

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Информационные технологии»

**Н. В. Водополова**

# **КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Пособие**

**по курсам «Информационные технологии»,  
«АРМ менеджера» для студентов  
экономических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2010

УДК 004.942(075.8)  
ББК 65в6я73  
В62

*Рекомендовано научно-методическим советом  
факультета автоматизированных и информационных систем ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 10 от 28.06.2010 г.)*

Рецензент: нач. отд. АСУ ЦИТ ГГТУ им. П. О. Сухого, *Н. С. Шестакова*

**Водополова, Н. В.**

В62 Корреляционно-регрессионное моделирование и прогнозирование экономических систем : пособие по курсам «Информационные технологии», «АРМ менеджера» для студентов экон. специальностей днев. и заоч. форм обучения / Н. В. Водополова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 23 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Работа посвящена проблеме моделирования изучаемого явления, процесса или показателя на базе регрессионной зависимости результативного показателя от факторов, в большей степени влияющих на его значения.

Для студентов экономических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 004.942(075.8)  
ББК 65в6я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2010

## Введение

Важнейшей, универсальной целью рациональной деятельности человека является создание высокоэффективных систем объектов, явлений, технологий, процессов в экономике, технике, производстве, обществе. Высокая эффективность предполагает достижение экстремума некоторых числовых характеристик – показателей эффективности. В связи с этим необходимы математические методы. Но к реальному явлению, объекту, системе эти методы непосредственно не применимы. Необходимо, прежде всего, построить математическую модель системы, т.е. приближенное описание системы с помощью математических соотношений. *Математическое моделирование* представляет собой исследование математической модели, включающее построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемую систему.

Математическое моделирование существует фактически с тех времен, когда математический аппарат начинал применяться для решения практических задач. Однако эти попытки часто заходили в тупик из-за сложности моделей (нелинейные уравнения; большое число переменных, параметров, уравнений; малая априорная информация и др.) и невозможности их исследования традиционными аналитическими методами. С появлением и совершенствованием ЭВМ ситуация коренным образом изменилась. С математической моделью начали экспериментировать на компьютерах. Появились новые понятия и подходы. В настоящее время *сущность* математического моделирования состоит в замене исходной (исследуемой, управляемой, эксплуатируемой) системы ее математической моделью и дальнейшем экспериментировании с этой моделью при помощи вычислительно-логических алгоритмов. Такой подход получил название «Компьютерное моделирование».

Для *компьютерного моделирования* характерно, что математическая модель системы представлена в виде программы на компьютере – компьютерной модели, позволяющей проводить с ней вычислительные эксперименты. В зависимости от математического аппарата, используемого при построении, и способа организации вычислительных экспериментов можно выделить три взаимосвязанных вида моделирования:

- численное;
- имитационное;
- статистическое.

При *численном моделировании* для построения компьютерной модели используются методы вычислительной математики, а вычислительный эксперимент заключается в численном решении некоторых математических уравнений при заданных значениях параметров и начальных условий.

*Имитационное моделирование* – это вид компьютерного моделирования, для которого характерно воспроизведение на компьютере (имитация) процесса функционирования исследуемой сложной системы. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры, последовательности протекания во времени, что позволяет получить информацию о состоянии  $S$  в заданные моменты времени.

*Статистическое моделирование* – это вид компьютерного моделирования, позволяющий получать статистические данные о процессах в моделируемой системе  $S$ .

Перечисленные виды моделирования взаимосвязаны. Это означает, что для изучения одной и той же системы могут быть применимы все виды моделирования. Например, для получения численного значения некоторого зависимого экономического показателя (например, прибыль предприятия) в конкретный долгосрочный период могут быть использованы все три вида моделирования.

Моделирование позволяет достичь следующих целей.

1. Соединить достоинства традиционных теоретических и экспериментальных методов, т.е. математическую модель и эксперимент на компьютере.

2. Гарантировать высокую эффективность применения вычислительной техники и основанных на ней средств информатики и автоматизации: САПР (системы автоматизированного проектирования), АРМ (автоматизированные рабочие места), АСУ (автоматизированные системы управления), экспертные системы, системы поддержки принятия решения.

3. Исследовать такие системы, натурное или физическое моделирование которых экономически не оправдано или трудноосуществимо (например, требуется уникальное дорогостоящее оборудование; эксперименты с такими системами, как АСУ предприятием, отраслью и т.п.).

4. Исследовать системы, натурное или физическое моделирование которых связано с опасными для здоровья человека условиями (например, в условиях высокой радиации или токсичности).

5. Исследовать перспективные системы (не существующие еще в реальности) на стадии их проектирования.

6. Исследовать трудно доступные объекты – удаленные в пространстве и во времени (например, моделирование атмосферы планет, моделирование процесса развития общества).

7. Исследовать ненаблюдаемые объекты вследствие их размера и длительности существования (например, модели макро- и микромира).

8. Исследовать экономические, социальные, экологические и биологические системы.

Указанные достоинства делают математическое моделирование:

- универсальной интенсивной методологией технологией;
- интеллектуальным ядром компьютеризации;
- главным инструментом прикладной математики и информатики в исследовании реальных систем, процессов и явлений.

Данное методическое пособие ориентировано на изучение экономических систем. Поэтому основным инструментом моделирования выбран табличный процессор *MS Excel*. Каждый вид математического моделирования представлен решением наиболее типичной задачи.

## 1. Численное моделирование

Как уже отмечалось, основной задачей численного моделирования является численное решение некоторого математического уравнения при заданных значениях параметров и начальных условий. Это достаточно большой класс задач. Рассмотрим только две:

1. Подбор параметра для заданного числового значения зависимой величины.
2. Изучение зависимой величины, представленной в виде уравнения, от одного или нескольких независимых параметров.

### 1.1. Подбор параметра для заданного числового значения зависимой величины

На практике очень часто необходимо узнать, как повлияет на результат формулы изменение одной из переменных. Например, насколько следует увеличить продажу товаров, чтобы достичь определенного уровня дохода, или какой кредит нужно взять фирме, чтобы сумма ежемесячной выплаты не превышала фиксированного значения.

В тех случаях, когда необходимо определить, насколько следует изменить переменную, чтобы результат формулы, в которую она входит, равнялся заданной величине, используют механизм *Подбор параметра*.

Рассмотрим использование данного механизма на примере.

**Пример.** *По заданной величине ежемесячных выплат по кредиту и фиксированных процентной ставке, а также срока кредитования определить максимально допустимый размер кредита.*

На рис.1 представлены исходные данные: годовая процентная ставка, срок кредитования в днях, сумма кредита, – в ячейках D8, D9 и D10 соответственно. Это 8,5% годовых, срок кредитования – год, сумма кредита – 120 миллионов рублей. В ячейке D13 введена формула для вычисления выплат по кредиту, таковые составят 923 тыс.руб в месяц.

|    | A               | B  | C                   | D | E | F | G | H | I |
|----|-----------------|--|---------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1  | Название        | Анализ ипотечной ссуды. Ежемесячные выплаты.                 |                     |   |   |   |   |   |   |
| 2  | Составил        | Иванов И.И.  |                     |   |   |   |   |   |   |
| 3  | Дата            | 07.02.2010   |                     |   |   |   |   |   |   |
| 4  |                 |  |                     |   |   |   |   |   |   |
| 5  | Цель:           | Определение размера ежемесячных выплат по ипотечному кредиту |                     |   |   |   |   |   |   |
| 6  |                 |  |                     |   |   |   |   |   |   |
| 7  |                 |  |                     |   |   |   |   |   |   |
| 8  | Исходные данные | Проценты   | 8,90%               |   |   |   |   |   |   |
| 9  |                 | Срок кредита   | 360                 |   |   |   |   |   |   |
| 10 |                 | Кредит   | 120 000 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |
| 11 |                 |  |                     |   |   |   |   |   |   |
| 12 | Проценты        |  | Выплаты по месяцам: |   |   |   |   |   |   |
| 13 |                 |  | 923 тыс.руб         |   |   |   |   |   |   |
| 14 |                 |  |                     |   |   |   |   |   |   |

Рис. 1.1 – Расчет ежемесячных выплат по кредиту

Допустим, для фирмы такая сумма ежемесячных выплат слишком велика. Поскольку процентную ставку и срок кредитовая фирма изменить не может, остается вариант – по сумме ежемесячных выплат по кредиту подобрать сумму кредита.

Решение задачи сводится к последовательному выполнению следующих действий:

1. Выделить ячейку с формулой, т.е. ячейку *D13*.

2. Активизировать команду *Сервис – Подбор параметра*.

Откроется диалоговое окно, представленное на рис.1.2.

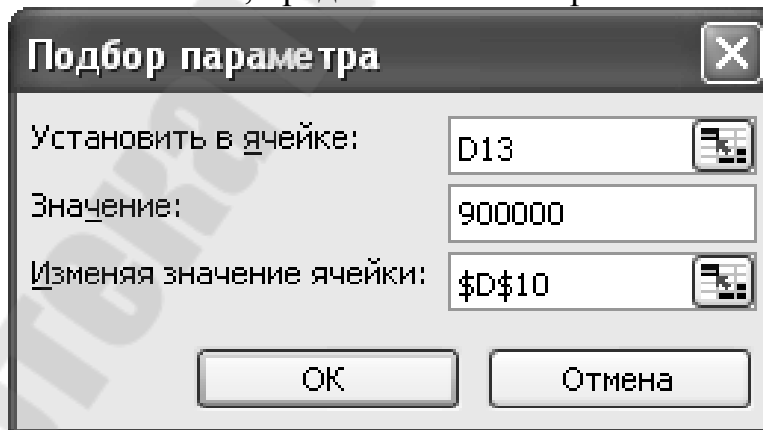


Рис.1.2 – Диалоговое окно Подбора параметра

3. В поле *Значение* введите максимальную сумму, которую фирма готова каждый месяц выплачивать по кредиту 900 тыс. рублей при процентной ставке 8,5% и сроком на год.

