

32-22

**ОСНОВЫ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
MICROSOFT EXCEL**

**Лабораторный практикум**

**Санкт-Петербург  
2009**

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

«Санкт-Петербургский государственный технологический  
университет растительных полимеров»

---

Кафедра информационно - измерительных технологий  
и систем управления

**ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
MICROSOFT EXCEL**

Лабораторный практикум

Санкт-Петербург  
2009

Основы информационных технологий. Microsoft Excel: лабораторный практикум/ сост. А.В.Черникова; ГОУВПО СПбГТУРП.- СПб., 2009. – 54 с.: ил.22.

Настоящий практикум предназначен для лабораторных работ по курсу «Основы информационных технологий» для студентов всех форм обучения по направлению «Автоматизация и управление» и посвящен вопросам применения табличного редактора Microsoft Excel для решения ряда прикладных задач, с которыми студент сталкивается в процессе обучения.

Подготовлен и рекомендован к печати кафедрой информационно-измерительных технологий и систем управления ГОУ ВПО СПбГТУРП (протокол №2 от 24.09.2009).

Утвержден к изданию учебно-методической комиссией факультета автоматизированных систем управления технологическими процессами ГОУ ВПО СПбГТУРП (протокол №1 от 28.09.2009).

Рецензент:

заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и электротехники Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, д-р техн.наук, профессор Кулик В.Д.

Редактор и корректор Т.А.Смирнова  
Техн. редактор Л.Я.Титова

Темплан 2009 г, поз. 112

Подп. к печати 28.10.09. Формат 60 x 84 / 16. Бумага тип. № 1. Печать офсетная.  
Печ.л. 3,5. Уч.- изд. л. 3,5. Тираж 100 экз. Изд. № 112. Цена «С». Заказ 2199.

Ризограф ГОУВПО Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров  
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4

© ГОУВПО Санкт-Петербургский  
государственный технологический университет  
растительных полимеров, 2009

Microsoft Excel – программа для работы с электронными таблицами, созданная корпорацией Microsoft для Microsoft Windows. Она представляет возможности расчетов, графические инструменты и язык программирования VBA (Visual Basic для приложений). Фактически это самый популярный табличный процессор, доступный на этих платформах, и является таковым с версии 5 от 1993 года, входя в состав Microsoft Office. На сегодняшний день Microsoft Excel является одним из наиболее популярных приложений в мире.

В сравнении с первыми табличными процессорами Excel представляет множество новых функций пользовательского интерфейса, но суть остается прежней: как и в программе-родоначальнице VisiCalc ячейки расставляются в строки и столбцы и могут содержать данные или формулы с относительными или абсолютными ссылками на другие клетки.

Excel был первым табличным процессором, позволявшим пользователю менять внешний вид таблицы (шрифты, символы и внешний вид ячеек). Он также первым представил метод умного пересчета ячеек, когда обновляются только те ячейки, которые зависят от измененных ячеек (раньше табличные процессоры либо постоянно пересчитывали все ячейки или ждали команды пользователя).

Будучи впервые объединенными в Microsoft Office в 1993 году, Microsoft Word и Microsoft PowerPoint получили новый графический интерфейс для соответствия Excel - главного стимула модернизации персональных компьютеров в то время.

Начиная с 1993 года, в состав Excel входит Visual Basic для приложений VBA, язык программирования, основанный на Visual Basic, позволяющий автоматизировать задачи Excel. VBA является мощным дополнением к приложению, которое в более поздних версиях стало включать полную интегрированную среду разработки. Можно создать VBA – код, повторяющий действия пользователя, позволяя тем самым автоматизировать простые задачи. Более поздние версии позволяют использовать основы объектно-ориентированного программирования.

Версии Microsoft Excel для Windows:

1988 – Excel 2.0 для Windows

1990 – Excel 3.0

1992 – Excel 4.0

1993 – Excel 5.0

1995 – Excel 7 для Windows 95 (включен в пакет Microsoft Office 95)

1997 – Excel 97 (включен в пакет Microsoft Office 97)

1999 – Excel 2000 (9) (включен в пакет Microsoft Office 2000)

2001 – Excel 2002 (10) (включен в пакет Microsoft Office XP)

2003 – Excel 2003 (11) (включен в пакет Microsoft Office 2003)

2007 – Excel 2007 (12) (включен в пакет Microsoft Office 2007)

Настоящий лабораторный практикум предназначен для студентов, имеющих навыки пользователя и общие представления о работе в Microsoft Excel.

Первая часть содержит 6 лабораторных работ, посвященных основным приемам обработки информации в Excel: ввод и редактирование данных, форматирование, работа с формулами и функциями, поиск и замена данных, сортировка и фильтрация данных, построение диаграмм и графиков, оформление страниц и печать документов. Для проверки степени овладения основными приемами работы с электронными таблицами может быть использован вариант зачетного задания.

Во второй части практикума представлены 5 лабораторных работ, посвященных вопросам применения Excel при решении ряда прикладных задач: статистической обработки данных, линейной оптимизации, идентификации.

Перед проведением лабораторных работ предполагаются лекционные занятия, где подробно излагается теоретический материал.

## ПОНЯТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТАБЛИЦЫ

Таблица – это совокупность данных, которые систематизированы и разнесены по графам (по строкам и столбцам). Элемент таблицы, находящийся на пересечении строки и столбца, называется ячейкой.

Основное достоинство электронных таблиц заключается в простоте использования средств обработки данных. Работа с электронными таблицами, не требуя от пользователя специальной подготовки, предоставляет средства анализа данных и создания формул расчета.

В таблицы можно вводить информацию любого типа: текст, числа, дату и время, формулы, рисунки, диаграммы и т.д. С данными можно производить операции при помощи специальных функций.

Чтобы запустить Excel, следует зайти в меню **Пуск**, в подменю **Все программы**, открыть программную группу **Microsoft Office**, а затем выбрать пункт **Microsoft Office Excel** (или через двойной щелчок мыши по иконке на рабочем столе).

При запуске редактор Excel создает так называемую *Книгу*, которая содержит несколько *Листов*, что позволяет удобно организовать данные. Так, в одной книге можно, например, разместить набор документов, относящихся к одному проекту. Каждый лист представляет собой таблицу, состоящую из строк и столбцов, на пересечении которых расположены ячейки, непосредственно хранящие информацию.

Вид экрана после запуска представлен на рис.1. В верхней части окна располагается *строка заголовка*, которая содержит имя рабочей книги (автоматически Excel открывает пустую книгу с названием Книга 1).

Если ячейка активная, то она выделяется в таблице рамочкой, при этом в *поле имени* отображается имя активной ячейки. То же происходит, если в качестве активной выступает не одна, а несколько ячеек.



Рис.1. Экран Excel

В строке формул отображается вся информация, содержащаяся в активной ячейке. Кроме того, строка формул используется для работы с функциями и стандартными формулами.

Все ячейки таблицы имеют двойной адрес, так как находятся на пересечении строки и столбца. Как правило, строки нумеруются цифрами, а столбцы обозначаются латинскими буквами.

Листы, из которых состоит рабочая книга, имеют *ярлычки*, расположенные в нижней части экрана. С помощью *кнопок прокрутки ярлычков* удобно двигаться по листам книги.

Кроме операций над собственными данными, Excel позволяет выполнять импорт данных из других приложений и источников (из баз данных, текстовых файлов и др.)

Вводимая информация может быть обработана с помощью таких средств, как:

- форматирование данных, в том числе с использованием различных тем и стилей, а также условного форматирования;
- различных вычислений, с использованием мощного аппарата функций и формул;
- получения выборки данных, удовлетворяющих определенным критериям посредством сортировки и фильтрации;
- автоматического расчета промежуточных и общих итогов;
- группировки данных, чтобы затем при необходимости эти данные можно было свернуть или развернуть;
- создания сводных таблиц, которые упрощают представление сложных данных;
- построения графиков и диаграмм;
- использования наборов потенциально готовых результатов, которые при работе с документами значительно упрощают работу пользователя.

### ФУНКЦИИ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В EXCEL

В Microsoft Excel имеется возможность автоматически проводить наиболее часто встречающиеся расчеты для выделенного диапазона данных (среднее значение, количество значений, количество чисел, максимум, минимум, сумму).

В процессе вычислений в Microsoft Excel используются различные формулы, причем в качестве аргумента могут выступать константа, ссылка на ячейку или имя диапазона ячеек. В Excel существует множество специальных функций, в которые эти формулы уже встроены. Значения, к которым должна применяться функция, задаются в качестве аргументов функций:

= ИМЯ ФУНКЦИИ (Аргументы)

Список всех функций в Excel можно найти в окне **Мастер функций**, воспользовавшись командой **Вставка/ Функция** или соответствующей кнопкой на панели инструментов 

На рис.2 представлен вид экрана при открытии окна Мастер функций.

При задании в качестве аргумента диапазона ячеек можно передвинуть окно Мастера функций (если оно мешает выделению) и выделить мышью нужный диапазон.

В Excel принято различать математические, финансовые, логические, статистические, текстовые функции, функции даты и времени, функции работы с базами данных.

Наиболее часто используемые функции представлены в табл. 1

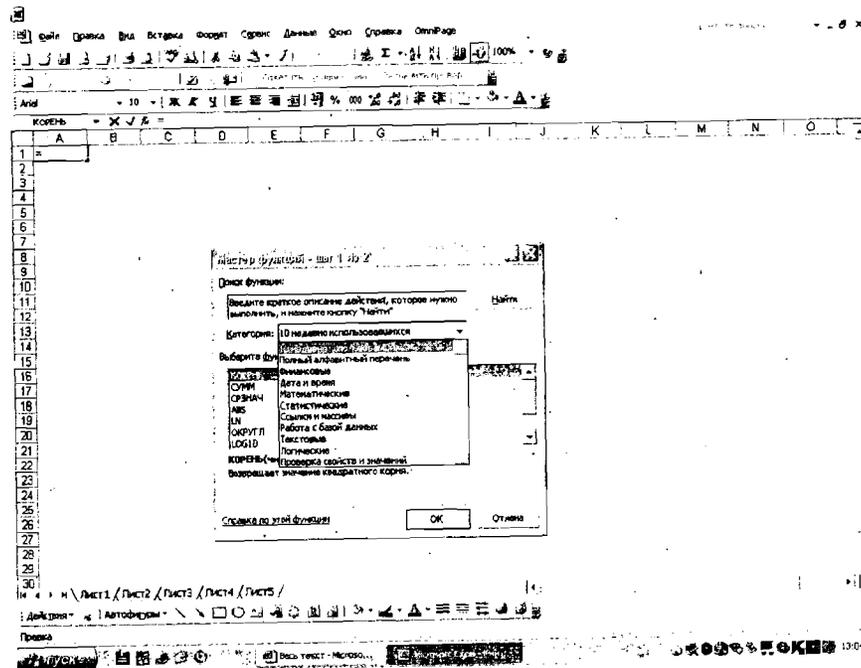


Рис.2. Вид рабочей книги при активизации Мастера функций

Таблица 1

Тип функции	Функция	Описание
Математические	<i>COS(число)</i>	Возвращает косинус угла
	<i>SIN(число)</i>	Возвращает синус угла
	<i>КОРЕНЬ(число)</i>	Возвращает значение квадратного корня
	<i>ОКРУГЛ(число; число_разрядов)</i>	Округление числа до нужного разряда <i>число_разрядов</i> – цифра, показывающая до какого разряда следует округлять, например, 0 – до единиц, 1 – до десятых долей, 2 – до сотых долей, -1 – до десятков.
	<i>СУММ(число1; число2; ...)</i>	Суммирует аргументы
	<i>ПРОИЗВЕД(число1; число2; ...)</i>	Возвращает произведение аргументов

Окончание табл.1

Тип функции	Функция	Описание
Математические	<i>ОКРУГЛ(число; число_разрядов)</i>	Округление числа до нужного разряда <i>число_разрядов</i> – цифра, показывающая до какого разряда следует округлять, например, 0 – до единиц, 1 – до десятых долей, 2 – до сотых долей, -1 – до десятков.
	<i>LOG(число;основание)</i>	Возвращает логарифм числа по заданному основанию
	<i>LOG10(число)</i>	Возвращает десятичный логарифм числа
Логическая	<i>ЕСЛИ(логич_выражение; значение_если_истина; значение_если_ложь)</i>	Логическое ветвление <i>логич_выражение</i> – любое значение или выражение, принимающее значение ИСТИНА или ЛОЖЬ; <i>значение_если_истина</i> – значение, которое возвращается, если <i>логич_выражение</i> равно ИСТИНА; <i>значение_если_ложь</i> – значение, которое возвращается, если <i>логич_выражение</i> равно ЛОЖЬ.
Дата и время	<i>СЕГОДНЯ()</i>	Возвращает текущую дату в формате даты

## КОДЫ ОШИБОК И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ

Всякий раз, когда формула не может вернуть результат, в ячейку выводится код ошибки.

