

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования «Витебский государственный технологический  
университет»

**Методы и средства исследований технологических процессов в текстиль-  
ной промышленности**

Методические указания и контрольные задания для студентов специальности 1-  
50 01 01 заочной формы обучения (полный и сокращенный курс)

Витебск  
2009

УДК 677.02(075.8)

Методы и средства исследований технологических процессов в текстильной промышленности: методические указания и контрольные задания для студентов специальности 1-50 01 01 заочной формы обучения (полный и сокращенный курс).

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2009.

Составитель: доц. Скобова Н.В.

В методических указаниях приведены основные задания для выполнения контрольных работ по дисциплине «Методы и средства исследований технологических процессов» для студентов заочной и сокращенной формы обучения. В методических указаниях предусмотрено руководство по использованию программы «STATISTICA for WINDOWS» для выполнения контрольных заданий.

Одобрено кафедрой ПНХВ УО «ВГТУ»  
«25» марта 2009 г., протокол № 13

Рецензент: доц. Иванова Т.П.  
Редактор: проф. Рыклин Д.Б.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «   » \_\_\_\_\_ 2009 г., протокол №    

Ответственный за выпуск: Кунашев В.В.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Уч.-изд. лист. \_\_\_\_\_

Печать ризографическая. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_ Цена \_\_\_\_\_

Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	стр. 4
Задание 1. Определение основных числовых характеристик совокупности случайных величин.....	5
Задание 2. Определение вида дифференциального закона распределения случайной величины.....	8
Задание 3. Корреляционный анализ.....	11
Руководство по использованию программы «STATISTICA for WINDOWS» для выполнения заданий.....	13
Литература.....	23
Приложения.....	24

## Введение

Современный технический прогресс текстильной промышленности связан с развитием ее техники и технологии. Для успешного управления технологическими процессами и их оптимизации с целью повышения производительности оборудования и качества продукции уже недостаточно знать отдельные качественные стороны процесса.

Для анализа сложных технологических процессов широко применяются методы экспериментального математического моделирования. Использование методов планирования эксперимента позволяет получать математические модели исследуемого процесса в реализованном диапазоне изменения многих факторов, влияющих на процесс, наиболее экономичным и эффективным способом.

Деятельность современного инженера, научного работника, как правило, связана с анализом экспериментальных данных в различных областях естествознания. Существует значительное количество программных продуктов, предназначенных для выполнения статистического анализа результатов исследований. Несомненным преимуществом пакета «STATISTICA for WINDOWS» является его полная интеграция в среду «WINDOWS», что значительно расширяет спектр представляемых пользователю услуг, например, в области обмена данными между различными программами. Полученная в результате исследований и обработки с использованием «STATISTICA for WINDOWS» диаграмма может быть перенесена в Ваш отчет, набранный в текстовом редакторе «Word» и т.п.

«STATISTICA for WINDOWS» является статистической и графической системой, сочетающей широкий диапазон аналитических средств, высокую математическую точность расчетов и превосходную графику. Особенно эффективно использование данного пакета при исследовании сложных стохастических (вероятностных) систем, к которым можно отнести большинство технологических процессов.

Данные методические указания разработаны с целью освоения методов экспериментальных исследований и являются, по сути, кратким обобщением различных методик, изложенных в ряде специализированных изданий по математическому планированию экспериментов. Основное внимание уделено корректной обработке данных активных и пассивных экспериментов.

## Задание 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВОКУПНОСТИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

#### *План отчета*

1. Рассчитать математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение для переменных  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  (исходные данные для расчета представлены в приложении 4).
2. Определить наличие резко выделяющихся значений в выборке для трех переменных по критерию Смирнова-Грабса. Сделать вывод по результатам расчета.
3. Рассчитать коэффициент вариации и квадратическую неровноту случайных величин  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$ .
4. Определить абсолютную и относительную ошибку и границы доверительного интервала по исследуемым переменным.
5. Рассчитать доверительный объем испытаний для трех переменных. Проанализировать полученный результат.

#### *Основные сведения*

При измерении свойств продуктов текстильных производств и технологических параметров, как правило, получается совокупность случайных величин, которая может быть определена числовыми характеристиками: средним (математическим ожиданием), дисперсией, коэффициентом вариации, квадратической неровнотой. Известно, что числовые характеристики меняются от выборки к выборке и являются также случайными величинами, которые варьируют с заданной доверительной вероятностью в определенном интервале. Чем больше ошибка числовой характеристики, тем шире интервал. Точность каждой числовой характеристики определяется ее ошибкой, а надежность – доверительной вероятностью. Задаваясь точностью и надежностью при известной дисперсии случайной величины, можно определить доверительный объем испытаний для оценки числовой характеристики.

Перед непосредственной реализацией опытов по анализу случайной величины исследователь должен осуществить ряд организационных и технических мероприятий, от тщательности выполнения которых зависит в большой мере успех эксперимента, а именно:

- ◆ проверить свойства сырья и материалов и установить их соответствие задачам исследования;
- ◆ проверить состояние оборудования (стендов, приборов и т.д.);
- ◆ при необходимости провести тарировку и определить точность показаний измерительной техники;
- ◆ при использовании аналоговой характеристики исследуемого параметра (непрерывной регистрации в виде диаграммы, осциллограммы и т.п.) осуществить ее дискретизацию с целью получения совокупности случайных величин;

♦ проведение одной серии опытов поручать только одному исполнителю, т.к. замена исполнителей может привести к наложению субъективных погрешностей наблюдения.

Для ознакомления с методикой определения основных числовых характеристик совокупности случайных величин необходимо получить данную совокупность. Она может быть получена на разрывной машине (прочность, удлинение), весах (масса отрезков пряжи, полосок ткани или трикотажа), круткомере (крутка пряжи) и других приборах.

Совокупность полученных экспериментальных данных часто имеет значения, резко выделяющиеся относительно других, что приводит к постановке вопроса об их исключении из дальнейшей обработки. Причиной появления таких данных может быть изменение условий проведения опыта в момент наблюдения, ошибочная регистрация параметра (по вине оператора) и т.п. Независимо от причин получения резко выделяющихся данных они могут существенно исказить числовые характеристики. С другой стороны, при необоснованном исключении таких данных числовые характеристики также будут искажены.

Самый надежный метод определения возможности исключения резко выделяющихся данных – это анализ условий, при которых они были получены. Если условия существенно отличаются от стандартных (или установленных по плану эксперимента), то данные необходимо исключить из дальнейшей обработки независимо от их величины.

### ***Методика выполнения расчета***

#### ***1. Расчет математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения.***

Математическое ожидание  $\bar{Y}$  (среднее значение) определяет центр распределения случайных величин, около которого группируется большая их часть.

Абсолютными характеристиками рассеяния случайной величины  $Y$  около центра распределения  $\bar{Y}$  является дисперсия  $S^2(Y)$  и среднее квадратическое отклонение  $S(Y)$ .

Расчет оценок математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения для анализируемой выборки осуществляется по следующим формулам:

$$\text{среднее} - \bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_i \quad (1)$$

$$\text{дисперсия} - S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (2)$$

$$\text{среднее квадратическое отклонение} - S\{Y\} = \sqrt{S^2\{Y\}} \quad (3)$$

где  $m$  – количество наблюдений.

## 2. Исключение резко выделяющихся экспериментальных данных.

Для исключения резко выделяющихся значений используют статистический метод, сущность которого заключается в следующем:

♦ находят в совокупности максимальную и минимальную величины и определяют расчетные значения критерия Смирнова-Грабса  $V_R$ :

$$V_{R \max} = \frac{Y_{i \max} - \bar{Y}}{S\{Y\}} \sqrt{\frac{m}{m-1}}$$

$$V_{R \min} = \frac{\bar{Y} - Y_{i \min}}{S\{Y\}} \sqrt{\frac{m}{m-1}};$$

♦ сравнивают полученные значения с табличным  $V_T$  (приложение 1) при уровне доверительной вероятности  $P_D = 0,95$ ; если  $V_{R \max}$  или  $V_{R \min}$  больше  $V_T$ , то соответствующее значение  $V$  необходимо исключить из совокупности, а затем повторить расчет оценок  $\bar{Y}$ ,  $S^2(Y)$  и  $S(Y)$ ;

♦ процедуру повторяют до полного исключения резко выделяющихся значений из совокупности.

