциях, общественной работе и др. с обязательной подписью руководителем практики от предприятия;
- подготовить образцы макетов устройств, схем и узлов РЭА для демонстрации их во время сдачи зачета.

Зачет, как правило, принимается в стенах с привлечением руководителей практики от предприятия и осуществляется в виде защиты выполненных работ и представленных дневников, рабочих тетрадей и технических отчетов. При выставлении оценки руководители практики от предприятия обладают правом решающего голоса.

4.6. По окончании практики на предприятии студент обязан:

- сдать всю имеющуюся у него техническую и служебную литературу, информационные материалы, инструмент, приборы, принадлежащие подразделениям предприятия;
- заверить подпись руководителя практики от предприятия на характеристике студента в дневнике практики печатью отдела кадров предприятия;
- обязательно сдать свой пропуск в отдел пропусков предприятия и проконтролировать отметку о сдаче в общем списке.

## **5. Обязанности преподавателя-руководителя практики от кафедры (университета)**

Постановка учебного процесса в современной высшей школе выдвигает повышенные требования к профессиональному мастерству преподавателя. В частности, активизация практической подготовки студентов, тесно связанной с конкретными условиями производства является для преподавателей сложной задачей, ибо ее решение обусловлено во многом не только функцией высшей школы, но и развитием механизма хозяйствования и планирования на современных предприятиях – базах практики.

Учитывая специфику, основные обязанности руководителя практики от кафедры «Автоматическое управление» сводятся к следующим.

### **5.1. Подготовка к проведению практики**

После распределения учебной нагрузки на предстоящий год руководители практики обязаны:

- представить в учебный отдел университета сведения о студентах, которые будут проходить практику для подготовки соответствующей документации по режимному предприятию;
- проводить в конце каждого календарного года собрание со студентами по вопросам предстоящей практики, ознакомить их с местами намеченной практики и ее содержанием, уточнить порядок оформления на практику, учесть пожелания студентов о распределении. При этом студенты знакомятся с руководителями практики от кафедры, договариваются о дате и месте последующей встречи руководителя и студентов, утверждают старшего студенческой группы на месте практики;
- подготовить рапорт на прохождение практики студентов и проконтролировать его прохождение по инстанциям;
- подготовить письмо-ходатайство о принятии студентов на практику в предприятия (за три недели до начала практики);
- получить указания от заведующего кафедрой указания по практике, изучить учебно-методическую документацию по проведению практики, ознакомиться с содержанием и особенностями заключенного с предприятием договора на практику;



- за 15-20 дней до начала практики встретиться на предприятии с начальником отдела кадров на предмет оформления необходимой предварительной информации и сведений о каждом студенте;
- получить в университете программы и дневники на практику. Дневники оформить за три недели до начала практики. Проконтролировать оформление допуска студентов на режимное предприятие;
- провести организационное собрание с группой студентов, на котором: собрать все сведения и характеристики на каждого студента; информировать о сроках проведения, особенностях оформления и прохождения практики на данном предприятии; выдать студентам дневники, дать рекомендации по их заполнению, составлению технического отчета по практике; установить число и время прибытия на предприятие; напомнить, какие документы должны иметь при себе студенты (справка о допуске, паспорт, студенческий билет, трудовая книжка);
- получить в университете бланки документов для оформления оплаты лекций и экскурсий, проводимых представителем предприятия во время практики;
- прибыть на предприятие за 5-10 дней до начала практики с подготовленными краткими характеристиками на каждого студента, подписанными и заверенными деканом факультета информационных технологий и заведующим кафедрой «Автоматическое управление» и принять участие в распределении студентов по отделам, назначении руководителей практики от предприятия, подготовке приказа на практику и другой требуемой документации;
- совместно с руководством предприятия (начальником отдела кадров, зам. главного инженера) окончательно согласовать план проведения лекций, теоретических занятий и экскурсий во время практики, порядок документального оформления.