В табл.2 приведен перечень кодов ошибок.

Таблица 2

Код ошибки	Возможные причины
#####	Столбец недостаточно широк, чтобы отобразить все число, или были использованы дата и время с отрицательными значениями

Окончание табл.2

Код ошибки	Возможные причины
# ДЕЛ/0!	В формуле делается попытка деления на ноль
# ИМЯ?	Не распознано имя, используемое в формуле
# ПУСТО!	Было задано пересечение двух областей, которые не имеют общих ячеек
# ЗНАЧ!	Аргумент или операнд имеют недопустимый тип
# Н/Д	Нет доступного значения. Обычно такое значение ошибки непосредственно вводится в те ячейки рабочего листа, которые впоследствии будут содержать данные, отсутствующие в настоящий момент. Формулы, ссылающиеся на такие ячейки, также возвращают # Н/Д вместо вычисленного значения
# ЧИСЛО!	При операциях с числами неверно указан аргумент либо невозможно посчитать результат
# ССЫЛКА!	Формула неправильно ссылается на ячейку

## ЧАСТЬ I

### Лабораторная работа №1

#### ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ С Microsoft Excel

Выполнить предлагаемые задания, используя при необходимости советы, данные в скобках.

1. Создать новую рабочую книгу Задание 1 (воспользоваться командой **Файл/Создать**).

2. Включить панель инструментов **Рецензирование** (воспользоваться командой **Вид/ Панели инструментов / Рецензирование**).

3. Включить строку формул (выбрать команду **Вид/ Строка формул**).

4. Установить следующие параметры для своей рабочей книги:

➤ 4 листа в книге (воспользоваться командой **Сервис/ Параметры / вкладка Общие**, в поле **Листов в новой книге** установить счетчиком или вручную число 4);

➤ запоминать 7 файлов, с которыми работали в последнее время (воспользоваться командой **Сервис/ Параметры / вкладка Общие**, установить флажок **Помнить список файлов, до**, а затем установить счетчиком или вручную число 7);

➤ красный цвет сетки ячеек рабочего листа (выбрать команду **Сервис/ Параметры / вкладка Вид**, в области **Параметры окна** выбрать **Цвет линий сетки – красный**);

➤ переход к другой ячейке после ввода должен осуществляться вправо (воспользоваться командой **Сервис/ Параметры / вкладка Правка**, в области **Параметры** установить флажок **Переход к другой ячейке после ввода, в направлении**, далее из выпадающего списка выбрать **Вправо**);

➤ строки должны нумероваться цифрами, а столбцы – латинскими буквами (воспользоваться командой **Сервис/ Параметры/ Общие**, в области **Параметры** убрать флажок **Стиль ссылок R1C1**).

5. Переименовать листы в рабочей книге римскими цифрами (I, II, III, IV) и установить разный цвет ярлычков листа (воспользоваться контекстным меню для каждого листа, выбрав из него команду **Переименовать** и **Цвет ярлычка**).

6. На первом листе расположить следующую таблицу:

№ п/п	Фамилия И.О.	Факультет	Курс	Группа	Дата зачисления	Средний балл
1	Федоров И.Л.	АСУ	3	531	01.09.06	4,76
2	Нестеров Р.В.	МАП	3	234	15.08.06	4,8
3	Петрова Н.П.	Э и У	4	344	01.09.05	4,75
4	Гончар И.В.	Э и У	4	341	31.08.05	4,65
5	Ершова И.Д.	ХТФ	3	135	20.08.06	4,85
6	Крот Н.О.	ИЭ	4	842	25.08.05	4,8
7	Заяц Е.Е.	ТЭ	4	442	20.08.05	4,7

**Задать следующие параметры таблицы:**

➤ шрифт Times New Roman – 14;

➤ заголовок таблицы – полужирным;

➤ формат ячеек столбца Дата зачисления – Дата **\*\*.\*\*.\*\*, (выбрать команду **Формат /Ячейки/ Число/ Дата** и далее в правой части окна мышкой выделить нужный тип), то же можно сделать через контекстное меню;**

➤ формат ячеек столбца Средний балл – Общий (выбрать команду **Формат /Ячейки/ Число/ Общий**);

➤ линии сетки – сплошные

7. Выполнить имитацию печати рабочего листа, на котором располагается таблица в **книжном формате** (выбрать команду **Файл/ Предварительный просмотр**, в области **Страница** установить флажок **Книжная**).

Проверить, помещается ли вся таблица на выбранной странице!

Если нет, то необходимо изменить параметры таблицы следующим образом.

➤ для ячеек **№ п/п**, **Дата зачисления**, **Средний балл** установить фор-

мат **Переносить по словам** (выделив указанные ячейки, воспользоваться командой **Формат/ Ячейки /Выравнивание**, установить флажок **Переносить по словам**), уменьшить с помощью мыши ширину столбцов **№ п/п, Дата зачисления, Средний балл**;

- заголовок таблицы отформатировать горизонтально и вертикально по центру ячеек (воспользоваться командой **Формат/ Ячейки /Выравнивание/по горизонтали** (или **по вертикали**) далее из выпадающего списка выбрать **по центру**);
- столбец фамилий отформатировать горизонтально – по левому краю (отступ) и вертикально – по нижнему краю;
- все остальные ячейки отформатировать горизонтально – по центру и вертикально – по нижнему краю.

Изменить формат ячеек столбца **Дата зачисления** – вместо формата **\*\*.\*\*.\*.\*** выбрать формат **14 мар 01**.

Еще раз выполнить имитацию печати рабочего листа в книжном формате, предварительно проверив, помещается ли вся таблица на выбранной странице.

8. Скопировать таблицу на второй лист.

При этом следует проверить два варианта копирования. Первый, когда мышкой выделяется копируемая таблица и после выполнения операций **Копировать - Вставить** на новом листе появляется таблица, имеющая то же содержимое, но не отформатированная. Второй вариант позволяет полностью скопировать таблицу, однако он не применим для копирования части листа. Для этого следует на листе, который мы хотим скопировать, установить курсор в ячейку без имени, которая находится в левом верхнем углу (на пересечении строки с именами ячеек и столбца с номерами строк) и щелкнуть левой клавишей мышки. При этом весь лист изменит цвет. Далее следует действовать как при обычном копировании.

9. Защитить новый лист паролем (воспользоваться командой **Сервис/ Защи-**

**та/ Защитить лист**).

10. На третьем листе создать таблицу, приведенную ниже. Перед заполнением таблицы необходимо задать формат ячеек:

- для столбцов **Цена** и **Стоимость** выбрать формат **Денежный** (выбрать команду **Формат /Ячейки/ Число/ Денежный** и далее в правой части окна мышкой выделить нужный тип), то же можно сделать через контекстное меню;
- для столбца **Проценты** выбрать формат **Процентный** в виде десятичной дроби с двумя знаками после запятой (выбрать команду **Формат /Ячейки/ Число/ Процентный** и далее в правой части окна мышкой выделить нужный тип), то же можно сделать через контекстное меню.

Артикул	Цена	Количество	Стоимость	Процент
Ручка	150,00р.	4	600,00р.	1,68 %
Ластик	90,00р.	5	450,00р.	1,26 %
Маркер	200,00р.	2	400,00р.	1,12 %
Карандаш	120,00р.	7	840,00р.	2,36 %
Бумага	1450,00р.	23	33350,00р.	93,58 %
<b>ИТОГО</b>	-	41	35640,00р.	-

Задать следующие параметры таблицы:

- шрифт **Times New Roman** – 14,
- заголовок таблицы – полужирным,
- линии сетки – сплошные.

11. Вставить столбец **№п/п** в начало таблицы и проставить в него цифры. Отформатировать данный столбец в общем стиле таблицы. Объединить ячейки **A7** и **B7** (выделить эти ячейки мышкой, затем выполнить команду **Формат/ Ячейки/ Выравнивание** и установить флажок **Объединить ячейки**), то же самое можно сделать при помощи контекстного меню или выбрав в строке **Панели инструментов/ Форматирование** нужную кнопку.

12. Выполнить имитацию печати рабочего листа, на котором располагается

таблица в альбомном формате.

13. Сохранить рабочую книгу под именем Задание 1 в папке со своей фамилией на выделенном для работы диске.

14. Показать выполненную работу преподавателю.

### Лабораторная работа №2

## АБСОЛЮТНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ЯЧЕЙКИ, СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИИ В Microsoft Excel

Выполнить предлагаемые задания, используя при необходимости советы, данные в скобках.

1. Создать новую рабочую книгу Задание 2.
2. Включить панель инструментов **Форматирование** (воспользоваться командой **Вид/ Панели инструментов / Форматирование**).
3. Включить строку формул (выбрать команду **Вид/ Строка формул**).
4. Переименовать листы в рабочей книге (лист 1 – накладная, лист 2 – ведомость, лист 3 – перечень)
5. На первом листе расположить следующую таблицу:

Модель	Цена (руб.)	Продано (шт.)	Доход (руб.)	Доход (евро)
Panasonic TX-R32LM70	25 848,00р.	2		
Panasonic TX-R32LX70	33 084,00р.	3		
Panasonic TX-R32LM700	44 604,00р.	1		
Philips 20PF4121	10 980,00р.	4		
Philips 20PF5120	16 812,00р.	5		
Philips 20PF5121	11 376,00р.	1		
ИТОГО				
Курс евро	45,30р.			

Обратите внимание на оформление границ ячеек таблицы и объединение ячеек для создания графы ИТОГО.

Перед заполнением таблицы необходимо задать формат ячеек:

- для столбцов Цена (руб.) и Доход (руб.) – Денежный (выбрать ко-

ду **Формат /Ячейки/ Число/ Денежный** и далее в правой части окна мышкой выделить нужный тип), то же можно сделать через контекстное меню;

- для столбца Доход (евро) – Финансовый (выбрать команду **Формат /Ячейки/ Число/ Финансовый** и далее в правой части окна мышкой выбрать нужное название валюты и формат).

6. Рассчитать доход от продажи товаров по формуле:

$$\text{Доход} = \text{Цена} \cdot \text{Количество проданного товара}$$

Для этого нужно:

- сделать активной нужную ячейку, в данном случае это ячейка D2 на пересечении строки с названием модели и столбца Цена;
- поместить курсор в строку формул;
- ввести в нее формулу = B2\*C2;
- нажать клавишу <Enter> (в ячейке D2 должно появиться число 51696);
- скопировать данную ячейку в ячейки этого столбца для других моделей (сделать активной ячейку D2, выбрать через контекстное меню команду **Копировать**, выделить мышкой те ячейки, куда необходимо выполнить копирование и через контекстное меню выбрать команду **Вставить**).

7. Рассчитать доход от продажи товаров в евро, используя данные о курсе валюты, как частное от деления дохода в рублях на курс евро.

Обратить внимание, что в этом случае нужно вводить формулу для расчета 6 раз, копировать ее нельзя, так как в этом случае получается ошибка.

8. Рассчитать итоговые значения доходов в рублях и евро как сумму содержимого ячеек соответствующих столбцов (сделать активной нужную ячейку, в данном случае это ячейка D8, поместить курсор в строку формул, затем ввести в нее формулу = D2+D3+D4+D5+D6+D7 и нажать клавишу <Enter> - в ячейке D8 должно появиться число 334 908).

9. На листе 2 расположить следующую таблицу:

### ВЕДОМОСТЬ РАБОТЫ СЕТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ КЛУБОВ

Клуб	Январь	Февраль	Март	Суммарная выручка	Средняя выручка	Процент
Альтаир	345	543,9	423,9			
Грувит	655,7	234	982,4			
Полигон	765,2	1007,5	873,1			
Гелакс	123,5	134	487,7			
Звезда	879	985,9	980,3			
Хексен	348	591,2	678			
Антей	967	634	1009,4			
Арсенал	1009,5	793,2	897,9			
Арена	434	934	567			
Блиндаж	835,8	879	934			
<b>ИТОГО</b>						

10. Вычислить содержимое ячеек «Суммарная выручка» как сумму выручки за январь, февраль и март. Для этого можно воспользоваться функцией СУММ (сделать активной нужную ячейку, в данном случае это ячейка D3, поместить курсор в строку формул, затем ввести в нее формулу = СУММ(B3:D3) и нажать клавишу <Enter> - в ячейке D3 должно появиться число 1312,8).