## 3. Расчет относительных характеристик рассеяния случайной величины.

Относительной характеристикой рассеивания случайной величины является коэффициент вариации  $CV(Y)$ :

$$CV(Y) = \frac{S(Y)}{\bar{Y}}$$

Если данная величина выражается в процентах, то она называется квадратической неровнотой  $C(Y)$ :

$$C(Y) = \frac{S(Y)}{\bar{Y}} \cdot 100$$

## 4. Определение ошибки среднего и границ доверительного интервала.

В результате измерений исследуемого параметра возникают ошибки (погрешности измерения), для описания которых введены оценки абсолютной  $e_i$  и относительной  $\delta_i$  погрешности. Абсолютная и относительная доверительные ошибки, допущенные при оценке математического ожидания, определяются по формулам:

$$e(Y) = \frac{2 \cdot S(Y)}{\sqrt{m}}$$

$$d(Y) = \frac{2 \cdot C(Y)}{\sqrt{m}}$$

Двусторонним доверительным интервалом называется интервал, который покрывает неизвестный параметр распределения с заданной доверительной вероятностью  $P_D$ :

$$\bar{Y} - e\{Y\} \leq \bar{Y} \leq \bar{Y} + e\{Y\}$$

#### 5. Доверительный объем испытаний.

Анализируя точность оценки среднего значения, можно решить, является ли она достаточной или требуется увеличение объема измерений. Задаваясь требуемой величиной относительной ошибки (например,  $\delta = 3\%$ ) и приняв квадратическую неровноту по данным предыдущих опытов, можно рассчитать доверительный объем выборки:

$$m(Y) \geq \left( \frac{u\{P_D\} \cdot C(Y)}{d(Y)} \right)^2,$$

где  $u\{P_D\}$  – квантиль распределения случайной величины (для нормального распределения и при условии  $P_D = 0,95$  квантиль  $u\{P_D\}$  равен 2).

### **Задание 2**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ**

##### *План отчета*

1. Рассчитать количество классов, на которые необходимо разделить исследуемую выборку (численные значения из выборки представлены в приложении 5).
2. Разбить выборку на классы, рассчитать количество значений в каждом классе и среднее значение выборки в пределах каждого класса. Заполнить таблицу 1.
3. По способу отсчета от условного нуля закодировать строки и рассчитать среднее значение по всей выборке, среднее квадратическое отклонение и квадратическую неровноту. Заполнить таблицу 2.
4. Задаться видом дифференциального закона распределения случайной величины, после чего рассчитать наблюдаемое значение критерия Пирсона. Данные расчета внести в таблицу 2.
5. Сделать вывод о законе распределения случайной величины.
6. Построить график теоретического и экспериментального распределения случайной величины по классам.



### Основные сведения

Наиболее полной характеристикой совокупности случайных величин является дифференциальная или интегральная функции распределения. Для определения вида распределения в исследуемой совокупности используется критерий Пирсона.

Совокупность случайных величин может быть получена на разрывной машине (прочность, удлинение), весах (масса отрезков пряжи, полосок ткани или трикотажа), круткоммере (крутка пряжи) и других приборах (можно воспользоваться совокупностями, приведенными в приложении 7).

### Методика выполнения задания

Полученный ряд экспериментальных значений делят на классы (интервалы). Исходя из количества элементов совокупности  $m$ , число классов  $k$  определяют по формуле (с округлением до целого):

$$k = 3.332 \cdot \lg m + 1 \quad \text{при } 50 < m < 200;$$

$$k = 4 \cdot \sqrt[5]{0.75(m-1)^2} \quad \text{при } m > 200.$$

Например, для  $m = 50$  принимаем  $k = 1$ . Находим в анализируемой выборке максимальное  $Y_{\max}$  и минимальное  $Y_{\min}$  значения и определяем величину интервала:

$$\Delta Y = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{k}$$

Составляем таблицу 1 и разносим все значения анализируемой совокупности по соответствующим классам.

Количество случайных величин в каждом классе  $m_i$  называется частотой. После сортировки значений определяем частоту  $m_i$  и математическое ожидание (среднее)  $Y_i^*$  в каждом классе.

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 2.

Таблица 1

№ класса	1	2	3	...	$k$
Границы класса	$Y_{\min} \div (Y_{\min} + \Delta Y)$	$(Y_{\min} + \Delta Y) \div (Y_{\min} + 2\Delta Y)$	$(Y_{\min} + 2\Delta Y) \div (Y_{\min} + 3\Delta Y)$	...	$(Y_{\min} + (k-1)\Delta Y) \div Y_{\max}$
Значения $Y_i$				...	
Частота $m_i$				...	
Среднее в классе $Y_i^*$				...	

Таблица 2

$i$	Границы классов	$m_i$	$Y_i^*$	$y_i$	$m_i \cdot y_i$	$y_i^2$	$m_i \cdot y_i^2$	$m_i^T$	$\frac{(m_i - m_i^T)^2}{m_i}$
1.				<b>-3</b>					
2.				<b>-2</b>					
3.				<b>-1</b>					
4.				<b>0</b>					
5.				<b>1</b>					
6.				<b>2</b>					
7.				<b>3</b>					
$\Sigma$	-		-	-		-		-	

Значение  $Y_i^*$  в том классе, где  $m_i$  принимает максимальное значение, называется условным нулем выборки  $Y_0^*$ .

Значения  $y_i$  находятся по формуле (и округляются до ближайшего целого):

$$y_i = \frac{Y_i^* - Y_0^*}{\Delta Y}$$

По способу отсчета от условного нуля находим среднее значение выборки:

$$\bar{Y} = Y_0^* + \frac{\Delta Y}{m} \sum_{i=1}^k m_i \cdot y_i$$

Находим среднее квадратическое отклонение и квадратическую неравноту:

$$S(Y) = \frac{\Delta Y}{\sqrt{m}} \sqrt{\sum_{i=1}^k m_i \cdot y_i^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^k m_i \cdot y_i \right)^2}$$

$$C(Y) = \frac{S(Y)}{\bar{Y}} 100$$

Задаемся видом предполагаемой дифференциальной или интегральной функции распределения. Как правило, случайные величины, являющиеся предметом анализа, отвечают нормальному закону распределения:

$$j(Y) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \cdot \exp \left[ -\frac{(Y_i^* - \bar{Y})^2}{2 \cdot S^2(Y)} \right]$$

Вычисляем теоретические частоты  $m_i^T$  в каждом классе:

$$m_i^T = \frac{m_i \cdot \Delta Y}{S(Y)} \cdot j(Y)$$

Полученные значения вносим в таблицу 2 и рассчитываем наблюдаемое значение критерия Пирсона:

$$C_{набл}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - m_i^T)^2}{m_i}$$

Из приложения 2 определяем критическое значение критерия Пирсона  $C_{крит}^2$  при уровне доверительной вероятности  $P_D = 0,95$  и числе степеней свободы  $f = k - 2$ .

Если  $C_{набл}^2 \leq C_{крит}^2$ , то анализируемую величину можно считать распределенной по нормальному закону. Если  $C_{набл}^2 \geq C_{крит}^2$ , то необходимо использовать другие функции распределения (лог-нормальную, экспоненциальную, показательную, степенную и т.д.) до нахождения распределения, адекватного исследуемой величине.

### Задание 3 КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

#### *План отчета*

1. Рассчитать средние значения для переменных  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$ , их дисперсии  $S^2(X)$  и  $S^2(Y)$  (данные для расчета можно использовать из приложения 4).
2. Рассчитать коэффициент корреляции. По полученным данным сделать вывод о характере статистической связи между переменными  $X$  и  $Y$ .
3. Оценить значимость рассчитанного коэффициента корреляции по критерию Стьюдента.

#### *Основные сведения*

При исследовании какого-либо объекта и одновременной регистрации двух ( $X$  и  $Y$ ) или более факторов получается две или более последовательностей (по количеству факторов) сопряженных случайных чисел, являющихся ко-

ординатами точек в многомерном пространстве признаков. Множество таких точек образует корреляционное поле, причем количество точек будет равно количеству наблюдений за объектом. Чем меньше разброс точек в корреляционном поле, тем сильнее теснота связи между случайными величинами.

