

**ФГБОУ ВО СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Машины и технологии АПК»

В.И. Марченко, Д.А. Сидельников, В.И. Кузьминов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ЗЕРНА ДРОБИЛКОЙ. ОБРАБОТКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ КОРМОВ**

Методические указания по выполнению практико-ориентированной работы для магистрантов вузов, обучающихся по направлению: 23.04.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 35.04.06 – Агроинженерия

Ставрополь 2019

УДК 637.1.022(076)

ББК 36.95я7

М30

Рецензент
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО ДГАУ
Азово-Черноморский государственный инженерный институт,
г. Зерноград
И.Н. Краснов

Марченко В.И., Сидельников Д.А., Кузьминов В.И.

Исследование процесса измельчения зерна дробилкой. Обработка экспериментальных данных процесса резания кормов / В.И. Марченко, Д.А. Сидельников, В.И. Кузьминов; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2019. – 38 с.

Рассмотрены вопросы выполнения практико-ориентированной работы: экспериментально-теоретического исследования процесса измельчения зерна дробилкой с применение методов планирования эксперимента и обработкой данных на ПК.

Предназначена для магистрантов вузов, обучающихся по направлению: 23.04.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 35.04.06 – Агроинженерия

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Экспериментально-теоретическое исследование процесса измельчения зерна дробилкой с применением методов планирования эксперимента и обработкой данных на ПК

Цель:

1. Определение и анализ гранулометрического состава зерна и продуктов, полученных после измельчения, для оценки качества, измельчения зерновых кормов.
2. Определение энергетических параметров дробилки.
3. Обработка экспериментальных данных в системе STATISTICA.

ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Определение показателей, характеризующих зерно как исходный материал для дробления,
2. Определение гранулометрического состава продуктов измельчения.
3. Анализ гранулометрического состава дерти.
4. Проведение эксперимента в соответствии с матрицей планирования с выполнением необходимых расчетов для получения уравнения регрессии.
5. Обработка данных на ПК в программе STATISTICA.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Записать основные расчетные зависимости.
2. Оформить таблицы с результатами замеров и вычислений.
3. Построить графические зависимости производительности дробилки и затрат энергии на дробление от входных факторов.

4. Привести сравнительный анализ коэффициентов регрессии полученных расчетным путем и с помощью ПК.

ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Дробилка лабораторная, сменные решета для дробилки с диаметром отверстий 1, 3, 5 мм, лабораторный классификатор с набором сит, электронные весы на 300г, настольные циферблатные весы, мерный цилиндр на 100 см,³ (0,0001 м³), секундомер, вольтметр, амперметр, цельное зерно, рабочий ПК с программой Statistica 6.

1. Определение показателей, характеризующих зерно как исходный материал для измельчения

Измельчение зерна, можно рассматривать как процесс образования новых поверхностей за счет получения более мелких в сравнении с исходным зерном частиц с сильно развитой поверхностью. Следовательно, приращение удельной площади поверхности в ходе измельчения зерна может служить надежным показателем оценки эффективности процесса измельчения.

Определение удельной площади поверхности зернового материала из-за сложной формы зерен довольно затруднительно. Поэтому при экспериментальном определении принимают, что зерно имеет форму шара. Диаметр $D_э$ шара по объему, равновеликому объему зерна, называется *эквивалентным диаметром зерна*.

Определение *эквивалентного диаметра зерна* производится в следующем порядке:

1. Из пробы выделить две навески зерна по 0,005 кг (5 гр) и от каждой из них отобрать по 100 зерен.

2. Взвесить отобранные 100 зерен из каждой навески и определить среднюю массу одного зерна.

3. В наполненный керосином мерный цилиндр (мензурку) поместить 100 отобранных зерен и по разности отметок уровня керосина до и после погружения зерен найти средний объем зерна V_3 , м³. Опыт по определению среднего объема одного зерна повторить на другой партии из 100 зерен и для дальнейших расчетов принять среднее значение из двух повторностей.

4. Используя формулу (1) вычислить эквивалентный диаметр зерна $D_э$ м:

$$D_э = \sqrt[3]{\frac{6V_3}{\pi}} \quad (1)$$

5. По полученному значению $D_э$ определить удельную площадь поверхности S_H , м²/кг, исходного (начального) зернового материала по формуле:

$$S_H = \frac{6}{\rho D_э} \quad (2)$$

где ρ - плотность зерна, (для зерен ячменя - $\rho \approx 1100$ кг/м³, для зерен пшеницы - $\rho \approx 1200$ кг/м³, для зерен гороха - $\rho \approx 1300$ кг/м³).

2. Определение гранулометрического состава продуктов измельчения

Гранулометрический состав измельченного зерна характеризует распределение частиц в соответствии с их размерами по классам (фракциям), т.е. показывает, сколько частиц дерти

принадлежит к тому или иному классу.

Относительное содержание частиц тех или иных размеров (фракций) определяют методом ситового анализа, который проводят в следующем порядке:

1. Из пробы измельченного зерна массой 1 кг взять навеску в 0,1 кг; на лабораторном классификаторе провести рассев 0,1 кг измельченного зерна в течение 5 мин.; на весах взвесить остатки дерти на ситах с точностью до 0,01 г.

2. По результатам ситового анализа:

а) вычислить средневзвешенный диаметр d_{cp} частиц дерти по формуле:

$$d_{cp} = \frac{\sum p_i d_i}{\sum p_i} \quad (3)$$

где p_i - массовый остаток на i -ом сите, кг;

d_i - средний размер отверстий двух смежных сит, м.

б) определить удельную площадь поверхности продуктов измельчения зерна, m^2/kg , из выражения

$$S_K = 6 / (\rho d_{cp}),$$

где ρ - плотность дерти, kg/m^3 .

в) вычислить приращение величины удельной площади поверхности, m^2/kg , полученные в результате измельчения зерна,

$$\Delta S = S_K - S_H.$$

г) определить степень измельчения зерна из выражения

$$\lambda = D_{\text{э}} / d_{\text{ср}} \quad (4)$$

Таблица 1 – Результаты ситового исследования дерти

№ опыта	№ повт	Размер отверстий сит, мм (средний размер отверстий двух смежных сит d_i), мм							Масса навески, г Σp_i	$d_{\text{ср}}$, мм	Подача, q , кг/с	Степень из- мельчения, λ
		2x20 (2,3)	1,5x20 (1,75)	1,2x20 (1,35)	∅1,0 (1,1)	0,5x0,5 (0,75)	0,25x0,25 (0,375)	Дно (0,125)				
		1	1									
1	2											
	3											
	1											
2	2											
	3											
	1											
3	2											
	3											
	1											
4	2											
	3											

3. Анализ гранулометрического состава дерти

Графическое изображение гранулометрического состава продукта измельчения называется *характеристикой крупности*, или *помольной характеристикой*.