11. Вычислить содержимое ячеек «Итого» за каждый месяц и суммарную выручку как сумму ячеек соответствующего столбца.

12. Вычислить содержимое ячеек «Средняя выручка» как среднее значение выручки за январь, февраль и март. Для этого можно воспользоваться функцией СРЗНАЧ (сделать активной нужную ячейку, в данном случае это ячейка G3, поместить курсор в строку формул, затем ввести в нее формулу = СРЗНАЧ(B3:D3) и нажать клавишу <Enter> - в ячейке G3 должно появиться число 437,6).

13. Вычислить содержимое ячейки «Итого» для средней выручки как сумму ячеек соответствующего столбца.

14. Рассчитать процент средней выручки каждого клуба по отношению к итоговой средней выручке, **обязательно** воспользоваться ссылкой на абсолют-

ную ячейку и скопировать формулу.

Ссылка на ячейку при абсолютной адресации содержит номер строки и букву столбца, перед которыми стоит знак доллара, например, \$A\$1. Для удобства можно использовать следующий вариант задания абсолютного адреса в формуле: нужная ячейка выделяется с помощью мыши, при этом в строке формул появляется ее относительный адрес, например, A1, а затем нажимается клавиша F4, после чего в строке формул появляются знаки доллара, тем самым изменяя относительный адрес на абсолютный.

15. На листе 3 создать таблицу:

Колич. комнат	Адрес	Цена, тыс. руб.	Площадь (общая/ жилая)	Этаж	Телефон
1	ул. Самойловой	1500	28.6 - 16.4	5/7	да
1	ул. Л.Голстого	1500	32.5 - 24.0	1/5	нет
1	ул. Курчатова	1200	25.6 - 14.7	3/4	да
2	ул. Турку	2300	48.6 - 31.4	2/12	да
2	пр. Славы	2100	58.6 - 41.4	5/5	да
2	ул. Типанова	2700	42.9 - 31.6	4/5	нет
2	пр. Стачек	2500	45.6 - 31.0	3/7	да
3	ул. Тельмана	3100	60.6 - 45.3	1/9	нет
3	пр. Ленинский	3100	58.6 - 37.2	6/9	да

16. В ячейках столбца G сформировать объявления о продаже квартир, для этого сгруппировать имеющиеся данные по квартирам в формулу:

- в ячейку G1 ввести заголовок Объявления – Продажа квартир (шрифт Times New Roman – 14, полужирный);
- в ячейку G2 ввести **формулу** с использованием текстового оператора & и логической функции ЕСЛИ, которая позволяет получить объявление вида:

1комн.кв.по ул. Самойловой, 1500 тыс.руб. площадью 28.6 - 16.4 5/7этаж, телефон

- данную процедуру повторить для всех остальных строк.

17. Сохранить рабочую книгу под именем Задание 2 в папке со своей фамилией на выделенном для работы диске

18. Показать выполненную работу преподавателю.

### Лабораторная работа №3

## АБСОЛЮТНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ЯЧЕЙКИ, СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИИ В Microsoft Excel (продолжение)

1. Создать новую рабочую книгу Задание 3, переименовать листы в рабочей книге (лист 1 – квадратное уравнение, лист 2 – таблица квадратов, лист 3 – тригонометрические функции).
2. На листе 1 создать программу, позволяющую вычислять действительные корни квадратного уравнения  $x_1$  и  $x_2$  при произвольном задании коэффициентов уравнения  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Использовать стандартные функции КОРЕНЬ, ЕСЛИ и ссылки на абсолютные ячейки.

В случае, если дискриминант отрицательный, должно выводиться сообщение «Действительных корней нет!». Вариант оформления рабочего листа представлен на рис.3.

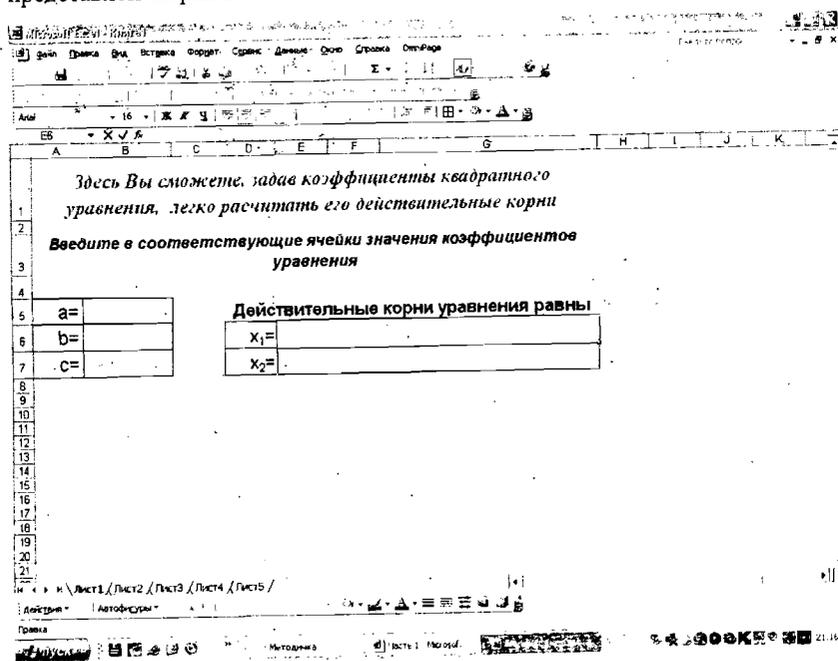


Рис. 3. Вариант оформления рабочего листа для задачи «Решение квадратного уравнения»

3. На листе 2 создать программу, позволяющую вычислять тригонометрические функции синус, косинус, тангенс и котангенс при произвольном задании угла  $\alpha$ . Использовать стандартные функции и ссылки на абсолютные ячейки.

В случае если значение аргумента является недопустимым для данной функции, должно выводиться сообщение «Функция при данном значении аргумента не существует!». Вариант оформления рабочего листа аналогичен представленному на рис.3.

### Лабораторная работа №4

## СОРТИРОВКА И ФИЛЬТРАЦИЯ ДАННЫХ, СВЯЗЬ РАБОЧИХ КНИГ ДРУГ С ДРУГОМ

1. Создать новую рабочую книгу Задание 4, переименовать листы в рабочей книге (лист 1 – рейтинг компьютерных клубов, лист 2 – объявления о продаже, лист 3 – список, лист 4 - библиотека).
2. Открыть лист 2 Задания 2.
3. Отсортировать данные по принципу 0-9 для суммарной выручки (выделить диапазон столбца Суммарная выручка для клубов, без ячейки Итого и ячейки заголовка, и воспользоваться командой Данные/ Сортировка, выбрать автоматическое расширение диапазона и сортировку по возрастанию для столбца Суммарная выручка).
4. Скопировать полученный список в новую рабочую книгу на лист Рейтинг компьютерных клубов.
5. Отменить сортировку для листа 2 Задания 2 (использовать кнопку отмены последнего действия).
6. Открыть лист 3 Задания 2.
7. Отсортировать все строки по принципу 0-9, используя приоритеты: 1 - количество комнат, 2 - цена, 3 - площадь.

7. Переместить содержимое столбца G в новую рабочую книгу на лист Объявления о продаже. Отформатировать ячейки с использованием различной цветовой гаммы и стилей таким образом, чтобы данные объявления имели рекламный характер.

8. На листе 3 расположить следующую таблицу:

Фамилия	Имя	Отчество
Васечкин	Иван	Олегович
Сидоров	Сидор	Сидорович
Петров	Петр	Анатольевич
Кузиков	Филипп	Александрович
Петров	Антон	Владимирович
Воронова	Ирина	Ивановна
Петров	Петр	Петрович
Загоруйко	Петр	Иванович
Смирнов	Михаил	Николаевич
Смирнова	Арина	Игнатьевна

9. Отсортировать данные по принципу А-Я (1 - фамилия, 2 - имя, 3 - отчество).

10. Выполнить операцию **Автофильтр** и задать ключевое слово «Петров».

11. Выполнить имитацию печати листа.

12. На листе 4 расположить следующую таблицу:

Список книг издательства "Книга Плюс"				
автор	название	аннотация	год издания	цена
Веллер М.	Легенды Невского проспекта	рассказы	2003	123,00р.
Перес-Реверте А.	День гнева	роман	2005	242,00р.
Гавальда А.	Утешительная партия игры в петанк	роман	2005	278,00р.
Рубина Д.	Последний кабан из лесов Понтеведра	рассказы	2002	115,00р.
Веллер М.	Мой город	рассказы	2005	88,50р.
Перес-Реверте А.	Учитель фехтования	роман	2005	261,00р.
Рубина Д.	На Верхней Масловке	повести	2004	125,00р.
Рубина Д.	Беседы о любви и смерти	рассказы	2007	163,80р.
Веллер М.	Легенды Арбата	повести	2009	267,00р.

13. Отсортировать данные, расположив их в удобном для использования виде.

14. Выполнить операцию **Автофильтр** и задать ключевые слова «Веллер М.», «рассказы», «2005».

15. Выполнить имитацию печати листа.

16. Сохранить рабочую книгу под именем Задание 4 в папке со своей фамилией на выделенном для работы диске.

17. Показать выполненную работу преподавателю.

### Лабораторная работа №5

#### ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ФУНКЦИЙ В Microsoft Excel

1. Создать рабочую книгу Задание 5.

2. Переименовать листы в рабочей книге (лист 1 – график 1, лист 2 – график 2, лист 3 – график 3).

3. На первом листе рассчитать значения и построить график функции

$$y = \frac{1 + x \cdot e^{-x}}{2 + x^2} \cdot \sin^2(x)$$

при изменении  $x$  от 0 до 2 с шагом 0,1.

Пример оформления листа рабочей книги с расчетом функции и графиком представлен на рис.4.

Порядок расчета и построения графика:

- используя маркер автозаполнения, задайте изменение аргумента функции  $x$  от 0 до 2 с шагом 0,1;

- рассчитайте значения функции  $y$  по формуле, используйте операцию

**Копирование;**

- выделив диапазон изменения функции  $Y(x)$ , выбрать в **Мастере диаграмм** вид диаграммы **График;**

- отформатировать и построить график;

- проверить, имеет ли полученный график вид, соответствующий значе-

ниям таблицы расчета: пересечение осей, равенности осей и т.п.;  
 - выделив диапазоны изменения аргумента  $x$  и функции  $Y(x)$ , выбрать в

**Мастере диаграмм** вид диаграммы *Точечная*;

- задать следующие параметры графика:
  - название – график функции;
  - подписи к осям –  $X$  и  $Y(X)$ ;
  - линии сетки по осям - установить флажки для основных линий;
  - убрать легенду;
- изменить цвет области построений диаграммы и цвет рядов данных.

