

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

**Р.Р. Усманов, Н.Ф. Хохлов**

**МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА**  
**(с расчетами в программе EXCEL)**

*Практикум*

Москва  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
2020

УДК 631.527.85:004.9(076)  
ББК 41.4в6:32.972я81  
У 757

*Рецензент: Афанасьев Р.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова*

У 757 **Усманов, Р. Р.** Методика опытного дела (с расчетами в программе Excel) : практикум / Р. Р. Усманов, Н. Ф. Хохлов ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва : РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – 155 с. – Текст: электронный.

DOI: 10.34677/2020.005

В практикуме изложен материал по выполнению практических и семинарских занятий по курсу «Методика опытного дела» с методическими указаниями по применению программы Excel для статистической обработки результатов агрономических экспериментов. Практикум составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов по направлению подготовки «Агрономия».

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией факультета агрономии и биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, протокол № 11 от 10 февраля 2020 года.

Usmanov, R. R. Hohlov, N. F. Methods of experimental work (with calculations in Excel): practicum / R. R. Usmanov, N. F. Hohlov, Russian state agrarian University-Moscow state Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. – Moscow : RSAU-MTAA named after K. A. Timiryazev, 2020. – 155 p. – Text: electronic.

DOI: 10.34677/2020.005

The practicum contains material on the implementation of practical and seminar classes on the course "methods of experimental work" with guidelines for the use of Excel for statistical processing of the results of agronomic experiments. The practicum is designed in accordance with the work program of the discipline and is intended for students in the field of agronomy.

Recommended for publication by the educational and methodological Commission of the faculty of agronomy and biotechnology of the Timiryazev state agrarian University - MSHA, Protocol no. of February 2020

© Усманов Р.Р., Хохлов Н.Ф., 2020  
© ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА  
имени К.А. Тимирязева, 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### I. МЕТОДИКА АГРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Выборочный метод в агрономических исследованиях	7
2. Группировка и графическое представление данных агрономических исследований	10
3. Оценка соответствия между эмпирическими и теоретическими наблюдениями	16
4. Сравнительная оценка двух вариантов при количественной изменчивости признаков	19
5. Сравнительная оценка двух вариантов при качественной изменчивости признаков	25
6. Корреляционно-регрессионный анализ в агрономических исследованиях	28
7. Определение характера территориального варьирования плодородия почв земельных участков	38
8. Разработка схемы полевого опыта	41
9. Методы (планы) размещения вариантов полевого опыта	46
10. Дисперсионный анализ данных вегетационного и полевого опытов с полной рандомизацией вариантов	49
11. Дисперсионный анализ данных полевого опыта, заложенного методом организованных повторений	58
12. Дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта по модели полной рандомизации	62
13. Планирование полевого опыта	69
13.1. Планирование основных элементов полевого опыта	71
13.2. Оценка эффективности методов размещения вариантов	79
14. Разработка программы наблюдений и анализов в полевом опыте	82
15. Закладка и проведение полевого опыта	84
16. Планирование и закладка вегетационного опыта	86

## **II. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ АГРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОГРАММЕ EXCEL**

1. Расчеты с использованием Мастера функций	89
2. Расчеты с использованием Пакета анализа	95
3. Расчет основных статистических показателей выборки с использованием Описательной статистики Пакета анализа	99
4. Группировка данных, расчет статических показателей, построение гистограммы и полигона	102
5. Оценка двух вариантов при количественной изменчивости признаков для независимых выборок	108
6. Оценка средней разности при количественной изменчивости признаков для зависимых выборок. Парный двухвыборочный t-тест для средних.	121
7. Корреляционно-регрессионный анализ.	124
7.1. Прямолинейная корреляция	124
7.2. Прямолинейная регрессия	125
7.3. Криволинейная регрессия	130
8. Дисперсионный анализ данных однофакторного вегетационного и полевого опытов с полной рандомизацией вариантов	137
9. Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с организованными (рандомизированными) повторениями	140
10. Дисперсионный анализ данных двухфакторного вегетационного и полевого опытов с полной рандомизацией вариантов	143
Приложения. Статистические таблицы	148
Вопросы для промежуточной аттестации	150
Библиографический список	154

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимость появления данного учебного пособия связана с введением федерального государственного образовательного профессионального стандарта, требующего существенного усиления в реализуемых компетенциях практических умений и навыков. Наиболее реальная возможность достижения данной установки в соответствии с программой дисциплины лежит в области самостоятельной работы студентов и, прежде всего, систематическом решении учебных задач по базовым функциям профессиональной деятельности. Поскольку ключевой и одновременно наиболее сложной для освоения частью содержательного компонента дисциплины является приложение статистических методов к опытной работе (использование математико-статистических методов в опытной работе) в практикум включены общие алгоритмы агрономических исследований с использованием методов статистического анализа. Для обеспечения принципа междисциплинарных связей в учебное пособие дополнительно даны примеры обработки, анализа и агрономической интерпретации экспериментальных данных на базе современных и перспективных программ компьютерных технологий (Excel, версии 2010, 2016). В работе использован дидактически оправданный многолетним опытом доступный понятийный аппарат, терминология и максимально унифицированные обозначения. Кроме того, в нем реализованы принципы рейтинговой системы и модульного обучения.

Практикум по методике опытного дела (с расчетами в программе Excel) позволит студентам освоить теоретические основы и получить практические навыки по планированию, закладке и проведению агрономических исследований, активному использованию компьютерных программ для статистической обработки экспериментальных данных и обобщения полученных результатов.

## ВВЕДЕНИЕ

Научные исследования в агрономии направлены на решение комплексных задач по организации и производству высококачественной продукции растениеводства в современном земледелии. Для приобретения необходимых компетенций в научно-исследовательской деятельности студент должен обладать соответствующими знаниями. В решении этих задач особое место занимает дисциплина «Методика опытного дела», которая формирует знания и умения по методам агрономических исследований, планированию, технике закладке, проведению эксперимента и применению статистических методов оценки опытных данных.

Практикум по методике опытного дела опыта (с расчетами в программе Excel) составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для выполнения практических и семинарских занятий по курсу «Методика опытного дела» по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия». Тематика разработанных в практикуме заданий направлена на формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Практикум включает в себя информационные, индивидуальные задания для самостоятельной работы, методические указания к выполнению практических занятий, рабочие таблицы, расчетные формулы, справочный материал и контрольные вопросы для самоподготовки и контроля. Перед выполнением заданий необходимо проработать рекомендуемую литературу и лекционный материал по теме работы и дать письменные ответы на контрольные вопросы.

При выполнении заданий студентам рекомендуется все работы по статистической обработке результатов экспериментальных данных выполнить на калькуляторах, а затем в программе Excel и после статистического анализа сделать агрономический вывод.

Во второй части данного практикума (стр. 89 – 146) даны рекомендации по применению программы «EXCEL» для статистических расчетов.

# I. МЕТОДИКА АГРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1. Выборочный метод в агрономических исследованиях. Основные статистические показатели данных наблюдений

**Цель:** в соответствии с компетенцией ПК-4 освоить методы статистической обработки данных агрономических исследований.

### Теоретическая часть.

Все методы агрономических исследований делятся на *наблюдения и эксперименты* или *опыты*. Изучаемые растения, почва и насекомые состоят из большого множества отдельных объектов, и они подвержены изменчивости (вариации). В агрономии при проведении наблюдений и постановке экспериментов пользуются выборочным методом исследований, сущность которого заключается в том, что изучается часть объектов (*выборка*), отобранных специальным образом с использованием базовых положений статистики, и по результатам которой оценивается *генеральная совокупность*. Выборочный метод исследований позволяет сделать оценку (выводы) с определенными рисками (*ошибками*), которые придают им вероятностный характер. Для более полной и объективной оценки параметров генеральной совокупности по результатам выборочного исследования необходимо использовать целый ряд статистических показателей (характеристик) и критериев. Например, значение генеральной средней ( $\mu$ ) при количественной изменчивости можно определить по значению выборочной средней ( $\bar{x}$ ) и ее ошибки репрезентативности ( $S_{\bar{x}}$ ).

*Контрольные вопросы для подготовки и защиты работы:*

1. В чем сущность выборочного метода?	3. Генеральная совокупность и выборка. Как добиться репрезентативности выборки?
2. Перечислите статистические показатели изменчивости	4. Значение доверительных интервалов

### Общая постановка учебной задачи:

1. Осваивая материал по данной теме необходимо уяснить: в чем сущность основных методов познания в научной агрономии, а именно наблюдение и эксперимент (опыт) и в чем принципиальная разность между этими методами.

2. Изучить пассивный вид научного исследования: *наблюдение* (учеты, измерения, анализы и т.д.).

3. Усвоить основные понятия: совокупность и выборка, признак и его изменчивость, параметры совокупности и статистические характеристики выборки.

*Задание 1.* Произведено измерение глубины вспашки в 8-ми точках ( $n = 8$ ). Получены следующие результаты: 15, 19, 22, 24, 21, 23, 20, 18 см. Рассчитать статистические характеристики выборки.

На стр. 89 -100 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.

### Расчет статистических характеристик (для признаков $X$ ):

Выборочная средняя  $\bar{x} = \frac{\sum X}{n} =$

Для расчета суммы квадратов отклонений ( $СК = \sum (X - \bar{x})^2$ ) следует воспользоваться одним из способов:

*Способы определения сумм квадратов отклонений*

Значение признака, $X$	От выборочной средней		От нуля ( $A=0$ )	
	$(X - \bar{x})$	$(X - \bar{x})^2$	$X$	$X^2$
15				
19				
22				
24				
21				
23				
20				
18				
Суммы	$\sum (X - \bar{x}) =$	$\sum (X - \bar{x})^2 =$	$\sum X =$	$\sum X^2 =$

Примечание: для второго способа вводят поправку (корректирующий фактор):



Поправка  $C = \frac{(\sum X)^2}{n} =$

Сумма квадратов (СК)  $\sum(X - \bar{x})^2 = \sum X^2 - C =$

Дисперсия  $S^2 = \frac{\sum(X - \bar{x})^2}{n-1} =$

Стандартное отклонение  $S = \sqrt{S^2} =$

Коэффициент вариации  $V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 =$

Ошибка выборочной средней  $S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} =$

Относительная ошибка средней  $E = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100$

95%-й доверительный интервал (ДИ) для генеральной средней ( $\mu$ ):

$$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_x =$$

95%-й доверительный интервал (ДИ) для всей совокупности (любого значения  $X$ ):

$$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S =$$

Медиана – центральное значение ранжированной выборки:  $Me (Q_{50}) = X_{(n+1)/2}$

при  $n$ , равном нечетному числу и  $Me = \left( X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2}+1} \right) / 2$  (полусумма двух центральных значений) при четном  $n$ .

**Задание 2.** Произведен подсчет количества микроорганизмов в почве в 13 пробах и получены следующие результаты (шт/м<sup>3</sup>): 5150, 2690, 285, 4750, 1410, 2150, 1500, 40500, 890, 1340, 910, 1820, 170

Выборочная средняя  $\bar{x} = \frac{\sum X}{n} =$

Ранжированный ряд:

Медиана:  $Q_{50} =$

Квартили:

**Оценка результатов освоения компетенции «Освоить методы статистической обработки данных агрономических исследований»:**

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоено на отлично	+	+	2
Освоено на хорошо	+-	-	1,5
Освоено на удовлетворительно	+-	+-	1
Не освоено	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## 2. Группировка и графическое представление данных агрономических исследований

Цель: в соответствии с компетенцией ПК-4 освоить методы статистической обработки данных агрономических исследований

**Теоретическая часть.** Обширный цифровой материал результатов измерений нуждается в контроле и предварительной подготовке, которая начинается с упорядочения (группировки) данных с тем, чтобы извлечь заключенную в них информацию. Процесс систематизации или упорядочивания данных наблюдений и учетов с целью расчета статистических показателей и построения кривой вариационного ряда называется *группировкой*. Наиболее содержательное и наглядное группирование эмпирических (полученных в опыте) данных достигается построением вариационных рядов, т.е. упорядочиванием классов по частотам встречаемости значений изучаемого признака. Вариационные ряды изображают в системе прямоугольных координат в виде гистограмм при непрерывной изменчивости и полигона – для прерывистой (дискретной) изменчивости.