В зависимости от метода построения характеристики крупности могут быть частными (распределения) или суммарными (интегральными). В частной характеристике ордината, от-

ложенная по оси x , показывает массовый выход в процентах, оставшийся на сите данной фракции.

При построении суммарной характеристики каждая ордината изображает суммарный выход R_x (%) "по плюсу" или "по минусу". Суммарный выход "по плюсу" показывает, сколько имеется в пробе материала с размерами частиц крупнее данного размера, т.е. это выходы всех сит, расположенных выше данного сита, включая остаток и на данном сите x . Суммарный выход "по минусу" показывает, сколько имеется в пробе материала с размерами меньше данного размера.

Расположение помольной характеристики на графике и ее форма (рисунке 1) дает наглядное представление о крупности рассматриваемой дерти.

По результатам ситового анализа необходимо:

а) построить помольную характеристику.

б) проанализировать полученную характеристику крупности и оценить качественные показатели работы измельчителя (равномерность гранулометрического состава, количество пыли и недоизмельченного материала).



Рисунок 1 – Характеристика крупности дерти

4. Эксперимент по определению удельных затрат энергии на измельчение зерна

В процессе эксперимента необходимо определить зависимость удельной работы на единицу массы измельченного зерна $A_{изм}$ от размера отверстий решета дробилки d_p и подачи материала в дробильную камеру q .

Подачу дробилки определяют по формуле

$$q = G/t ,$$

где G - масса зерна измельченного за время опыта, кг;
 t - продолжительность опыта, с ($t=10$ с).

В общем виде эту зависимость можно записать так

$$A_{изм} = f(d_p, q) \quad (5)$$

Предполагая, что $A_{изм}$ линейно зависит от факторов процесса, то экспериментальные данные будем выражать в виде уравнения регрессии, в котором помимо линейных членов будет член, учитывающий эффект парного межфакторного взаимодействия

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2, \quad (6)$$

где y - значение выхода (т.е. $A_{изм}$);
 x_1, x_2 - кодированные значения факторов;
 b_0, b_1, b_2, b_{12} - коэффициенты уравнения регрессии, рассчитываемые по экспериментальным данным.

Центр эксперимента определяется по формуле:

$$u_j^0 = (u_j^+ + u_j^-) / 2 \quad (7)$$

где u_j^+, u_j^- - максимальные и минимальные значения факторов в эксперименте (верхний и нижний уровни факторов).

Интервал варьирования

$$z_j = \frac{u_j^+ - u_j^-}{2} \quad (8)$$

В безразмерном (кодированном) выражении верхний уровень будет обозначаться +1, нижний – 1.

$$x_j^+ = \frac{u_j^+ - u_j^0}{z_j} = +1, \quad x_j^- = \frac{u_j^- - u_j^0}{z_j} = -1 \quad (9)$$

Уровни и интервалы варьирования факторов в данном эксперименте предлагается принять следующими (таблица 2).

Таблица 2 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы Варьирования
	-1	0	+1	
$d_p, \text{ м } (x_1)$	0,001	0,003	0,005	0,002
$q, \text{ кг/с } (x_2)$	0,005	0,010	0,015	0,05

Эксперимент будем ставить по плану представленному в таблице 3.

Таблица 3 – План полнофакторного эксперимента для двух факторов

№ опыта	x_1	x_2	$x_1 x_2$	U, V	№ повт	I, A	$\cos \varphi$	λ	$P, кВт$	$y_i, Вт \cdot с / кг$
1	-1	-1	+1		1					
					2					
					3					
2	-1	+1	-1		1					
					2					
					3					
3	+1	-1	-1		1					
					2					
					3					
4	+1	+1	+1		1					
					2					
					3					

Например: В первом опыте устанавливаем решето с диаметром отверстий (-1) и устанавливаем подачу (-1). Во втором опыте решето с диаметром отверстий (-1), а подача (+1) и т.д.

Повторность каждого опыта 3-х кратная ($m = 3$). Опыты необходимо проводить в случайном порядке. По каждому опыту рассчитываем среднее значение выхода \bar{y}_i

$$\bar{y}_i = \frac{y_{i1} + y_{i2} + y_{i3}}{3} \quad (10)$$

Значение выхода y_i рассчитывают по следующей формуле:

$$y_i = \frac{P}{q \cdot \lambda} \quad (11)$$

где P - значение мощности расходуемой на измельчение зерна, кВт;
 q - секундная подача зерна, кг/с;
 λ - степень измельчения.

Значение мощности P определяют по выражению

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (12)$$

где U , I и $\cos \varphi$ - показания соответствующих приборов.

Далее определяем коэффициенты уравнения регрессий (6):

а) линейные члены

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot \bar{y}_i \quad (13)$$

где j - порядковый номер факторов ($j = 1, 2$);
 N - число опытов в эксперименте ($N = 4$);
 i - номер опыта ($i = 1 \dots 4$);

б) эффект взаимодействия

$$b_{12} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_1 x_2) \bar{y}_i}{N} \quad (14)$$

в) свободный член

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_i}{N} \quad (15)$$

Далее проверяем значимость полученных коэффициентов, для чего рассчитываем дисперсии:

а) по каждому опыту

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad (16)$$

б) среднюю по всему эксперименту

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N} \quad (17)$$

Последним выражением можно пользоваться в том случае, если дисперсии S_i^2 однородны. Однородность ряда дисперсия проверяем по критерию Кохрена G :

$$G = S_{i_{\max}}^2 / \sum_{i=1}^N S_i^2 \quad (18)$$

где $S_{i_{\max}}^2$ - максимальная из ряда дисперсия.

Полученное значение G при однородных дисперсиях должно быть меньше табличного $G_{табл} = 0,768$, при $m=3$, $N=4$ и $\alpha = 5\% = 0,05$; ($G_{табл} = 0,695$, при $m=3$, $N=5$ и $\alpha = 5\% = 0,05$)

[4].