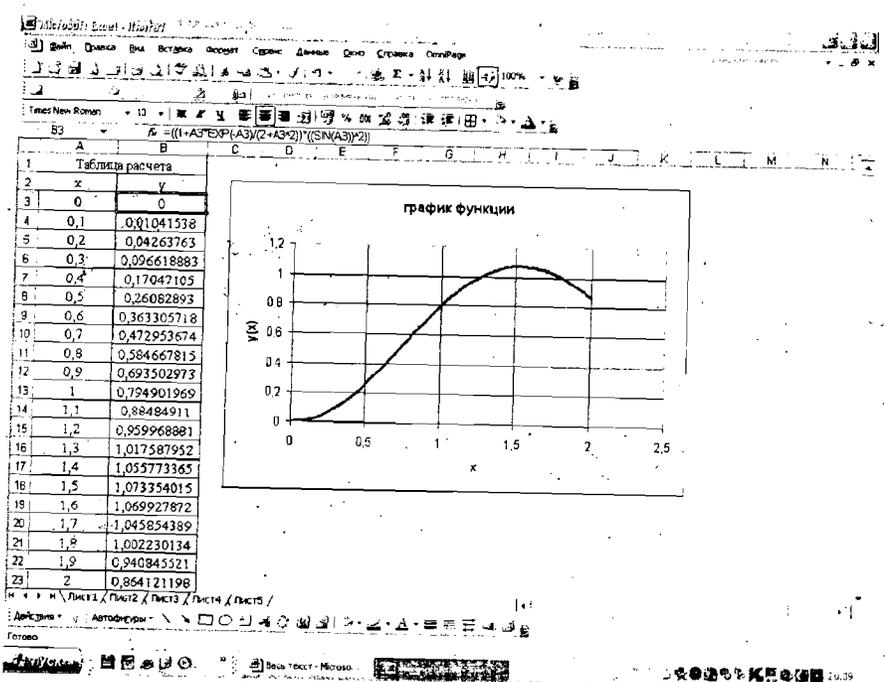


Рис.4. Вид рабочего листа при построении графика функции

1.  $V_0=0$  м/с,  $a=8$  м/с<sup>2</sup>
2.  $V_0=60$  м/с,  $a=0$  м/с<sup>2</sup>
3.  $V_0=90$  м/с,  $a=-15$  м/с<sup>2</sup>

Порядок расчета и построения графика:

- используя маркер автозаполнения, задайте изменение аргумента функции  $t$  от 0 до 10 с шагом 1;
- рассчитайте значения функции  $V$  для каждого тела по формуле, используйте операцию *Копирование*;
- выделив диапазоны изменения аргумента  $t$  и функции  $V(t)$ , выбрать в

**Мастере диаграмм** вид диаграммы *Точечная*;

- задать следующие параметры графика:
  - название – графики изменения скорости;
  - подписи к осям –  $t$ , сек и  $V(t)$ , м/с;
  - линии сетки по осям - установить флажки для основных линий;
  - добавить легенды к рядам данных (тело 1, тело 2, тело 3);
- изменить цвет области построений диаграммы и цвет рядов данных;
- проверить имеют ли физический смысл полученные графические зависимости и при необходимости изменить расчетные данные.

5. На листе 3 построить график функции

$$z = \begin{cases} 5x^2, & x \leq 0 \\ 1+x^2, & x > 0, \\ \sqrt{1+\frac{2x}{1+x^2}}, & x > 0, \end{cases}$$

изменяя  $x$  от -5 до +5 с удобным шагом.

Отформатируйте полученный график с учетом указаний, изложенных для графиков 1 и 2.

6. Сохранить работу под именем Задание 5 в своей папке.
7. Показать выполненную работу преподавателю.

4. На втором листе построить графики функций  $V(t) = V_0 + at$ , при изменении времени  $t$  от 0 до 10 [с] с шагом 1 с.

Исходные данные для 3 физических тел:

## Лабораторная работа №6

### ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ В Microsoft Excel

1. Создать рабочую книгу Задание 6.
2. Переименовать листы в рабочей книге (лист 1 – гистограмма 1, лист 2 – гистограмма 2, лист3 – поверхность, лист 4 – линейчатая).
3. По данным таблицы построить гистограмму «Численность населения в СССР, млн.чел.»

Год	Численность, млн.чел.
1900	76,4
1913	97,6
1929	122,2
1938	130,5
1950	150
1960	176
1970	200,5
1980	227
1990	247
2000	277

4. Отформатировать гистограмму, задав подписи для графика и названия осей. При желании изменить цвета фона и рядов данных. Выбрать трехмерный формат, диаграмму разместить на отдельном листе и под ней поместить таблицу данных.

5. По данным таблицы построить гистограмму:

Динамика добычи нефти крупнейшими российскими компаниями, млн.т

Компания	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Сургутнефтегаз	33	33,9	35,2	37,6	41	44	48	52
ЛУКОЙЛ	53	57,1	64,2	73,5	75	78,3	81,4	84,7
Татнефть	25	25,5	25,8	26,3	23,1	24,6	24,7	26
Сибнефть	19	18,2	17,3	16,3	17,2	20,7	26,8	31,5

6. Отформатировать гистограмму, задав подписи для графика и названия осей, размерности параметров, надписи легенды. При желании изменить цвета фона и рядов данных.

7. По предлагаемой зависимости построить поверхность:

$$z = (3x - 1)x^3 + 2 \sin^2 y,$$

где  $x$  и  $y$  изменяются в пределах  $[-1;1]$  с шагом  $0,25$ .

8. Отформатировать полученную поверхность в свободном стиле.

9. По данным таблицы построить линейчатую диаграмму:

Средняя температура	2007 год
Январь	- 9,5
Февраль	- 12,3
Март	- 3,4
Апрель	+ 2,5
Май	+ 12,6
Июнь	+ 18,4
Июль	+ 22,6
Август	+ 15,4
Сентябрь	+ 6,9
Октябрь	+5,0
Ноябрь	- 2,1
Декабрь	- 10,8

10. Отформатировать диаграмму, задав подписи для графика, названия осей, подписи данных. При желании изменить цвета фона и рядов данных.

### ВАРИАНТ ЗАЧЕТНОГО ЗАДАНИЯ

1. Сформировать основную и вспомогательную таблицы. Использовать для вычислений данные вспомогательной таблицы и ссылки на абсолютную ячейку:

№ п/п	Заказчик	Дата заказа	Тип рекламы	Кол-во заказов	Стоимость одного заказа	Сумма
1	КА "Квадрат"	15 дек.	Буклет	45		
2	ИП "Альтаир"	10 сент.	Листовка	30		
3	ИП "Пионер"	12 авг.	Буклет	150		
4	Интерсити	05 мая	Буклет	70		
5	СП "Кедр"	07 дек.	Плакат	25		

Тип рекламы	Стоимость заказа
Буклет	75
Листовка	25
Плакат	45

2. На листе 2 создать таблицу данных:

№ п/п	Фамилия И.О.	Должность	Тарифная ставка	Стаж	Коэф.	Надбавка за стаж	Итого
1	Вольская А.Д.	лаборант	5 670,00р.	15			
2	Ермаков Л.П.	инженер	8 010,00р.	7			
3	Заяц В.Д.	мл.н.сотруд.	7 700,00р.	11			
4	Иванова А.С.	лаборант	5 670,00р.	8			
5	Игнатович В.П.	ст.н.сотруд.	9 700,00р.	26			
6	Котов А.А.	инженер	8 010,00р.	32			
7	Михайлова Н.П.	инженер	8 010,00р.	21			
8	Никонова Е.И.	зав. лабораторией	12 200,00р.	16			
9	Степаненко А.В.	лаборант	5 670,00р.	4			
Всего начислено							

- Для столбца «Тарифная ставка» установить нужный формат ячеек. Рассчитать коэффициент для столбца «Коэффициент», исходя из условия: если стаж работы менее 10 лет, устанавливается коэффициент 1, иначе устанавливается коэффициент 2,5. Надбавка за стаж рассчитывается как произведение тарифной ставки на коэффициент за стаж. Данные столбца «Итого» рассчитываются как сумма ячеек «Тарифная ставка» и «Надбавка за стаж» соответствующей строки.

- Из данных таблицы сформировать список следующего формата:

1. Вольская А.Д., должн. – лаборант, з/пл – 22 185,00руб.

- Выполнить сортировку данных сначала по стажу работы, затем по заработной плате.

3. Построить график функции:

$$y = \begin{cases} 3x + \sqrt{1+x^2}, & x < 0 \\ \frac{1+x^3}{1+\sqrt{1+e^{-0,5x}}}, & x \geq 0 \end{cases}$$

- Задать первоначально изменение параметра  $x$  в диапазоне  $[-10;10]$  с шагом, равным 1.
- При необходимости изменить шаг изменения параметра  $x$ .
- Для графика задать название, подписи по осям и т.п. График разместить на отдельном листе.

4. Для исходных данных, представленных в таблице, выбрать удобный вид диаграммы и построить ее и отформатировать.

Страна	Доля мирового товарного экспорта в 2000 году
США	0,25
Великобритания	0,2
Китай	0,15
Россия	0,15
Япония	0,1
Германия	0,05
Франция	0,05
Италия	0,05

## ЧАСТЬ 2

### Лабораторная работа №7

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА

#### Методические указания

Автоматизированное управление технологическим процессом позволяет использовать вычислительный комплекс АСУ ТП для исследования технологического процесса, выбора и поддержания оптимального технологического режима в конкретной производственной ситуации.

Наличие математических моделей, адекватных технологическому процессу и заложенных в программы исследования технологических режимов, сводит к минимуму вмешательство оператора в производственный процесс, необходимое для выбора оптимальных условий работы оборудования.

Для расчета на ЭВМ широко применяются математические модели в виде уравнений регрессии, приближенно описывающие качественные зависимости между параметрами технологического режима и показателями, характеризующими эффективность процесса (качество продукции, производительность и др.).

Структура уравнения регрессии существенно зависит от метода расчета его коэффициентов. В качестве такого метода чаще всего выбирают метод наименьших квадратов (МНК), а уравнение регрессии задают степенным полиномом:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + \dots + b_{12}x_1x_2 + \dots, \quad (1)$$

где  $Y$  – какой-либо показатель технологического процесса;

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – параметры или, согласно технологии, факторы технологического режима;

$b_1, b_2, \dots, b_{11}, b_{22}, \dots$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Для повышения точности расчета коэффициентов модели, а также для упрощения обработки данных факторы  $x_i$  часто выражают в относительных единицах, применяя процедуру нормировки. В этом случае соотношение между факторами в относительных единицах и этими же факторами в натуральных единицах имеет вид

$$x_i^0 = \left( x_i^H - \frac{x_{i \max}^H + x_{i \min}^H}{2} \right) / \frac{x_{i \max}^H - x_{i \min}^H}{2}$$

где  $x_i^0, x_i^H$  – фактор в относительных и натуральных единицах;

$x_{i \max}^H, x_{i \min}^H$  – границы диапазона варьирования фактора  $x_i$ .

Исследование технологического процесса в настоящей лабораторной работе состоит в расчете и построении семейства кривых, отражающих количественное влияние факторов процесса на показатели его эффективности.

Семейства кривых выражают зависимость показателя  $Y$  от факторов  $X$ . На основании требований ГОСТ или технологического регламента с помощью построенных зависимостей определяется диапазон значений параметров, которые обеспечивают допустимое значение показателя  $Y$  или нескольких показателей одновременно.

Математические модели позволяют решить и более сложную задачу – выбора оптимального, т.е. лучшего в смысле некоторого заранее сформулированного критерия оптимальности, режима. В этом случае задача выбора оптимального режима должна быть сформулирована математически.

Математическая постановка задачи включает критерий оптимальности и систему дополнительных ограничений, которые записываются в следующем виде

$$\text{найти } \min \text{ (или } \max) \text{ функции } F(X) \\ \text{при ограничениях } G(X) \geq 0, i=1 \dots m, \quad (2)$$

где  $X$  – вектор параметров технологического режима;

$F(X)$  – критерий оптимальности, сформулированный на основании требований, предъявляемых к показателям качества технологического процесса;

$G(X)$  – ограничения на параметры технологического режима и показатели качества технологического процесса, знак ограничений может быть любой.

Расчет параметров  $X$ , доставляющих экстремум функции  $F(X)$ , осуществляется с помощью методов решения задач оптимизации, как правило, численных. В данной работе решение задачи оптимизации выполняется в электронных таблицах Excel с помощью программы Solver (Поиск решения), применение которой не требует знания численных методов оптимизации.

#### Пример

По экспериментальным данным исследования влияния режимов размола сульфатной целлюлозы (САЦ) на ее показатели механической прочности были построены уравнения регрессии для показателей сопротивления продавливанию ( $Y_1$ ) и разрушающего усилия при сжатии кольца ( $Y_2$ ).

Уравнения имеют вид

$$Y_1 = 1046 - 29X_1 - 86X_2^2 \\ Y_2 = 462 - 9X_1 + 48X_2, \quad (3)$$

где  $X_1$  – концентрация массы (в относительных единицах);

$X_2$  – величина ампер – нагрузки на двигатель мельницы (в относитель-

ных единицах).

Поскольку САЦ входит как основной компонент в композицию основного слоя картона для гладких слоев тарного гофрокартона, то, исходя из требований ГОСТ к готовому продукту, необходимо было установить, при каких режимах размола указанные показатели достигают максимальных значений в диапазоне параметров  $x_1^H \in [3,6;4,4;5,2]$ ,  $x_2^H \in [33;44;55]$ , что соответствует диапазону  $[-1;0;+1]$  этих параметров в относительных единицах.