4. В поле *Изменяя значение ячейки* укажите ссылку на ячейку *D10* с суммой кредита.

5. Закрытие окна (кнопка *ОК* или *Enter*) вызывает появление диалогового окна *Результат подбора параметра* (рис.1.3). Искомое значение кредита при этом можно видеть в ячейке *D10*, однако оно еще не

введено в ячейку. Это произойдет только после закрытия окна *Результат подбора параметра*.

Восстановить исходные значения можно активизацией команды *Правка – Отменить подбор параметра*. В нашем случае результат – 117 048 тыс.руб. будет заменен на значение 120 000 тыс.руб.

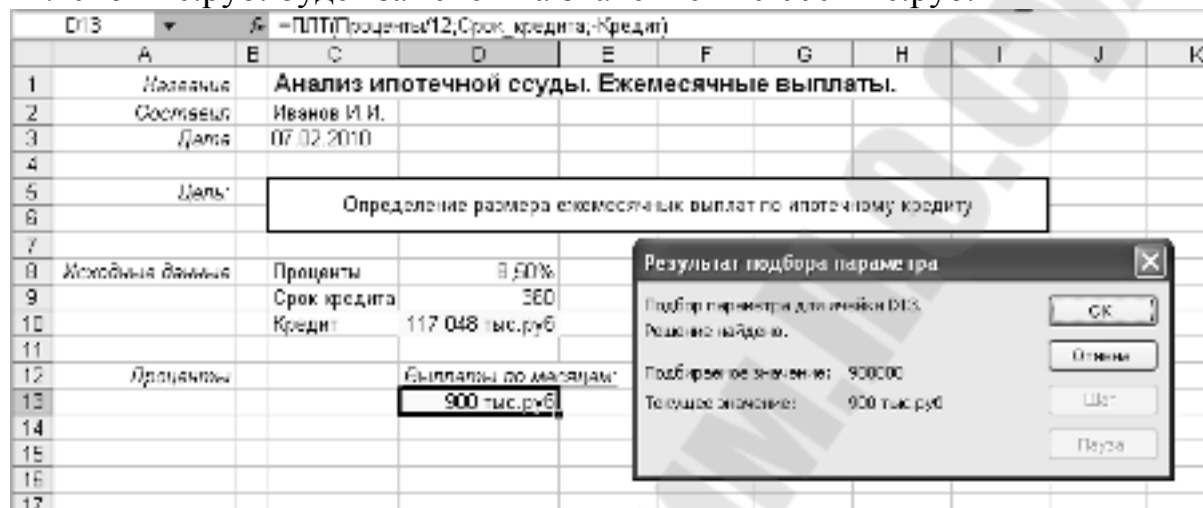


Рис.1.3 – Диалоговое окно результата подбора параметра

## 1.2. Изучение зависимой величины, представленной в виде уравнения, от одного или нескольких независимых параметров

В *MS Excel* существует специальный механизм *Таблица подстановки*, с помощью которого можно изучать изменение зависимой величины, представленной в виде уравнения, от одной или двух независимых параметров.

Таблицы подстановки данных позволяют проводить анализ чувствительности, т.е. проверять насколько велики должны быть изменения в исходных данных, чтобы возникли ощутимые изменения в результате. Например, можно получить размер платежей по кредиту в зависимости от величины процентной ставки, колеблющейся между 6 и 12%, или найти влияние процента роста торговли (на 2, 3, 4 или 5%) на текущий доход.

Команду *Данные – Таблица подстановки* можно использовать двумя способами:

1. Варьируя одно исходное значение, просматривая результаты одной или нескольких формул.
2. Варьируя два исходных значения, просматривая результаты только одной формулы.

Первые получили название таблиц подстановки с одной переменной, а вторые – таблиц подстановки с двумя переменными.

### 1.2.1. Таблица подстановки с одной переменной

**Вариант №1.** Значения подстановки (исходные данные) находятся в столбце. Формулу необходимо вводить в ячейку, расположенную в строке над первым из значений подстановки и сдвинутой на одну ячейку вправо от столбца значений.

| D13 |                 | =ПЛТ(Проценты*2;Срок_кредита;-Кредит)   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|-----------------|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|     | A               | B   | C               | D | E | F | G | H | I | J | K | L |  |
| 1   | Название        | Анализ ипотечной ссуды. Ежемесячные выплаты в зависимости от процентной ставки.                 |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 2   | Составил        | Иванов И.И.   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 3   | Дата            | 07.02.2010  |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 4   |                 |   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 5   | Цель:           | Определение размера ежемесячных выплат по ипотечному кредиту в зависимости от процентной ставки |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 6   |                 |   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 7   |                 |   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 8   | Исходные данные | Проценты  | 8,50%           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 9   |                 | Срок кредита  | 360             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 10  |                 | Кредит  | 120 000 тыс.руб |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 11  |                 |   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 12  | Проценты        | Выплаты по месяцам:   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 13  |                 |   | 923 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 14  |                 | 6,00%   | 719 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 15  |                 | 6,50%   | 758 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 16  |                 | 7,00%   | 798 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 17  |                 | 7,50%   | 839 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 18  |                 | 8,00%   | 881 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 19  |                 | 8,50%   | 923 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 20  |                 | 9,00%   | 966 тыс.руб     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 21  |                 | 9,50%   | 1 009 тыс.руб   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 22  |                 | 10,00%  | 1 053 тыс.руб   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 23  |                 | 10,50%  | 1 098 тыс.руб   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 24  |                 | 11,00%  | 1 143 тыс.руб   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |

Рис.1.4 – Результат таблицы подстановки с одной переменной, выведенные в столбец

На рис. 1.4 значениями подстановки являются значения процентной ставки. Результат таблицы подстановки – ежемесячные выплаты за кредит в размере 120 миллионов рублей, взятый сроком на год, в зависимости от размера процентной ставки.

**Вариант №2.** Значения подстановки располагаются в строке. Формулу необходимо ввести в ячейку, расположенную в строке под этими значениями на одну ячейку левее первого из них.

Такой вариант формирования таблицы подстановки представлен на рис 1.5. На рисунке представлены две таблицы подстановки, т.е. результат подстановки в одну и ту же формулу одних и тех же значений, но размещенных в столбец и строку, выделенных светло-желтым и желтым цветом соответственно.



|    |             | С  | Д             | Е       | Ф       | Г       | Н       | О       | Р         |           |
|----|-------------|--|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| 1  | Ассольда    | Анализ ипотечной ссуды. Ежемесячные выплаты в зависимости от процентной ставки.              |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 2  | Срок ссуды  | Рублю (РР)   |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 3  | деней       | 120 000  |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 4  |             |  |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 5  | ставка      | Отделением банка ежемесячно выплаты по ипотечному кредиту в зависимости от процентной ставки |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 6  |             |  |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 7  |             |  |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 8  | Ассольда    | Проценты   | 9,50%         |         |         |         |         |         |           |           |
| 9  |             | Срок ссуды   | 120           |         |         |         |         |         |           |           |
| 10 |             | Вклад  | 120 000 руб   |         |         |         |         |         |           |           |
| 11 |             |  |               |         |         |         |         |         |           |           |
| 12 | Подстановка |  | Выплаты (руб) | 6,00%   | 6,50%   | 7,00%   | 7,50%   | 8,00%   | 8,50%     | 9,00%     |
| 13 |             |  | 451 руб       | 719 руб | 781 руб | 839 руб | 897 руб | 955 руб | 1 013 руб | 1 071 руб |
| 14 |             | 6,00%  | 719 руб       |         |         |         |         |         |           |           |
| 15 |             | 6,50%  | 781 руб       |         |         |         |         |         |           |           |
| 16 |             | 7,00%  | 839 руб       |         |         |         |         |         |           |           |
| 17 |             | 7,50%  | 897 руб       |         |         |         |         |         |           |           |
| 18 |             | 8,00%  | 955 руб       |         |         |         |         |         |           |           |
| 19 |             | 8,50%  | 1 013 руб     |         |         |         |         |         |           |           |
| 20 |             | 9,00%  | 1 071 руб     |         |         |         |         |         |           |           |
| 21 |             | 10,00%   | 1 183 руб     |         |         |         |         |         |           |           |
| 22 |             | 10,50%   | 1 209 руб     |         |         |         |         |         |           |           |
| 23 |             | 11,00%   | 1 235 руб     |         |         |         |         |         |           |           |
| 24 |             | 11,50%   | 1 261 руб     |         |         |         |         |         |           |           |
| 25 |             |  |               |         |         |         |         |         |           |           |

Рис.1.5 – Результат таблицы подстановки с одной переменной, выведенные в столбец и строку

Для создания таблицы подстановки необходимо:

1. Выделить диапазон ячеек будущей таблицы подстановки. Для размещения результата подстановки в столбец – это диапазон *C13:D24*, в строку – это диапазон *D12:L13*.

2. Активизировать команду *Данные –Таблица подстановки*. Откроется диалоговое окно *Таблица подстановки* (рис.1.6).

3. Заполнение полей окна *Таблица подстановки*. Если значения подстановки записаны в столбец, то заполняется поле *Подставлять значения по строкам*, если же данные представлены в виде строки – поле *Подставлять значения по столбцам*. Поскольку в таблицах подстановки рис.1.4 и 1.5 в качестве данных подстановки используются значения процентной ставки, необходимо указать в указанных полях ссылку на ячейку *D8*.