Для оценки степени взаимосвязи двух случайных величин  $X$  и  $Y$  рассчитывают числовую характеристику  $r_{YX}$ , называемую коэффициентом корреляции.

В практике текстильных исследований корреляционная связь между случайными величинами считается :

- слабой при  $0,3 < |r_{YX}| \leq 0,4$
- средней при  $0,4 < |r_{YX}| \leq 0,7$
- сильной при  $0,7 < |r_{YX}| \leq 0,9$
- очень сильной при  $0,9 < |r_{YX}|$

#### **Методика выполнения задания**

Для выполнения расчета воспользуйтесь данными таблицы, приведенной в приложении 5.

1. Определяем средние значения  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$ , их дисперсии  $S^2(X)$  и  $S^2(Y)$  для совокупностей по формулам (1-3) (можно воспользоваться уже проведенным расчетом в задании 1).
2. Расчет коэффициента корреляции и определение его значимости:

$$r_{YX} = \frac{\sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{(m-1) \cdot S\{X\} \cdot S\{Y\}}$$

По значению коэффициента делаем вывод о тесноте корреляционной взаимосвязи между  $X$  и  $Y$ .

Для определения значимости коэффициента корреляции определяем расчетное значение критерия Стьюдента:

$$t_r \{r_{YX}\} = \frac{r_{YX} \sqrt{m-2}}{\sqrt{1-r_{YX}^2}}$$

Теоретическое значение критерия  $t_T$  определяем по таблице (приложение 3) при условии, что  $P_D = 0,95$   $f = m-2$ . Если  $t_R \{r_{YX}\} > t_T$ , то гипотеза о наличии корреляционной взаимосвязи между  $X$  и  $Y$  не отвергается.

# РУКОВОДСТВО ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРОГРАММЫ «STATISTICA for WINDOWS» ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

## *Ввод и редактирование данных*

При входе в программу «STATISTICA for WINDOWS» появляется окно, называемое переключатель разделов «STATISTICA Module Switcher» (рис.1), в котором выбираем необходимый для работы раздел - **Basic Statistics**.

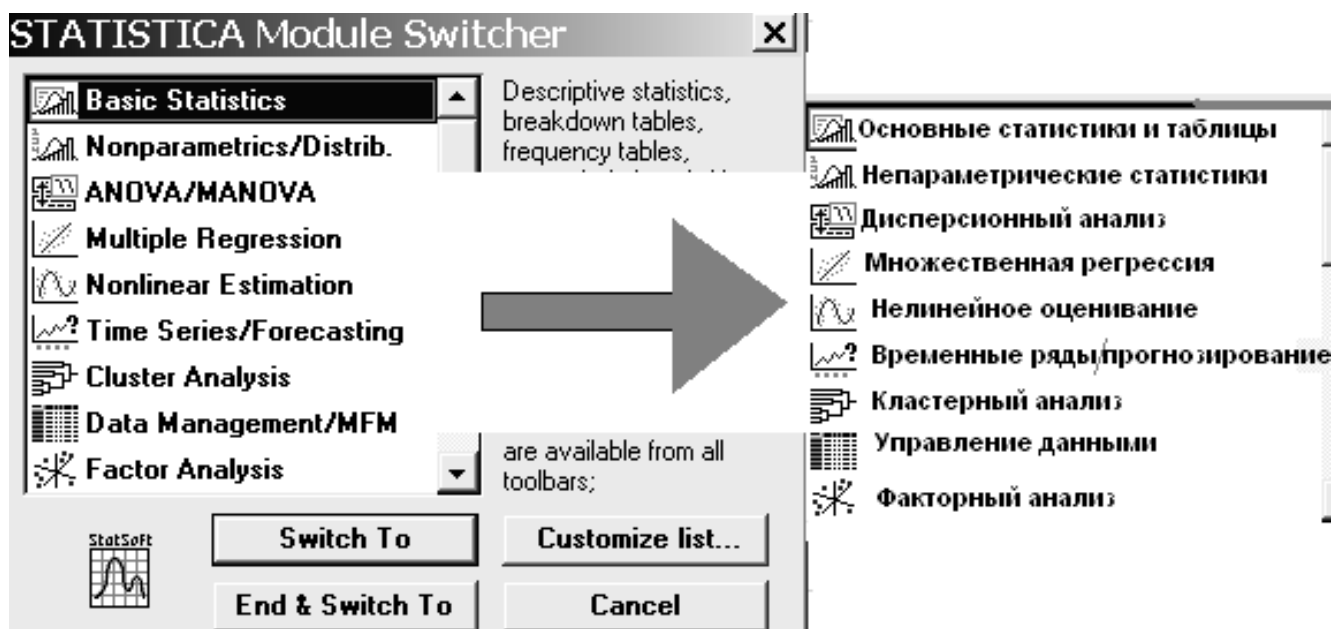


Рисунок 1. Переключатель разделов

Появившееся в результате предыдущих действий окно (рис.2) предназначено для ввода исходных данных (случайных величин предлагаемой совокупности). В столбики «VAR1», «VAR2» и т.д. вводятся численные значения исходной совокупности (причем, дробные значения вводить через запятую).

На линейке окна имеются две кнопки «VARS» и «CASES», которые используются для редактирования соответственно столбиков и строк в исходной матрице (рис.3). В них используем следующие закладки:

- Add – добавить столбики (строки);
- Move – передвинуть столбики (строки);
- Copy – копировать столбики (строки);
- Delete – удалить столбики (строки);
- Names – имя строки.

STATISTICA: Basic Statistics and Tables

File Edit View Analysis Graphs Options Macro Window Help

-999! [Icons] Vars Cases ABC [Icons]

Data: NEW.STA 10v \* 10c

#	1 VAR1	2 VAR2	3 VAR3	4 VAR4	5 VAR5	6 VAR6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Рисунок 2. Исходная матрица

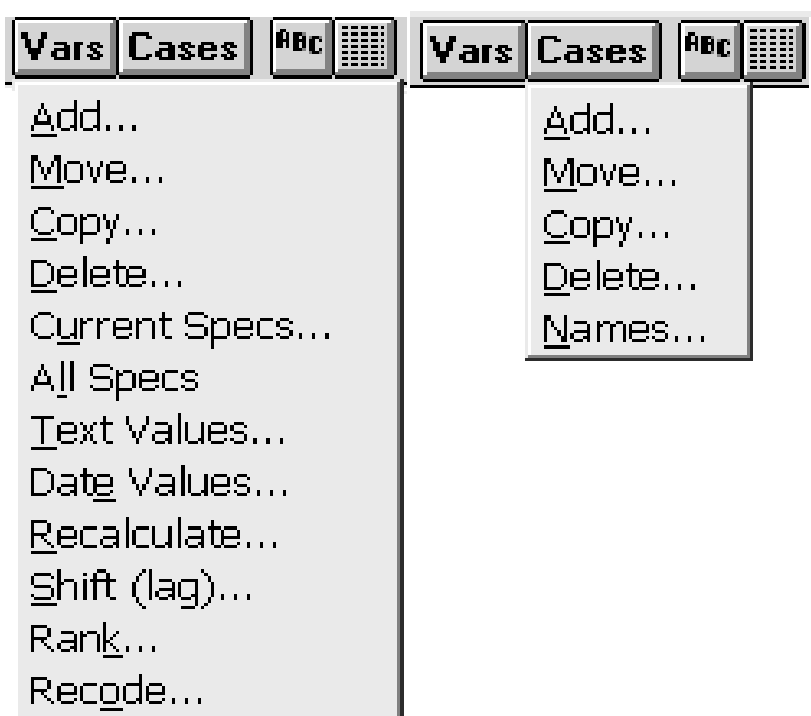


Рисунок 3. Редактор столбиков (vars) и строк (cases)

Для того чтобы *изменить имя столбика* в матрице, необходимо дважды щелкнуть мышкой по имеющемуся названию, в результате чего появится окно (рис.4). В нем, в ячейке **Name**, пишут новое название столбика, в ячейке **Decimals** указывают количество знаков после запятой, в ячейке **Column width** – указывают ширину столбика.