Значимость коэффициентов уравнения регрессии определяем по формуле:

$$|b_i| = t_{кр} \sqrt{S^2} \quad (19)$$

где $t_{кр}$ - критерий Стьюдента, определяемый по таблицам.

Для нашего случая принимаем $\alpha = 0,05$, число степеней свободы $\nu = N(m-1) = 4(3-1) = 8$, тогда $t_{кр} = 2,31$; ($t_{кр} = 2,23$ при $\nu = 10$) [4].

Если в уравнении регрессии имеются коэффициенты, меньше по абсолютной величине произведения $t_{кр} \sqrt{S^2}$, то их нужно удалить из уравнения.

Полученное таким образом уравнение регрессии необходимо далее проверить на адекватность, т.е. выяснить насколько хорошо оно описывает экспериментальные данные. Подставляя в уравнение регрессии уровни факторов согласно матрице планирования эксперимента, находим расчетные значения \hat{y}_i (таблица 4)

Таблица 4 – Расчет дисперсий по опытам

№ опыта	y_{i1}	y_{i2}	y_{i3}	\bar{y}_i	$y_{i1} - \bar{y}_i = A_1$	$y_{i2} - \bar{y}_i = A_2$	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$	$(A_3)^2$	$\sum A_i^2$	\hat{y}_i	$y_i - \hat{y}_i = \delta_i$	$(\delta_i)^2$
1													
2													
3													
4													
$\sum_{i=1}^N A_i^2 =$											$\sum_{i=1}^N \delta_i^2 =$		

Далее рассчитываем дисперсии неадекватности

$$S_{a\partial}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{N - N'} \quad (20)$$

где N' - число значимых коэффициентов регрессии.

Адекватность проверяют по критерию Фишера

$$F = S_{a\partial}^2 / S^2 \quad (21)$$

Если $F < F_{\text{табл.}}$, то уравнение адекватно описывает данный процесс в реализованном диапазоне изменения факторов (значения $F_{\text{табл.}}$ представлены в таблице 5).

Таблица 5 – Значение критерия Фишера в зависимости от $N - N'$

(при $m=3$, $N = 4$ и $\alpha = 5\% = 0,05$)

$N-N'$	1	2	3	4
$F_{\text{табл.}}$	5,32	4,46	4,07	3,84

Гипотеза об адекватности уравнения регрессии не отвергается, если выполняется следующее условие:

$$b_0 - y_0 < t_{кр} \sqrt{S^2} \quad (22)$$

В противном случае необходимо переходить к построению уравнения регрессии 2-го порядка.

Если уравнение регрессии оказалось адекватным, от кодированных значений факторов можно перейти к натуральным, используя формулу:

$$x_j = \frac{u_j - u_j^0}{z_j} \quad (23)$$

Далее необходимо построить по уравнению регрессии объемный график (поверхность отклика) в осях y , x_1 , x_2 и дать оценку влияния каждого из факторов на показатель расхода удельной энергии на процесс измельчения. По вертикали оси принято откладывать значение выхода y (рисунок 2).

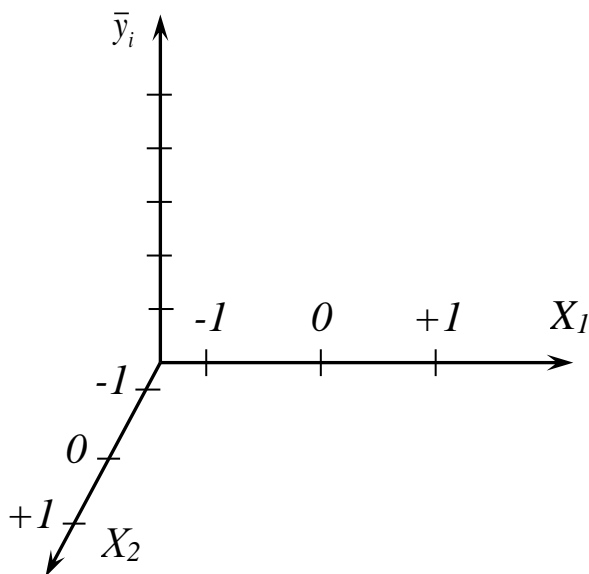


Рисунок 2 – Объемный график удельного расхода энергии

5 Обработка экспериментальных данных на ПК в системе STATISTICA

5.1 Запуск программы

Нажмите кнопку **Пуск** и в меню **Программы** выберите папку, которая содержит систему *STATISTICA 6*. В этой папке выберите ярлык *STATISTICA* и дважды щелкните на нем мышью.

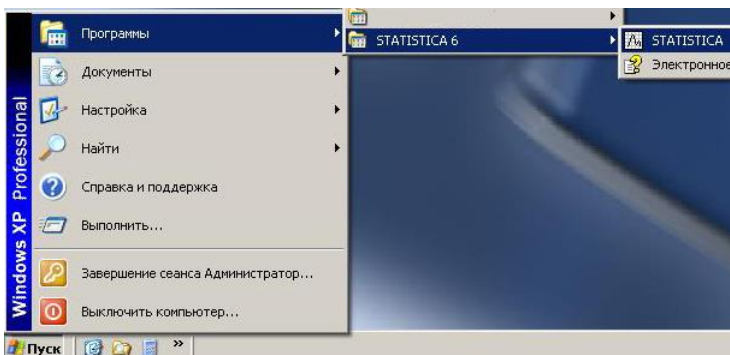


Рисунок 3 – Запуск системы *STATISTICA*

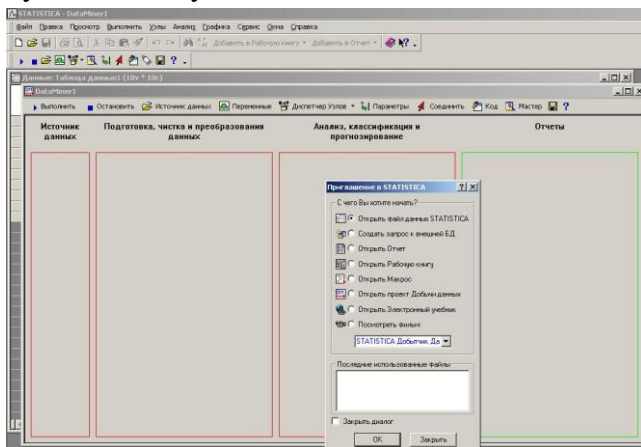


Рисунок 4 – Стартовое окно системы *STATISTICA*

В результате этого три окна – **Приглашение в STATISTICA**, – **DataMiner**, и – **Данные: Таблица данных 1 (10v*10c)**.