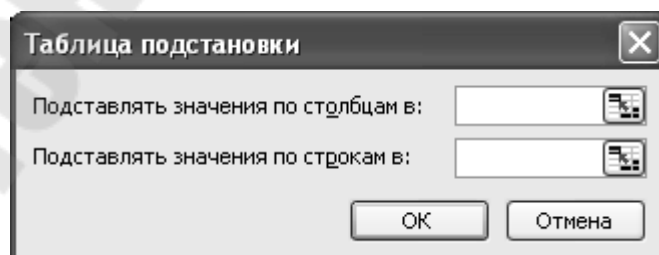


Рис.1.6 – Диалоговое окно таблицы подстановки

Таблица подстановки с одной переменной может быть использована для анализа данных по двум формулам. Например, как влияют различные значения процентной ставки на полную сумму выплаченных процентов. То есть необходимо в таблицу подстановки рис.1.4 добавить формулу для вычисления процентов, выплаченных за весь срок кредита. Для этого необходимо:

1. В ячейку *E12* введите заголовок «Уплаченный процент»
2. В ячейку *E13* введите формулу  $=\text{Кредит} * \text{Проценты} / 100$ . Эта формула полного размера процентов, которые предстоит выплатить за период погашения кредита.
3. Выделить диапазон ячеек *C13:E24*.
4. Активизировать команду *Данные – Таблица подстановки*. В поле *Подставлять значения по строкам* диалогового окна *Таблица подстановки* указать ячейку *D8*.
5. Скопировать в диапазон ячеек *E13:E24* формат ячеек *D13:D24*. Рабочий лист будет выглядеть так, как показано на рис.1.7.

| D14 | A                  | B  | C | D               | E           | F | G | H | I | J |
|-----|--------------------|--|---|-----------------|-------------|---|---|---|---|---|
| 1   | Имя                | Анализ ипотечной ссуды. Ежемесячные выплаты в зависимости от                           |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 2   |                    | процентной ставки. Уплаченные проценты.  |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 3   | Составил           | Иванов И.И.  |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 4   | Дата               | 14.12.2010   |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 5   |                    |  |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 6   | Цель               | Сравнение размера ежемесячных выплат по ипотечному кредиту в зависимости от процентной |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 7   |                    | ставки и ежемесячно выплачиваемых сумм по процентам.                                   |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 8   |                    |  |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 9   | Использована сумма | Проценты   |   | 0,03%           |             |   |   |   |   |   |
| 10  |                    | Срок кредита   |   | 360             |             |   |   |   |   |   |
| 11  |                    | Кредит   |   | 120 000 тыс.руб |             |   |   |   |   |   |
| 12  |                    |  |   |                 |             |   |   |   |   |   |
| 13  | Проценты           |  |   | Выплаты по      | Уплаченные  |   |   |   |   |   |
| 14  |                    |  |   | долями          | долями      |   |   |   |   |   |
| 15  |                    |  |   | 923 тыс.руб     | 102 тыс.руб |   |   |   |   |   |
| 16  |                    |  |   | 719 тыс.руб     | 72 тыс.руб  |   |   |   |   |   |
| 17  |                    |  |   | 768 тыс.руб     | 78 тыс.руб  |   |   |   |   |   |
| 18  |                    |  |   | 798 тыс.руб     | 84 тыс.руб  |   |   |   |   |   |
| 19  |                    |  |   | 1009 тыс.руб    | 91 тыс.руб  |   |   |   |   |   |
| 20  |                    |  |   | 881 тыс.руб     | 95 тыс.руб  |   |   |   |   |   |
| 21  |                    |  |   | 923 тыс.руб     | 102 тыс.руб |   |   |   |   |   |
| 22  |                    |  |   | 968 тыс.руб     | 103 тыс.руб |   |   |   |   |   |
| 23  |                    |  |   | 1 009 тыс.руб   | 114 тыс.руб |   |   |   |   |   |
| 24  |                    |  |   | 1 053 тыс.руб   | 120 тыс.руб |   |   |   |   |   |
| 25  |                    |  |   | 1 080 тыс.руб   | 126 тыс.руб |   |   |   |   |   |
| 26  |                    |  |   | 1 149 тыс.руб   | 132 тыс.руб |   |   |   |   |   |

Рис.1.7 – Таблица подстановки для анализа данных по двум формулам

### 1.2.2. Таблица подстановки с двумя переменными

Изучение влияния одновременно двух переменных на результат формулы осуществляется с помощью таблиц подстановки с двумя переменными. Например, необходимо проследить, как будет зависеть размер взносов от изменения процентной ставки и срока погашения кредита (рис.1.8). Для решения задачи необходимо:

1. В ячейках *C14:C24* ввести размеры процентной ставки, в ячейки *D13:K13* – сроки кредитования.
2. Формулу расчета ежемесячных выплат по кредиту ввести в ячейку *C13*.
3. Выделить диапазон ячеек *C13:K24*.
4. Активизировать команду *Данные – Таблица подстановки*.

5. Заполнить поля диалогового окна таблицы подстановки. В качестве значений подстановки по столбцам и строкам использовать значения ячеек *D9* и *D8* соответственно.

6. К диапазону ячеек *B14:K24* применить формат ячейки *C13*.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

| Процент | 180           | 330           | 540         | 720         | 900         | 1080        | 330        |
|---------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 6.00%   | 1 003 тыс.руб | 776 тыс.руб   | 482 тыс.руб | 317 тыс.руб | 212 тыс.руб | 140 тыс.руб | 11 тыс.руб |
| 6.50%   | 1 046 тыс.руб | 799 тыс.руб   | 507 тыс.руб | 334 тыс.руб | 225 тыс.руб | 152 тыс.руб | 12 тыс.руб |
| 7.00%   | 1 093 тыс.руб | 824 тыс.руб   | 533 тыс.руб | 352 тыс.руб | 239 тыс.руб | 166 тыс.руб | 13 тыс.руб |
| 7.50%   | 1 142 тыс.руб | 851 тыс.руб   | 560 тыс.руб | 371 тыс.руб | 254 тыс.руб | 181 тыс.руб | 14 тыс.руб |
| 8.00%   | 1 193 тыс.руб | 880 тыс.руб   | 589 тыс.руб | 391 тыс.руб | 270 тыс.руб | 197 тыс.руб | 15 тыс.руб |
| 8.50%   | 1 246 тыс.руб | 911 тыс.руб   | 620 тыс.руб | 412 тыс.руб | 287 тыс.руб | 214 тыс.руб | 16 тыс.руб |
| 9.00%   | 1 301 тыс.руб | 944 тыс.руб   | 653 тыс.руб | 434 тыс.руб | 305 тыс.руб | 232 тыс.руб | 17 тыс.руб |
| 9.50%   | 1 358 тыс.руб | 979 тыс.руб   | 688 тыс.руб | 457 тыс.руб | 324 тыс.руб | 251 тыс.руб | 18 тыс.руб |
| 10.00%  | 1 417 тыс.руб | 1 026 тыс.руб | 725 тыс.руб | 481 тыс.руб | 344 тыс.руб | 271 тыс.руб | 19 тыс.руб |
| 10.50%  | 1 478 тыс.руб | 1 075 тыс.руб | 764 тыс.руб | 506 тыс.руб | 365 тыс.руб | 292 тыс.руб | 20 тыс.руб |
| 11.00%  | 1 541 тыс.руб | 1 126 тыс.руб | 805 тыс.руб | 532 тыс.руб | 387 тыс.руб | 314 тыс.руб | 21 тыс.руб |

Рис.1.8–Таблица подстановки с двумя переменными

## 2. Имитационное моделирование

*Имитационной моделью* сложной системы называются машинные программы или алгоритмы, позволяющие имитировать на компьютере поведение изучаемой системы или ее отдельных элементов и связей между ними в течение заданного времени моделирования.

В экономике имитационное моделирование чаще всего используется для получения прогнозных значений развития исследуемых объектов, явлений и процессов. Методы, приемы и механизмы MS Excel, позволяющие выполнять анализ временных рядов и прогнозирование, подробно рассмотрены в методическом указании «Использование основных приемов и методов анализа временных рядов и прогнозирования данных в профессиональной деятельности экономистов». В данной работе рассмотрим на конкретном примере получение имитационной модели прогнозирования значений экономического показателя на долгосрочную и краткосрочную перспективы, используя следующую методику:

1. Выявление закономерностей прошлого развития явления.
2. Подбор трендовой функции.
3. Экстраполяция (перенос) выявленных закономерностей на некоторый период будущего (получение значений долгосрочного прогноза).
4. Корректировка полученного прогноза на ближайшую перспективу (получение значений краткосрочного прогноза).

**Пример.** Получить прогнозные значения объемов выпуска продукции на следующий год. Исходные данные представлены на рис.2.1.

|    | А                                  | В        | С                          | С | Е |
|----|------------------------------------|----------|----------------------------|---|---|
| 1  |                                    |          |                            |   |   |
| 2  |                                    |          |                            |   |   |
| 3  | Анализ объема реализации продукции |          |                            |   |   |
| 4  |                                    |          |                            |   |   |
|    |                                    | Месяц    | Объем реализации (млн руб) |   |   |
| 5  |                                    |          |                            |   |   |
| 6  |                                    | Январь   | 40                         |   |   |
| 7  |                                    | Февраль  | 46                         |   |   |
| 8  |                                    | Март     | 38                         |   |   |
| 9  |                                    | Апрель   | 37                         |   |   |
| 10 |                                    | Май      | 32                         |   |   |
| 11 |                                    | Июнь     | 37                         |   |   |
| 12 |                                    | Июль     | 147                        |   |   |
| 13 |                                    | Август   | 137                        |   |   |
| 14 |                                    | Сентябрь | 138                        |   |   |
| 15 |                                    | Октябрь  | 108                        |   |   |
| 16 |                                    | Ноябрь   | 88                         |   |   |
| 17 |                                    | Декабрь  | 68                         |   |   |
| 18 |                                    |          |                            |   |   |

Рис.2.1 – Исходные данные

**Выявление закономерностей прошлого развития** изучаемого экономического показателя осуществляется с помощью визуального анализа графика его развития.