Выполним расчет процесса по математической модели. Для этого один из параметров будем изменять в пределах варьирования, а для другого будем рассматривать фиксированное значение. Когда число рассчитанных зависимостей будет достаточным (не менее 2), построим семейство кривых, выражающих зависимость каждого показателя от факторов технологического процесса.

Задаваясь фиксированными значениями фактора  $X_2$ , получим зависимость показателей  $Y_1$  и  $Y_2$  от фактора  $X_1$ .

Создадим таблицу данных для расчета семейства кривых и построим рассчитанные зависимости (рис.5).

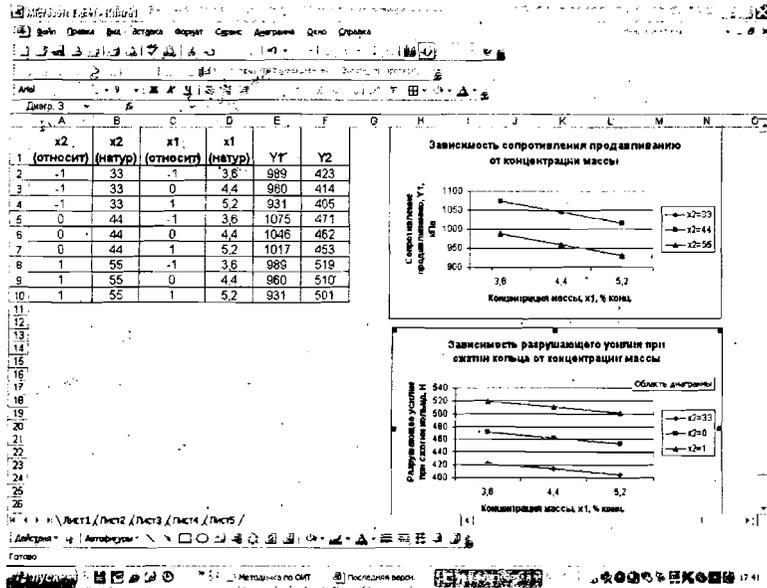


Рис.5. Вид экрана при построении зависимостей показателей  $Y_1$  и  $Y_2$  от фактора  $X_1$

Аналогично, задаваясь фиксированным значением фактора  $X_1$ , получим зависимость показателей  $Y_1$  и  $Y_2$  от фактора  $X_2$  (рис 6).

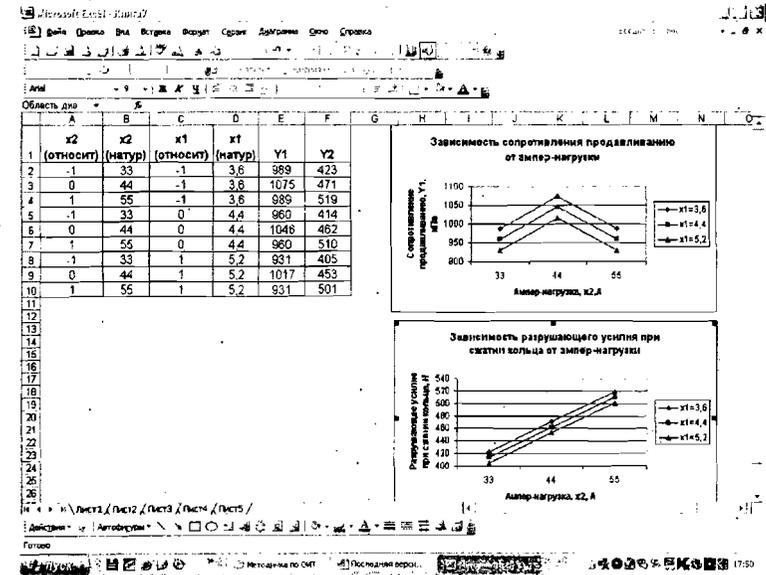


Рис.6. Вид экрана при построении зависимостей показателей  $Y_1$  и  $Y_2$  от фактора  $X_2$

Анализируя полученные зависимости, можно сделать вывод, что с увеличением концентрации массы показатели механической прочности несколько снижаются, увеличение ампер - нагрузки на двигатель мельницы положительно сказывается на показателе *Разрушающее усилие при сжатии кольца*, а сопротивление продавливанию вначале растет, достигает максимума, а затем снижается.

С целью обеспечения наилучших значений обоих показателей выбраны следующие диапазоны для концентрации массы 3,6 – 4,0 %, для ампер - нагрузки на двигатель мельницы 42 – 48 А.

Решим задачу оптимизации с помощью программы Поиск решения.

Основное требование – обеспечить максимально возможные значения показателей механической прочности, зададим с помощью функции цели:

$$F = \frac{Y_1}{Y_1^0} + \frac{Y_2}{Y_2^0}, \quad (4)$$

где  $Y_1^0$  - номинальное значение показателя *Сопротивление продавливанию*, равное для нашего примера 1000 кПа;

$Y_2^0$  - номинальное значение показателя *Разрушающее усилие при сжатии кольца*, равное для нашего примера 500 Н.

Отношение (4) позволяет привести показатели качества  $Y_1$  и  $Y_2$  к основным единицам, чтобы избежать суммирования в функции цели  $F$  величин,

имеющих разный физический смысл и различные единицы измерения.

Ограничения в задаче наложены на диапазон изменения параметров  $X_1$  и  $X_2$ , а также сформулировано требование, чтобы показатели  $Y_1$  и  $Y_2$  были не меньше номинальных значений.

Условия задачи, записанные на листе Excel, приведены на рис.7.

Условия задачи оптимизации		
Наименования	Обозначения параметров	Значения параметров
Концентрация массы, %	XН1	4,4
Ампер-нагрузка, А	XН2	44
Концентрация массы, отн. ед.	x1	0
Ампер-нагрузка, отн. ед.	x2	0
Сопротивление продавливанию, кПа	Y1	1046
Номинальное значение сопротивления продавливанию, кПа	Y1 номин.	1000
Разрешающее усилие при сжатии кольца, Н	Y2	462
Номинальное значение разрешающего усилия при сжатии кольца, Н	Y2 номин.	500
Критерий качества	F	1,97

Рис.7. Пример записи исходных данных задачи оптимизации

В главном меню из набора опций **Сервис** выберем пункт **Поиск решения**. Откроется окно, приведенное на рис.8. В окно вводятся адреса ячеек со значениями критерия оптимальности и параметров технологического процесса, а также ограничения на параметры и показатели.

Для ввода ограничений необходимо нажать кнопку **Добавить**, при этом окно **Поиск решения** закрывается и открывается дополнительное окно, приведенное на рис.9. В это окно вводятся адреса ячеек, содержащие выражения, на которые по условиям задачи требуется наложить ограничения. Для ввода каждого следующего ограничения нажимается кнопка **Добавить**. После ввода всех ограничений нажимается кнопка **ОК**, после чего снова появляется окно **Поиск решения**.

Рис.8. Окно «Поиск решения»

После возврата в окно **Поиск решения** нажимается кнопка **Выполнить** (см. рис.8) и вызывается программа решения задачи. Информация о результатах решения задачи выводится в окно, представленное на рис.10. Оптимальные значения параметров, полученные в результате решения задачи, выводятся на лист книги Excel вместо исходных данных (см. рис. 10).

Из таблицы следует, что максимально возможные значения показателей механической прочности сульфатной целлюлозы после размолы равны соответственно

$$Y_1=1043,6 \text{ кПа}, Y_2=500 \text{ Н}.$$

Эти значения достигаются при поддержании параметров технологического режима размолы сульфатной целлюлозы на уровне:

концентрация массы, поступающей на размол - на нижней границе допустимого диапазона, а именно 3,6 %;

величины присадки мельницы, выражаемой в единицах ампер-нагрузки на двигатель мельницы - вблизи верхней границы допустимого диапазона. А именно 50,7 А.

### Выводы

Если сопоставить полученные оптимальные значения с диапазоном параметров, выбранным по графикам, то окажется, что оптимальное решение

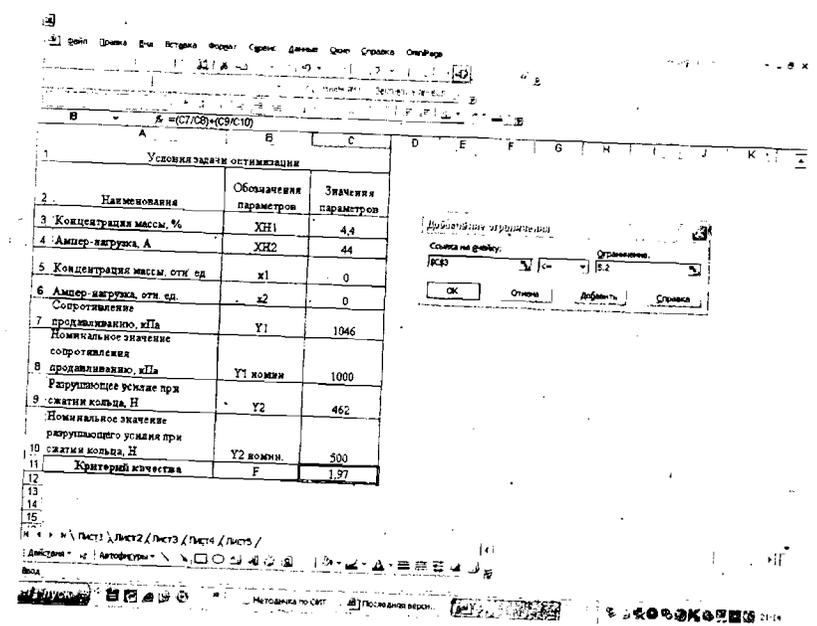


Рис.9. Окно для ввода ограничений, используемых в задаче оптимизации

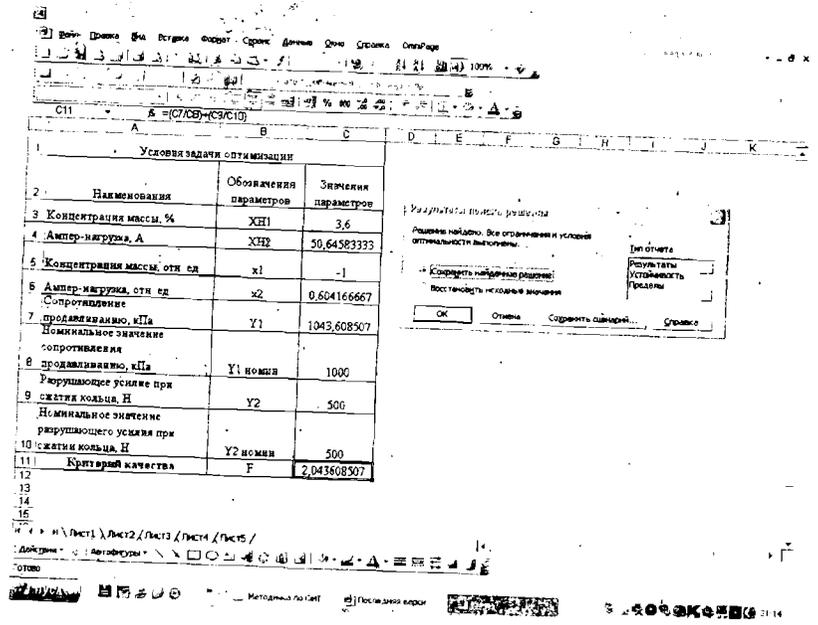


Рис.10. Результаты решения задачи оптимизации

дает иной результат, чем простой визуальный анализ графических зависимостей. Это объясняется тем, что параметры технологического режима размола сульфитной целлюлозы оказывают различное влияние на разные показатели механической прочности, и оператор процесса далеко не всегда может обеспечить требования, предъявляемые к этим показателям. Обоснованный результат достигается лишь путем решения задачи оптимального выбора технологического режима процесса.

**Задание**

- В качестве задания в настоящей работе студенту
- выдаются требования ГОСТ или технологического регламента, предъявляемые к показателям Y рассматриваемого технологического процесса;
  - математические модели в виде уравнений регрессии;
  - содержательная формулировка задачи выбора оптимального технологического режима и соответствующий ей критерий оптимальности.
- Получив задание, студент должен
- по математической модели рассчитать и построить зависимости показателей качества технологического процесса от параметров технологического режима;
  - записать ограничения на параметры технологического режима и показатели качества технологического процесса;
  - пользуясь электронными таблицами Excel, решить задачу оптимизации технологического режима;
  - произвести анализ результатов решения задачи оптимизации.