Закроется первые два окна и оставьте пустую электронную таблицы данных размером 10 на 10, т.е. состоящую из 10 переменных (столбцов), которые по умолчанию имеют имена *VAR 1*, *VAR 2*, *VAR 3*...*VAR 10* и 10 пронумерованных случаев (строк), которые не имеют имен (рисунок 5).

	1 Var1	2 Var2	3 Var3	4 Var4	5 Var5	6 Var6	7 Var7	8 Var8	9 Var9	10 Var10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Рисунок 5 – Пустая таблица для ввода данных

В заголовке окна с электронной таблицей автоматически отображается имя файла и его размер [*Данные: Таблица данных1*(10 v*10c)*].

Далее вам необходимо удалить ненужные переменные *VAR 6*...*VAR 10*. Для этого, при помощи мыши, выделите переменные с *VAR 6* по *VAR 10*, нажмите кнопку – **Правка** и выберите команду – **Удалить** по стрелке выбираем - **Переменные** (рисунок 6).

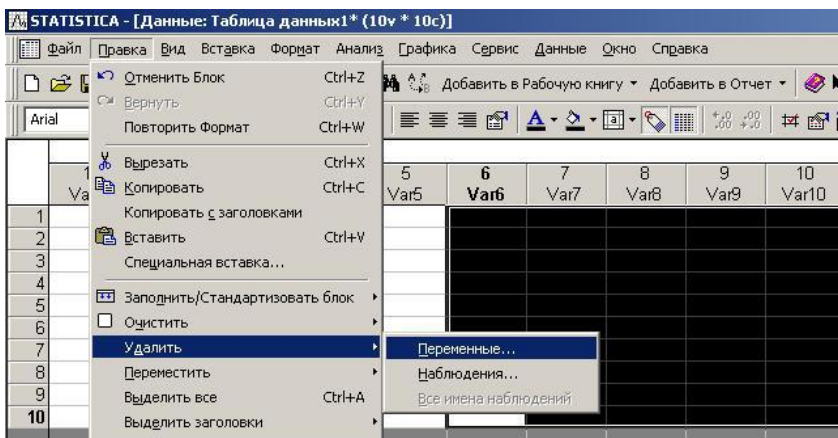


Рисунок 6 – Порядок действий при удалении столбцов

В диалоговом окне – **Удалить Переменные** укажите диапазон удаляемых переменных и нажмите кнопку **ОК – Да** (рисунок 7).

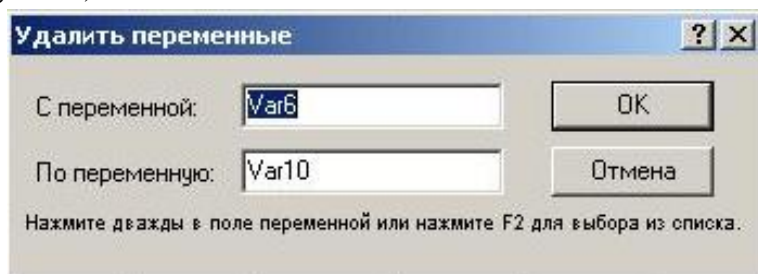


Рисунок 7 – Диалоговое окно, предназначенное для удаления переменных (столбцов) в электронной таблице

5.2 Имена переменных

Далее необходимо задать спецификации переменных (столбцов) – их имена, форматы и другие атрибуты. Для вызова

диалогового окна, в котором задаются атрибуты переменной, существует несколько способов:

- дважды щелкните на имени переменной, в нашем случае на ячейке *VAR 1*;
- установите указатель мыши на любую ячейку в этом столбце и нажмите на правую кнопку мыши, откроется контекстное меню;
- в меню выберите команду – **Спецификации переменной.**;

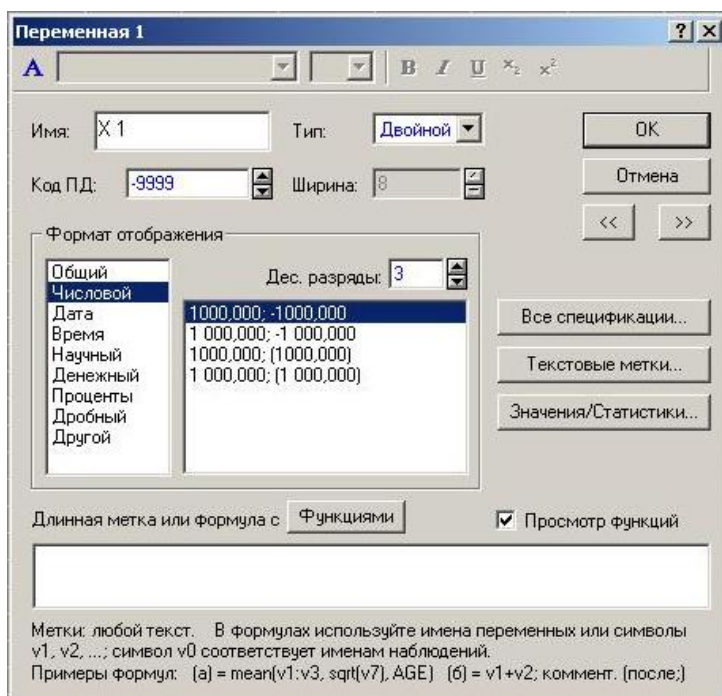




Рисунок 8 – Диалоговое окно

В диалоговом окне **Спецификации переменной**, которое откроется после команды (рисунок 8), задайте необходимые зна-

чения.

В поле – *Имя (столбца)* введите имя переменной. В нашем случае первый столбец (*VAR 1*) озаглавим *X 1*; второй (*VAR 2*) – *X 2*; третий (*VAR 3*) – *Y1*; четвертый (*VAR 4*) – *Y 2*; пятый (*VAR 5*) – *Y 3*.

Для быстрого перехода от одной спецификации к следующей используйте кнопку - , к предыдущей - , расположенные под кнопкой **Отмена**.

5.3 Заполнение таблицы

Теперь нужно создать файл данных, в котором будет проводиться расчет. Для этого в ячейки столбцов *X1* и *X2*, введите кодированные значения варьируемых факторов (таблица 3, второй и третий столбцы, т.е. x_1 и x_2).