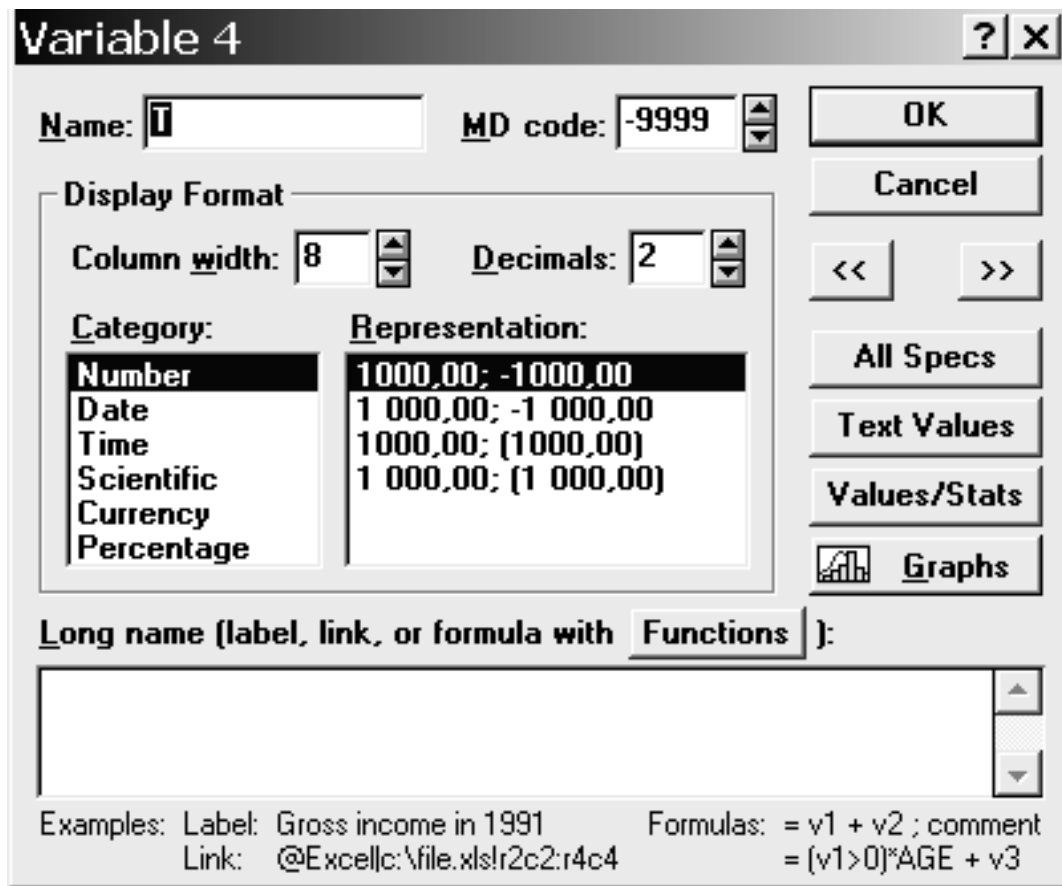


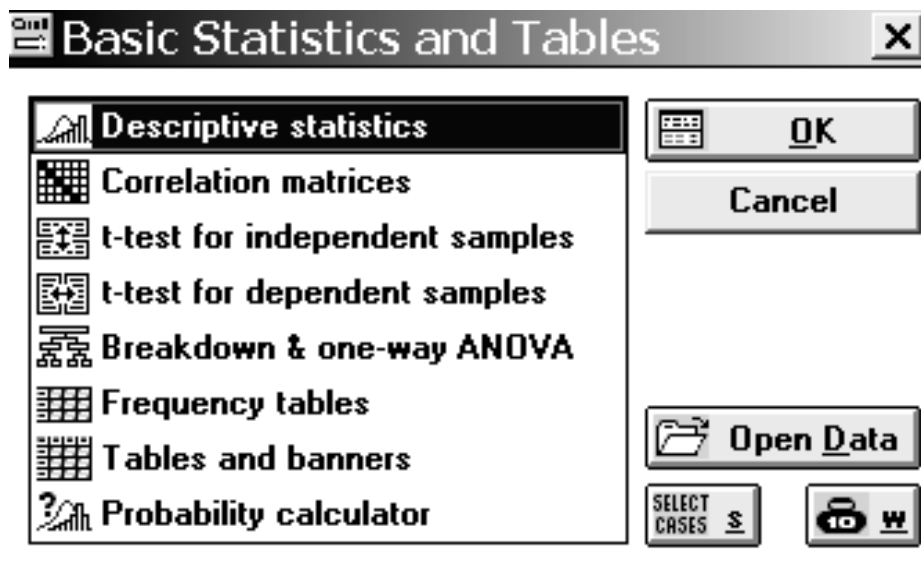
Рисунок 4. Настройки параметров столбца

В программе «STATISTICA for WINDOWS» все расчетные операции находятся на линейке исходного файла (рис.2) в редакторе «**Analysis**», графические программы – редактор «**Graphs**».

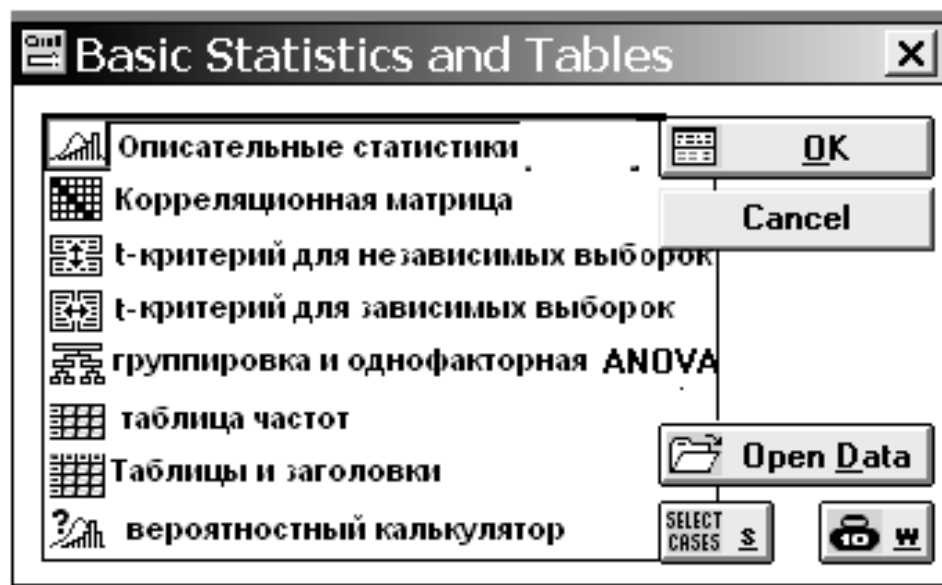
В модуле «**Basic Statistics**» в редакторе «**Analysis**» находятся приложения, представленные на рисунке 5,а (перевод с английского – рис.5,б).

***Расчет среднестатистических характеристик.***

Для расчета среднестатистических характеристик (среднего, дисперсии, среднего квадратического отклонения и т.д.) необходимо выбрать **Descriptive statistics**. В появившемся окне (рис.6) в ячейке **Variable** выбираем переменные, по которым проводим расчет. Далее нажимаем **More Statistics** и проставляем «галочки» напротив тех параметров, которые необходимо рассчитать (таблица 3). После этого нажимаем **Detailed descriptive statistics** и получаем таблицу с требуемыми характеристиками.