Различают *эмпирические и теоретические распределения* частот совокупности результатов наблюдений. Эмпирическое распределение – это распределение результатов наблюдений, полученных при изучении выборки. В основе его лежат определенные математические закономерности, которые в генеральной совокупности, т.е. при большом числе наблюдений ( $N \rightarrow \infty$ ) характеризуются некоторыми теоретическими распределениями. Наиболее часто в агрономических исследованиях используются следующие теоретические распределения: нормальное, биномиальное, распределение Пуассона, а также специальные (*t-распределение Стьюдента, F-распределение Фишера,  $\chi^2$ -распределение Пирсона* и др.). На основе теоретических распределений построены статистические критерии, которые используются при проверке гипотез.

Результаты измерений большинства признаков агрономических объектов чаще всего располагаются приблизительно в соответствии с симметричной кривой нормального распределения. Но нередко некоторые признаки растений, насекомых и почвы значительно отличаются от нормального распределения – ассиметричные, скошенные, многовершинные кривые и т.д.

Контрольные вопросы к подготовке и защите работ:

1. Виды изменчивости. Порядок группировки данных выборки	3. Закономерности нормального распределения. Особенности распределения Стьюдента
2. Рассчитать объем выборки при заданной точности (ошибки)?	4. Причины появления ассиметричных кривых в агрономических исследованиях.

**Общая постановка задачи:**

1. Научиться группировать и графически изображать данные больших выборок.
2. Рассчитать статистические показатели (характеристики) данных большой выборки. Построить гистограмму и кривую вариационного ряда.
3. На основании анализа и структуры графического изображения определить соответствует ли эмпирический ряд распределения кривой нормального распределения.

**Список индивидуальных заданий:**

После получения номера варианта задания от преподавателя, выпишите соответствующие колонки цифр в рабочую таблицу, проведите группировку и статистическую обработку, представьте гистограмму или полигон распределения значений выборки и сделайте вывод.

*Шифр задания к работе 2*

№ задания	Номера колонок	№ задания	Номера колонок	№ задания	Номера колонок
1	1 2 3 4 5	11	5 7 8 9 10	21	1 2 3 4 5 6
2	2 3 4 5 6 8	12	1 4 5 6 7 9	22	1 2 3 4 7
3	3 4 5 6 7	13	2 5 6 7 8	23	1 2 3 6 8
4	4 5 6 8 9	14	3 6 7 8 9	24	1 2 3 4 9
5	5 6 7 8 9	15	4 7 8 9 10	25	1 2 3 4 10
6	1 3 6 7 8 9	16	1 5 6 7 8	26	2 3 4 5 7 9
7	1 3 4 5 6	17	2 6 7 8 9	27	3 5 7 8 9
8	2 4 5 6 7	18	3 7 8 9 10	28	5 6 8 9 10
9	2 3 5 6 7 8	19	1 2 6 7 8 9	29	1 3 4 5 7 9
10	4 6 7 8 9	20	2 7 8 9 10	30	4 5 7 8 9

*Задание 1. Масса клубней картофеля, г.  
(значения признака по колонкам)*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70	11	150	9	35	34	84	24	69	61
64	112	86	34	65	76	69	54	135	120
135	68	49	85	35	132	76	65	74	59
76	56	35	75	84	66	85	45	96	67
83	42	120	63	134	84	112	95	35	83
12	109	83	102	142	65	98	74	64	79
75	94	89	99	76	45	78	122	144	44
60	67	125	83	145	111	86	76	92	76
145	98	76	65	59	–	56	110	89	165
85	75	45	150	70	–	–	36	–	–

*Задание 2. Длина колоса озимой пшеницы, см.*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6,0	7,1	7,7	8,3	6,9	7,9	6,1	8,4	6,6	6,2
7,3	6,7	7,4	8,4	7,5	7,4	9,8	8,1	6,9	8,4
6,9	7,2	6,9	8,0	7,4	7,8	8,2	9,0	6,7	8,4
6,5	7,2	8,4	7,5	8,0	7,1	8,1	7,9	7,8	7,6
8,3	7,8	8,5	8,1	8,4	7,5	6,9	7,4	6,9	7,0
7,7	7,8	7,0	7,6	6,9	8,6	9,1	6,0	8,0	10,2
8,8	6,9	7,1	7,5	6,9	7,4	9,0	7,8	7,5	7,4
6,3	10,0	6,9	7,8	7,0	7,7	9,6	9,0	6,4	9,0
6,3	7,8	7,0	9,2	6,8	8,0	8,2	9,3	7,8	7,5
8,1	8,5	8,3	7,6	9,4	–	8,9	9,0	–	7,5

Задание 3. Численность личинок колорадского жука на куст картофеля, шт.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	24	5	32	4	53	32	65	61	45
26	34	56	15	22	21	35	29	32	47
34	29	11	29	28	30	19	34	29	61
20	35	40	24	19	3	16	37	46	37
24	45	25	54	35	61	24	15	45	21
28	41	21	55	19	53	31	10	0	12
32	21	36	47	24	32	46	51	5	–
25	46	34	12	8	23	14	7	23	28
45	24	11	9	44	34	20	53	19	33
1	35	0	6	56	32	17	17	–	57

Рабочая таблица

Номера колонок	Значения признака, X

Порядок группировки:

1. Определите число классов (групп)  $k =$

2. Рассчитайте классовый интервал  $i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} = \frac{R}{k} =$

3. Установите для каждой группы (класса) нижние и верхние границы

4. Проведите статистическую обработку на основе групповых средних (таблица):

На стр. 102 – 107 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.

Расчетная таблица ( $A=$  )

Группа (класс)	Частота $f$	Средне- групповая, $M$	$x_1^* = M - A$	$f \cdot x_1$	$x_1^2$	$f \cdot x_1^2$
Суммы:	$\sum f = n =$	-	$\sum f \cdot x_1 =$		$\sum f \cdot x_1^2 =$	

\*)  $x_1$ -отклонение от среднегрупповой

$$\bar{x} = A + (\sum f \cdot x_1) : n =$$

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum f \cdot x_1^2 - (\sum f \cdot x_1)^2 : n =$$

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1} =$$

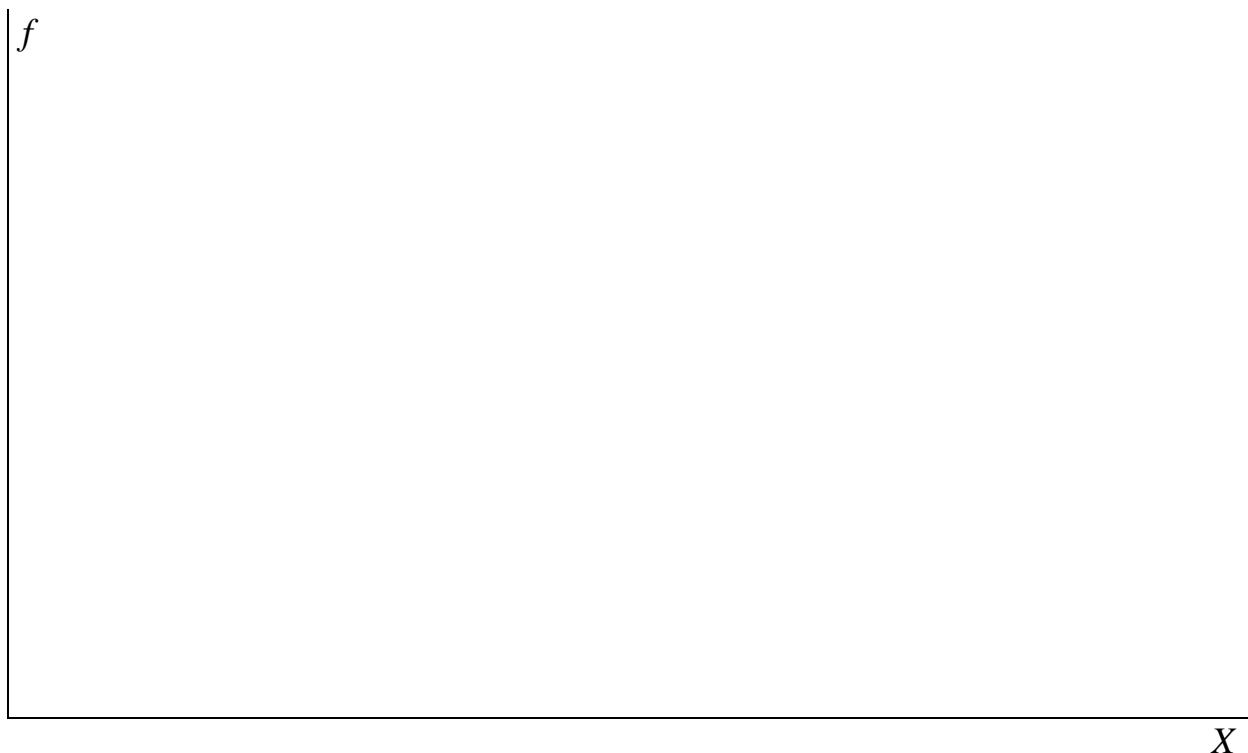
$$S = \sqrt{S^2} =$$

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 =$$

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_x =$$

$$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S =$$



**Рис.1. Гистограмма и кривая эмпирического распределения**  
 \_\_\_\_\_ (значений изучаемого признака)

Анализ данных гистограммы:

**Оценка результатов компетенции «Владеет методами группировки данных большой выборки и анализа данных наблюдений в агрономии»:**

Уровень владения компетенцией	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Владеет на отлично	+	+	2
Владеет на хорошо	+	+	1,5
Владеет на удовлетворительно	+–	+–	1
Не владеет	–	–	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### **3 . Оценка соответствия между эмпирическими и теоретическими наблюдениями в агрономии**

**Цель:** в соответствии с ПК-4 знать методы проверки гипотез результатов агрономических исследований

#### **Теоретическая часть.**

В исследовательской работе часто возникает необходимость сопоставления эмпирических (фактических) частот с ожидаемыми или теоретическими частотами, с тем, чтобы установить значимость или случайность наблюдаемого между ними расхождения. Нулевая гипотеза сводится к предположению, что несоответствие эмпирических частот, вычисленных по тому или иному закону распределения совершенно случайное, т.е. между вычисленными и эмпирическими частотами никакой разницы нет. Для проверки нулевой гипотезы, когда необходимо определить соответствие двух сравниваемых рядов распределения – эмпирического и теоретического или двух эмпирических, наиболее часто применяется критерий  $\chi^2$  – Хи-квадрат, критерий Пирсона.

Применение критерия  $\chi^2$  требует выполнения определенных условий: критерий  $\chi^2$  используется при изучении качественных признаков, поэтому в формуле должны подставляться только частоты, а не величины, полученные измерением, взвешиванием и т.д. При проверке гипотезы о соответствии эмпирических распределений нормальному, желательно иметь не менее 50 наблюдений, а в каждой теоретически рассчитанной группе – не менее пяти наблюдений. Если крайние группы в ряду распределения малочисленны, их необходимо объединить.

#### **Контрольные вопросы к защите**

1. Условия применения критерия $\chi^2$ – Хи-квадрат	2. Примеры использования критерия $\chi^2$ – Хи-квадрат в агрономии
--	---



### Общая и агрономическая постановка задачи:

1. Уясните сущность критерия  $\chi^2$  – *Хи-квадрат* и условия его применения в агрономических исследованиях.
2. Рассчитайте теоретические частоты и проверьте нулевую гипотезу на соответствие фактического распределения частот (численностей) теоретическому и сделайте вывод.

### Список индивидуальных данных

*Задание 1.* Изучали нормы расхода инсектицида Спинтор на гибель колорадского жука. При норме расхода Спинтора 0,1 л/га из 150 жуков погибло 86, а при норме – 0,2 л/га из 150 жуков погибло 102 жука. Существенно ли различие в гибели колорадского жука от нормы расхода Спинтора?

Нормы расхода Спинтора, л/га	Количество жуков				Сумма
	живые		погибшие		
	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	
0,1	64		86		150
0,2	48		102		150
Сумма	112	112	188	188	300

*Задание 2.* Обследовано 100 полей картофеля на пораженность фитофторозом. Посадка картофеля была произведена перебранными и не перебранными клубнями. Результаты обследования оказались следующими:

Варианты подготовки клубней	Число полей, пораженных фитофторой						Сумма
	слабо		средне		сильно		
	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	
Перебранные	30		15		5		50
Не перебранные	23		12		15		50
Сумма	53	53	27	27	20	20	100

Определите, существует ли определенная зависимость между пораженностью полей фитофторозом и подготовкой клубней к посадке.