**Подбор трендовой функции** осуществляется в несколько этапов:

1. График дополняется всеми вариантами трендовых функций, причем с выводом их не только в области базовой линии прогноза, т.е. в области фактических значений, но и области прогноза. Таковых функций 9 (рис.2.2, рис.2.3 и рис.2.4). Помимо построения линий трендов осуществляется вывод уравнений, описывающих эти зависимости.

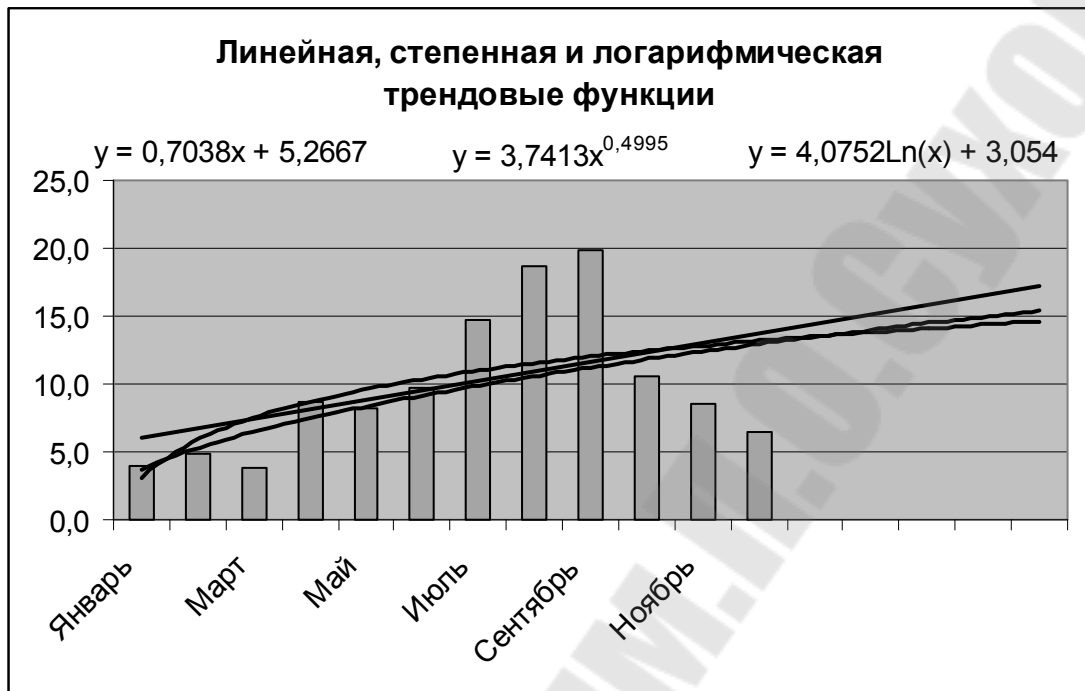


Рис.2.2

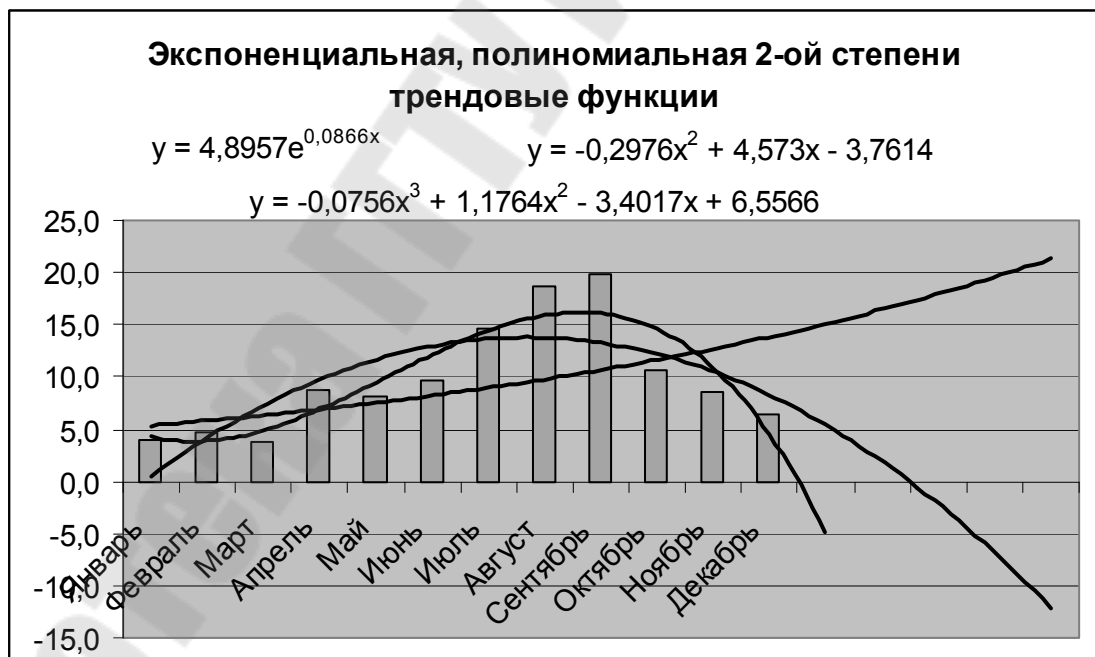


Рис.2.3

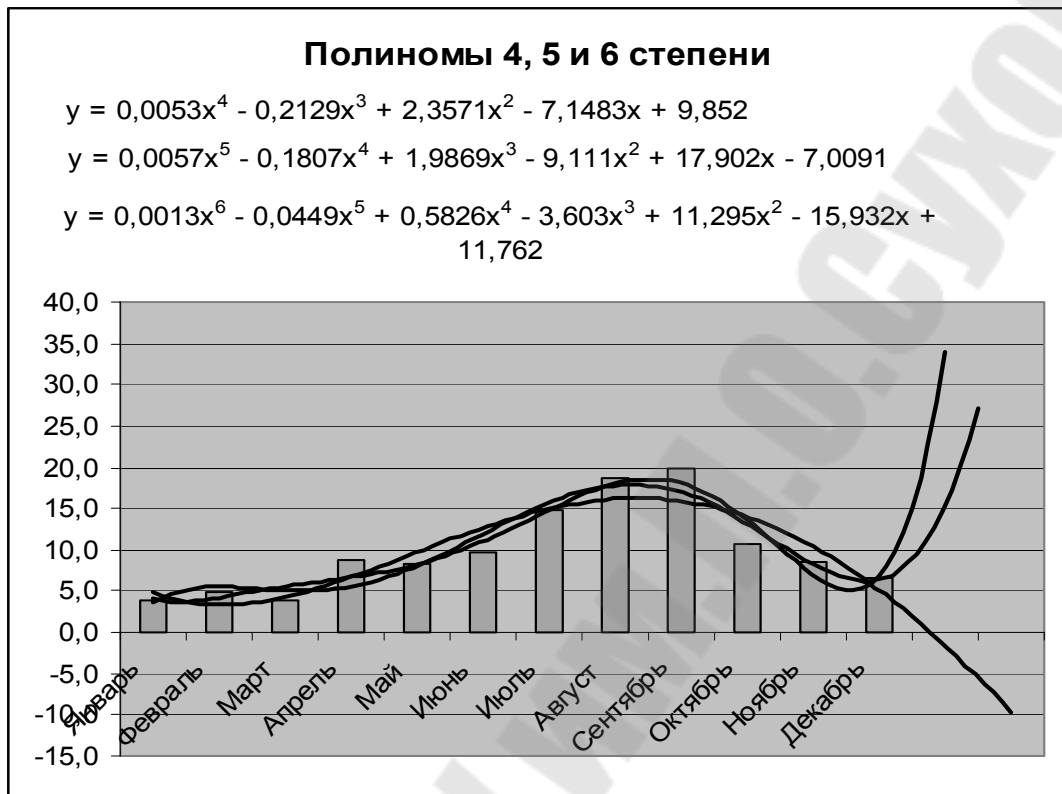


Рис.2.4

2. Выполняется визуальный анализ поведения трендовых линий в области прогноза. В нашем случае все полиномиальные зависимости исключаются из дальнейшего анализа, т.к. в прогнозной области они ведут себя неадекватно: некоторые «уводят» значения в область отрицательных значений, остальные дают неправдоподобный рост изучаемого показателя. Таким образом, в дальнейшем анализе участвуют только 4 трендовые функции: линейная, степенная, логарифмическая и экспоненциальная.