**a**



**б**

Рисунок 5. Расчетные операции Basic Statistics



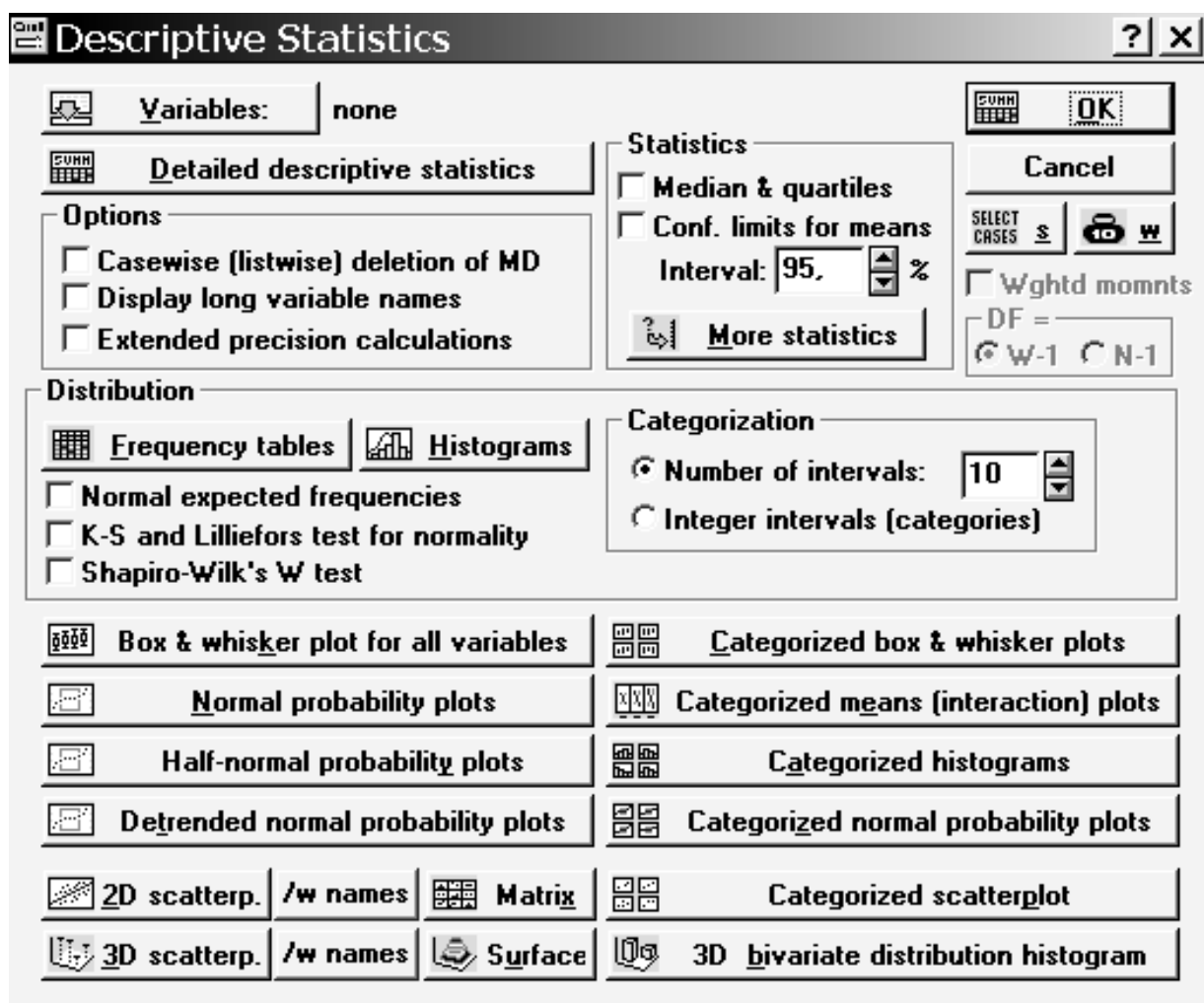


Рисунок 6. Характеристика редактора Descriptive statistics (описательные статистики)

Таблица 3. Среднестатистические характеристики

Valid N	Число элементов совокупности
Mean	Среднее
Sum	Сумма
Median	Медиана
Standart Deviation	Среднее квадратическое отклонение
Variance	Дисперсия
Standart Error of mean	Средняя квадратическая ошибка
95% confidence limits of mean	Уровень доверительной вероятности
Minimum and Maximum	Минимум и максимум совокупности
Lower and upper quartiles	Нижний и верхний квартиль

*Построение частотной таблицы. Определение закона распределения случайной величины.*

Для разбивания всей выборки на классы (частотный анализ) в модуле «Basic Statistics» в редакторе «Analysis» выбираем **Frequency Tables** (рис.5). В

появившемся окне выбираем переменные в ячейке **Variable**, после чего активируем строку **Step** и указываем в ней величину интервала, с которым разбивалась выборка на классы. В результате получаем окно (рис.7), в котором в первом столбике указаны границы интервалов, на которые разбита выборка, в столбце **Count** - количество переменных, попавших в указанный класс, **Cumul. Count** – сумма переменных, попавших во все предыдущие классы, **Percent of valid** – процент переменных, попавших в каждый класс.

Continue...	Count	Cumul. Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid
-1,500 < x <= -1,000	9	9	31,03448	31,0345
-1,000 < x <= -,5000	0	9	0,00000	31,0345
-,5000 < x <= 0,0000	11	20	37,93103	68,9655
0,0000 < x <= ,50000	0	20	0,00000	68,9655
,50000 < x <= 1,0000	9	29	31,03448	100,0000
Missing	0	29	0,00000	

Рисунок 7. Частотный анализ

Для определения закона распределения случайной величины необходимо в переключателе разделов «**STATISTICA Module Switcher**» (рис.1) выбрать раздел «**Nonparametrics/Dest.**». В появившемся окне, если не открылся необходимый файл, сначала нажать **Open file** и выбрать необходимый для работы документ, далее активировать строку **Distribution fitting**. После этого в рамке **Continuous Distrib.** дважды нажать левой клавишей мышки на строку **Normal**. В новом окне (рис.8) нажимаем **Variable** и выбираем анализируемые переменные. Далее в ячейке **Number of categories** указываем количество классов, на которые разбита выборка. Затем необходимо поочередно выбирать в ячейке **Distribution** закон распределения случайной величины (нормальный экспоненциальный, гамма и т.д.) и нажимая кнопку **Graph** строить частотные гистограммы (рис.9). Над появившимся графиком указано рассчитанное значение критерия Пирсона (**Chi-Square**). Наиболее подходящим является тот закон, при котором значение **Chi-Square** не будет превышать критического значения, выбранного по таблице в приложении 2.