*Алгоритм теста:*

1. Исходя, из нулевой гипотезы о независимости действия изучаемых признаков рассчитываем для всех задач теоретические (ожидаемые) частоты и записываем их в таблицу.

$$F_{ij} = \frac{\sum f_i \cdot \sum f_j}{\sum f_{ij}} =$$

где:  $F_{ij}$  – ожидаемая частота для  $i$ -й строки и для  $j$ -го столбца

$\sum f_i$  – сумма фактических частот для  $i$ -й строки

$\sum f_j$  – сумма фактических частот для  $j$ -го столбца

$\sum f_{ij}$  – общая сумма всех наблюдений

2. Рассчитываем отклонения фактических частот от ожидаемых и возводим их в квадрат по формуле:  $d^2 = (f_{ij} - F_{ij})^2 =$

$$d_1^2 = \qquad \qquad \qquad d_4^2 =$$

$$d_2^2 = \qquad \qquad \qquad d_5^2 =$$

$$d_3^2 = \qquad \qquad \qquad d_6^2 =$$

3. Находим сумму отношений квадратов отклонений частот к теоретически ожидаемой частоте и эту сумму отношений принимаем за критерий Хи-квадрат фактический –  $\chi^2_{\phi}$

$$\chi^2_{\phi} = \sum \frac{(f - F)^2}{F} = \sum \frac{d^2}{F} =$$

4. Находим табличное значение  $\chi^2$  и делаем вывод.

$$\chi^2_{05} = \qquad \qquad \qquad \text{при } cc = (c - 1)(k - 1) =$$

$$\chi^2_{01} = \qquad \qquad \qquad c - \text{число строк, } k - \text{число колонок}$$

Вывод:

**Оценки результатов компетенции:** «Знает методы оценки соответствия между фактическими и ожидаемыми наблюдениями»

Уровень владения компетенцией	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Знает на отлично	+	+	2
Знает на хорошо	-	+	1,5
Знает на удовлетворительно	+-	+-	1
Не знает	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

#### **4. Сравнительная оценка двух вариантов при количественной изменчивости признаков**

**Цель:** в соответствии с ПК-4 знать методы проверки гипотез результатов агрономических исследований и уметь выбрать лучшие варианты опыта

##### **Теоретическая часть:**

Вопрос о статистической проверке гипотез – один из основных при применении математической статистики в агрономических исследованиях. Статистические методы проверки гипотез являются надежной основой для принятия решения при некоторой неопределенности, обусловленной случайной вариацией изучаемых явлений и процессов. Они применяются всегда, когда необходимо решить вопрос о существовании разности между средними, о принадлежности варианта к данной совокупности, о существенности корреляционной зависимости между изучаемыми признаками и т.д.

Оценка разности средних изучаемых вариантов осуществляется в следующей последовательности:

- выдвигается нулевая гипотеза ( $H_0$ ) – предположение об отсутствии реальных различий между средними значениями вариантов и альтернативная гипотеза ( $H_A$ ) – предположение о наличии различий между вариантами;
- выбирается доверительная вероятность или уровень значимости для проверки нулевой гипотезы ( $0,05$  – 5% или  $0,01$  – 1%)
- выбирается критерий существенности (параметрический или непараметрический) для проверки гипотезы;
- рассчитываются статистические показатели для каждого варианта;
- в специальных таблицах находят теоретическое значение критерия для заданного уровня значимости;
- оценка разности средних ( проверка  $H_0$ ) может быть произведена по доверительным интервалам для генеральных средних, по фактическому значению критерия существенности или по наименьшей существенной разности ( $HSP_{05}$ ,  $HSP_{01}$ ).

После принятия или отбрасывания нулевой гипотезы необходимо сделать агрономический вывод относительно изучаемых вариантов.

### **Общая постановка задачи:**

1. Познакомиться с испытанием, как следующим после наблюдения видом научного исследования (Задание из 2-х вариантов).
2. Освоить сущность и практическое применение статистических и рабочих гипотез.
3. Подготовить данные к статистическому тесту и провести расчеты необходимых критериев для оценки существенности различий.
4. Сделать правильное статистическое и агрономическое заключение по эффективности изученных агроприемов.

### **Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:**

1. Различия между зависимыми и независимыми выборками на примерах	3. Нулевая гипотеза и статистические методы ее проверки для независимых испытаний выборок
2. Оценка существенности разности средних зависимых выборок	4. Параметрические и непараметрические критерии для проверки гипотез и условия их применения

## А. Независимые испытания выборки

*Задание 1.* При оценке качества посева ячменя по глубине заделки семян после вспашки на 20 см. (вариант 1) и фрезерования на 8-10 см. (вариант 2) получены следующие результаты (см):

Вариант 1					Вариант 2				
Номера колонок					Номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,0	5,7	4,3	4,4	2,9	5,4	5,6	4,0	4,9	4,9
5,3	4,5	7,4	2,3	5,6	4,9	4,8	6,0	5,8	5,6
5,6	3,7	4,3	5,6	7,4	5,3	6,0	5,4	6,3	4,2
4,4	4,3	3,7	5,8	5,6	5,4	5,4	3,9	5,0	4,3
2,5	3,5	4,8	5,9	4,8	4,8	4,9	5,8	4,9	6,3
5,3	5,6	2,1	6,8	4,8	5,6	4,7	4,8	3,9	5,5
7,7	6,9	5,6	4,8	5,0	5,3	5,7	5,7	6,3	5,7
3,4	5,6	2,3	6,7	2,1	5,4	5,4	4,8	6,5	4,1
4,5	2,8	4,4	1,5	3,7	4,8	5,6	6,5	4,3	5,8
8,2	4,4	5,7	6,3	–	5,6	6,0	6,0	–	5,0

*Задание 2.* Содержание белка (%) в зерне при сравнительном испытании двух сортов озимой пшеницы: Престиж и Немчиновская-57 составило:

Сорт Престиж (вариант 1)					Сорт Немчиновская-57 (вариант 2)				
Номера колонок					Номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18,6	17,4	20,2	18,0	19,4	17,8	16,5	18,5	18,0	18,4
19,4	18,6	21	19,8	18,8	16,6	19,2	15,6	16,4	16,7
16,9	20,3	18,1	19,1	17,4	17,0	19,5	16,4	16,8	17,3
20,0	18,4	19,7	17,3	20,4	15,6	16,5	16,8	17,0	17,5
17,9	19,6	17,6	20,0	16,5	16,5	16,0	15,9	17,5	17,5
18,3	19,5	18,4	17,5	19,9	17,0	17,3	15,8	16,8	15,7
18,4	19,5	19,0	21,1	19,0	17,1	15,6	15,3	18,5	15,9
18,4	19,0	19,7	20,0	19,6	16,4	15,9	18,5	18,4	18,0
21,1	18,8	19,5	20,3	17,4	19,3	17,4	16,4	15,9	18,5
18,0	19,4	–	18,4	19,4	16,7	17,9	–	16,8	17,4

Задание 3. Гибель свекловичного долгоносика при обработке инсектицидами: пиринексом (вариант 1) и фозалонем (варианта 2) составила (%):

Пиринекс (вариант 1)					Фозалон (вариант 2)				
Номера колонок					Номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95	78	89	96	87	67	78	89	56	67
67	78	90	89	94	67	58	79	76	57
70	89	95	95	86	68	59	73	69	75
69	68	85	82	76	75	64	82	48	82
77	85	82	70	81	59	66	75	46	57
79	87	69	98	87	65	45	67	70	75
70	87	78	79	69	56	60	59	64	45
83	86	87	80	79	67	64	54	50	60
92	94	95	76	82	65	67	46	65	67
90	78	80	69	67	53	57	70	46	–

Шифр задания к работе № 4

№ задания	колонок	№ задания	колонок	№ задания	колонок	№ задания	колонок
1	1 6	8	2 8	15	4 7	22	5 9
2	1 7	9	2 9	16	4 8	23	5 10
3	1 8	10	2 10	17	4 9	24	3 10
4	1 9	11	3 6	18	4 10	25	4 6
5	1 10	12	3 7	19	5 6	26	2 10
6	2 6	13	3 8	20	5 7	27	3 10
7	2 7	14	3 9	21	5 8	28	5 10

На стр.108 – 121 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.

### Статистическая обработка:

Рабочая таблица с формулами для расчетов

Статистические характеристики	Вариант 1	Вариант 2
$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} =$		
$C = \frac{(\sum X)^2}{n} =$		
$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum X^2 - C =$		
$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1} =$		
$S = \sqrt{S^2} =$		
$s_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$		
$E = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 =$		
$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 =$		

### Оценка существенности разности между средними по вариантам

а) интервальным методом

$$\bar{x}_1 \pm t_{05} \cdot s_{\bar{x}_1} =$$

$$\bar{x}_2 \pm t_{05} \cdot s_{\bar{x}_2} =$$

$$t_{05} =$$

$$\text{при } c.c. = n - 1$$

б) по критерию существенности

$$t_{\hat{\sigma}} = \frac{d}{S_d} = \frac{|\bar{x}_2 - \bar{x}_1|}{\sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}} =$$

$$t_{05} = \quad t_{01} =$$

$$\text{при } c.c. = n_1 + n_2 - 2 =$$

в) по критической, или наименьшей существенной разности (HCP)

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d =$$

$$HCP_{01} = t_{01} \cdot S_d =$$

**Заключение:**

*В. Зависимые (сопряженные) испытания выборки*

*Задание 1.* По результатам исследования влияния освещенности на активность пероксидазы установлены следующие количества фермента в листьях верхнего и нижнего ярусов (мл 0,01 н. раствора на 1 г сырого вещества, n = 10):

Нижний	5,7	6,0	7,3	6,9	6,4	8,1	5,4	6,5	6,8	7,2
Верхний	7,8	7,5	8,0	8,5	8,9	8,3	7,4	6,9	8,5	8,2

*Задание 2.* Пораженность корневыми гнилями сортов озимой пшеницы Галина и Дон 105, размещенных смежными полосами составила (% , n = 10):

Галина	42,5	40,0	38,9	41,4	59,6	20,2	41,0	36,2	70,5	62,5
Дон 105	37,5	36,4	39,3	37,0	34,7	37,0	36,4	43,2	35,5	58,5

*Задание 3.* При оценке биологической эффективности 0,15 кг/га каратэ зенона на посевах озимой пшеницы смертность трипсов и клопа вредной черепашки составила по площадкам (% , n = 10)

Трипсы	98	95	94	86	93	96	94	91	99	86
Клопы	86	94	96	83	85	86	78	79	89	92

*Задание 4.* При изучении 2-х способов хранения яблок в полиэтиленовых пакетах в одних и тех же камерах холодильника процент сохранившихся плодов составил (% , n = 10)

Без газовой среды	56	68	74	75	80	56	63	66	75	64
Газовая среда	85	73	75	95	78	85	76	74	83	60

*На стр. 121 – 123 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.*

*Статистическая обработка:*

Пары	Вариант 1	Вариант 2	Разность $d = X_2 - X_1$	Квадрат разности $d^2$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Суммы			$\Sigma d =$	$\Sigma d^2 =$
			$\bar{d} = \frac{\Sigma d}{n} =$	–



$$1. S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n \cdot (n-1)}} =$$

$$2. t_{\phi} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} = \quad \text{при с.с.} = n - 1 = \quad t_{05} = \quad t_{01} =$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \cdot S_{\bar{d}} = \quad НСР_{01} = t_{01} \cdot S_{\bar{d}} =$$

**Заключение:**

**Оценка результатов освоения компетенции «Умение выбрать лучшие агротехнические приемы на основе проверки гипотез для данных с количественной изменчивостью»**

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Умеет на отлично	+	+	2
Умеет на хорошо	-	+	1,5
Умеет на удовлетворительно	+-	+-	1
Не умеет	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### ***5. Сравнительная оценка двух вариантов при качественной изменчивости признаков***

**Цель:** в соответствии с ПК-4 знать методы проверки гипотез результатов агрономических исследований и уметь выбрать лучшие варианты опыта

**Теоретическая часть:**

В биологических и агрономических исследованиях часто приходится иметь дело с *качественной изменчивостью* признаков. К качественным относят такие признаки, которые не поддаются количественному измерению: разные сельскохозяйственные культуры, разные виды болезней, наличие или отсутствие признаков, разная форма и окраска семян и плодов, расщепление гибридов и т.д.

При этом вместо измерения, какого-либо показателя, как это имеет место при количественной изменчивости, при качественной изменчивости подсчитывают число объектов с тем или иным признаком: число подмерзших растений, число поврежденных и здоровых растений и тому подобное.

Основными статистическими показателями качественной изменчивости являются: доля признака, показатель изменчивости, коэффициент вариации и ошибка выборочной доли.