3. Осуществляется выбор единственной трендовой функции, которая будет использована в качестве имитационной модели расчета прогнозных значений на долгосрочную перспективу. Для этого

– осуществляется пересчет базовой линии прогноза с учетом выявленных аналитических зависимостей. В качестве значения неизвестной  $x$  используется номер наблюдения, т.е. исходные данные дополняются графой «№ п/п» (рис.2.5);

|    |   | =0,7098*A7+5,2867 |                            |             |           |                 |                  |   |
|----|---|-------------------|----------------------------|-------------|-----------|-----------------|------------------|---|
|    | A   | B                 | C                          | D           | E         | F               | G                | H |
| 1  |   |                   |                            |             |           |                 |                  |   |
| 2  |   |                   |                            |             |           |                 |                  |   |
| 3  | <b>Анализ объема реализации продукции</b> |                   |                            |             |           |                 |                  |   |
| 4  |   |                   |                            |             |           |                 |                  |   |
| 5  |   |                   |                            | Приближения |           |                 |                  |   |
| 6  | № п/п                                     | Месяц             | Объем реализации (млн.руб) | Линейное    | Степенное | Логарифмическое | Экспоненциальное |   |
| 7  | 1   | Январь            | 4,0                        | 6,0         | 3,7       | 3,1             | 5,3              |   |
| 8  | 2   | Февраль           | 4,8                        | 6,7         | 5,3       | 5,9             | 5,8              |   |
| 9  | 3   | Март              | 3,8                        | 7,4         | 6,5       | 7,5             | 6,3              |   |
| 10 | 4   | Апрель            | 8,7                        | 8,1         | 7,5       | 8,7             | 6,9              |   |
| 11 | 5   | Май               | 8,2                        | 8,8         | 8,4       | 9,6             | 7,5              |   |
| 12 | 6   | Июнь              | 9,7                        | 9,5         | 9,2       | 10,4            | 8,2              |   |
| 13 | 7   | Июль              | 14,7                       | 10,2        | 9,8       | 11,0            | 9,0              |   |
| 14 | 8   | Август            | 18,7                       | 10,9        | 10,6      | 11,5            | 9,8              |   |
| 15 | 9   | Сентябрь          | 19,8                       | 11,6        | 11,2      | 12,0            | 10,7             |   |
| 16 | 10  | Октябрь           | 10,6                       | 12,3        | 11,8      | 12,4            | 11,6             |   |
| 17 | 11  | Ноябрь            | 8,6                        | 13,0        | 12,4      | 12,8            | 12,7             |   |
| 18 | 12  | Декабрь           | 6,5                        | 13,7        | 12,9      | 13,2            | 13,8             |   |
| 19 |   |                   |                            |             |           |                 |                  |   |

Рис.2.5

– выбор функции, которая будет использована для получения прогнозных значений на долгосрочную перспективу, осуществляется на базе анализа тех погрешностей, которые дает каждая из функций. В качестве прогнозной оставляют ту функцию, которая дает наименьшие погрешности при пересчете базовой линии прогноза, т.е. предполагается, что эта функция будет давать наименьшие погрешности и в области прогноза. Для этого находят отклонения для каждой трендовой функции от фактических значений, причем с использованием функции  $=ABS()$ , т.к. в данном случае интересует вопрос о величине отклонения, а не его направлении (меньше или больше фактического). Выбор осуществляется по наименьшему среднему отклонению. Исходя из данных рис.2.6, в качестве функции для получения долгосрочного прогноза следует использовать степенную функцию.

| № «А-10»-102 |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
|--------------|------------------------------------|----------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----|
|              | А                                  | В        | С                          | Д                    | Е                  | Ф                | С                  | Н                | И                    | К                  | Л                |     |
| 1            |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 2            |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 3            | Анализ объема реализации продукции |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 4            |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 5            |                                    |          |                            | Таблицовки           |                    |                  |                    | Столбцы          |                      |                    |                  |     |
| 6            | № п/п                              | Месяц    | Объем реализации (млн руб) | Долгосрочный прогноз | Скользящее среднее | Экспоненциальное | Скользящее среднее | Экспоненциальное | Долгосрочный прогноз | Скользящее среднее | Экспоненциальное |     |
| 7            | 1                                  | Январь   | 4,0                        | 6,0                  | 3,7                | 3,1              | 6,0                | 2,0              | 0,3                  | 0,9                | 1,9              |     |
| 8            | 2                                  | Февраль  | 4,0                        | 6,7                  | 5,0                | 5,9              | 6,0                | 1,9              | 0,5                  | 1,1                | 1,0              |     |
| 9            | 3                                  | Март     | 5,0                        | 7,4                  | 6,5                | 7,5              | 6,0                | 1,8              | 2,2                  | 3,2                | 2,9              |     |
| 10           | 4                                  | Апрель   | 8,7                        | 8,1                  | 7,8                | 8,7              | 6,9                | 2,6              | 1,2                  | 0,0                | 1,6              |     |
| 11           | 5                                  | Май      | 1,2                        | 8,8                  | 9,4                | 9,6              | 7,6                | 1,8              | 0,2                  | 1,4                | 0,7              |     |
| 12           | 6                                  | Июнь     | 9,7                        | 9,5                  | 9,2                | 10,4             | 8,2                | 2,2              | 0,5                  | 0,7                | 1,5              |     |
| 13           | 7                                  | Июль     | 14,7                       | 10,2                 | 9,8                | 11,0             | 9,0                | 4,5              | 4,0                  | 2,7                | 5,7              |     |
| 14           | 8                                  | Август   | 19,7                       | 10,9                 | 10,8               | 11,5             | 9,8                | 7,8              | 8,1                  | 7,2                | 8,9              |     |
| 15           | 9                                  | Сентябрь | 19,9                       | 11,6                 | 11,2               | 12,0             | 10,7               | 1,0              | 0,6                  | 7,8                | 9,1              |     |
| 16           | 10                                 | Октябрь  | 11,6                       | 12,3                 | 11,8               | 12,4             | 11,6               | 1,2              | 1,2                  | 1,8                | 1,1              |     |
| 17           | 11                                 | Ноябрь   | 9,8                        | 13,0                 | 12,4               | 12,8             | 12,7               | 4,4              | 3,0                  | 4,2                | 4,1              |     |
| 18           | 12                                 | Декабрь  | 8,8                        | 13,7                 | 12,8               | 13,2             | 13,8               | 7,2              | 6,4                  | 6,7                | 7,8              |     |
| 19           |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 20           |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 21           |                                    |          |                            |                      | Среднее значение   |                  |                    |                  | 3,6                  | 3,2                | 3,3              | 3,6 |

Рис.2.6

Для **получения значений долгосрочного прогноза** необходимо, во-первых, дополнить графу «№ п/п» номерами наблюдений на необходимую перспективу, и, во-вторых, скопировать формулу выбранной в качестве прогнозной трендовой функции в область прогноза. Значения долгосрочного прогноза объема выпуска продукции представлены на рис.2.7 (выделены цветом).

| № «А-10»-102 |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
|--------------|------------------------------------|----------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----|
|              | А                                  | В        | С                          | Д                    | Е                  | Ф                | С                  | Н                | И                    | К                  | Л                |     |
| 1            |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 2            |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 3            | Анализ объема реализации продукции |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 4            |                                    |          |                            |                      |                    |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 5            |                                    |          |                            | Таблицовки           |                    |                  |                    | Столбцы          |                      |                    |                  |     |
| 6            | № п/п                              | Месяц    | Объем реализации (млн руб) | Долгосрочный прогноз | Скользящее среднее | Экспоненциальное | Скользящее среднее | Экспоненциальное | Долгосрочный прогноз | Скользящее среднее | Экспоненциальное |     |
| 7            | 1                                  | Январь   | 4,0                        | 6,0                  | 3,7                | 3,1              | 6,0                | 2,0              | 0,3                  | 0,8                | 1,9              |     |
| 8            | 2                                  | Февраль  | 4,0                        | 6,7                  | 5,0                | 5,9              | 6,0                | 1,9              | 0,5                  | 1,1                | 1,0              |     |
| 9            | 3                                  | Март     | 5,0                        | 7,4                  | 6,5                | 7,5              | 6,0                | 1,8              | 2,2                  | 3,2                | 2,9              |     |
| 10           | 4                                  | Апрель   | 8,7                        | 8,1                  | 7,8                | 8,7              | 6,9                | 2,6              | 1,2                  | 0,0                | 1,6              |     |
| 11           | 5                                  | Май      | 1,2                        | 8,8                  | 9,4                | 9,6              | 7,6                | 1,8              | 0,2                  | 1,4                | 0,7              |     |
| 12           | 6                                  | Июнь     | 9,7                        | 9,5                  | 9,2                | 10,4             | 8,2                | 2,2              | 0,5                  | 0,7                | 1,5              |     |
| 13           | 7                                  | Июль     | 14,7                       | 10,2                 | 9,8                | 11,0             | 9,0                | 4,5              | 4,0                  | 2,7                | 5,7              |     |
| 14           | 8                                  | Август   | 19,7                       | 10,9                 | 10,8               | 11,5             | 9,8                | 7,8              | 8,1                  | 7,2                | 8,9              |     |
| 15           | 9                                  | Сентябрь | 19,9                       | 11,6                 | 11,2               | 12,0             | 10,7               | 1,0              | 0,6                  | 7,8                | 9,1              |     |
| 16           | 10                                 | Октябрь  | 11,6                       | 12,3                 | 11,8               | 12,4             | 11,6               | 1,2              | 1,2                  | 1,8                | 1,1              |     |
| 17           | 11                                 | Ноябрь   | 9,8                        | 13,0                 | 12,4               | 12,8             | 12,7               | 4,4              | 3,0                  | 4,2                | 4,1              |     |
| 18           | 12                                 | Декабрь  | 8,8                        | 13,7                 | 12,8               | 13,2             | 13,8               | 7,2              | 6,4                  | 6,7                | 7,8              |     |
| 19           | 13                                 | Январь   |                            |                      | 13,8               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 20           | 14                                 | Февраль  |                            |                      | 14,1               | Среднее значение |                    |                  |                      | 1,4                | 1,2              | 1,2 |
| 21           | 15                                 | Март     |                            |                      | 14,5               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 22           | 16                                 | Апрель   |                            |                      | 14,9               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 23           | 17                                 | Май      |                            |                      | 15,4               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 24           | 18                                 | Июнь     |                            |                      | 15,9               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 25           | 19                                 | Июль     |                            |                      | 13,3               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 26           | 20                                 | Август   |                            |                      | 15,7               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 27           | 21                                 | Сентябрь |                            |                      | 15,1               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 28           | 22                                 | Октябрь  |                            |                      | 17,0               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 29           | 23                                 | Ноябрь   |                            |                      | 15,3               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |
| 30           | 24                                 | Декабрь  |                            |                      | 19,0               |                  |                    |                  |                      |                    |                  |     |

Рис.2.7

**Уточнение полученного прогноза на ближайший месяц**, т.е. получение краткосрочного прогноза, осуществляется двумя методами: скользящего среднего и экспоненциального сглаживания. В обоих случаях можно использовать пакет *Анализ данных*. Как и в предыдущем случае,



выбор метода осуществляется по значению наименьшей погрешности, определенной для области базовой линии прогноза.