### **Во время пребывания на предприятии:**

- познакомиться с руководителем практики от предприятия, согласовать с ними сетевой график прохождения практики и индивидуальное задание для каждого студента;
- согласовать с общественными организациями предприятия мероприятия по выполнению студентами-практикантами программы общественно-политической практики (ОПП);
- встретить студентов, прибывших на практику и оказать им помощь в получении пропусков, инструктажа по технике безопасности и охране труда, электро и пожаробезопасности;
- выдать руководителям по практике от предприятия и студентам программу практики;
- систематически контролировать качество выполнения графика прохождения практики, участвовать в организации теоретических занятий, экскурсий, бесед и других мероприятий, помогать студентам в

выполнении программы по ОПП, в рационализаторской и изобретательной работе, а также в сборе материалов для студенческого бюро кафедры;

- оказывать научно-техническую помощь предприятию путем личного выступления с лекциями, докладами и беседами по научным вопросам, участия в решении технических вопросов производства, а также привлекать к этой работе студентов;
- оказать помощь в подготовке и сдаче студентами экзамена по технике безопасности и охране труда (на конструкторско-технологической практике);
- систематически информировать кафедру о ходе прохождения практики, о всех случаях травматизма и грубого нарушения дисциплины студентами немедленно сообщать ректору и заведующему кафедрой.

#### **На заключительном этапе проведения практики:**

- проверить и подписать дневники и технические отчеты, организовать прием зачета;
- проверить обязательную сдачу каждым студентом пропусков, литературы и имущества предприятия;
- организовать убытие студентов с предприятия в установленные учебным планом срок.

#### **По окончании практики**

- представить письменный отчет о результатах проведения практики на кафедру.

### **6. Обязанности руководителя практики от предприятия**

Руководитель практики от предприятия обязан:

- доброжелательно встретить своего студента, обеспечить рабочим местом, инструментом и другими принадлежностями; провести беседу по технике безопасности и охране труда в секторе;
- познакомиться с методическими указаниями по практике, планом экскурсий, лекций и бесед (см. приложение 1), требованиями по заполнению дневников практики, составлению технического осмотра;
- составить сетевой график прохождения практики студентом в течение первых двух-трех недель и согласовать его с руководителем практики от института;
- строго контролировать выполнение поставленных перед студентами задач, оказывать им необходимую консультацию и помощь в приобретении производственных и инженерных навыков;
- строго контролировать соблюдение студентом распорядка рабочего дня. В требуемых случаях (прогулы, опоздания, нерадивое отношение к работе и др.) провести воспитательную беседу;
- при неявках на работу требовать от студентов оправдательные документы и доводить об этом до сведения руководителя практики от кафедры;

- привлекать студентов к общественно-политической, спортивно-массовой, профсоюзной работе, помогать в организации и проведении теоретических занятий, технической учебы, экскурсий, лекций и бесед;
- систематически информировать руководителя от института и свое руководство о ходе прохождения студентом практики. О всех случаях травматизма и грубого нарушения дисциплины студентами немедленно сообщать руководителю практики, заведующему кафедрой или ректору университета.

На заключительном этапе проведения практики руководитель от предприятия обязан:

- проверить и подписать дневники и отчеты;
- при составлении окончательного технического отчета студентам помочь ему в комплектовании материалов для отчета, размножения чертежей, выборе и внесении в отчет информации, возможных для свободного пользования схем, выполненных или разработанных студентом самостоятельно, проверить полноту и качество выполнения индивидуального задания;
- дать объективную характеристику студенту как будущему инженеру или специалисту;
- выставить предварительную оценку результатов прохождения студентом практики;
- принять участие в принятии зачета с правом решающего голоса в общей оценке работы студента, высказать свои пожелания, замечания о достоинствах, упущениях и недостатках в организации и проведении практики;
- принять участие в заключительном общем собрании при подведении итогов практики.

К сведению руководства отделов и руководителей практики от предприятия.

Во время прохождения студентами различных видов практик категорически запрещается:

а) освободить студентов от практики по их просьбе, изменять или переносить сроки прохождения практики в связи с личными мотивами без согласования с руководителем практики от университета и заведующим кафедрой;

б) посылать студентов не сельскохозяйственные и другие виды работ на срок более одного-двух недель, поскольку практика является наиболее важной разновидностью учебного процесса и обязательна для неуклонного и полного выполнения студентом в соответствии с запланированным объемом работ с целью качественной подготовки будущего специалиста.

## **Литература**

1. Столяров А., Столярова Е. Вы купили компьютер. - М.: Вербо, 1995. - 136 с.
2. Мальков В.Т., Кветный Р.Н. Вычислительные методы и применение ЭВМ: Учебн. пособие. - Киев: Вища школа, 1989. - 213 с.
3. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: Практ. руководство. - М.: мир, 1982. - 238 с.
4. Тищенко И.М. Введение в проектирование СУ. - М.: Энергоиздат, 1986. - 248 с.