**Контрольные вопросы к подготовке и защите работы**

<p>1. Перечислите статистические показатели качественной изменчивости</p>	<p>2. Расчет статистических показателей качественной изменчивости при числе групп более двух</p>
<p>3. Как вычисляется и что показывает доверительный интервал для доли признака в совокупности?</p>	<p>4. Как оценить значимость разности между выборочными долями?</p>

**Общая постановка задачи:**

1. В соответствии с номером задания рассчитать статистические показатели качественной изменчивости
2. Подготовить данные к статистическому тесту и провести расчеты необходимых критериев для оценки существенности различий.
3. Выдвинуть нулевую гипотезу и сделать правильное статистическое и агрономическое заключение по эффективности изученных приемов.

### Список индивидуальных данных:

*Задание 1.* В выборках объемом по 200 растений кукурузы ( $N_1=200, N_2=200$ ) численность пораженных пузырчатой головней при бессменном возделывании (вариант 1) и в севообороте (вариант 2) составила:

№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8
Бессменно	40	50	90	80	100	120	78	111
Севооборот	29	25	75	57	67	100	64	95
№ задания	9	10	11	12	13	14	15	16
Бессменно	56	68	97	88	115	45	56	64
Севооборот	45	60	90	80	100	25	40	48

*Задание 2.* Пораженность ячменя пыльной головней в выборках по 200 растений ( $N_1=200, N_2=200$ ) без обработки (вариант 1) и при обработке семян Витаваксом – 10 л/т (вариант 2) составила:

№ задания	17	18	19	20	21	22	23	24
Без обработки	30	45	56	67	28	50	47	60
Витавакс	16	26	36	60	20	40	29	46
№ задания	25	26	27	28	29	30	31	32
Без обработки	37	38	48	100	126	36	30	55
Витавакс	30	19	35	78	95	20	16	34

### Статистическая обработка

Вариант 1	Вариант 2
$n_1 =$ $n_2 =$ $N_1 =$	$n_1 =$ $n_2 =$ $N_2 =$
$p_1 = \frac{n_1}{N_1} =$	$p_2 = \frac{n_1}{N_2} =$
$q_1 = 1 - p_1 =$	$q_2 = 1 - p_2 =$
$S_1 = \sqrt{p_1 \cdot q_1} =$	$S_2 = \sqrt{p_2 \cdot q_2} =$
$V_1 = \frac{S_1}{S_{\max}} \cdot 100 =$	$V_2 = \frac{S_2}{S_{\max}} \cdot 100 =$
$S_{p_1} = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{N_1}} =$	$S_{p_2} = \sqrt{\frac{p_2 \cdot q_2}{N_2}} =$
$p_1 \pm t_{05} \cdot S_{p_1} =$	$p_2 \pm t_{05} \cdot S_{p_2} =$

Выбор лучшего варианта на основе:

а) критерия существенности (t):

$$t_{\phi} = \frac{|p_2 - p_1|}{\sqrt{S_{p_1}^2 + S_{p_2}^2}} = \frac{d}{S_d} =$$

б) доверительного интервала для генеральной доли:

$$p_1 \pm t_{05} \cdot S_{p_1} =$$

$$p_2 \pm t_{05} \cdot S_{p_2} =$$

в) доверительного интервала для генеральной разности долей:

$$d \pm t_{05} \cdot S_d =$$

Вывод:

**Оценка результатов освоения компетенции** «Умение выбрать лучшие агротехнические приемы на основе проверки гипотез для данных с качественной изменчивостью»

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Умеет на отлично	+	+	2
Умеет на хорошо	-	+	1,5
Умеет на удовлетворительно	+-	+-	1
Не умеет	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ***6. Корреляционно-регрессионный анализ в агрономических исследованиях***

**Цель:** *в соответствии с компетенцией ПК-4 знать и уметь определять количественную зависимость между изучаемыми признаками и составлять прогноз на использование агроприемов*

### **Теоретическая часть**

**Корреляционно-регрессионный анализ** – статистический метод анализа, позволяющий:

- дать качественную оценку наличия силы или тесноты, направления и формы зависимости изучаемых признаков (корреляционный анализ);
- провести количественную оценку изучаемой зависимости: нахождение уравнения регрессии, оценка существенности регрессии и построение теоретической линии регрессии (регрессионный анализ).

Все изучаемые признаки делятся на две группы:

- *независимые или факторные признаки* (аргумент), обозначаются буквой  $X$ ,  
- *зависимые или результативные* (функция), которые изменяются под влиянием независимых признаков. Зависимые признаки обозначаются буквой  $Y$ .

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными *функциональными связями*, когда каждому значению независимого признака ( $X$ ) соответствует строго определенное значение результативного признака (зависимого) ( $Y$ ). Чаще между изучаемыми явлениями, объектами, условиями среды, ростом, продуктивностью растений и другими показателями существуют *корреляционные или вероятностные взаимосвязи*, когда определенному значению независимой переменной  $X$  соответствует не одно, а множество возможных значений признака  $Y$ .

Корреляции подразделяют по направлению, форме и числу связей. По направлению корреляция может быть прямой и обратной. При *прямой корреляции* с увеличением значения признака  $X$  увеличивается значение признака  $Y$ . *Например, чем выше продуктивная кустистость, тем выше урожайность, чем больше питательных элементов в почве, тем выше урожайность, чем больше длина листа, тем больше его площадь: чем лучше освещенность растений, тем интенсивнее фотосинтез и т.п.*

При *обратной корреляции* с увеличением значения признака  $X$  значение признака  $Y$  уменьшается. *Например, при увеличении засоренности полей или пораженности культурных растений уменьшается урожай, при постоянном увеличении массы корнеплодов свеклы уменьшается их сахаристость и т.п.*

По форме корреляция бывает прямолинейной и криволинейной. При *прямолинейной (линейной)* связи между признаками  $X$  и  $Y$  зависимость носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии  $Y = a + bX$ . При линейной зависимости одинаковые приращения аргумента  $X$  приводят к одинаковым приращениям функции  $Y$ .

Когда при одинаковых приращениях аргумента  $X$  функция имеет неодинаковые изменения  $Y$ , зависимость называется *нелинейной* или *криволинейной*.

В зависимости от числа изучаемых признаков корреляция может быть *простой*, когда имеется связь между двумя признаками и *множественной*, когда изучается зависимость между тремя и более признаками.

Количественно связь между признаками описывается уравнением регрессии: при простой регрессии связь кратко обозначается  $Y = f(X)$ , а при множественной  $Y = (X, Z, T \dots)$ .

Уравнение регрессии в агрономии используют:

- для прогнозирования величины урожайности в зависимости от метеоусловий, вредителей, болезней, сорняков и рекомендуемых агроприемов;
- для прогнозирования распространения вредителей и болезней от внешних условий;
- для прогнозирования качества продуктов переработки и их хранения по качеству сырья и т.д.

### **Прямолинейная корреляция и регрессия**

Оценка прямолинейной корреляционной зависимости проводится по **коэффициенту корреляции**.

По величине коэффициента корреляции можно судить о направлении и силе или тесноте связи. Коэффициент корреляции величина безразмерная, он изменяется в интервале от  $-1 \div +1$ . Знак коэффициента корреляции указывает на направление связи, если «минус», то связь обратная, если «плюс», то положительная.

Тесноту или силу связи между изучаемыми признаками можно определить по величине коэффициента корреляции. При полных зависимостях, когда корреляционная связь превращается в функциональную, значение коэффициента корреляции равно для положительных связей  $+1$ , для обратных связей  $-1$ . Если же  $r$  принимает значение около  $0$ , то это дает основание говорить об отсутствии связи между  $Y$  и  $X$ .

Значимость коэффициента корреляции (нулевая гипотеза об отсутствии связи между факторным и результативным признаками ( $H_0 : r = 0$ )) проверяется на основе t-критерия Стьюдента или вероятности значимости ( $p$ ). Для проверки  $H_0$  следует рассчитать t-статистику ( $t_\phi$ ) и сравнить ее с табличным значением ( $t_m$ ) по заданному уровню значимости ( $\alpha$ ) и числу степеней свободы ( $d.f.$ ) или рассчитать ( $p$ ). Если  $t_\phi > t_m$ ,  $p < 0,05$  то гипотеза  $H_0$  отвергается с вероятностью 95%. Это свидетельствует о значимости линейного коэффициента корреляции и статистической существенности зависимости между факторным и результативным признаками.

Квадрат коэффициента корреляции называют **коэффициентом детерминации** ( $r^2$ ). Коэффициент детерминации показывает долю общей дисперсии результативного признака ( $Y$ ), которая объясняется вариацией факторного признака ( $X$ ).

В процессе проведения регрессионного анализа рассчитывают коэффициент регрессии ( $b_{yx}$ ). Коэффициент регрессии  $b_{yx}$  показывает, в каком направлении и насколько изменится результативный признак  $Y$  при изменении независимого (факторного) признака  $X$  на единицу измерения и выражается в единицах  $Y$ . Коэффициент регрессии имеет знак коэффициента корреляции и может принимать любые значения, он привязан к единицам измерения обоих признаков, знак коэффициента регрессии указывает на направление связи.

**Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:**

1. Виды корреляции.	3. Сущность регрессии и способы ее определения.
2. Чем и как измеряется сила и направление связи?	4. Как использовать результаты регрессионного анализа для целей агрономического прогнозирования.

**Общая постановка задачи:**

1. Усвоить сущность и значение корреляционного и регрессионного анализов, условия и место их применения в опытном деле.

2. Уяснить принципиальную разность между корреляционной и функциональной связями, между прямолинейной и криволинейной связями.
3. Освоить технику корреляционного и регрессионного анализов.
4. Сделать статистический и агрономический вывод по характеру связей изучаемых признаков.

**Список индивидуальных данных:**

***А. Линейная корреляция и регрессия***

*Пример 1.* Масса зерна ячменя ( $X$ , мг) и содержание жира в зерне ( $Y$ ,%)

1 задание		2 задание		3 задание		4 задание		5 задание	
$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$
1,2	11,0	2,1	13,5	1,1	10,5	1,1	12,0	1,0	10,7
5,1	19,9	1,0	10,8	5,0	19,8	5,1	21,9	3,1	16,8
2,3	15,9	2,3	15,6	2,4	15,0	1,2	11,0	1,5	14,0
3,1	16,3	3,6	17,5	3,3	19,6	2,2	16,9	2,0	17,1
0,9	10,2	4,1	18,4	2,8	16,7	4,3	19,4	5,2	25,3
4,1	21,4	2,7	16,0	3,0	18,3	2,2	17,3	4,1	20,4
2,1	15,8	4,7	21,0	2,2	16,8	3,1	18,8	2,1	15,4
4,2	21,6	5,2	24,9	1,7	13,5	2,2	15,9	4,1	23,1
1,1	12,3	1,0	10,5	2,5	15,7	2,1	16,0	3,1	18,9
3,4	17,3	2,8	17,2	3,3	19	2,9	18,9	2,7	17,6

*Пример 2.* Количество осадков за май – июль ( $X$ , мм) и прибавка урожая картофеля от *NPK* ( $Y$ , ц/га)

6 задание		7 задание		8 задание		9 задание		10 задание	
$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$
150	235	46	113	45	121	203	245	30	60
136	204	125	212	84	142	65	153	33	74
42	120	77	14	83	138	74	138	47	94
216	238	201	247	143	221	34	84	42	99
37	96	112	176	136	198	90	150	88	150
95	145	112	188	100	168	80	137	60	143
82	140	37	88	95	140	33	74	144	220
48	119	42	96	103	178	46	112	45	108
42	115	39	83	31	78	103	165	27	64
96	156	54	113	36	85	135	198	42	100



Пример 3. Число развитых колосков в колосе ( $X$ ) и число зерен в колосе ( $Y$ )

11 задание		12 задание		13 задание		14 задание		15 задание	
$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$
38	18	28	19	30	13	32	17	18	10
29	12	39	15	22	11	22	9	28	13
32	13	25	13	28	9	34	15	32	15
42	17	29	13	38	15	27	12	41	17
30	16	27	14	32	13	41	17	32	14
33	15	26	12	35	15	31	14	28	13
36	16	34	15	26	13	28	13	31	14
41	16	40	16	31	14	31	14	29	13
30	13	34	14	22	10	36	16	31	15
28	13	29	16	31	14	31	14	18	9

Пример 4. Некапиллярная пористость ( $Y$ , %) и плотность ( $X$ , г/см<sup>3</sup>)

16 задание		17 задание		18 задание		19 задание		20 задание	
$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$
14,6	1,20	4,3	1,44	11,8	1,28	11,7	1,32	15,4	1,23
12,1	1,28	13,2	1,30	15,2	1,21	3,7	1,40	3,8	1,43
11,6	1,31	6,4	1,40	8,3	1,38	8,3	1,38	3,5	1,42
15,2	1,23	17,8	1,28	18,4	1,16	15,8	1,21	17,2	1,17
14,6	1,24	14,1	1,25	7,0	1,36	2,6	1,48	11,2	1,31
4,7	1,43	10,2	1,32	8,9	1,42	7,0	1,42	15,7	1,22
7,1	1,42	17,2	1,19	16,0	1,11	13,3	1,23	8,3	1,33
11,7	1,29	18,4	1,13	2,5	1,48	15,3	1,15	8,3	1,34
9,0	1,38	4,5	1,40	11,5	1,28	5,7	1,38	4,4	1,45
7,4	1,45	17,3	1,17	6,4	1,37	8,8	1,39	6,3	1,39

Пример 5. Зависимость урожайности озимой пшеницы ( $Y$ , ц/га) от пораженности бурой ржавчины ( $X$ , %)

21 задание		22 задание		23 задание		24 задание		25 задание	
$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$
51,1	20,2	49,3	36,1	50,3	22,3	49,7	21,7	55,1	9,9
50,3	27,4	52,5	22,4	50,4	28,0	50,2	24,4	53,0	25,4
51,1	21,6	55,3	8,5	43,4	54,1	52,5	15,3	50,2	21,1
48,4	46,0	43,8	54,1	46,5	45,3	48,1	36,2	51,1	35,6
49	41,4	48,1	43,2	55,3	10,2	41,0	59,7	50,7	42,7
49,1	43,3	39,6	64,1	50,3	20,0	53,0	25,8	51,5	34,0
48,5	37,8	41,3	57,0	40,2	60,4	51,5	34,2	45,8	54,2
49,0	42,5	55,3	12,4	55,3	10,1	45,2	54,6	50,5	43,6
41,8	59,1	48,0	43,1	43,8	54,8	42,0	54,0	58,8	12,4
45,0	54,7	40,6	56,3	48,5	36,2	41,6	59,6	40,2	60,1

На стр. 124 – 130 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.