Два замечания:

- исходными данными для получения значений скользящего среднего и экспоненциального сглаживания являются значения базовой линии прогноза, пересчитанные с помощью трендовой функции долгосрочного прогнозирования. Для рассматриваемого примера это – степенная функция;
- для расчета погрешности используются значения базовой линии прогноза.

Уточненное значение прогноза объема выпуска продукции на январь следующего года представлено на рис. 2.8.

### 3. Статистическое моделирование

Важнейшей задачей статистической обработки результатов компьютерного моделирования является задача статистического исследования зависимостей различных переменных (показателей эффективности, внешних воздействий, управлений, параметров сложной системы), включающая обнаружение значимой зависимости величин, оценку «степени» зависимости и нахождение модели зависимости. Фактически решение этой задачи сводится к корреляционному анализу и получению регрессионной функции изучаемой зависимой величины от независимых факторов. Подробно эти вопросы освещены в методическом пособии «Использование информационных технологий в анализе, прогнозировании временных рядов и принятии управленческих решений».

#### 4. Корреляционно-регрессионное моделирование экономических систем

Основная идея корреляционно-регрессионного моделирования экономических систем заключается в следующем: для получения прогнозных значений зависимой величины  $Y$  на  $l$  шагов вперед необходимо знать прогнозные значения всех входящих в нее факторов. Их оценки могут быть получены на основе моделей экстраполяции и заданы пользователем. Полученные оценки факторов подставляются в модель, в результате определяются прогнозные оценки зависимой переменной.

Рассмотрим эти процессы на примере.

**Пример.** *Получить прогнозные значения объема реализации продукции на базе корреляционно-регрессионной зависимости.*

В качестве исходных данных взяты данные примера методического пособия «Использование информационных технологий в анализе,

прогнозировании временных рядов и принятии управленческих решений». Исходные данные и матрица коэффициентов парной корреляции представлены на рис.4.1. В результате анализа матрицы выявлена двухфакторная модель

$$y = -1471,314 + 9,57x_1 + 15,75x_2,$$

где  $x_1$  и  $x_2$  – факторы «Расходы на рекламу» и «Индекс потребительских расходов» соответственно.

|    | A                                       | B     | C        | D      | E               | F                               | G  |
|----|---|-------|----------|--------|-----------------|---------------------------------|----|
| 1  | Исходные данные:                        |       |          |        |                 |                                 |    |
| 2  |   |       |          |        |                 |                                 |    |
| 3  | Y                                       | X1    | X2       | X3     | X4              | X5                              |    |
| 4  | Объем реализации                        | Время | Расплава | Цена   | Цена конкурента | Индекс потребительских расходов |    |
| 5  | 126                                     | 1     | 4,0      | 15,0   | 17,0            | 100,0                           |    |
| 6  | 137                                     | 2     | 4,0      | 14,9   | 17,3            | 99,4                            |    |
| 7  | 149                                     | 3     | 3,8      | 15,2   | 18,8            | 101,2                           |    |
| 8  | 161                                     | 4     | 3,7      | 15,5   | 18,2            | 103,6                           |    |
| 9  | 174                                     | 5     | 3,2      | 15,5   | 18,0            | 104,1                           |    |
| 10 | 170                                     | 6     | 3,7      | 16,0   | 18,0            | 107,0                           |    |
| 11 | 402                                     | 7     | 14,7     | 18,1   | 20,2            | 107,4                           |    |
| 12 | 445                                     | 8     | 16,7     | 19,0   | 18,8            | 109,6                           |    |
| 13 | 367                                     | 9     | 15,8     | 19,8   | 18,2            | 108,3                           |    |
| 14 | 387                                     | 10    | 10,6     | 16,3   | 18,8            | 109,2                           |    |
| 15 | 331                                     | 11    | 8,6      | 16,3   | 17,0            | 110,1                           |    |
| 16 | 307                                     | 12    | 6,5      | 16,1   | 18,3            | 110,7                           |    |
| 17 | 301                                     | 13    | 12,8     | 15,4   | 16,4            | 110,3                           |    |
| 18 | 345                                     | 14    | 6,5      | 15,7   | 18,2            | 111,8                           |    |
| 19 | 364                                     | 15    | 6,8      | 18,0   | 17,7            | 112,3                           |    |
| 20 | 384                                     | 16    | 6,7      | 15,1   | 18,2            | 112,6                           |    |
| 21 |   |       |          |        |                 |                                 |    |
| 22 | Матрица парных коэффициентов корреляции |       |          |        |                 |                                 |    |
| 23 |   |       |          |        |                 |                                 |    |
| 24 | Факторы                                 | Y     | X1       | X2     | X3              | X4                              | X5 |
| 25 | Y                                       | 1     |          |        |                 |                                 |    |
| 26 | X1                                      | 0,674 | 1        |        |                 |                                 |    |
| 27 | X2                                      | 0,644 | 0,106    | 1      |                 |                                 |    |
| 28 | X3                                      | 0,233 | 0,174    | -0,303 | 1               |                                 |    |
| 29 | X4                                      | 0,226 | -0,051   | 0,204  | 0,690           | 1                               |    |
| 30 | X5                                      | 0,811 | 0,954    | 0,272  | 0,234           | 0,031                           | 1  |

Рис. 4.1

Методика корреляционно-регрессионного моделирования для двухфакторной модели:

1. По первому фактору  $x_1$  построить график, вывести все трендовые функции (рис.4.2 и рис.4.3) и выбрать зависимость, наилучшим образом описывающую изменения анализируемого фактора (расчеты

представлены на рис.4.4).