**Лабораторная работа №8**  
**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

**Методические указания**

Для оценки некоторого показателя качества по накопленным за некоторый период (смена, сутки, месяц) данным, которые называются *выборкой*, строится гистограмма. По гистограмме можно наглядно увидеть и оценить эффективность технологического процесса, выявить процент брака за указанный период, а также процент продукции каждого сорта или марки. Данная задача весьма актуальна на промышленных предприятиях.

- Построение гистограммы выполняется по следующему алгоритму.
1. В выборке определяется число данных, отыскиваются наименьшее и наибольшее значения параметра.
  2. Осуществляется разбиение диапазона изменения параметра на интервалы  $\Delta Y$ .

Число интервалов  $k$  может быть рассчитано по эмпирической формуле, при этом все интервалы имеют равную длину, а может быть задано исходя из требований технологического регламента (или ГОСТ), при этом величины интервалов также определяются из требований регламента или ГОСТ.

Эмпирическая формула для расчета числа интервалов имеет вид:

$$k = \varepsilon(1 + 3,2 \cdot \lg n),$$

где  $n$  – число данных в выборке,  $\varepsilon$  – функция округления до целого.

Величина каждого интервала  $\Delta y$  рассчитывается по формуле

$$\Delta y = (y_n - y_n) / k,$$

где  $y_n$ ,  $y_n$  – верхняя и нижняя границы диапазона изменения параметра

Если число интервалов и их величина определены требованиями ГОСТ, то расчеты в п.2 не требуется.

3. Определяется число данных выборки (количество точек), попадающих в каждый из интервалов.

**Внимание!** Если какое-либо число попадает на границу двух интервалов, то к числу данных, попавших в каждый из интервалов, примыкающих к границе, добавляется  $\frac{1}{2}$ .

4. Рассчитывается частота попадания в каждый интервал, для этого число данных в интервале делят на общее число данных в выборке.

5. Рассчитывается плотность попадания в каждый интервал, для этого частоту попадания для данного интервала делят на величину данного интервала.

### Пример

За смену работы картоноделательной машины (КДМ), выпускающей картон для гладких слоев тарного гофрокартона, накоплены выборки из 20 значений показателей механической прочности:

610, 480, 560, 320, 505, 650, 642, 385, 640, 440, 440, 515, 546, 573, 579, 555, 560, 590, 630, 645, 615

Требуется оценить работу КДМ по данным выборки.

Таблица расчета числа интервалов равной длины, количества точек, частоты и плотности попадания в каждый интервал приведена на рис.11.

**Примечание!** Для того чтобы было удобно определять количество точек попадания в каждый интервал, можно воспользоваться следующим приемом. На вспомогательном листе рабочей книги в столбец занести все исходные данные для заданного показателя, а затем выполнить сортировку по возрастанию. Тогда все числа разместятся удобным образом, и легко будет сосчитать, сколько чисел попадает в каждый интервал.

Гистограмма работы КДМ за указанный период приведена на рис.12.

Очевидно, что по полученной гистограмме нельзя сделать вывод о том, хорошо или плохо работает КДМ. Для того, чтобы ответить на этот вопрос, необходимо построить гистограмму с учетом требований ГОСТ.

Вспомогательная таблица					Результаты обработки данных для показателя сопротивление продавливанию					
Число данных в выборке	Нижняя граница	Верхняя граница	Расчет числа интервалов	Расчет величины интервала	№ интервала	Нижняя граница	Верхняя граница	Количество точек	Частота	Плотность
20	300	650	5	70	1	300	370	1	0,05	0,00071
					2	370	440	2	0,1	0,00143
					3	440	510	3	0,15	0,00214
					4	510	580	6	0,3	0,00429
					5	580	650	8	0,4	0,00571
								20	1	

Рис.11. Вариант оформления рабочего листа для интервалов равной длины

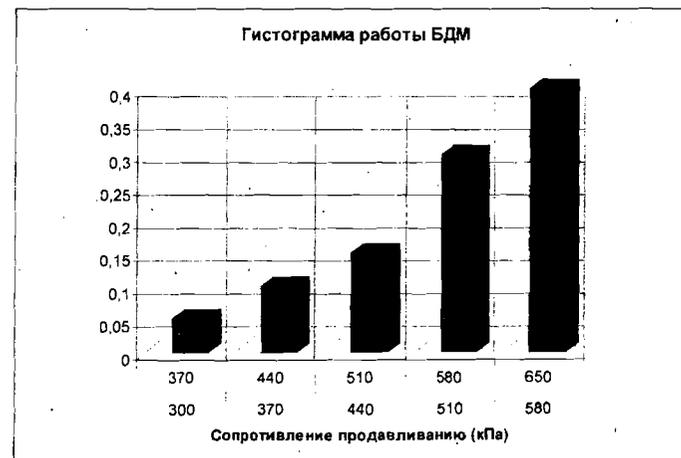


Рис.12. Гистограмма работы КДМ

В зависимости от значений показателя сопротивление продавливанию картону присваиваются марки. В таблице 3 приведены требования ГОСТ

Таблица 3

Наименование показателя	Марки картона массой 200 г/м <sup>2</sup>			
	К - 1	К - 2	К - 3	К - 4
Сопротивление продавливанию, кПа	не менее 590	не менее 490	не менее 390	не менее 345

Картон марки К - 4 товарным не является и используется для собственных нужд предприятия. Чтобы сделать вывод о качестве работы КДМ, необходимо сравнить объем выпуска картона каждой марки с требованиями к объему продукции. В рассматриваемом примере производство картона имеет установку: выпуск марки К - 1 не менее 80 %, марки К - 3 не более 3 - 4 %.

Таблица расчета количества точек, частоты и плотности попадания в каждый интервал и гистограмма работы КДМ приведены на рис.13.

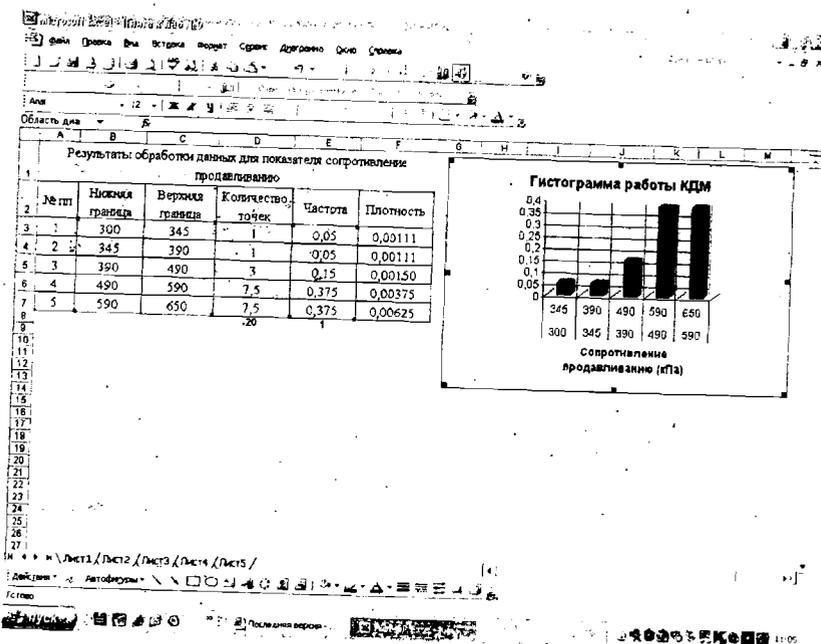


Рис.13. Вариант оформления рабочего листа для интервалов, заданных по ГОСТ

Чтобы по данному графику можно было сделать вывод о качестве работы КДМ, изменим подписи данных по оси X, задав соответствующие названия марок производимой продукции, вместо диапазонов данных (рис.14).

Это можно сделать, добавив в таблицу расчета столбцы с названиями марок и изменив подписи по оси X в окне **Исходные данные** / закладка **Ряд**,

при построении диаграммы. Или на уже полученном графике, через контекстное меню выбрать опцию **Исходные данные** / закладка **Ряд** и вручную поменять подписи по оси X.

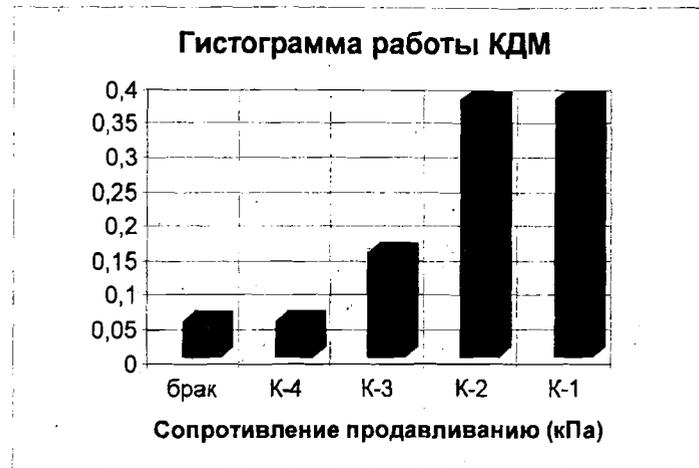


Рис.14. Гистограмма работы КДМ с указанием марок

Из графика следует, что на КДМ за указанный период времени выпускалось картона марки К-1 < 40 %, К-3 > 15 %. Полученные значения не соответствуют предъявляемым требованиям к качеству продукции.

**Задание**

Выполнить расчет, построить гистограмму и оценить качество работы бумагоделательной машины (БДМ).

1. Создать рабочую книгу, которую сохранить под именем Задание 8 в своей папке.
2. Переименовать листы в рабочей книге (лист 1 – гистограмма 1, лист 2 – гистограмма 2)
3. На листе 1 по исходным данным в соответствии с методическими указаниями выполнить расчет и построить гистограмму для случая, когда все интервалы имеют одинаковую длину (необходимо выполнить расчет числа интервалов по формуле п.2).

**Требования к расчету и построению графика следующие:**

- значения нижней и верхней границ для каждого интервала рассчитываются по формулам через данные вспомогательной таблицы;
- число данных выборки, попадающих в каждый интервал, определяется по исходным данным и заносится в таблицу вручную;
- для проверки правильности расчета определяется *общее число данных*, как сумма количества точек попадания в каждый интервал (это значение должно совпадать с числом данных в выборке, занесенных во вспомога-

ную таблицу), и *общая частота попадания* как сумма значений частоты для каждого интервала, это значение должно быть равно единице;

- гистограмма строится для *частоты попадания* в зависимости от значений показателя (во вкладке *Ряд* для *Исходных данных* подписи по оси X – диапазон данных нижней и верхней границ всех интервалов);

- легенду удалить;
- задать заголовки графика;
- выбрать основные линии сетки для каждой оси и плоскую систему координат;

- выбрать контрастные цвета для стенки и столбцов гистограммы.

4. Сделать вывод о том, является ли полученная гистограмма наглядной для оценки качества работы КДМ.

5. На листе 2 по исходным данным и данным ГОСТ на готовую продукцию выполнить расчет и построить гистограмму для случая, когда число интервалов и их величина определяется из требований к качеству продукции.

Требования к расчету и построению графика следующие:

- значения нижней и верхней границ для каждого интервала, количество точек попадания в каждый интервал определяются по исходным данным в соответствии с требованиями ГОСТ и заносятся в таблицу вручную;

- для проверки правильности расчета определяется *общее число данных* и *общая частота попадания*;

- гистограмма строится для показателя *частота попадания* в зависимости от значений показателя, оформление графика произвольное.

6. Сделать вывод о качестве работы БДМ.

7. Показать выполненную работу преподавателю.

### Лабораторная работа №9

## РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

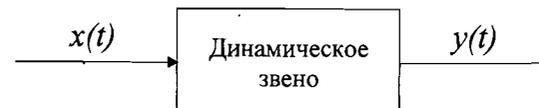
### ДЛЯ ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ

### СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

#### Методические указания

Для расчета различных автоматизированных систем автоматического управления (САУ) их обычно разбивают на отдельные элементы, математические модели которых представляют собой дифференциальные уравнения не выше второго порядка. Причем различные по своей физической природе элементы могут описываться одинаковыми дифференциальными уравнениями, поэтому их относят к определенным классам, называемым типовыми звеньями.