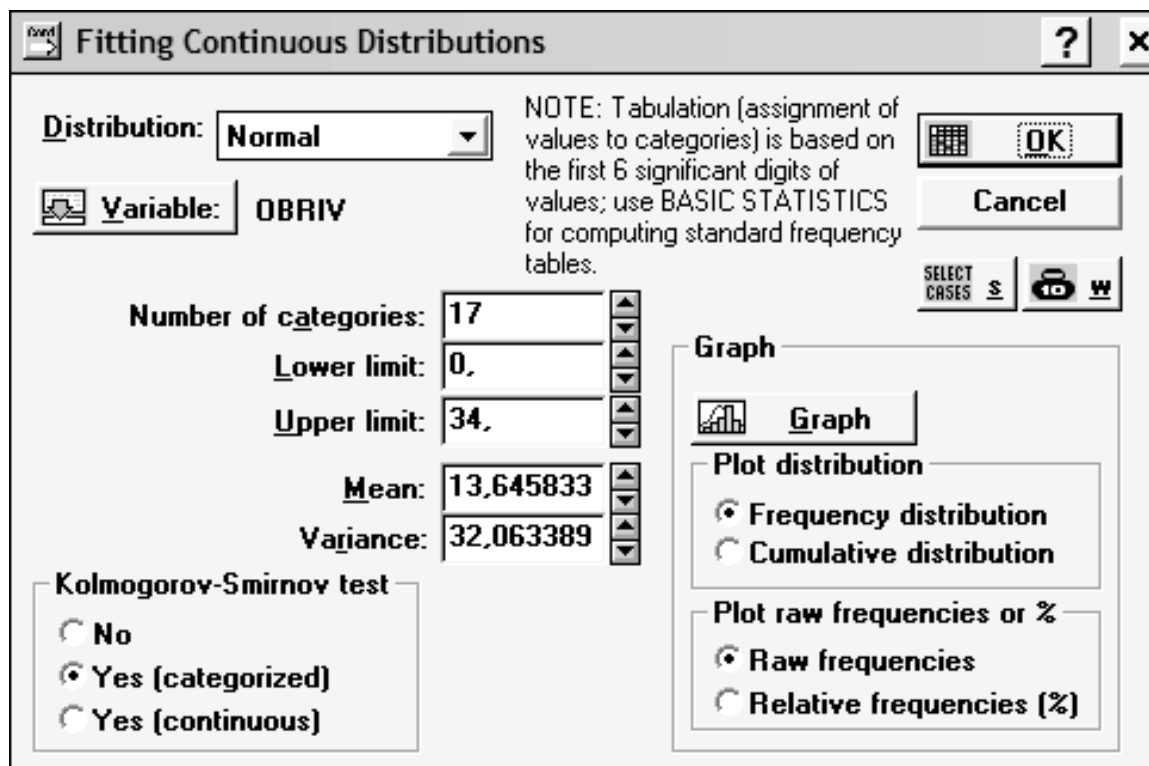


Рисунок 8. Выбор закона распределения случайной величины

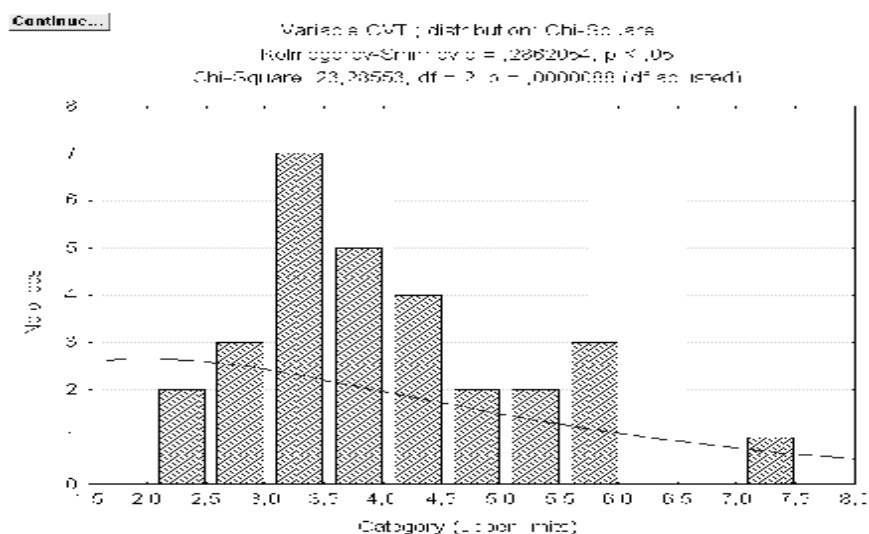


Рисунок 9. Распределение случайной величины по закону кси-квадрат

### Корреляционный анализ

Для проведения корреляционного анализа необходимо в переключателе разделов «**STATISTICA Module Switcher**» (рис.1) выбрать модуль «**Basic Statistics**», где в редакторе «**Analysis**» выбираем раздел **Correlation matrices** и нажать «ОК». В появившемся окне (рис.10) нажимаем кнопку «Two lists (rectang. matrix)» и выбираем, какие переменные в корреляционной матрице будут в столбце **First variable list**, а какие – в столбце **Second variable list** и нажимаем «ОК». После этого в окне (рис.10) активируем строку **Corr. matrix (display**

**p&N)** для вывода на экран уровня значимости рассчитанных параметров, нажимаем «OK».

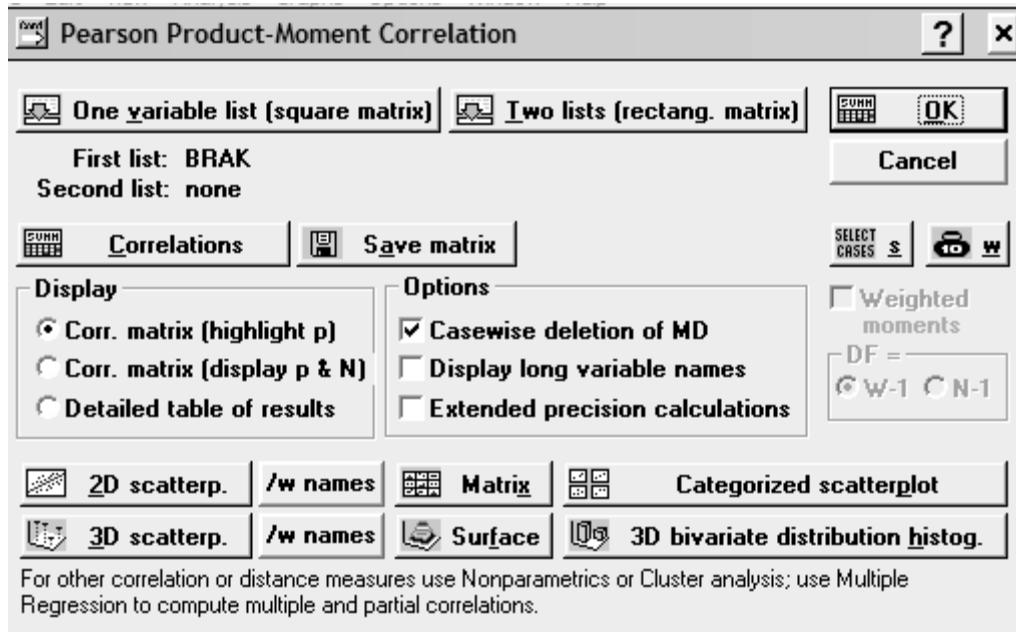


Рисунок 10. Выбор переменных для корреляционного анализа

Появляется корреляционная матрица с рассчитанными значениями коэффициентов корреляции (рис.11). На пересечении строк и столбиков указаны численные значения коэффициента корреляции (например, между переменными A и BRAK  $r = -0,3305$ ) и уровень значимости рассчитанных коэффициентов ( $p = 0,049$ ). Для построения графического изображения корреляционной взаимосвязи исследуемых параметров необходимо в окне на рисунке 10 нажать **2D scatterp.**

Correlations (дисперс-анализ.sta)			
<b>Continue...</b>	Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=36 (Casewise deletion of missing data)		
Variable	A	B	BRAK
A	1,0000	,0000	-,3305
	p= ---	p=1,00	p=,049
B	,0000	1,0000	-,4910
	p=1,00	p= ---	p=,002
BRAK	-,3305	-,4910	1,0000
	p=,049	p=,002	p= ---

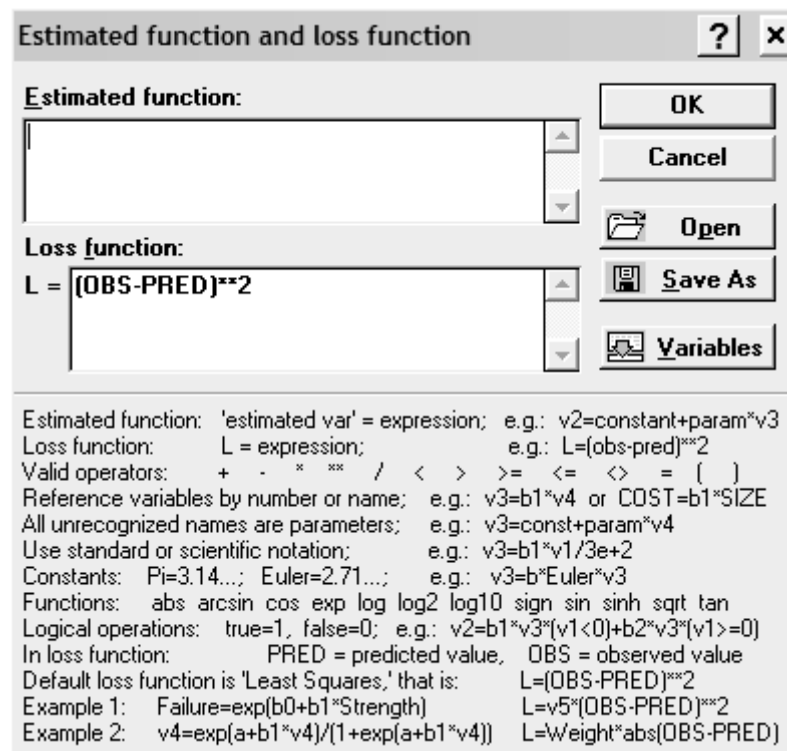
Рисунок 11. Корреляционная матрица

Для расчета множественного коэффициента корреляции необходимо в переключателе разделов «**STATISTICA Module Switcher**» (рис.1) выбрать мо-

дуль «**Multiple Regression**» . В появившемся окне, если не открылся необходимый файл, сначала нажать **Open file** и выбрать необходимый для работы документ. Далее нажимаем **Variable** и выбираем переменные, между которыми необходимо рассчитать корреляцию, причем в столбце **Dependent var** указать зависимые переменные (выходные), а в столбце **Independent var** – независимые (входные) переменные. Затем нажать «ОК». В появившемся окне в строке Multiple R указан рассчитанный множественный коэффициент корреляции.