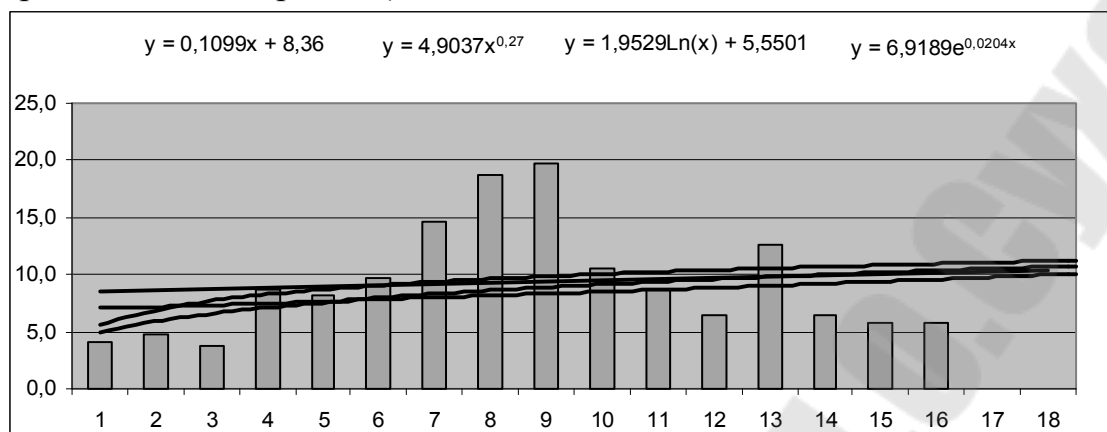


Рис.4.2

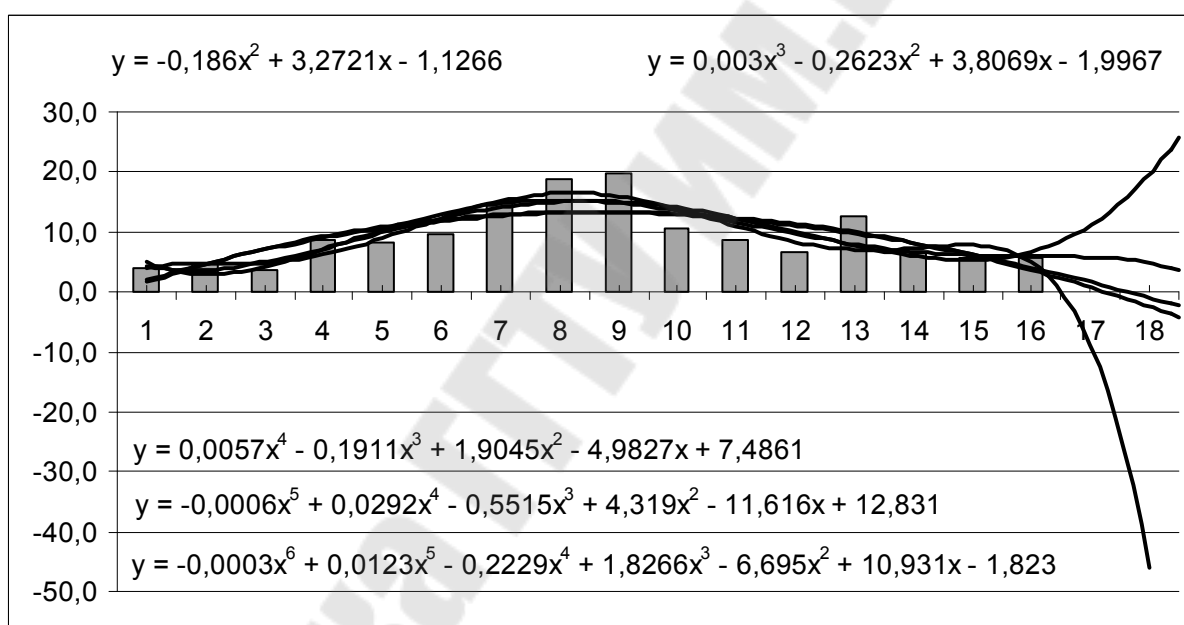


Рис.4.3

|    | А  | В       | С                 | Д       | Е        | Ф         | Г           | Н       | І        | Ј       | К |
|----|--|---------|-------------------|---------|----------|-----------|-------------|---------|----------|---------|---|
| 1  | Моделирование фактора "Расходы на рекламу" |         |                   |         |          |           |             |         |          |         |   |
| 2  |  |         |                   |         |          |           |             |         |          |         |   |
| 3  | № п/п                                      | Реклама | Трендовая функция |         |          |           | Погрешности |         |          |         |   |
| 4  |  |         | Линейная          | Степен. | Логариф. | Экспон.   | Линейная    | Степен. | Логариф. | Экспон. |   |
| 5  | 1  | 4,0     | 0,5               | 4,9     | 5,8      | 7,1       | 4,5         | 0,9     | 1,8      | 3,1     |   |
| 6  | 2  | 4,8     | 0,6               | 5,9     | 6,9      | 7,2       | 3,8         | 1,1     | 2,1      | 2,4     |   |
| 7  | 3  | 3,6     | 0,7               | 6,8     | 7,7      | 7,4       | 4,9         | 2,8     | 3,9      | 3,6     |   |
| 8  | 4  | 6,7     | 0,8               | 7,1     | 8,3      | 7,5       | 0,1         | 1,6     | 0,4      | 1,2     |   |
| 9  | 5  | 8,2     | 0,9               | 7,6     | 8,7      | 7,7       | 0,7         | 0,6     | 0,5      | 0,5     |   |
| 10 | 6  | 9,7     | 0,0               | 8,0     | 9,0      | 7,8       | 0,7         | 1,7     | 0,7      | 1,9     |   |
| 11 | 7  | 14,7    | 0,1               | 8,3     | 9,4      | 0,0       | 5,6         | 6,4     | 5,3      | 6,7     |   |
| 12 | 8  | 16,7    | 0,2               | 8,6     | 9,6      | 8,1       | 9,5         | 10,1    | 9,1      | 10,6    |   |
| 13 | 9  | 19,0    | 0,3               | 8,9     | 9,8      | 8,3       | 10,5        | 10,9    | 10,0     | 11,5    |   |
| 14 | 10   | 10,6    | 0,5               | 9,1     | 10,0     | 8,5       | 1,1         | 1,5     | 0,6      | 2,1     |   |
| 15 | 11   | 8,0     | 0,6               | 9,4     | 10,2     | 8,7       | 1,0         | 0,8     | 1,8      | 0,1     |   |
| 16 | 12   | 6,9     | 0,7               | 9,6     | 10,4     | 0,0       | 3,2         | 3,1     | 3,9      | 2,3     |   |
| 17 | 13   | 12,6    | 0,8               | 9,8     | 10,6     | 9,0       | 2,8         | 2,8     | 2,0      | 3,6     |   |
| 18 | 14   | 6,5     | 0,9               | 10,0    | 10,7     | 9,2       | 3,4         | 3,5     | 4,2      | 2,7     |   |
| 19 | 15   | 5,0     | 10,0              | 10,2    | 10,8     | 9,4       | 4,2         | 4,4     | 5,0      | 3,6     |   |
| 20 | 16   | 5,7     | 10,1              | 10,4    | 11,0     | 9,5       | 4,4         | 4,7     | 5,3      | 3,9     |   |
| 21 | 17   |         |                   |         | 11,1     |           |             |         |          |         |   |
| 22 | 18   |         |                   |         | 11,2     | Ср. знач. | 3,0         | 3,6     | 3,5      | 3,7     |   |
| 23 | 19   |         |                   |         | 11,3     |           |             |         |          |         |   |
| 24 | 20   |         |                   |         | 11,4     |           |             |         |          |         |   |
| 25 | 21   |         |                   |         | 11,5     |           |             |         |          |         |   |
| 26 | 22   |         |                   |         | 11,6     |           |             |         |          |         |   |
| 27 | 23   |         |                   |         | 11,7     |           |             |         |          |         |   |
| 28 | 24   |         |                   |         | 11,8     |           |             |         |          |         |   |
| 29 | 25   |         |                   |         | 11,8     |           |             |         |          |         |   |
| 30 | 26   |         |                   |         | 11,9     |           |             |         |          |         |   |

Рис.4.4

2. По второму фактору  $x_2$  построить график, вывести все трендовые функции (рис.4.5 и рис.4.6) и выбрать зависимость, наилучшим образом описывающую изменения анализируемого фактора (расчеты представлены на рис.4.7).