Типовое динамическое звено имеет на входе и выходе по одному параметру  $x$  и  $y$  и обладает типовыми свойствами.



Свойства динамического звена — это особенности его поведения при внешних воздействиях и в их отсутствие, т.е. то, как изменяется выходная величина объекта с течением времени при тех или иных воздействиях.

Основными характеристиками отдельных элементов и систем в целом являются временные и частотные характеристики.

Принято различать следующие типовые динамические звенья: усилительное, апериодическое 1 и 2 порядков, колебательное, консервативное, дифференцирующее, интегрирующее и звено запаздывания.

В настоящей лабораторной работе рассматривается возможность создания в Microsoft Excel так называемого шаблона, не используя приема программирования. В данном случае это шаблон для расчета временных и частотных характеристик типового динамического звена, который позволил бы определять эти характеристики без проведения всех расчетов, а изменяя только параметры звена.

Все формулы для расчетов переходной и весовой функций, амплитудно-частотной, фазо-частотной и амплитудно-фазочастотной характеристик студент может самостоятельно найти в учебниках по теории автоматического управления.

#### Задание

1. Создать рабочую книгу, которую сохранить в папке со своей фамилией на выделенном для работы диске (воспользоваться командой **Файл/ Создать**).

2. Установить следующие параметры для своей рабочей книги (*после установки новых параметров выйти из рабочей книги, а затем снова в нее войти*):

- 5 листов в книге (воспользоваться командой **Сервис/ Параметры /** вкладка **Общие**, в поле **Листов в новой книге** установить счетчиком или вручную число 5).

- Строки должны нумероваться цифрами, а столбцы – латинскими буквами (воспользоваться командой **Сервис/ Параметры/ Общие**, в области **Параметры** убрать флажок **Стиль ссылок R1C1**).

3. Переименовать листы в рабочей книге заголовками (переходная, весовая, АЧХ, ФЧХ, АФЧХ) (воспользоваться контекстным меню для каждого листа, выбрав из него команду **Переименовать**).

4. Для каждого листа задать следующие параметры:

- Шрифт Times New Roman – 14
- Заголовки – полужирным
- Формат ячеек таблиц **Переносить по словам** (выделив указанные ячейки, воспользоваться командой **Формат/Ячейки/Выравнивание**, установить флажок **Переносить по словам**) и горизонтальное и вертикальное выравнивание по центру ячеек (воспользоваться командой **Формат/Ячейки/Выравнивание/по горизонтали** (или **по вертикали**) далее из выпадающего списка выбрать **по центру**)
- Линии сетки – сплошные

5. На первом листе создать шаблон для расчета переходной функции, который должен содержать

- Заголовок расчета
- Таблицу исходных данных для расчета
- Таблицу расчета
- График функции

Таблица исходных данных должна быть связана с Таблицей расчета.

**Шаблон** может иметь вид, представленный на рис 15.

Для начального расчета принять значения параметров по указанию преподавателя.

Промоделировать расчет функции по шаблону при различных значениях параметров.

6. На следующих листах аналогично создать шаблоны для расчета весовой функции, амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), фазо-частотной характеристики (ФЧХ) и амплитудно-фазочастотной характеристики (АФЧХ).

7. Показать выполненную работу преподавателю.

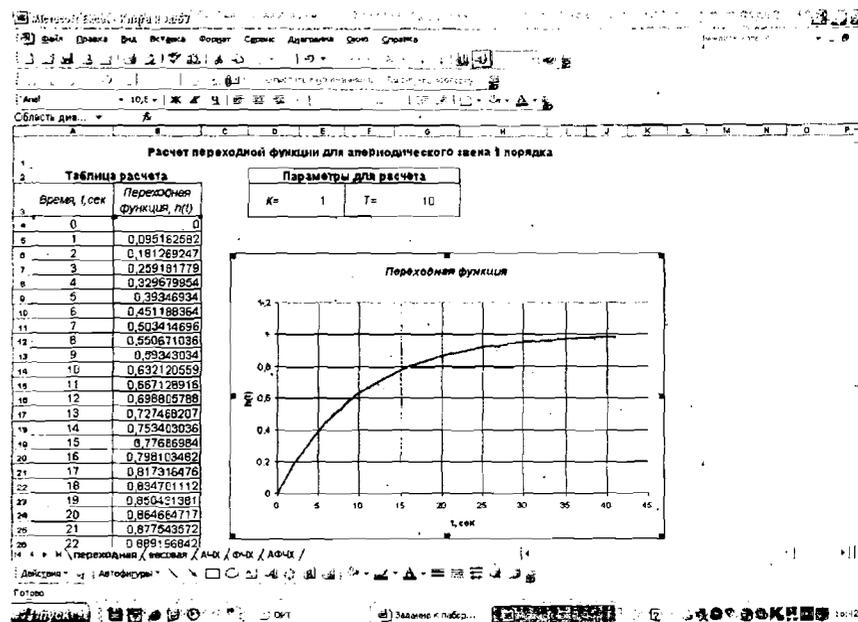


Рис. 15. Шаблон для расчета переходной функции аperiodического звена 1-го порядка

### Лабораторная работа №10

### ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА В Microsoft Word

1. В редакторе Microsoft Word создать новый документ.
2. Документ должен содержать титульный лист и формулы, таблицы расчетных данных и графики временных и частотных характеристик типовых звеньев.
3. Все формулы расчета характеристик необходимо выполнить с использованием мастера формул Microsoft Equation 3.0 (воспользоваться командой **Вставка/Объект**/из списка выбрать **Microsoft Equation 3.0**).
4. Таблицы исходных и расчетных данных, графики функций необходимо

С копировать в документ Microsoft Word.

Для этого выделить в рабочей книге Microsoft Excel нужную часть, по правой кнопке мыши вызвать контекстное меню, выбрать функцию **Копировать**, свернуть окно Microsoft Excel, открыть Документ Microsoft Word, нажать правую кнопку мыши или через главное меню выбрать команду **Вставить**, отредактировать скопированный объект.

5. Пример оформления титульного листа:

Федеральное агентство по образованию ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров»	
Кафедра Информационно-измерительных технологий и систем управления	
Лабораторная работа № 7	
Тема: «Расчет временных и частотных характеристик для аperiodического звена 1 порядка в табличном редакторе Microsoft Excel»	
ВЫПОЛНИЛ: студент 521 группы Сидоров А.А.	
ПРОВЕРИЛ:	
Санкт-Петербург 2009	

6. Пример оформления Листа 2 отчета по лабораторной работе:

**Расчет переходной функции для аperiodического звена 1 порядка**

Параметры для расчета			
$K=$	2,5	$T=$	7

Формула для расчета переходной функции:

$$h(t) = k \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot I(t)$$

Время, t, сек	Переходная функция, h(t)
0	0
1	0,332805251
2	0,621306767
3	0,871402356
4	1,088204695
5	1,276145851
6	1,439067886
7	1,580301397
8	1,702733607
9	1,808867383
10	1,900872409
11	1,980629532
12	2,04976922
13	2,109704887
14	2,161661792
15	2,206702085
16	2,245746519
17	2,279593277
18	2,308934283
19	2,334369352
20	2,356418452
21	2,375532329
22	2,392101727
23	2,406465372
24	2,418916898
25	2,429710851

**Переходная функция**

Лабораторная работа №11

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Методические указания

В данной лабораторной работе рассматриваются инженерные методы оценки динамических характеристик элементов (объектов) линейных САУ.

Для проектирования САУ: выбора ее функциональной и алгоритмической структуры и расчета коэффициентов регулятора, необходимо знать динамические характеристики объекта управления (ОУ). Один из наиболее распространенных подходов к описанию свойств ОУ – это получение экспериментальных переходных характеристик по каналам передачи управляющих и возмущающих воздействий в производственных условиях на реальном объекте.

По полученной в результате эксперимента переходной характеристике строят математическую модель ОУ. При этом структуру модели разработчик САУ подбирает исходя из вида переходной характеристики и собственных представлений о свойствах элемента, а параметры модели рассчитывает по экспериментальным данным.

Во многих случаях для оценки динамических характеристик ОУ достаточно использовать приближенный инженерный метод. Он состоит в том, что по виду переходной характеристики выбирают подходящие для описания объекта типовые динамические звенья и структуру их соединения, а параметры объекта приближенно определяют, обрабатывая график экспериментальной кривой по достаточной простым зависимостям. При этом точность оценки характеристик объекта не превышает 20 -30 %, но на этапе проектирования структуры САУ бывает достаточной.

Рассмотрим примеры объектов управления, наиболее часто встречающиеся на практике:

- апериодическое звено 1-го порядка с запаздыванием;
- интегрирующее звено.

Переходная характеристика является реакцией элемента САУ на ступенчатое воздействие.  $x(t) = a \cdot 1[t]$

Переходная характеристика *апериодического звена 1 порядка с запаздыванием* описывается уравнением:

$$y(t) = y_0 + K \cdot a \cdot (1 - \exp^{-\frac{-(t-\tau)}{T}}), \quad (5)$$

где  $y_0$  – начальное значение переходной функции,  
 $K$  – коэффициент усиления звена,  
 $T$  – постоянная времени,

$\tau$  – время чистого запаздывания,  
 $a$  – амплитуда ступенчатого входного воздействия.

График переходной характеристики, соответствующей уравнению (5), имеет вид, представленный на рис. 16.

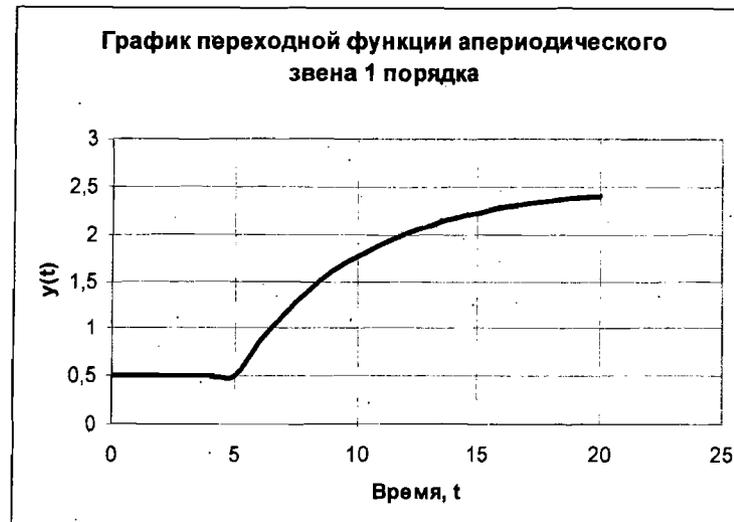


Рис.16. Переходная характеристика для апериодического звена 1-го порядка с запаздыванием

Если рассматривать переходный процесс в отклонениях, т.е. начальное значение изменения выходного сигнала принимать за 0 (рис.17), то уравнение переходной функции примет вид:

$$\Delta y(t) = K \cdot a \cdot (1 - \exp^{-\frac{-(t-\tau)}{T}}). \quad (6)$$

Параметры  $K$  и  $\tau$  легко выделяются по переходной характеристике:

- время чистого запаздывания  $\tau$  – это промежуток времени, в течение которого не произошло изменение выходного сигнала при изменении входного;
- коэффициент усиления  $K$  – характеризует на сколько изменился выходной параметр при ступенчатом воздействии.

Коэффициент усиления элемента рассчитывается по формуле  $K = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ ,

где  $\Delta x$  – амплитуда входного воздействия, равная  $a$ ;

$\Delta y$  – изменение выходного воздействия от начального до установившегося значения  $\Delta y = y_{уст} - y_{кон}$

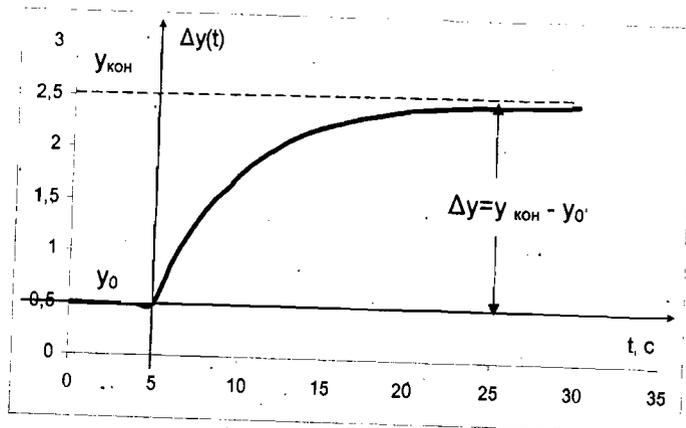


Рис.17. Переходная функция в отклонениях

Рассмотрим один из способов определения постоянной времени  $T$ , который состоит в следующем. По графику  $y(t)$  найдем значение  $t_1$ , при котором  $y(t_1) = y_0 + 0,63 \cdot (y_{\text{кон}} - y_0)$ .