Вычислите коэффициенты линейной корреляции и регрессии, рассчитайте уравнение регрессии и представьте данные на графике

Решение:

Признаки		Квадраты		Произведения
Y	X	Y <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	Y·X
Суммы, Σ				

Число пар сравнений  $n =$

Средние по ряду Y и по ряду X

$$\bar{y} = \sum Y : n =$$

$$\bar{x} = \sum X : n =$$

$$\sum (Y - \bar{y})^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} =$$

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} =$$

$$\sum (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y}) = \sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{n} =$$

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \cdot \sum (Y - \bar{y})^2}} =$$

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} =$$

$$d_{yx} = r^2 =$$

$$b_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2} =$$

$$s_{b_{yx}} = s_r \cdot \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{y})^2}{\sum (X - \bar{x})^2}} =$$

$$t_r = t_b = \frac{r}{s_r} =$$

$$t_{05} = \quad \text{при } cc = n - 2 =$$

Подставляем рассчитанные значения средних по ряду  $X$ ,  $Y$  и  $b_{yx}$ , в уравнение  $Y = \bar{y} + b_{yx} \cdot (X - \bar{x}) =$

после упрощения получаем уравнение прямой  $Y = a \pm bX =$

Параметры  $a$  и  $b$  расчетного уравнения регрессии можно получить *методом наименьших квадратов* путем решения двух уравнений. Для этого уравнение прямой линии  $a \pm bX = Y$  сначала умножаем на  $n$ , а потом на  $\sum X$ , и получаем систему двух уравнений:

$$an + b\sum X = \sum Y$$

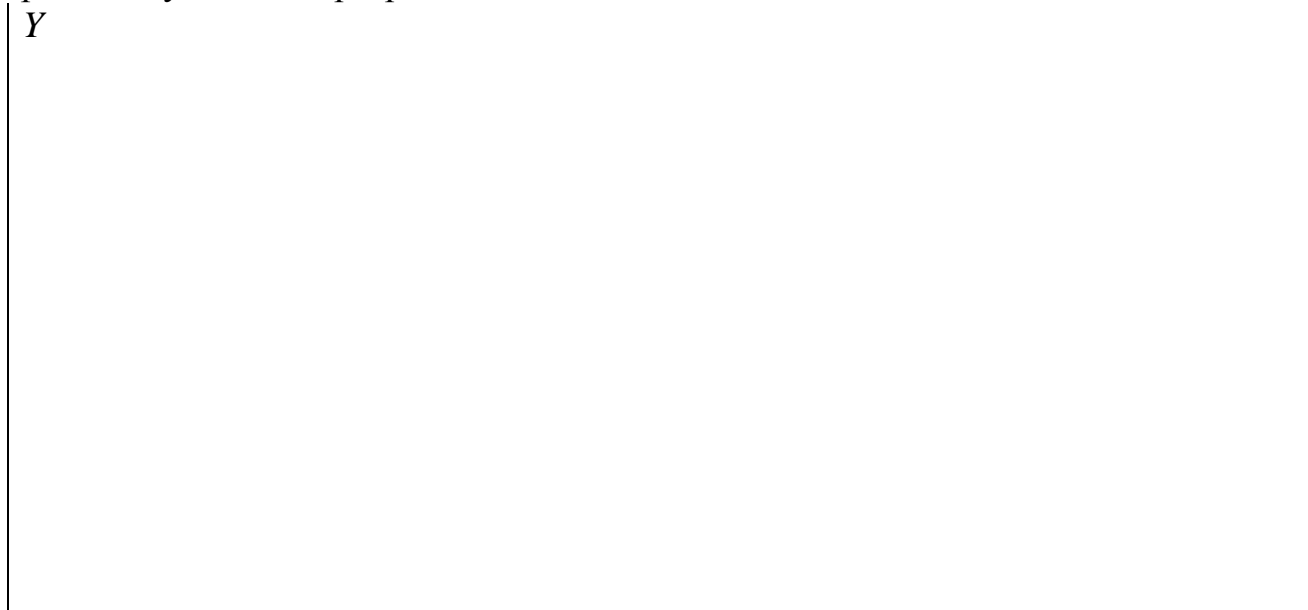
$$a\sum X + b\sum X^2 = \sum XY$$

*Упрощаем эти уравнения, разделив первое уравнение на  $n$ , а второе на  $\sum X$ :*

*Вычитаем из первого уравнения второе, получаем третье и рассчитываем коэффициент  $b$ :*

*Свободный член уравнения  $a$  находим путем решения второго полученного уравнения, подставляя в него уже известное значение  $b$ :*

Определяем значения  $Y$  для экстремальных значений  $X$  ( $X_{min}$  и  $X_{max}$ ) и строим теоретическую линию регрессии  $Y$  по  $X$ .



X

Вывод:

### В. Нелинейная корреляция и регрессия

**Задание 1.** Зависимость урожайности озимой пшеницы  $Y$  (ц/га) от засоренности посевов  $X$  (количество сорняков, шт/м<sup>2</sup>).

$Y$	52,5	50,1	40,7	44,5	42,5	39,1	48,6	38,5	46,8	42,8
$X$	4	10	163	50	99	258	20	286	38	94
$Y$	43,8	42,8	43,7	44,1	39,9	48,9	41,9	39,5	43,5	37,0
$X$	75	120	68	75	200	30	145	217	87	235

**Задание 2.** Степень повреждения побегов черной смородины второго поколения листовой галлицей  $Y$  (%) в зависимости от количества эфирных железок на листе  $X$  (шт).

$Y$	58	72	58	40	68	28	45	28	52	54
$X$	48	50	53	54	57	61	61	61	62	56
$Y$	58	25	22	5	15	2	5	5	3	2
$X$	69	72	98	112	118	119	126	188	165	120

*Алгоритм расчетов:*

1. Составляем вспомогательную таблицу, в которой все значения зависимого признака  $X$  располагаем по ранжиру в возрастающем порядке.

$X$	$\bar{x}_y$	$Y$	$\bar{y}_x$	$Y - \bar{y}_x$	$Y - \bar{y}$	$(Y - \bar{y}_x)^2$	$(Y - \bar{y})^2$
Суммы							

2. Разбиваем весь ряд (колонку) признака  $X$  на 4 – 8 групп, так чтобы в каждой группе было не менее 2-х значений.

3. По каждой группе определяем среднюю групповую  $\bar{x}_y$ .
4. Определяем общую среднюю по ряду  $X$  ( $\bar{x}$ )
5. Для групповых по ряду  $\bar{x}_y$  определяем среднюю групповую по ряду  $Y$  ( $y_x$ )
6. Определяем общую среднюю по ряду  $Y$  ( $\bar{y}$ )
7. Определяем суммы квадратов отклонений для общего  $\sum(Y - \bar{y})^2$  и группового варьирования признака  $Y$   $\sum(Y - \bar{y}_x)^2$
- 8 Определяем:

корреляционное отношение

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2 - \sum(Y - \bar{y}_x)^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}} =$$

ошибку корреляционного отношения  $S_{\eta_{yx}} = \sqrt{\frac{1 - \eta_{yx}^2}{n - 2}} =$

критерий существенности  $t_{\eta_{yx}} = \frac{\eta_{yx}}{S_{\eta_{yx}}} =$

доверительный интервал  $\eta_{yx} + t_{05} \cdot S_{\eta_{yx}} =$

Y

X

Вывод:

На стр. 130 – 136 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.

**Оценка результатов компетенции «Знает и владеет методами качественной и количественной оценки зависимости между изучаемыми признаками»**

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Владеет на отлично	+	+	2
Владеет на хорошо	-	+	1,5
Владеет на удовлетворительно	+-	+-	1
Не владеет	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## 7. Определение характера территориального варьирования плодородия почв земельных участков

**Цель:** в соответствии с компетенцией ПК-2 владеть навыками изучения, выбора и подготовки земельного участка для проведения полевого опыта

### Теоретическая часть:

Структура полевого эксперимента, его основные элементы (повторность опыта, размещение вариантов, повторений, ориентация делянок на местности) в значительной степени определяется закономерностями территориального варьирования почвенного плодородия. На любом земельном участке территориальная изменчивость почвенного плодородия проявляется в виде случайного и закономерного (систематического) варьирования. Особенности в изменчивости плодородия почвы земельных участков, на которых планируется закладка опытов, лучше всего изучить на основании *рекогносцировочных (разведывательных)* посевов с последующим *дробным* учетом урожая одинаковыми делянками. Результаты дробного учета используются для определения степени и вида вариации почвенного плодородия, данные дробного учета в последующем необходимы для планирования основных элементов методики полевого опыта.

Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:

1. Как изучить степень и характер варьирования плодородия почвы опытных участков?	3. Какие элементы методики полевого опыта можно спланировать на основании данных дробного учета?
2. Виды территориального варьирования плодородия почвы	4. Виды ошибок в полевом опыте

### Общая постановка задачи:

1. Определить степень варьирования плодородия почвы на опытном участке.
2. Определить вид варьирования плодородия почвы на опытном участке.

### Список индивидуальных данных

Перед закладкой опыта на земельном участке (1 га) провели рекогносцировочный посев ячменя с последующим дробным учетом урожая на 200 делянках по 50 м<sup>2</sup>, ц/га.

№ по- лосы	номер делянки									
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>1</i>	25	27	26	27	24	24	27	29	32	29
<i>2</i>	32	31	31	31	30	31	31	30	30	27
<i>3</i>	19	19	24	21	23	23	23	23	20	24
<i>4</i>	19	20	21	23	21	22	22	23	21	23
<i>5</i>	20	26	25	23	27	25	25	26	26	28
<i>6</i>	32	31	26	29	30	28	27	27	25	24
<i>7</i>	35	34	30	34	27	31	29	28	25	23
<i>8</i>	20	30	19	26	29	25	20	23	22	24
<i>9</i>	30	28	27	26	25	27	27	25	24	23
<i>10</i>	22	20	20	17	16	25	24	24	23	22

№ по- лосы	номер делянки									
	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
<i>1</i>	24	22	26	29	31	22	23	25	28	27
<i>2</i>	29	27	27	27	25	25	26	26	26	22
<i>3</i>	24	24	24	25	25	25	27	28	26	29
<i>4</i>	23	24	24	28	25	25	26	27	24	30
<i>5</i>	21	23	25	26	27	21	22	24	24	25
<i>6</i>	26	25	26	24	20	23	23	22	21	21
<i>7</i>	32	28	26	23	25	29	26	27	23	25
<i>8</i>	28	23	26	24	27	26	25	24	22	23
<i>9</i>	32	30	29	28	27	28	24	26	28	22
<i>10</i>	27	22	27	21	25	28	25	24	21	22

Алгоритм решения:

1. Запишите данные своего задания в рабочую таблицу:

№ делянки ц/га	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ делянки ц/га	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

2. Для определения степени варьирования плодородия почвы необходимо провести статистическую обработку урожаев.