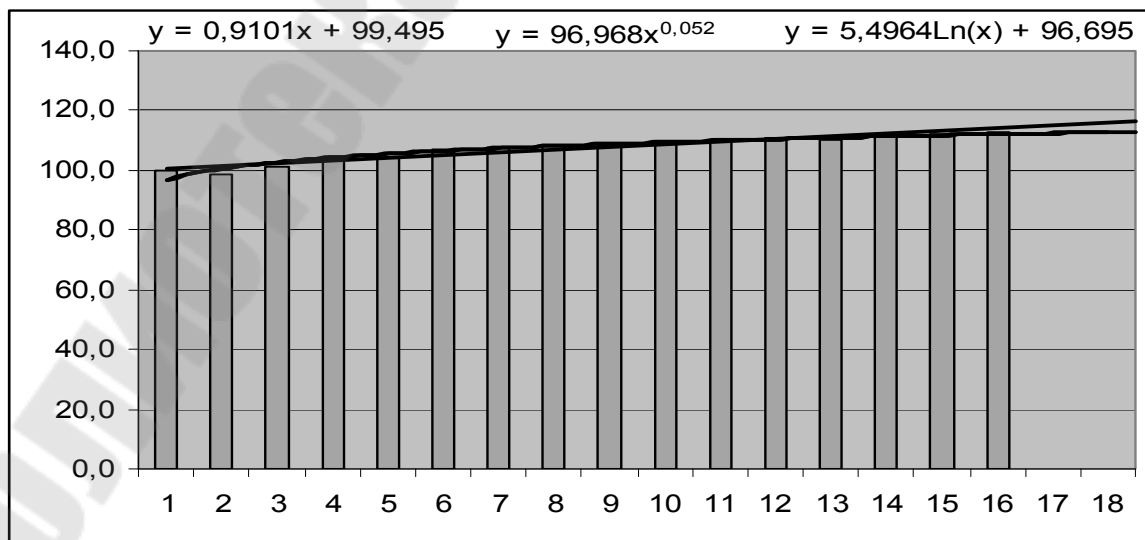


Рис.4.5

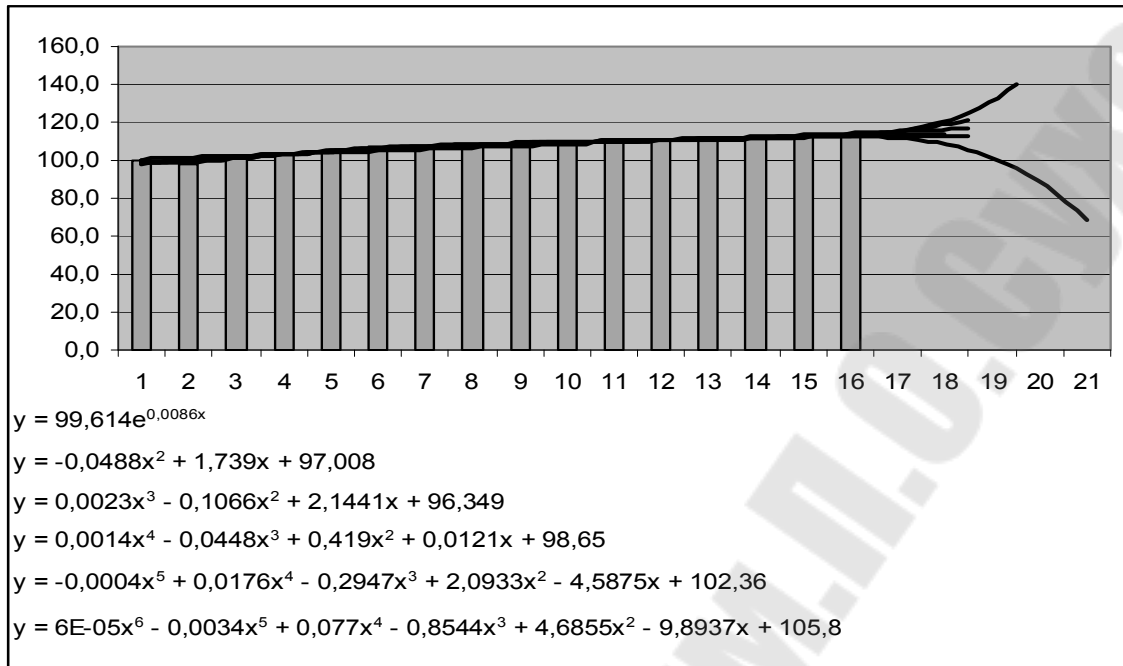


Рис.4.6

|    | A   | B                               | C      | D                   | E           | F      | G           | H      | I           | J           | K      | L           | M      | N           |  |
|----|---|---------------------------------|--------|---------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--|
| 1  | Моделирование фактора "Индекс потребительских расходов" |                                 |        |                     |             |        |             |        |             |             |        |             |        |             |  |
| 2  |   |                                 |        |                     |             |        |             |        |             |             |        |             |        |             |  |
| 3  |   | Индекс потребительских расходов |        | Трехчленные функции |             |        |             |        |             | Горизонталь |        |             |        |             |  |
| 4  | № п/п   | Индекс потребительских расходов | Индекс | Скобки              | Коэффициент | Скобки | Коэффициент | Скобки | Коэффициент | Индекс      | Скобки | Коэффициент | Скобки | Коэффициент |  |
| 5  | 1   | 100,0                           | 100,4  | 0,20                | 96,2        | 100,0  | 0,07        | 90,2   | 0,4         | 0,0         | 0,3    | 0,6         | 1,0    | 1,6         |  |
| 6  | 2   | 100,2                           | 100,3  | 0,05                | 100,5       | 100,3  | 0,05        | 100,2  | 2,9         | 2,1         | 2,1    | 2,9         | 1,3    | 1,8         |  |
| 7  | 3   | 100,2                           | 102,2  | 0,27                | 102,2       | 102,2  | 0,00        | 101,9  | 0,0         | 1,0         | 1,5    | 1,0         | 0,6    | 0,7         |  |
| 8  | 4   | 100,8                           | 103,1  | 0,40                | 103,3       | 103,1  | 0,00        | 103,2  | 0,4         | 0,7         | 0,8    | 0,4         | 0,3    | 0,1         |  |
| 9  | 5   | 104,1                           | 104,0  | 0,04                | 105,5       | 104,0  | 0,40        | 104,2  | 0,1         | 1,0         | 1,4    | 0,1         | 0,4    | 0,5         |  |
| 10 | 6   | 102,0                           | 105,0  | 0,34                | 106,5       | 104,9  | 0,05        | 105,9  | 0,0         | 0,8         | 0,5    | 0,1         | 1,3    | 1,1         |  |
| 11 | 7   | 102,4                           | 105,9  | 0,35                | 107,4       | 105,0  | 0,00        | 106,9  | 0,5         | 0,1         | 0,0    | 1,0         | 0,6    | 0,5         |  |
| 12 | 8   | 100,8                           | 106,8  | 0,60                | 108,1       | 106,2  | 0,00        | 107,9  | 0,0         | 0,8         | 0,2    | 1,8         | 0,7    | 0,8         |  |
| 13 | 9   | 105,8                           | 107,7  | 0,07                | 109,9       | 107,0  | 0,07        | 109,7  | 0,6         | 0,4         | 0,5    | 0,7         | 0,4    | 0,4         |  |
| 14 | 10  | 100,0                           | 108,6  | 0,00                | 109,2       | 108,6  | 0,00        | 109,2  | 1,6         | 1,1         | 0,2    | 1,6         | 1,1    | 0,2         |  |
| 15 | 11  | 101,1                           | 109,5  | 0,08                | 109,9       | 109,5  | 0,00        | 110,1  | 0,6         | 0,0         | 0,2    | 0,6         | 0,1    | 0,0         |  |
| 16 | 12  | 100,7                           | 110,3  | 0,00                | 110,2       | 110,3  | 0,00        | 110,2  | 0,0         | 1,4         | 0,3    | 1,2         | 1,1    | 0,0         |  |
| 17 | 13  | 101,9                           | 111,3  | 0,00                | 110,9       | 111,4  | 0,00        | 111,3  | 0,0         | 0,5         | 0,5    | 0,0         | 1,1    | 1,0         |  |
| 18 | 14  | 101,8                           | 112,9  | 0,00                | 111,2       | 112,3  | 0,00        | 111,4  | 1,3         | 0,0         | 0,6    | 1,0         | 1,1    | 0,0         |  |
| 19 | 15  | 104,9                           | 113,1  | 0,00                | 111,5       | 113,3  | 0,00        | 112,3  | 0,8         | 0,7         | 0,7    | 0,0         | 0,2    | 0,0         |  |
| 20 | 16  | 103,6                           | 114,1  | 0,00                | 111,4       | 114,0  | 0,00        | 112,0  | 0,0         | 1,8         | 1,0    | 1,4         | 1,4    | 0,1         |  |
| 21 | 17  |                                 |        |                     |             |        |             | 113,3  |             |             |        |             |        |             |  |
| 22 | 18  |                                 |        |                     |             |        |             | 113,0  | 0,00        | 0,00        | 0,00   | 1,04        | 0,62   | 0,56        |  |
| 23 | 19  |                                 |        |                     |             |        |             | 112,7  |             |             |        |             |        |             |  |
| 24 | 20  |                                 |        |                     |             |        |             | 112,0  |             |             |        |             |        |             |  |
| 25 | 21  |                                 |        |                     |             |        |             | 115,7  |             |             |        |             |        |             |  |
| 26 | 22  |                                 |        |                     |             |        |             | 116,4  |             |             |        |             |        |             |  |
| 27 | 23  |                                 |        |                     |             |        |             | 117,3  |             |             |        |             |        |             |  |
| 28 | 24  |                                 |        |                     |             |        |             | 118,2  |             |             |        |             |        |             |  |
| 29 | 25  |                                 |        |                     |             |        |             | 119,3  |             |             |        |             |        |             |  |
| 30 | 26  |                                 |        |                     |             |        |             | 120,5  |             |             |        |             |        |             |  |
| 31 | 27  |                                 |        |                     |             |        |             | 121,8  |             |             |        |             |        |             |  |

Рис.4.7

3. Вычислить прогнозные значения для зависимой величины «Объем реализации продукции» на базе выявленной регрессионной зависимости  $y = -1471,314 + 9,57x_1 + 15,75x_2$ . Для

$$Y_{t=17} = -1471,438 + 9,568 * 11,1 + 15,754 * 113,3 = 419,1$$

$$Y_{t=18} = -1471,438 + 9,568 * 11,2 + 15,754 * 113,8 = 428,51$$

Все расчеты представлены на рис.4.8.

E21     =1471,314+9,57\*C21+15,75\*D21

|    | A   | B     | C       | D                               | E                | F | G |
|----|---|-------|---------|---------------------------------|------------------|---|---|
| 1  | <b>Прогнозирование объема реализации продукции на</b> |       |         |                                 |                  |   |   |
| 2  | <b>базе корреляционно-регрессионной зависимости</b>   |       |         |                                 |                  |   |   |
| 3  |   |       |         |                                 |                  |   |   |
| 4  |   | № г/п | Реклама | Индекс потребительских расходов | Объем реализации |   |   |
| 5  |   | 1     | 4,0     | 100,0                           |                  |   |   |
| 6  |   | 2     | 4,8     | 98,4                            |                  |   |   |
| 7  |   | 3     | 3,8     | 101,2                           |                  |   |   |
| 8  |   | 4     | 6,7     | 103,5                           |                  |   |   |
| 9  |   | 5     | 6,2     | 104,1                           |                  |   |   |
| 10 |   | 6     | 9,7     | 107,0                           |                  |   |   |
| 11 |   | 7     | 14,7    | 107,4                           |                  |   |   |
| 12 |   | 8     | 16,7    | 108,5                           |                  |   |   |
| 13 |   | 9     | 19,0    | 108,3                           |                  |   |   |
| 14 |   | 10    | 10,6    | 109,2                           |                  |   |   |
| 15 |   | 11    | 6,6     | 110,1                           |                  |   |   |
| 16 |   | 12    | 6,5     | 110,7                           |                  |   |   |
| 17 |   | 13    | 12,6    | 110,3                           |                  |   |   |
| 18 |   | 14    | 6,5     | 111,0                           |                  |   |   |
| 19 |   | 15    | 5,0     | 112,3                           |                  |   |   |
| 20 |   | 16    | 5,7     | 112,9                           |                  |   |   |
| 21 |   | 17    | 11,1    | 113,3                           | 419,1            |   |   |
| 22 |   | 18    | 11,2    | 113,8                           | 428,5            |   |   |
| 23 |   | 19    | 11,3    | 114,4                           | 438,3            |   |   |
| 24 |   | 20    | 11,4    | 115,0                           | 448,9            |   |   |
| 25 |   | 21    | 11,5    | 115,7                           | 460,4            |   |   |
| 26 |   | 22    | 11,6    | 116,4                           | 473,1            |   |   |
| 27 |   | 23    | 11,7    | 117,3                           | 487,2            |   |   |
| 28 |   | 24    | 11,8    | 118,2                           | 502,9            |   |   |
| 29 |   | 25    | 11,8    | 119,3                           | 520,4            |   |   |
| 30 |   | 26    | 11,9    | 120,5                           | 539,9            |   |   |
| 31 |   |       |         |                                 |                  |   |   |

Рис.4.8

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 3  |
| 1. Численное моделирование.....  | 5  |
| 1.1. Подбор параметра для заданного числового значения зависимой величины .....  | 5  |
| 1.2. Изучение зависимой величины, представленной в виде уравнения, от одного или нескольких независимых параметров ..... | 7  |
| 1.2.1. Таблица подстановки с одной переменной .....  | 8  |
| 1.2.2. Таблица подстановки с двумя переменными .....   | 10 |
| 2. Имитационное моделирование.....   | 11 |
| 3. Статистическое моделирование .....  | 17 |
| 4. Корреляционно-регрессионное моделирование экономических систем .....  | 17 |

**Водополова Наталия Витальевна**

**КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Пособие**

**по курсам «Информационные технологии»,  
«АРМ менеджера» для студентов  
экономических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 12.11.2010.

Рег. № 37Е.

E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)

<http://www.gstu.by>