В ячейки столбцов *Y1*, *Y2* и *Y3* введите полученные в результате проведенных опытов значения (таблица 4, столбцы y_{i1} , y_{i2} , y_{i3}).

После заполнения, электронная таблица примерно будет иметь вид изображенный на рисунок 9.

	1 X1	2 X2	3 Y1	4 Y2	5 Y3
1	-1,000	-1,000	154,000	201,000	175,000
2	1,000	-1,000	136,000	131,000	126,000
3	-1,000	1,000	101,000	92,000	82,000
4	1,000	1,000	129,000	135,000	130,000
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Рисунок 9 – Заполненная таблица

5.4 Вычисление основных статистик

Система *STATISTICA* позволяет достаточно быстро определить такие статистические параметры, как среднее значение, стандартное отклонение и т.д. Для этого выделите блок значений, полученных в результате опытов, т.е. столбцы Y_1 , Y_2 , Y_3 и на выделенном блоке щелкните правой кнопкой мыши (рисунок 10).

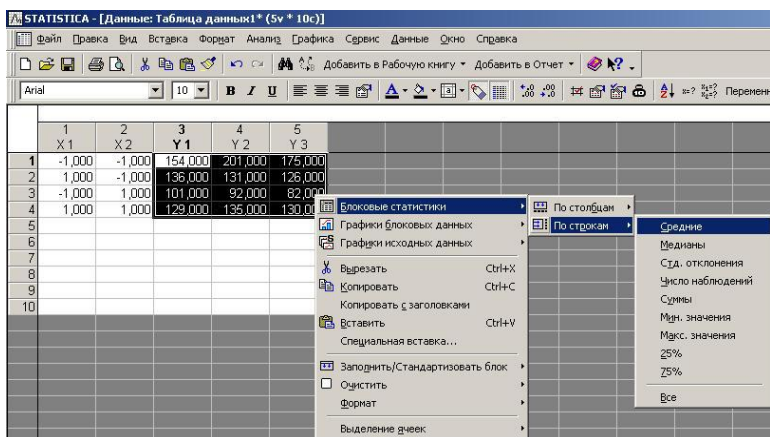


Рисунок 10 – Вызов контекстного меню

Перед вами появилось контекстное меню, разделенное на три блока. В верхнем блоке выберите команду – **Блочные статистики**.

После выделения данной команды появляется контекстное меню в котором выбираем команду - **По строкам**.

Появляется контекстное меню с названием основных статистических параметров. Выберите команду – **Среднее**.

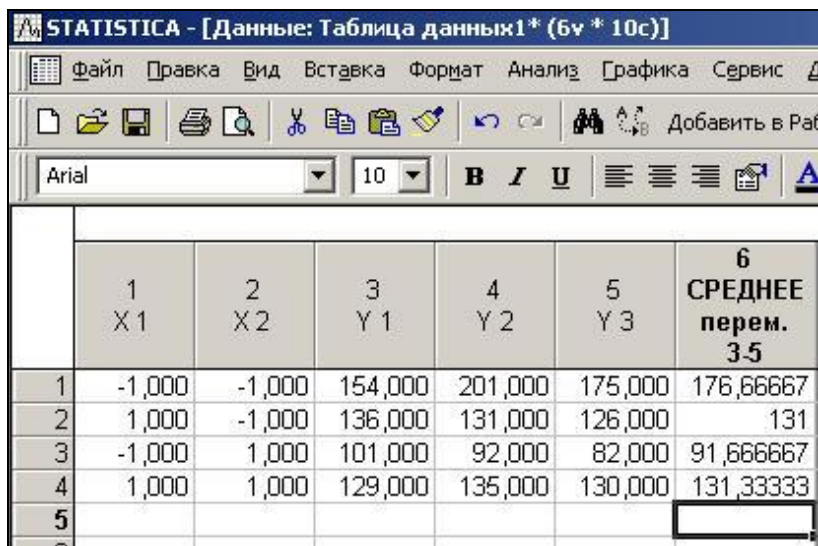
(В дальнейшем вы можете выбирать различные парамет-

ры, например – *Медиана*, – *Сумма* и др.).

После выполнения этих шагов в таблице данных появится дополнительный столбец, в котором указаны средние величины значений, подсчитанные по строкам (рис.11).

После этого вам необходимо сравнить данные электронной таблицы, с данными, рассчитанными с помощью калькулятора (таблица 4, четвертый столбец - \bar{y}_i).

Результаты должны быть полностью идентичны.




The screenshot shows the STATISTICA software interface with a data table. The table has 6 columns and 5 rows. The columns are labeled 1 (X1), 2 (X2), 3 (Y1), 4 (Y2), 5 (Y3), and 6 (СРЕДНЕЕ перем. 3-5). The data values are as follows:

	1 X1	2 X2	3 Y1	4 Y2	5 Y3	6 СРЕДНЕЕ перем. 3-5
1	-1,000	-1,000	154,000	201,000	175,000	176,66667
2	1,000	-1,000	136,000	131,000	126,000	131
3	-1,000	1,000	101,000	92,000	82,000	91,666667
4	1,000	1,000	129,000	135,000	130,000	131,33333
5						

Рисунок 11 – Результаты расчет средней величины

5.5 Выбор статистического модуля

Для выбора статического модуля необходимо нажать на кнопку анализ, или на кнопку  расположенную в нижнем

левом углу программы, после чего на экране появится **Переключатель модулей**, при помощи которого необходимо выбрать модуль **Углубленный метод анализа** и затем выбрать **Нелинейное оценивание**. (рисунок 12).