Общее число делянок  $N = 20$

Средняя урожайность по земельному участку  $\bar{x}_0 = \Sigma X/N =$

Поправка  $C = (\Sigma X)^2/N =$

Общая сумма квадратов отклонений  $CKO = \Sigma X^2 - C =$

Дисперсия  $S^2 = \frac{\Sigma (X - \bar{x})^2}{N - 1} =$

Стандартное отклонение  $S = \sqrt{S^2} =$

Ошибка средней  $s_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{N}} =$

Коэффициент вариации  $V = \frac{s}{\bar{x}_0} \cdot 100 =$

3. Для определения вида (тренда) варьирования плодородия почвы отложите на графике величины урожаев от первой до последней делянки с целью получения эмпирической кривой (рис 2)

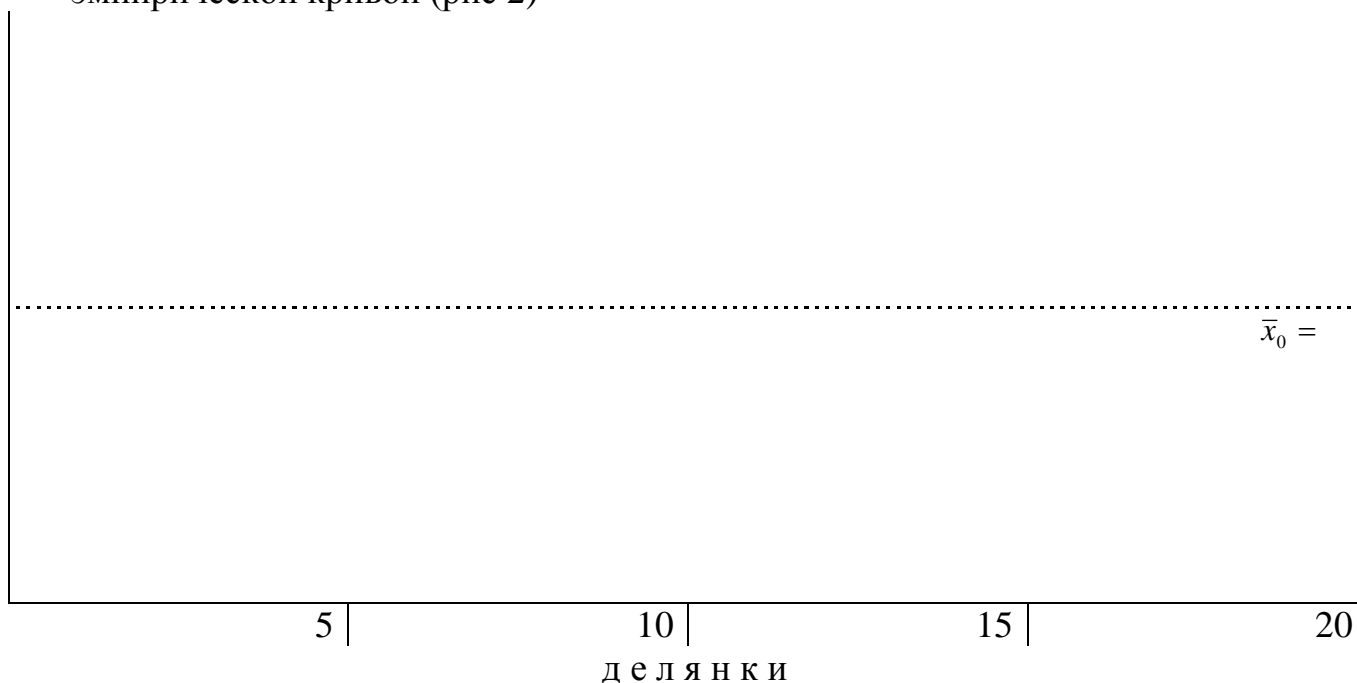


Рис.2. .... варьирование урожайности ячменя по делянкам дробного учета



4. Определите вид варьирования плодородия почвы по форме и тренду кривой (указать под рисунком)

**Оценка результатов освоения компетенции «Владеет методом определения характера варьирования плодородия почвы опытного участка»**

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Владеет на отлично	+	+	2
Владеет на хорошо	-	+	1,5
Владеет на удовлетворительно	+–	+–	1
Не владеет	–	–	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ***8. Разработка схемы полевого опыта***

**Цель:** в соответствии с компетенциями ОПК-2 и ПК-2 уметь составлять схему полевого опыта

### **Теоретическая часть**

Под *схемой полевого опыта* понимают перечень логически увязанных вариантов, подлежащих количественному сравнительному исследованию. Схемы опытов бывают с *качественной, количественной и смешанной градациями* изучаемых факторов. Если однородные варианты различаются количественно, то имеет место однофакторный опыт с количественными градациями вариантов. Например, в опытах планируется исследовать три глубины вспашки, четыре срока посева, три дозы удобрений и т.д. Опыт с разными способами обработки, разными гербицидами имеет однофакторную схему с качественными градациями. Опыты, в которых изучается два и более факторов, относят к многофакторным. Например, исследуются два способа обработки почвы (фактор *A*) и три дозы удобрений (фактор *B*). Любая схема опыта должна включать *контрольный вариант (стандарт)*, выступающий в качестве меры сравнения. Как правило, контролем служит лучший прототип, используемый в производстве.

Число вариантов (градаций фактора) определяются целью и задачами исследований. В опытах с качественной градацией изучаемых вариантов при составлении схемы опыта необходимо правильно выбрать контрольный вариант (стандарт), выдержать принцип единственного логического различия, а также – агротехнический фон (сопутствующие) условия. Здесь число вариантов ограничивается техническим обеспечением и причинами территориальной изменчивости плодородия.

Для опытов с количественными градациями фактора число вариантов не может быть менее трех, поскольку при меньшем числе вариантов не удастся использовать обязательные для количественной интерпретации математические функции. Кроме того, важно правильно выбрать основной уровень и интервал между градациями (шаг). Понятно, что выбранный уровень и интервал должны «накрывать» как лимитирующую, так и ингибирующие области кривой отклика и не пропустить центр эксперимента – оптимальную область.

На пестрых (коэффициент вариации свыше 20%) участках увеличение числа вариантов свыше определенного количества (12-16) может увеличить ошибку и требует использования сложных планов. На участках, позволяющих выделить однородные массивы, погрешность опыта с увеличением числа вариантов более 5 возрастает незначительно.

Главное требование к схеме опытов – это реализация объяснительного характера исследований. Так, при сравнительном исследовании вспашки на глубину 20 см и чизелевания на глубину 30 см необходимо как минимум включить вспашку на 30 см и чизелевание на 20 см. При эмпирическом подходе, распространенном в производственных условиях, не претендующим на объяснительный характер исследований, допустимо ограничиться 2 вариантами количественной, качественной или смешанной градации.

### Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:

1. Перечислите основные элементы методики полевого опыта	3. Какой вариант обязателен для любой схемы опыта?
2. Приведите пример схемы однофакторного опыта с качественными, количественными и смешанными грациями факторов?	4. Какова типичная форма кривой однофакторной зависимости?

### Общая постановка задачи:

Разработайте схему полевого опыта (совокупность вариантов) для проверки научной гипотезы по эффективности агротехнических приемов и новых сортов.

### Список индивидуальных заданий (данных)

№ задания	Научная гипотеза	Примечание
1.	Предпосадочное чизелевание на глубину 30см – эффективный прием для картофеля	Глубина пахотного слоя 20-22см
2.	Предпосевное фрезерование позволяет снизить уплотнение почвы и расход топлива	Традиционная обработка включает многооперационную подготовку
3.	Увеличение дозы навоза под картофель свыше 40т/га сопровождается снижением устойчивости к поражению фитофторой	В опыте предполагается использовать фитофтороустойчивые сорта
4.	Озимая пшеница Московская 39 уступает по перезимовке сортам селекции ТСХА.	Кроме пшеницы в схему рекомендуется включить тритикале

5.	Удобрения Буйского завода не уступают по влиянию на продуктивность картофеля удобрениям Кемира-универсал	В схему опыта рекомендуется включить вариант без удобрений
6.	Применение на зерновых отечественных гербицидов с антидотами по экологическим, экономическим и агрономическим причинам равноценно аналогам ведущих инофирм	В схему опыта рекомендуется включить вариант без гербицидов
7.	Оптимальное качество подготовки почвы блочно-модульными культиваторами достигается на скорости 12-14км/час	Опыт планируется реализовать на производственном участке с длиной гона 300 м с включением варианта с системой «Controlled Traffic Farming»
8.	Однократная химическая прополка парового поля заменяет до 2-х культиваций	
9.	Опоздание с посевом яровых зерновых на 1 день приводит к потере урожая на 5%.	
10.	Увеличение дозы азотных удобрений под озимую пшеницу эффективнее с использованием ретардантов	

### **Пример выполнения работы**

Необходимо разработать схему полевого опыта по проверке гипотезы об агротехнической эффективности применения дискатора в системе основной обработки почвы под зерновые культуры. Традиционная подготовка почвы базируется на вспашке на глубину пахотного слоя (20-22см) с последующим использованием сплошной культивации и предпосевной обработки комбинированным почвообрабатывающим агрегатом.

Решение. В качестве контроля в схему опыта включаем вариант со вспашкой и многооперационной предпосевной обработкой. Вторым вариантом берем обработку почвы дискатором на глубину 10-12см с традиционной многооперационной

предпосевной обработкой, позволяющей вычлнить действие дискатора. Третьим вариантом рационально принять дискование тяжелой бороной на глубину 10-12 см с традиционной многооперационной предпосевной обработкой. Этот вариант позволяет вычлнить эффективность использования орудия дискатора по сравнению с тяжелой дисковой бороной. Четвертым вариантом в схеме может быть обработка дискатором и предпосевной обработки комбинированным почвообрабатывающим агрегатом (без культивации). Обоснование такого сочетания служит использование результата более качественной работы дискатора, позволяющей достичь необходимой подготовки почвы без культивации.

Схема опыта

«Агротехническая оценка использования дискатора в системе основной обработки почвы под озимые культуры»

1. Вспашка на 20-22 см (контроль)
2. Обработка дискатором на 10-12 см
3. Обработка тяжелой дисковой бороной на 10-12 см
4. Обработка дискатором на 10-12 см, без культивации, предпосевная обработка аналогично вариантам 1-3

Схема опыта

**Оценка результатов освоения компетенций:** «Владеет знаниями для составления схем опытов»

Уровень освоения компетенций	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Владеет на отлично	+	+	2
Владеет на хорошо	-	+	4
Владеет на удовлетворительно	+–	+–	1
Не владеет	–	–	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## 9. Методы (планы) размещения вариантов полевого опыта

**Цель:** в соответствии с компетенциями ОПК-2 и ПК-2 освоить методы размещения вариантов полевого опыта

**Теоретическая часть.**

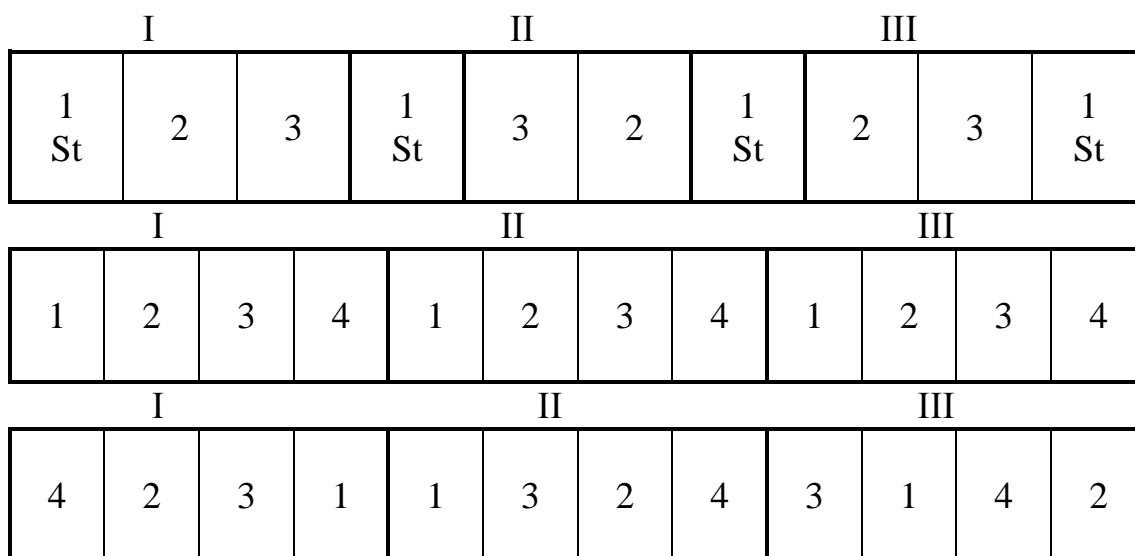


Рис.3. Методы размещения вариантов трех повторений полевого опыта (стандартный – верхний ряд, систематический – средний ряд, рандомизированный – нижний ряд). Размещение повторений сплошным методом, делянок – в один ярус

Размещение вариантов по делянкам опытного участка – ключевой элемент планирования полевых экспериментов. Правильное размещение обеспечивает минимальную ошибку эксперимента, что позволяет уловить даже незначительные эффекты. В зависимости от характера пространственного варьирования используют стандартный, систематический, и рандомизированный методы (рис.3.).