Тогда  $T \approx t_1 - \tau$ .

Переходная характеристика *интегрирующего звена* описывается уравнением:  $y(t) = y_0 + K \cdot a \cdot t$ , (7)

где  $K$  - коэффициент усиления звена,

$a$  - амплитуда входного ступенчатого воздействия.

График переходной характеристики, соответствующей уравнению (7), имеет вид, представленный на рис. 18.

Аналогично, если рассматривать переходный процесс в отклонениях, то чтобы найти параметр  $K$ , надо найти координаты любой точки графика и выполнить действие:  $K = \frac{\Delta y}{\Delta t \cdot a}$ .

Сравнить экспериментальную и теоретическую зависимости можно с использованием ошибки аппроксимации:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{\text{теор}i} - y_{\text{экс}i})^2}{N}$$

в виде дисперсии  $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{\text{теор}i} - y_{\text{экс}i})^2}{N}$   
или среднеквадратичного отклонения  $\sigma = \sqrt{S^2}$ .

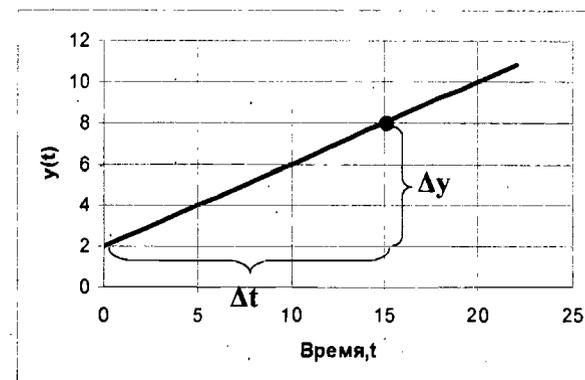
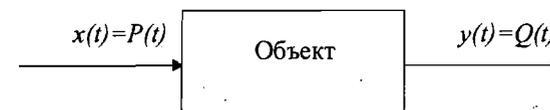


Рис.18. Переходная характеристика для интегрирующего звена

**Пример**

Рассматривается процесс изменения концентрации целлюлозы при изменении давления на исполнительном устройстве, установленном на трубопроводе разбавляющей воды.

Входным параметром является давление на исполнительном устройстве, а выходным – концентрация целлюлозы.



При изменении входного параметра на  $\Delta P = +20$  кПа были получены экспериментальные данные изменения выходного параметра, которые сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Время, t c	Концентрация целлюлозы, %конц.
0	2,70
5	2,70
10	2,70
15	2,70
20	2,64
25	2,61
30	2,58
35	2,56
40	2,55
45	2,53
50	2,52
55	2,51
60	2,51

Используя данные таблицы, построим график переходной функции (рис.19).

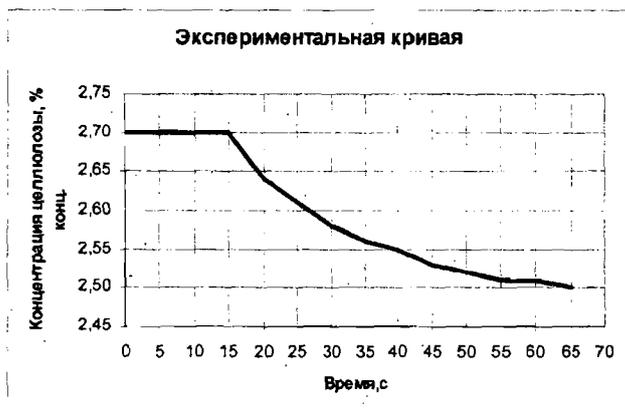


Рис.19. График переходной функции, построенной по экспериментальным данным

Из графика следует, что данный объект может быть представлен в виде апериодического звена 1 порядка с запаздыванием.

По графику переходной функции определим

- время чистого запаздывания  $t$ ,
- коэффициент усиления  $K$ ,
- постоянную времени объекта  $T$ .

Расчет выполним на листе рабочей книги. Пример оформления расчета представлен на рис.20.

Поскольку теперь нам известны параметры модели объекта. По формуле для переходной функции можно построить график теоретической кривой. Для этого добавим столбец расчетных значений концентрации целлюлозы и по полученным значениям построим график (рис.21).

Чтобы оценить, насколько точно описывает теоретическая зависимость реальный объект, рассчитаем ошибку аппроксимации и среднеквадратичное отклонение. Для этого добавим столбец отклонений теоретических значений от экспериментальных (рис.22).

Из расчета следует, что СКО = 0,0052 % конц. Такое отклонение является допустимым.

### Задание

1. Создать рабочую книгу, которую сохранить под именем Задание 11 в своей папке.
2. Переименовать листы в рабочей книге (лист1 – апериодическое звено 1 порядка, лист 2 – интегрирующее звено).

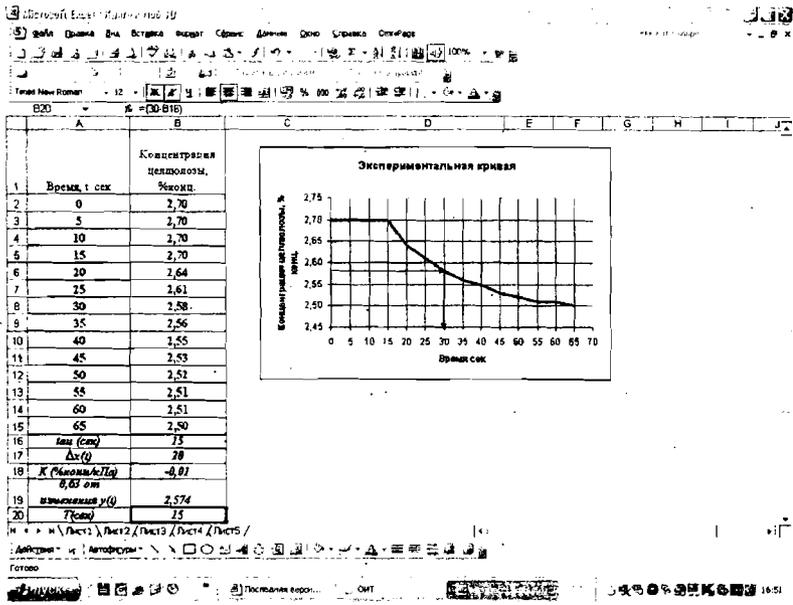


Рис.20. Расчет параметров модели объекта по экспериментальной кривой

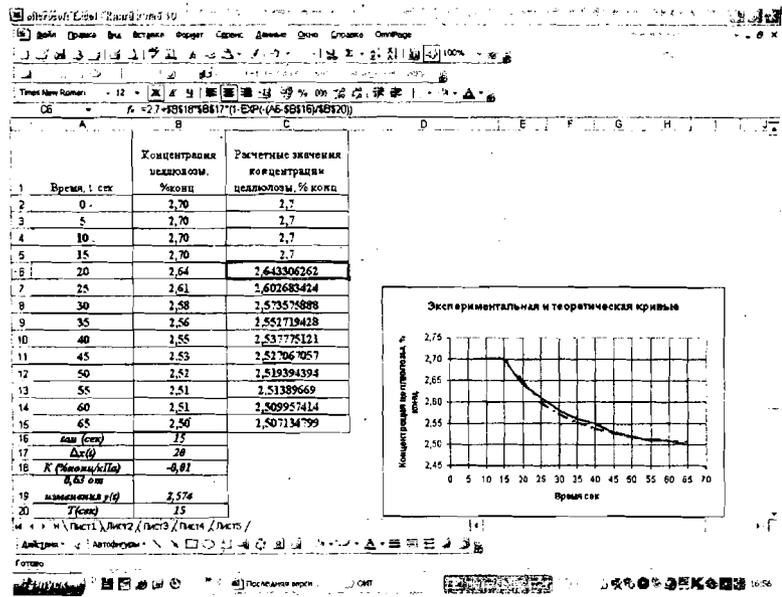


Рис.21. Расчет и график теоретической переходной функции объекта

1	Время, t сек	Концентрация целлюлозы, % конц	Расчетные значения концентрации целлюлозы, % конц	$(Y_{теоретич} - Y_{расч})^2$
2	0	2,70	2,7	0
3	5	2,70	2,7	0
4	10	2,70	2,7	0
5	15	2,70	2,7	0
6	20	2,64	2,643306262	1,09314E-05
7	25	2,61	2,602683424	5,35323E-05
8	30	2,58	2,573573888	4,12692E-05
9	35	2,56	2,552719428	5,30067E-05
10	40	2,55	2,537775121	0,000149448
11	45	2,53	2,527067057	8,60216E-06
12	50	2,52	2,519394394	3,66759E-07
13	55	2,51	2,51389669	1,51842E-05
14	60	2,51	2,509957414	1,8136E-09
15	65	2,50	2,507134799	5,09054E-05
16	матр (сек)	15	Сумма отклонений	0,000383248
17	$\Delta x (d)$	20	СКО	0,00323096
18	$K$ (коэффициент), в.б. от	-0,01		
19	изменения $y(t)$	2,574		
20	$T$ (сек)	15		

:Рис.22. Расчет ошибки аппроксимации для рассматриваемого примера

3. На листе 1 по исходным данным построить график экспериментальной переходной характеристики 1 для элемента, приближенно описываемого апериодическим звеном 1 порядка с запаздыванием.
4. Используя приближенный инженерный метод, оценить параметры элемента (коэффициент усиления, постоянную времени, запаздывание). Расчет параметров выполнить в таблице.
5. Построить график теоретической переходной характеристики и оценить ошибку аппроксимации.
6. На листе 2 по исходным данным построить график экспериментальной переходной характеристики 2 для элемента, приближенно описываемого интегрирующим звеном.
7. Используя приближенный инженерный метод, оценить параметры элемента (коэффициент усиления). Расчет параметров выполнить в таблице.
8. Построить график теоретической переходной характеристики и оценить ошибку аппроксимации.
9. Показать выполненную работу преподавателю.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Рудикова Л.В. Microsoft Excel для студента. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007.

Персон Р. Microsoft Excel 97 в подлиннике. В 2 томах/ пер. с англ. – СПб.: BHV, 1997.

Лаврезов С.М. Excel: Сборник примеров и задач. – М.: Финансы и статистика, 2002.

Орвис В. Excel для ученых, инженеров и студентов/ пер. с англ. – М.: Юниор, 1999.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Понятие электронной таблицы .....	4
Функции, наиболее часто используемые в Excel .....	6
Коды ошибок и их возможные причины .....	8
<b>ЧАСТЬ 1.</b>	
Лабораторная работа №1. Основные приемы работы с Microsoft Excel ...	10
Лабораторная работа №2. Абсолютные и относительные ячейки, стандартные функции в Microsoft Excel .....	14
Лабораторная работа №3. Абсолютные и относительные ячейки, стандартные функции в Microsoft Excel (продолжение) .....	18
Лабораторная работа №4. Сортировка и фильтрация данных, связь рабочих книг друг с другом .....	19
Лабораторная работа №5. Построение графиков функций в Microsoft Excel .....	21
Лабораторная работа №6. Построение диаграмм в Microsoft Excel ...	24
Вариант зачетного задания .....	25
<b>ЧАСТЬ 2.</b>	
Лабораторная работа №7. Исследование технологического процесса по математической модели и выбор оптимального технологического режима .....	28
Лабораторная работа №8. Статистическая оценка показателей технологического процесса .....	35
Лабораторная работа №9. Расчет временных и частотных характеристик для типовых динамических звеньев систем автоматического управления .	40
Лабораторная работа №10. Оформление отчета в Microsoft Word .....	43
Лабораторная работа №11. Оценка динамических характеристик элементов систем автоматического управления по экспериментальным данным .	46
Библиографический список .....	53