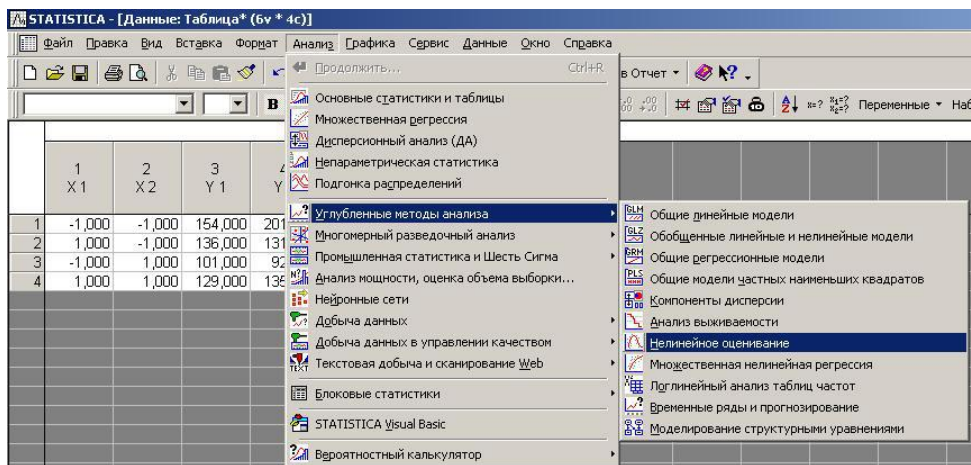


Рисунок 12 – Открытие модуля *Нелинейное оценивание*

Для открытия модуля выделите его яркостью и дважды щелкните по ней мышью или нажмите кнопку Enter.

5.6 Открытие модуля

После открытия модуля появится стартовая панель **Нелинейное оценивание** (рисунок 13).

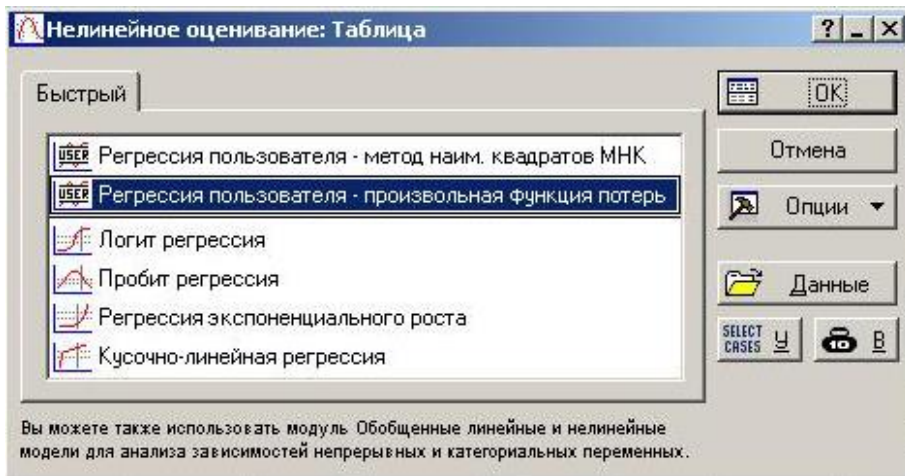


Рисунок 13 – Стартовая панель модуля *Нелинейное оценивание*

На данной панели вы можете выбрать различные методы обработки данных. Система предлагает следующие методы:

- *Регрессия пользователя – метод наименьших квадратов МНК;*
- *Регрессия пользователя – произвольная функция потерь;*
- *Логит регрессия;*
- *Пробит регрессия;*
- *Регрессия экспоненциального роста;*
- *Кусочно – линейная регрессия.*

5.7 Определение коэффициентов уравнения регрессии

Щелкните левой кнопкой мыши на метод **Регрессия пользователя – произвольная функция потерь**.

Перед вами появится окно **функция пользователя, функция потерь** (рисунок 14).

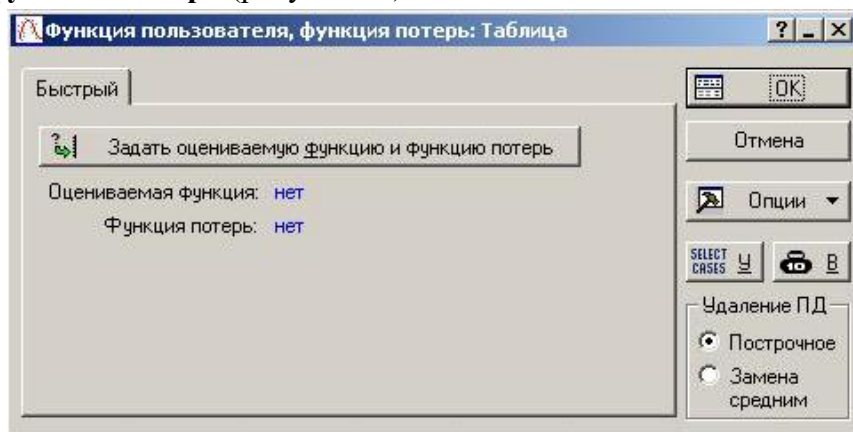


Рисунок 14 – Начальное окно диалога по оценке параметров

функция пользователя, функция потерь

Далее щелкните по кнопке **ОК**, либо по кнопке **Задать оцениваемую функцию потерь** или нажмите клавишу **ENTER** на клавиатуре.

Перед вами появится окно – **Оцениваемая функция и функция потерь** (рисунок 15).

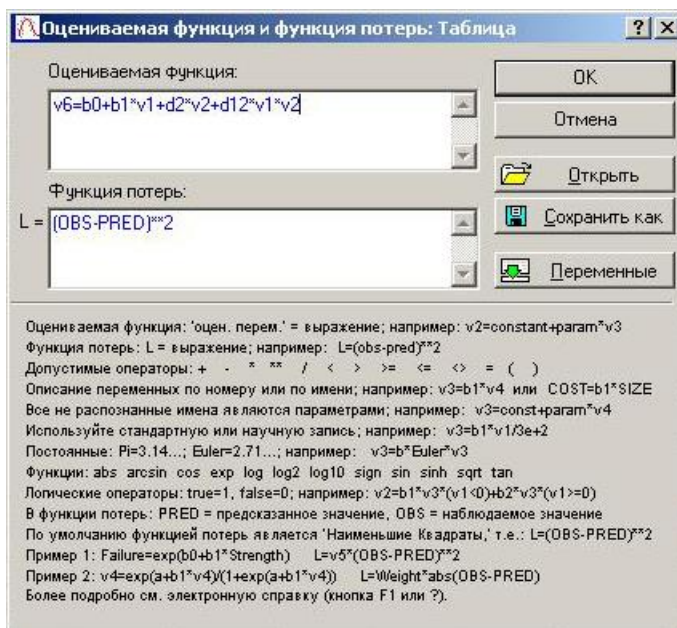


Рисунок 15 – Параметрическое задание оцениваемой функции

В подокне **Оцениваемая функция** необходимо задать оцениваемую функцию, т.е. записать уравнение (5), заменяя переменные x_1 , x_2 и у буквами $v1$, $v2$ и $v6$ соответственно.