Каждый метод используется для специфических условий характера варьирования почвенного плодородия и основных экологических условий участка. Рандомизированные методы размещения вариантов являются наиболее распространенными. К ним относятся следующие виды: полной рандомизации, организованных повторений, латинского квадрата, латинского прямоугольника, расщепленных делянок, расщепленных блоков, решетки и др.

Располагать делянки можно в один или несколько ярусов. Полная информация по условиям применения методов размещения вариантов имеется в учебнике.

### Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:

<p>1. В чем преимущество и недостатки рандомизированных методов размещения вариантов? Техника рандомизации</p>	<p>3. Разместить 5 вариантов полевого опыта в 3-х кратной повторности методами полной рандомизации и организованных повторений</p>
<p>2. Показать размещение 12 вариантов на земельном участке с двухсторонним склоном</p>	<p>4. Преимущества и недостатки стандартных методов размещения вариантов</p>

### Общая постановка задачи:

1. Получив информацию о пространственном варьировании основных показателей плодородия почвы (данные дробного учета урожая, раб. 7), спланируйте размещение вариантов в однофакторном полевым опыте.

2. Изучите основные методы (планы) размещения вариантов, дайте характеристику современных (рандомизированных) методов.

3. Проведите оценку методов размещения вариантов в зависимости от характера варьирования плодородия почвы опытных участков.

### Список индивидуальных данных

№ задания	Число Вариантов схемы опыта	Экспериментальные объекты	Метод размещения вариантов
1.	4	Обработка почвы	Рандомизированные повторения
2.	5	-«-	-«-
3.	4	Виды удобрений	Полная рандомизация
4.	5	-«-	-«-
5.	5	Способы внесения удобрений	Латинский квадрат
6.	6	- «-	-«-
7.	15	Виды гербицидов	Латинский прямоугольник
8.	18	- «-	-«-
9.	4	Сорта зерновых	Стандартный
10.	5	-«-	-«-

Примечание. При выполнении работы используйте данные дробного учета урожая, установленные в работе 7.

Метод размещения вариантов, задание №\_\_ :

### Оценка результатов освоения компетенции «Освоил методы размещения вариантов в полевом опыте»:

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоил (а) на отлично	+	+	2
Освоил (а) на хорошо	+	-	1,5
Освоил (а) на удовлетворительно	+-	+-	1
Не освоил (а)	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_



## ***10. Дисперсионный анализ данных вегетационного и полевого опытов с полной рандомизацией вариантов***

**Цель:** в соответствии с компетенцией ПК-4 освоить методы проверки гипотез результатов агрономических исследований на основе дисперсионного анализа

### **Теоретическая часть**

При изучении причинно-следственных отношений между явлениями особенно ценным оказался метод *дисперсионного анализа*. Дисперсионный анализ (английская аббревиатура ANOVA – анализ вариантов) является одним из распространенных методов статистической обработки результатов агрономических исследований. Рекомендуется использовать для сравнения 3-х и более вариантов опыта.

Этот метод разработан в ходе логико-статистического анализа результатов длительных полевых опытов, заложенных на Ротамстедской опытной станции. Дисперсионный анализ основан на разложении общей дисперсии статистического комплекса на составляющие компоненты (отсюда и название метода), сравнивая, которые друг с другом посредством критерия Фишера ( $F$ -критерия), можно определить долю общей вариации изучаемого (результативного) признака, обусловленную действием на него, как регулируемых, так и не регулируемых в опыте факторов.

Сущностью дисперсионного анализа является одновременное разложение суммы квадратов и числа степеней свободы на составляющие компоненты, которые соответствуют структуре эксперимента и оценка действия и взаимодействия изучаемых вариантов по  $F$ -критерию. В зависимости от условий проведения опытов применяют различные схемы (модели) дисперсионного анализа, в которых указывают на какие суммы квадратов отклонений и степени свободы расчленяют общее варьирование.

Вегетационные опыты чаще всего представляют собой статистические комплексы, в которых независимость сопоставимых вариантов достигается регулярным перемещением сосудов на столах или вагонетках.

Независимости можно добиться и в полевых условиях, если варианты по делянкам полевого опыта размещать методом полной рандомизации. Следовательно, в вегетационных опытах и в полевых опытах с полной рандомизацией вариантов нет территориально организованных повторений. В таких случаях дисперсионный анализ данных таких экспериментов необходимо вести как для несопряженных (независимых) выборок.

Общее варьирование изучаемого признака будет состоять из варьирования между выборками (вариантами) и варьирования внутри выборок. Вариация между выборками (вариантами) представляет ту часть общей изменчивости, которая обусловлена действием изучаемых факторов, а вариация внутри выборок характеризует действие случайных факторов, т.е. ошибку эксперимента.

Оценка значимости действия изучаемых факторов проводится по критерию Фишера –  $F$ , который представляет собой отношение дисперсии (среднего квадрата) вариантов к дисперсии ошибки  $F_{\text{фак}} = \frac{S_v^2}{S_e^2}$ .  $F_{\text{фак}}$  сравнивают с табличным значением критерия Фишера –  $F_{\text{табл}}$  при заданном уровне значимости ( $F_{05}$  или  $F_{01}$ )

Если  $F_{\text{факт}} < F_{\text{табл.}}$ , то нулевая гипотеза (предположение: все средние значения по вариантам являются оценками одной генеральной средней и между нет существенных различий) принимается и на этом расчеты заканчиваются. Если  $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{табл.}}$ , то нулевая гипотеза отвергается и необходимо дополнительно оценить существенность различий между средними значениями по величине  $HCP_{05}$  или  $HCP_{01}$  и на основании этого выбрать лучшие варианты.

В зависимости от условий проведения опытов применяют различные схемы (модели) дисперсионного анализа, в которых указывается на какие конкретно суммы квадратов и степени свободы расчленяют общее варьирование.

### Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:

<p>1. Модель дисперсионного анализа данных однофакторного вегетационного опыта и полевого опыта с полной рандомизацией вариантов</p>	<p>3. Для чего рассчитывается критерий Фишера и НСР?</p>
<p>2. Проверка нулевой гипотезы при дисперсионном анализе</p>	<p>4. Особенности дисперсионного анализа опыта с полной рандомизацией и разной повторностью вариантов (выпавшими датами)</p>

### Общая постановка задачи:

1. Изучить сущность дисперсионного анализа, этапы и условия его применения.
2. Провести расчеты по дисперсионному анализу на калькуляторе и в программе MS Excel.
3. По результатам дисперсионного анализа сформулировать статистический и агрономический вывод.

### Список индивидуальных заданий

Каждое задание работы 10 включает 32 варианта, которые получены путем различных сочетаний 4-х из 7-ми повторностей в вегетационном или полевом опытах.

Запишите данные своего задания по повторностям в исходную таблицу и проведите расчеты.

#### Шифр задания к работе 10

№	Повторности	№	Повторности	№	Повторности	№	Повторности
1	1 2 3 4	9	2 3 5 7	17	1 3 5 7	25	1 3 4 7
2	2 3 4 5	10	1 2 4 7	18	2 5 6 7	26	1 2 6 7
3	3 4 5 6	11	2 4 5 6	19	1 2 5 6	27	2 3 6 7
4	1 2 3 5	12	1 4 5 6	20	1 3 4 5	28	2 3 4 7
5	4 5 6 7	13	3 5 6 7	21	1 4 5 7	29	3 4 5 7
6	1 2 3 6	14	1 3 6 7	22	1 4 6 7	30	2 4 5 7
7	2 3 5 6	15	1 3 5 6	23	1 5 6 7	31	1 3 4 6
8	1 2 3 7	16	2 4 6 7	24	1 4 5 7	32	2 4 7

Примечание: При выполнении задания с выпавшими датами (разной повторностью по вариантам) исключить значения данных одного сосуда (делянки) для второго варианта (четвертая повторность) и двух сосудов (делянок) для третьего варианта (3 и 4 повторности).

Задание 1. Влияние освещенности на урожайность зеленой массы кукурузы, (кг/сосуд)

Варианты Свет, люксы	Повторности						
	1	2	3	4	5	6	7
1000, st	1,6	0,8	0,9	1,2	1,0	1,1	1,3
3000	2,1	1,8	2,0	1,8	1,8	2,2	2,0
6000	4,1	3,9	4,2	4,1	4,0	4,4	4,6
10000	5,3	5,4	4,6	5,1	4,5	4,9	5,2

Задание 2. Влияние азотных удобрений на урожайность коостреца безостого, г/сосуд

Варианты опыта	Повторности						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Без удобрений –(кон.)	20,4	19,4	20,3	18,4	19,8	20,1	17,6
2. Натриевая селитра (кон)	23,8	22,5	23,1	20,0	23,3	22,9	23,0
3. Аммиачная селитра	29,3	30,4	28,1	31,6	32,3	32,0	30,9
4. Сульфат аммония	25,8	26,8	25,9	24,7	26,3	26,0	24,4
5. Мочевина	25,7	24,0	23,8	25,7	25,3	27,1	26,2

Задание 3. Урожайность сортов озимой пшеницы, г/сосуд

Сорта	Повторности						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Купава, st	35,4	37,1	36,6	35,8	36,0	37,1	36,6
2. Престиж	39,6	40,4	38,3	39,5	41,1	40,7	39,5
3. Августа	35,6	34,8	35,8	36,5	33,6	34,2	35,1
4. Московская 39	41,6	39,9	39,3	45,6	40,8	42,7	43,1
5. Немчиновская 85	46,2	45,4	43,8	49,9	50,0	47,2	45,5

Задание 4. Влияние гиббереллина на пораженность картофеля морщинистой мозаикой, %

Варианты Опыта	Повторности						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Без обработки	70	72	69	68	65	72	75
2. 0,0001 %	58	62	60	64	65	55	64
3. 0,0005 %	40	43	46	45	47	50	49
4. 0,001 %	25	31	22	28	26	24	26

**А. Одинаковая повторность вариантов (полный набор дат)**

Задание № \_\_\_ шифр \_\_\_\_\_

*На стр. 137- 139 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.*

Исходная таблица

Варианты опыта	Повторности, X				Суммы V	Средние $\bar{x}_v$
	1	2	3	4		
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

$$\sum X = \sum V =$$

Вспомогательная таблица для вычисления сумм квадратов отклонений

Варианты опыта	$X^2$				$V^2$
	1	2	3	4	
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

$$\sum X^2 =$$

$$\sum V^2 =$$

Общее число наблюдений  $N = v n =$

Поправка  $C = (\sum X)^2 / N =$

Суммы квадратов отклонений:

общая  $CKO = \sum X^2 - C =$

вариантов  $CKV = \sum V^2 / n - C =$

остаток  $CKE = CKO - CKV =$

Таблица дисперсионного анализа

Источник вариации	Суммы квадратов, СК	Степени свободы, с.с.	Средний квадрат, $S^2$	Критерий $F$	
				факт.	05
Общая			—	—	—
Вариантов					
Остаточная (ошибка)				—	—

$$s_x = \sqrt{\frac{S_e^2}{n}} =$$

Ошибка разности и  $HCP$ :

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} =$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d =$$

$$HCP_{01} = t_{01} \cdot S_d =$$

Итоговая таблица сравнения средних по опыту \_\_\_\_\_

Варианты опыта	Средняя, $\bar{x}_v$	Отклонения от стандарта, $d = \bar{x}_{it} - \bar{x}_{st}$
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Примечание: существенные отклонения пометить звездочками соответствующего уровня значимости.