### *Регрессионный анализ*

Для проведения нелинейного регрессионного анализа необходимо в переключателе разделов «**STATISTICA Module Switcher**» выбрать модуль **Non-linear Estimation**, внутри которого выбрать раздел **User-specified regression**. В появившемся окне (рис.12) в рамке **Estimated function** вводят общий вид регрессионного уравнения, для которого необходимо провести расчет коэффициентов уравнения. Далее нажимаем «ОК» и в поле **Asymptotic standart errors** появившегося окна необходимо проставить «√» для включения в итоговый отчет расчет ошибок и уровней значимости. После этого на последующих трех окнах необходимо просто нажимать «ОК». Искомые значения будут находиться в окне-таблице Model (рис.13). Исходные данные для выполнения регрессионного анализа приведены в приложении 6.



**Рисунок 12. Ввод регрессионного уравнения**

В строках таблицы указана следующая информация:

**Estimate** – численное значение рассчитанных коэффициентов;

**Std.Err.** – средняя квадратическая ошибка расчета;

**t(5)** – расчетное значение критерия Стьюдента (цифра в скобках – число степеней свободы);

**p-level** – уровень значимости рассчитанных коэффициентов.

Model: cv1=a0+a1\*x1+a2\*x2+a112\*x1\*x1\*x2 (lent-2пер-99.sta)

NONLIN. Dep. var: CV1 Loss: (OBS-PRED)\*\*2  
ESTIMAT. Final loss: ,010633333 R=,93308 Variance explained: 87,064%

N=9	A0	A1	A2	A112
Estimate	,55000	,076667	-,13000	,105000
Std.Err.	,01537	,018827	,03261	,039937
t(5)	35,77950	4,072232	-3,98665	2,629111
p-level	,00000	,009613	,01046	,046583

Рисунок 13. Рассчитанные значения коэффициентов регрессионной модели

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – Москва : Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
2. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – Москва : Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
3. Литовский, С. М. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности» / С. М. Литовский. – Витебск, ВГТУ, 1996. – 42 с.
4. Севостьянов, А. Г. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной промышленности / А. Г. Севостьянов. – Москва : «Легкая индустрия», 1980. – 392 с.
5. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 184 с.

**Приложение 1**

**Критические значения критерия Смирнова-Граббса  $V_T$**

Количество элементов совокупности	Уровень доверительной вероятности, $p_D$		
	<b><i>0,99</i></b>	<b><i>0,95</i></b>	<b><i>0,90</i></b>
3	1.414	1.412	1.406
4	1.723	1.689	1.645
5	1.955	1.869	1.791
6	2.130	1.996	1.894
7	2.265	2.093	1.974
8	2.374	2.172	2.041
9	2.464	2.237	2.097
10	2.540	2. 294	2.146
11	2.606	2.343	2.190
12	2.663	2.387	2.229
13	2.714	2.426	2.664
14	2.759	2.461	2.297
15	2.800	2.493	2.326
16	2.837	2.523	2.354
17	2.871	2.551	2.380
18	2.903	2.577	2.404
19	2.932	2.600	2.426
20	2.959	2.623	2.447
21	2.984	2.644	2.467
22	3.008	2.664	2.486
23	3.030	2.683	2.504
24	3.051	2.701	2.502
25	3.071	2.717	2.537



Приложение 2

Критические значения критерия Пирсона  $\chi^2_T$

Число степеней свободы	Уровень доверительной вероятности, $P_D$			
	0,90	0,95	0,99	0,999
1	2.705	3.841	6.635	10.828
2	4.605	5.991	9.210	13.816
3	6.251	7.815	11.345	16.266
4	7.779	9.488	13.277	18.467
5	9.236	11.070	15.086	20.515
6	10.645	12.591	16.812	22.458
7	12.017	14.067	18.475	24.322
8	13.361	15.507	20.090	26.125
9	14.684	16.919	21.666	27.877
10	15.987	18.307	23.209	29.588
11	17.275	19.675	24.725	31.264
12	18.549	21.026	26.217	32.909
13	19.812	22.362	27.688	34.528
14	21.064	23.685	29.141	36.123
15	22.307	24.996	30.578	37.697
16	23.542	26.296	31.999	39.252
17	24.769	27.587	33.409	40.790
18	25.989	28.869	34.805	42.312
19	27.204	30.143	36.191	43.820
20	28.412	31.410	37.566	45.315
21	29.615	32.670	38.932	46.797
22	30.813	33.924	40.289	48.268
23	32.007	35.172	41.638	49.728
24	33.196	36.415	42.980	51.179
25	34.382	37.652	44.314	52.620

## Приложение 3

### Значения критерия Стьюдента $t_T$

Число степеней свободы	Уровень доверительной вероятности, $P_D$				
	0.80	0,90	0,95	0,99	0,999
1	3.078	6.314	12.706	63.657	636.62
2	1.866	2.920	4.303	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	5.841	12.924
4	1.533	2.132	2.776	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	4.032	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	3.499	5.408
8	1.397	1.860	2.306	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.807	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.779	3..707
27	1.314	1.703	2.052	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.750	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.660	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.617	3.373
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.576	3.291

## Приложение 4

$X_1$  – разрывная нагрузка пряжи, сН;  $X_2$  – разрывное удлинение пряжи, %;  $Y$  – линейная плотность пряжи, текс;  $m$  - количество испытаний

m	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3			Вариант 4			Вариант 5			Вариант 6			Вариант 7			Вариант 8			Вариант 9		
	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y	$X_1$	$X_2$	Y
1	285	3,8	9,2	437	10	45	685	15,5	25	960	17,2	99	835	9,8	101	580	9,9	56	1055	14	90	465	7,8	41	750	10,6	76
2	380	6,6	12,2	425	13,4	41	680	15	28	965	17,2	87	1075	14,8	107	440	7,2	44	1190	15	102	675	12,7	59	775	13,4	70
3	240	4,2	8,5	465	12,4	48	660	12,2	20	985	18,2	112	1195	13,7	101	755	13,8	62	1175	15,4	114	580	11	41	875	14,5	94
4	260	3,1	10,4	450	12	47	660	13,4	25	930	14	74	1015	13	107	705	11	44	1050	15	96	775	13	70	700	12,8	82
5	355	4,4	9,8	430	9,8	42	645	12	20	935	14,4	81	1025	13,9	113	535	9,3	44	1020	13,7	84	470	8	53	600	10,1	70
6	165	2,4	8,5	450	11,4	46	685	14,2	25	950	14,6	99	1035	15,6	101	490	8,8	33	1075	14,7	90	575	9,9	57	495	8,3	64
7	390	4,1	10,4	450	12,4	46	630	11,4	18	985	17,2	105	995	13,9	107	565	11	56	1095	15,4	108	675	11	63	595	11,2	88
8	165	5	11,6	465	13,4	47	675	14,2	28	940	15,6	87	885	12,2	95	560	11,1	50	1075	14,4	96	575	10,4	51	665	13,2	94
9	390	6,8	11,6	465	12,6	48	655	13	28	960	17	112	965	11,6	88	550	11,9	44	795	9,4	78	650	12,3	69	765	13	70
10	320	4	10,4	405	8,8	40	645	12,6	19	960	16,6	93	1175	15,2	120	775	13,1	62	1050	14,4	102	690	12,5	71	820	13,4	82