Щелкните **ОК**, и вы вернетесь в предыдущее окно, которое будет иметь следующий вид (рисунок 16).

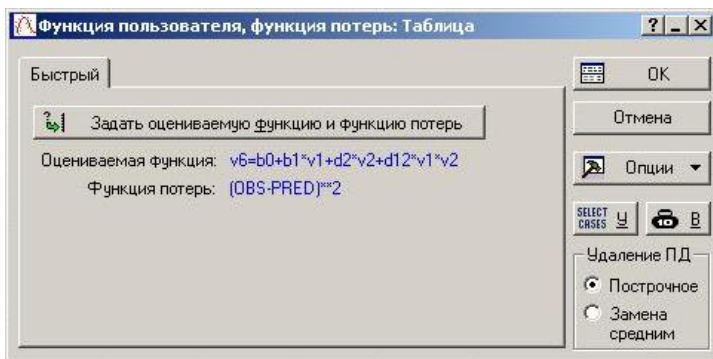


Рисунок 16 – Окно с заданной пользовательской функцией

*** Если данное окно не появляется, то необходимо проверить правильность записи функции (уравнения регрессии)***

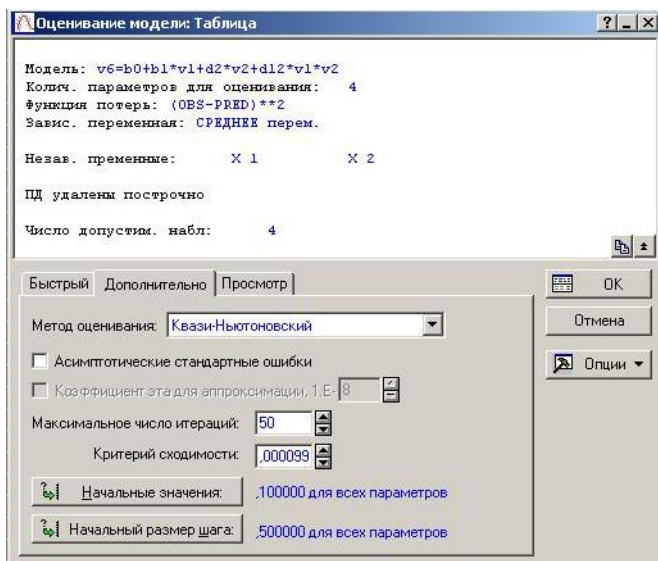


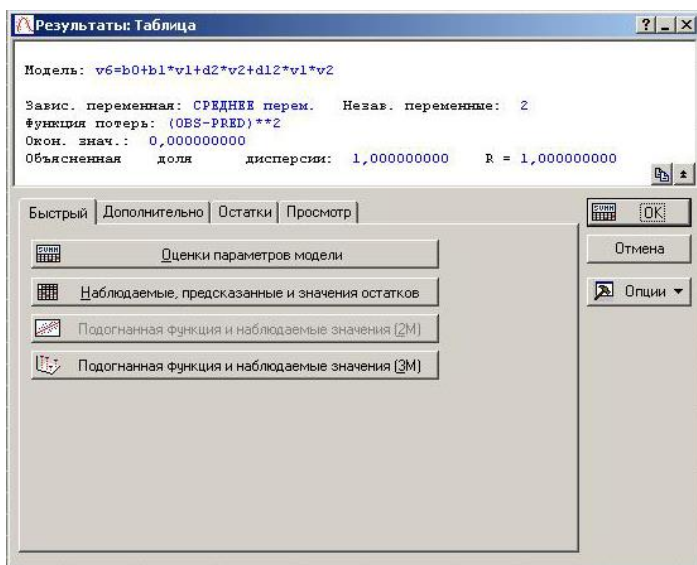
Рисунок 17 – Окно выбора метода и начальных установок

для пользовательской регрессии

Далее, нажмите **ОК** или **ENTER** на клавиатуре. На вашем мониторе появится следующее окно **Оценивание модели**:

В качестве метода оценивания выберете **Квази-Ньютоновский** и далее нажмите **ОК** или **ENTER**.

В появившемся окне **Оценивание параметров** вы можете наблюдать за вычислениями. После того как оценивание завершено, нажмите **ОК**, и вы откроете окно **Результаты** (рисунок 19).



В данном окне нажмите **ОК** или **Оценки параметров модели**, перед вами появится окно, в котором представлены значения оцениваемых параметров (коэффициентов регрессии) - b_0, b_1, b_2, b_{12} (рисунок 19).

Workbook7* - Модель: $v_6 = b_0 + b_1 * v_1 + d_2 * v_2 + d_{12} * v_1 * v_2$ (Таблица)					
Workbook7*		Модель: $v_6 = b_0 + b_1 * v_1 + d_2 * v_2 + d_{12} * v_1 * v_2$ (Таблица)			
Нелинейное оценивание (Т		Зав. пер.: СРЕДНЕЕ перем. 3-5 Потери: (OBS-PRED)**2			
Результаты нелинейно		Итоговые потери: 0,000000000 R= 1,0000 Объясненная дисперсия:			
Модель: $v_6 = b_0 + b_1$					
N=4		b0	b1	d2	d12
Оценка		132,6667	-1,50000	-21,1667	21,33333

Рисунок 19 – Окно со значениями коэффициентов регрессии

Запишите данные значения коэффициентов регрессии в рабочую тетрадь и сравните их с рассчитанными вручную. Сделайте соответствующие выводы.

После этого вы можете просмотреть полученные результаты в графическом виде. Для этого нажмите кнопку **Подробнее**, расположенную в **Окне результатов оценивания функции**. (рисунок 18). В этом окне нажмите кнопку **Построение 3D графиков**. Перед вами появится графическое изображение исследуемой функции (рисунок 20).

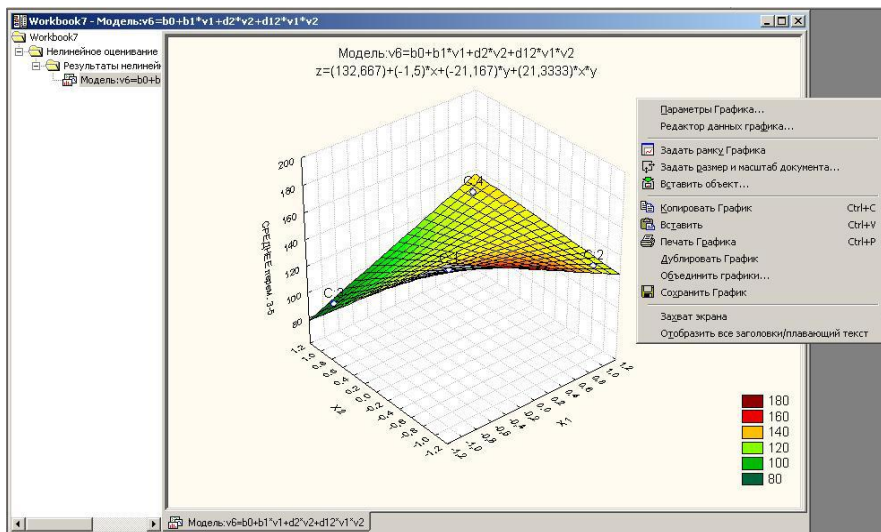


Рисунок 20 – Окно, с изображением графика

Щелкните правой кнопкой мыши на любом свободном месте данного окна. Перед вами появится *Основное контекстное меню графика*. Здесь вы можете выбрать следующие команды:

- ✓ параметры графика;
- ✓ редактор данных графика;
- ✓ и т.д.

Выбираем команду параметры графика, перед вами появится окно **Все параметры графика** (рисунок 21), в котором вы можете выбрать следующие параметры:

- окно графика;
- шаблон графика;
- заголовки графика / текст;
- поверхность;
- угол зрения;
- график: общий;
- график: метки точек;
- график: подгонка;
- пользовательская функция;
- ось: заголовок;
- ось: разметка;
- ось: большие риски;
- ось: малые риски;
- ось: значения шкалы;
- ось: дополнительные риски;
- ось: общие.

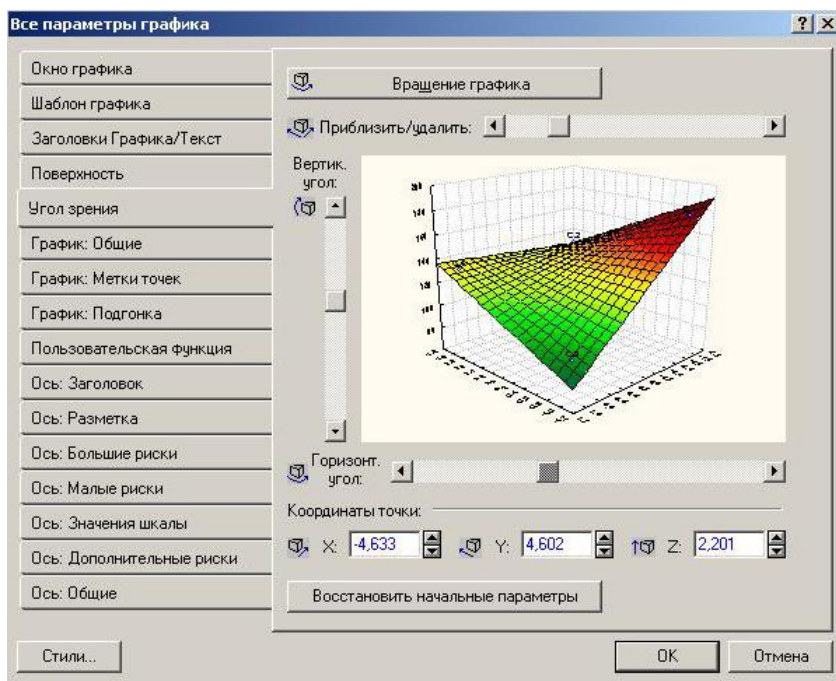


Рисунок 21 – Диалоговое окно *Параметров Поверхность*.

Для того чтобы вывести график на печать вызовите основное контекстное меню в окне с изображением графика (рис.19) и выберите команду **Печать графика** в появившемся окне нажмите **ОК** и вставьте чистый лист бумаги в печатающее устройство.

После окончания работы закройте все окна, нажав на кнопку **Заккрыть**, расположенную в правом верхнем углу каждого окна.

По полученным графическим зависимостям необходимо выполнить анализ проведенных исследований и записать выводы в конспект.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой из факторов - диаметр отверстия решета или секундная подача в большой степени влияет на удельный расход, энергии?
2. Что такое взаимодействие факторов?
3. Чем выгодно применение методов планирования эксперимента по сравнению с однофакторными экспериментами?
4. Что характеризует критерий Кохрена?
5. Что характеризует критерий Фишера (адекватности)?
6. Дайте определение степени измельчения.
7. Что такое «эквивалентный диаметр зерна». Как он рассчитывается?
8. Как выбрать метод обработки статистических данных в системе STATISTICA?
9. Расскажите, каким образом можно рассчитать среднее значение совокупности данных в системе STATISTICA?
10. Расскажите алгоритм расчета коэффициентов регрессии в системе STATISTICA?

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагин Б.И., Побединский В.М. Практикум по механизации животноводческих ферм. - Л.: Колос, Ленингр., отделение, 1983. - 239с.
2. Кукта Г.М. Технология переработки и приготовления кормов. - М.: Колос, 1978.- 240с.
3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. - Л.: Колос, 1976.- 560с.
4. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов.-2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Колос, Ленингр. отделение, 1960,- 168с.
5. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA® - Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®.-2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Филинь», 1998. – 608 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение показателей, характеризующих зерно как исходный материал для измельчения	4
2 Определение гранулометрического состава продуктов измельчения.	6
3 Анализ гранулометрического состава	6
4. Эксперимент по определению удельных затрат энергии на измельчение зерна	7
5 Обработка экспериментальных данных на ПК в системе STATISTICA	13
5.1 Запуск программы	13
5.2 Имена переменных	15
5.3 Заполнение таблицы	17
5.4 Вычисление основных статистик	17
5.5 Выбор статистического модуля	18
5.6 Открытие модуля	19
5.7 Определение коэффициентов уравнения регрессии	19
Контрольные вопросы	34
Литература	35

В.И. Марченко, Д.А. Сидельников, В.И. Кузьминов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ЗЕРНА ДРОБИЛКОЙ. ОБРАБОТКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ КОРМОВ**

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов вузов, обучающихся по направлению: 23.04.03 -
Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплек-
сов; 35.04.06 – Агроинженерия