Продолжение таблицы приложения 4

m	Вариант 10			Вариант 11			Вариант 12			Вариант 13			Вариант 14			Вариант 15			Вариант 16			Вариант 17			Вариант 18		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
1	1120	15,7	95	435	10	29	965	10,8	84	550	7,1	68	675	10,5	61	985	17,2	115	1075	18,5	114	550	7,6	48	365	10	7,5
2	1170	16,9	113	295	8,2	16	1135	14,8	90	765	13,6	99	405	6,2	36	930	14,4	83	965	12,1	90	575	10,4	45	260	5,7	6,3
3	935	13,3	77	245	6,6	18	1270	16,6	120	650	10,3	86	610	8,6	55	975	17,2	122	910	12,6	102	675	11,5	67	155	4,6	5,4
4	1120	16,2	119	200	5,4	16	1055	13,6	96	1030	15,6	99	635	10,3	55	955	16	122	855	13,3	108	500	9,8	56	150	6,1	5,4
5	1060	16,5	113	460	10,2	29	1055	13,8	102	975	13,6	80	635	11	67	945	15,6	90	1020	14	108	400	7,1	42	315	8,8	7,9
6	1120	15,7	95	565	11	35	1075	18,5	114	800	11,1	74	470	6,7	42	985	13,8	92	750	9,1	88	395	5,3	45	220	8,7	5,5
7	1055	15,3	101	360	7,7	23	965	12,1	90	875	12,6	93	540	11	73	1135	16,6	122	965	15,6	119	275	8,2	54	155	8,3	6,1
8	1000	13,2	113	295	5,6	14	910	12,6	102	905	14,5	105	520	10,3	67	940	11,5	85	850	12,3	106	365	10,2	57	200	6,2	7,3
9	1230	15,9	89	250	7,1	14	855	13,3	108	750	11,2	75	435	5,6	42	960	13,1	104	1230	17,6	119	465	10	45	330	8,9	5,9
10	875	11,7	83	515	9,8	29	1020	14	108	855	12,8	80	550	8,7	49	1055	14,4	98	1175	15,6	100	520	10,4	51	210	5,7	5,8

## Приложение 5

Значение случайной величины  $Y_i$  по результатам проведенного эксперимента

m	Номер варианта																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	800	850	610	1600	980	770	680	805	700	583	310	900	650	780	600	1000	990	560
2	645	845	690	1400	925	615	785	725	660	520	400	1100	750	800	720	1070	800	600
3	600	765	770	1120	825	540	815	750	710	495	420	1240	840	570	725	1150	820	440
4	585	520	750	1390	1060	835	755	705	775	590	415	920	1050	650	765	1200	850	465
5	765	715	840	1350	1020	885	720	730	780	550	470	1150	1000	700	800	1400	700	570
6	705	905	880	1150	815	815	710	690	790	500	325	1250	1030	770	870	1500	480	480
7	650	670	800	1550	850	705	745	750	740	555	480	1120	520	840	890	920	500	475
8	600	650	850	1130	980	570	840	650	830	505	390	1230	690	765	520	1100	630	500
9	770	775	450	1080	1030	770	765	810	750	470	435	1300	800	790	735	950	980	575
10	710	765	600	950	775	790	915	705	650	560	460	1380	990	600	770	1090	900	475
11	655	705	700	1170	1060	825	775	765	780	500	535	1450	770	830	820	1280	820	485
12	520	810	785	1160	1120	740	780	775	610	470	330	1270	1020	870	780	1390	840	505
13	825	650	810	1150	1045	710	685	650	770	420	540	1190	1050	620	790	1120	720	480
14	780	750	820	1500	1190	720	720	670	805	595	440	1400	820	860	550	1130	970	450
15	715	690	705	1380	1105	835	710	905	815	540	540	1210	970	670	785	1140	870	590
16	660	730	460	970	925	725	600	715	860	480	420	1400	1150	820	740	1250	740	470
17	615	705	550	1180	1135	740	585	520	825	480	385	1480	760	690	900	1110	650	475
18	665	750	820	1600	1070	555	820	490	590	565	335	1200	990	770	620	1010	750	480
19	785	725	850	1280	850	800	610	765	715	545	410	1320	1000	785	710	1320	835	465
20	720	805	790	1150	1115	670	940	845	650	510	415	950	600	720	850	1190	890	540
21	640	745	700	1000	670	850	720	850	675	515	450	1000	650	795	540	1300	960	460
22	580	750	830	1200	900	845	845	745	650	570	455	1180	800	590	690	1170	910	470
23	670	870	470	1190	1065	765	905	750	750	490	340	1140	700	795	715	920	840	485

### Продолжение приложения 5

24	790	620	840	1420	900	520	520	870	775	570	430	1080	1000	640	570	1200	950	550
25	725	735	900	1120	890	715	590	620	850	525	350	1290	900	800	795	1520	680	470
26	620	645	780	1220	1045	905	740	735	800	525	435	960	940	650	630	1210	790	485
27	830	770	680	1150	1105	670	755	645	745	500	440	1120	790	680	690	940	990	535
28	920	635	1050	1070	1025	650	690	770	740	530	380	1260	700	685	700	1070	800	470
29	675	620	820	1450	840	775	860	635	760	480	475	990	870	760	740	1420	825	480
30	795	720	650	1280	925	765	750	620	680	470	355	1200	850	805	635	1480	600	490
31	730	770	860	1250	900	705	655	720	780	480	440	1280	950	770	650	950	940	490
32	640	615	500	980	1020	810	755	770	690	440	450	1330	1020	700	725	1160	900	460
33	700	540	720	1020	1175	650	830	615	710	450	380	1000	720	750	760	1260	775	545
34	810	835	670	1460	865	750	820	540	770	535	490	1100	730	850	790	1440	570	495
35	735	885	800	1000	850	690	640	835	925	480	520	1300	850	715	660	960	930	475
36	840	815	920	840	790	730	700	885	820	490	370	1350	1050	810	700	1080	810	495
37	805	705	950	1230	850	705	730	815	870	540	415	1020	970	660	750	1190	805	500
38	695	570	620	1100	890	750	805	705	815	520	400	1240	1080	720	700	970	770	500
39	740	770	740	1480	1030	725	620	570	830	460	425	1090	900	710	840	1050	795	465
40	860	790	870	1030	1075	805	785	770	715	545	460	1330	890	815	800	1210	710	505
41	875	825	650	1300	780	745	680	790	570	500	365	1050	1100	740	675	1400	920	470
42	815	740	880	1240	950	750	560	825	640	550	410	1190	1150	730	825	1550	860	505
43	745	710	690	1060	965	870	880	740	680	450	400	1070	880	925	660	980	945	495
44	870	720	600	850	945	620	790	710	615	530	430	1280	1100	900	840	1500	780	500
45	850	835	750	1490	965	735	880	720	700	510	360	1370	1200	820	770	1200	725	500
46	880	725	810	1270	950	645	825	835	630	525	500	1410	1300	840	850	1180	520	495
47	940	740	570	900	955	770	790	725	720	410	545	1400	1360	870	780	990	550	485
48	750	555	800	920	900	635	685	740	835	500	375	1500	1320	825	905	1100	955	490
49	755	800	1000	940	1080	620	825	555	835	520	400	1330	920	750	710	1050	750	500
50	880	670	820	1200	1050	720	800	800	780	520	405	1320	930	800	685	1000	965	450

## Приложение 6

### Значение $Y_i$ для различных вариантов

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9	
1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.
620	630	920	900	730	740	545	555	435	445	325	335	425	435	520	530	620	630
655	645	870	890	765	753	580	560	480	460	370	350	470	450	560	545	670	645
690	710	950	930	805	780	620	600	510	500	400	390	500	490	605	595	705	695
670	700	920	945	830	825	600	615	510	500	400	385	500	485	605	590	705	690
630	650	880	900	810	820	645	635	535	525	425	415	525	515	620	610	720	710
720	690	900	890	850	825	625	635	515	525	405	415	505	515	600	620	700	720
700	680	910	880	890	910	665	640	555	530	445	420	545	520	640	615	740	715
645	670	870	885	880	890	705	720	605	625	495	515	595	615	695	715	795	815

Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12		Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15		Вариант 16		Вариант 17		Вариант 18	
1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.	1-я повт.	2-я повт.
620	630	635	650	635	640	525	540	415	440	620	630	730	740	845	855	545	555
655	645	665	635	645	635	555	535	465	435	655	643	765	753	880	860	580	560
690	710	710	690	715	690	615	595	515	485	695	670	805	780	920	900	620	600
670	700	705	685	705	685	600	585	505	495	670	695	780	800	900	915	600	615
630	650	720	705	720	705	615	605	510	505	720	715	830	825	945	935	645	635
795	820	685	710	695	720	595	620	495	525	700	697	810	820	925	935	625	635
840	815	710	715	720	725	625	605	525	500	740	714	850	825	965	940	665	640
895	910	785	805	795	805	685	705	580	605	780	796	890	910	1005	1020	705	720