Вывод:

### **В. Разная повторность вариантов или при наличии выпавших дат**

*На стр. 137 - 139 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.*

Задание № \_\_\_\_\_ шифр № \_\_\_\_\_

Исходная таблица

Варианты опыта	Повторности, X				Суммы V	Средние $\bar{x}_v$
	1	2	3	4		
1.						
2.				—		
3.			—	—		
4.						
5.						

$$\sum X = \sum V =$$

Вспомогательная таблица для вычисления сумм квадратов отклонений

Варианты опыта	$X^2$				$V^2$
	1	2	3	4	
1.					
2.				–	
3.			–	–	
4.					
5.					

$$\sum X^2 =$$

Общее число наблюдений  $N = v \cdot n - k =$

Поправка  $C = (\sum X)^2 / N =$

Суммы квадратов отклонений:

общая  $CKO = \sum X^2 - C =$

вариантов  $CKV = (V^2_1/n_1 + V^2_2/n_2 + \dots + V^2_v/n_v) - C =$

остаток  $CKE = CKO - CKV =$

Таблица дисперсионного анализа

Источник вариации	Суммы квадратов, $CK$	Степени свободы, $c.c.$	Средний квадрат, $S^2$	Критерий $F$	
				факт.	05
Общая			–	–	–
Вариантов					
Остаточная (ошибка)				–	–

а) ошибка разности и  $HCP_{05}$  для сравнения вариантов с полным набором дат:

$$S_d^1 = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} =$$

$$HCP_{05}^1 = t_{05} \cdot S_d^1 =$$



б) то же для сравнения вариантов с разной повторностью:

$$S_d^{II} = \sqrt{S_e^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}} =$$

$$HCP_{05}^{II} = t_{05} \cdot S_d^{II} =$$

$$S_d^{III} = \sqrt{S_e^2 \frac{n_1 + n_3}{n_1 \cdot n_3}} =$$

$$HCP_{05}^{III} = t_{05} \cdot S_d^{III} =$$

$$S_d^{IV} = \sqrt{S_e^2 \frac{n_2 + n_3}{n_2 \cdot n_3}} =$$

$$HCP_{05}^{IV} = t_{05} \cdot S_d^{IV} =$$

Итоговая таблица сравнения средних по опыту \_\_\_\_\_

Варианты опыта	Повторность	Средние, $\bar{x}_v$	$d = \bar{x}_{it} - \bar{x}_{st}$	$HCP_{05}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Вывод:

**Оценка результатов освоения компетенции «Освоил методику проведения дисперсионного анализа результатов однофакторного опыта с полной рандомизацией вариантов»**

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоил (а) на отлично	+	+	2
Освоил (а) на хорошо	-	+	1,5
Освоил (а) на удовлетворительно	+–	+–	1
Не освоил (а)	–	–	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ***11. Дисперсионный анализ данных полевого опыта, заложенного методом организованных (рандомизированных) повторений***

**Цель:** в соответствии с компетенцией ПК-4 освоить методы проверки гипотез результатов агрономических исследований на основе дисперсионного анализа

### **Теоретическая часть**

В полевом опыте, проведенном методом организованных (рандомизированных) повторений, общая изменчивость результативного признака ( $CKO$ ) с помощью дисперсионного анализа разлагается на три части: *варьирование повторений* ( $СКП$ ), *варьирование изучаемых вариантов* ( $СКV$ ) и *случайное* ( $СКЕ$ ).

Пестрота почвенного плодородия бывает внутри повторений и между повторениями. Изменчивость плодородия почвы, обусловленная влиянием систематического (закономерного) варьирования плодородия почвы рассчитывается только лишь, если варианты в полевом опыте сгруппированы по блокам или повторениям.

Изменчивость результативного признака, обусловленная пестротой почвенного плодородия внутри повторений, относится к случайным ошибкам.

### **Контрольные вопросы к защите**

1. Основные модели дисперсионного анализа данных полевого опыта.	3. Особенности дисперсионного анализа результатов полевого опыта с выпавшими делянками.
2. Особенности дисперсионного анализа данных полевого опыта с повышенной повторностью стандарта.	4. Группировка сортов (вариантов) по $HCP_{05}$ .

**Общая постановка задачи:**

1. Изучить дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта проведенного методом организованных (рандомизированных) повторений.
2. Провести расчеты по дисперсионному анализу на калькуляторе и в программе MS Excel.
3. По результатам дисперсионного анализа сформулировать статистический и агрономический вывод.

**Список индивидуальных заданий:**

№	Повторность	№	Повторность	№	Повторность	№	Повторность
1	1 2 3 4	9	2 3 5 7	17	1 3 5 7	25	1 3 4 7
2	2 3 4 5	10	1 2 4 7	18	2 5 6 7	26	1 2 6 7
3	3 4 5 6	11	2 4 5 6	19	1 2 5 6	27	2 3 6 7
4	1 2 3 5	12	1 4 5 6	20	1 3 4 5	28	2 3 4 7
5	4 5 6 7	13	3 5 6 7	21	1 4 5 7	29	3 4 5 7
6	1 2 3 6	14	1 3 6 7	22	1 4 6 7	30	2 4 5 7
7	2 3 5 6	15	1 3 5 6	23	1 5 6 7	31	1 3 4 6
8	1 2 3 7	16	2 4 6 7	24	1 4 5 7	32	2 4 7

**Задание 1. Урожайность разных сортов клевера, т/га зеленой массы**

Варианты опыта	Повторения						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Московский –1 (st)	40,5	43,2	42,8	44,1	40,5	39,1	41,7
2. Гибридный	38,2	39,5	37,2	37,4	29,8	28,4	32,7
3. Трио	45,0	39,5	41,2	39,9	39,8	38,2	40,1
4. Ермак	25,8	30,1	35,7	30,5	27,6	29,1	28,4
5. Витязь	26,8	35,1	42,0	27,8	29,9	28,4	39,8

**Задание 2. Влияние основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы, ц/га**

Варианты опыта	Повторения						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Вспашка на 20 см (st)	39,8	41,3	40,1	39,6	38,7	40,4	41,4
2. Вспашка на 30 см	40,3	39,5	38,1	37,3	38,3	39,4	38,0
3. Культивация на 10 см	35,6	36,8	38,3	34,4	33,9	36,8	35,7
4. Фрезерование на 10 см	42,5	43,2	42,7	41,8	38,8	40,8	43,5
5. Вспашка на 24 см	38,9	42,4	41,5	39,8	38,5	40,8	40,6

Задание 3. Оценка сортов пшеницы по содержанию белка в зерне, %

Варианты опыта	Повторения						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Харьковская 46 (st)	15,8	17,2	18,2	17,7	16,8	18,5	17,3
2. Саратовская-70	14,8	15,8	13,2	14,2	13,1	14,3	14,7
3. Юбилейная - 80	14,6	16,3	15,4	15,3	15,1	16,2	15,3
4. Добрыня	19,3	19,8	18,9	20,1	20,4	20,4	21,1
5. Подмосковная 10	14,0	15,2	14,9	13,9	14,2	15,3	13,7

Задание 4. Сортовая пораженность льна-долгунца фузариозом, %

Варианты опыта	Повторения						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Светоч, st	10,6	11,2	12,5	10,6	13,2	10,4	10,1
2. Псковский 359	15,5	20,6	22,9	21,0	31,2	27,8	15,0
3. ВНИИЛ-11	36,8	30,9	38,5	30,7	40,9	41,8	42,7
4. Л-1120	13,5	13,0	16,3	12,7	22,5	13,6	11,9

*На стр. 140 -143 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.*

Задание № \_\_\_\_\_, шифр № \_\_\_\_\_

Исходная таблица

Варианты опыта	Повторения				Суммы V	Средние $\bar{x}$
	I	II	III	IV		
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
Суммы II						

$$\Sigma X = \Sigma V = \Sigma II =$$

Вспомогательная таблица для вычисления сумм квадратов отклонений

Варианты опыта	$X^2$				$V^2$
	1	2	3	4	
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
$\Pi^2$					

$$\sum X^2 =$$

$$\sum \Pi^2 =$$

$$\sum V^2 =$$

Общее число наблюдений  $N = v \cdot n =$

Поправка  $C = (\sum X)^2 / N =$

Суммы квадратов отклонений:

$$CKO = \sum X^2 - C =$$

$$CKV = \sum V^2 / n - C =$$

$$CK\Pi = \sum \Pi^2 / v - C =$$

$$CKE = CKO - CKV - CK\Pi =$$

Таблица дисперсионного анализа

Источник вариации	Суммы квадратов	Доля вариации	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий $F$	
					факт.	05
Общая				—	—	—
Повторений				—	—	—
Вариантов						
Остаточная					—	—

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_e^2}{n}} =$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} =$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d =$$

$$HCP_{01} = t_{01} \cdot S_d =$$

Таблица сравнения средних \_\_\_\_\_

Варианты опыта	Средние, $\bar{x}_v$	Отклонения $d = \bar{x}_{it} - \bar{x}_{st}$	Группа
1 (st)			
2			
3			
4			
5			

$HCP_{05} =$

$HCP_{01} =$

Вывод:

**Оценка результатов освоения компетенции** «Освоил методику проведения дисперсионного анализа результатов однофакторного опыта с рандомизированными (организованными) повторениями»

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоил (а) на отлично	+	+	2
Освоил (а) на хорошо	-	+	1,5
Освоил (а) на удовлетворительно	+-	+-	1
Не освоил (а)	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ***12. Дисперсионный анализ данных двухфакторного полевого опыта по модели полной рандомизации***

**Цель:** в соответствии с компетенцией ПК-4 освоить методы проверки гипотез результатов агрономических исследований на основе дисперсионного анализа

### **Теоретическая часть**

*Многофакторный дисперсионный комплекс* – это совокупность исходных наблюдений (дат), позволяющих статистически оценить действие и взаимодейст-

вие изучаемых факторов на изменчивость результативного признака. В зависимости от количества изучаемых факторов и методов размещения вариантов в многофакторном опыте используют различные схемы (модели) дисперсионного анализа.

Задачей многофакторного полевого опыта является изучение влияния факторов в отдельности и их взаимодействия на результативный признак. В многофакторном опыте вариантами являются градации нескольких факторов, взятые в отдельности и в сочетаниях. Поэтому изменчивость по вариантам включает в себя изменчивость, обусловленную каждым фактором в отдельности и их взаимодействием. Так в двухфакторном опыте, сумма квадратов для вариантов расчленяется на три компонента: на сумму квадратов для фактора  $A$ , сумму квадратов для фактора  $B$  и сумму квадратов для их взаимодействия  $AB$ .

Статистическую обработку урожайных данных двухфакторного полевого опыта, проведенного методом полной рандомизации, проводят в следующей последовательности:

- 1) исходные даты заносят в таблицу урожаев, определяют суммы и средние;
- 2) вычисляют суммы квадратов для общего варьирования, варьирования повторений, вариантов и остатка (ошибки), т.е. обрабатывают данные так же, как и результаты однофакторного полевого опыта;
- 3) сумму квадратов вариантов расчленяют на компоненты: главные эффекты изучаемых факторов и их взаимодействия;
- 4) составляют итоговую таблицу дисперсионного анализа и проверяют нулевую гипотезу о существенности действия и взаимодействия факторов по критерию Фишера;
- 5) рассчитывают  $HCP$  для оценки частных различий и  $HCP$  для оценки главных эффектов и их взаимодействия.

### Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:

1. Особенности многофакторных опытов. Их краткое обозначение	3. Составить матрицу планирования 2-х факторного опыта 3x4
2. Схематический план размещения 2-х повторений двухфакторного полевого опыта 3 x 4 методом расщепленных делянок	4. Как осуществляется оценка средних значений по вариантам в многофакторных опытах?

#### Общая постановка задачи

1. Изучить дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта, проведенного методом полной рандомизации.
2. Провести расчеты по дисперсионному анализу многофакторного опыта на калькуляторе и в программе MS Excel.
3. По результатам дисперсионного анализа сформулировать статистический и агрономический вывод.



**Список индивидуальных заданий:**

Вариант	A	B	n
1	0 1 2	0 1 2 3	4
2	0 1 2	0 1 2	4
3	0 1 2	0 1 3	4
4	0 1 2	0 2 3	4
5	0 1 2	1 2 3	4
6	0 1 2	0 1 2 3	3
7	0 1 2	0 1 2	3
8	0 1 2	0 1 3	3
9	0 1 2	0 2 3	3
10	0 1 2	1 2 3	3

На стр. 143 -146 приведен алгоритм обработки данных в MS Excel.

*Задание 1.* Дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта 3x4 «Влияние орошения и доз азота на урожайность озимой пшеницы, ц/га», заложенного методом полной рандомизации

Фактор А – 3 уровня орошения (**0** – без орошения, **1** – умеренное, **2** – обильное)

Фактор В – 4 дозы азота, кг/га (**0** – без азота, **1** – 60, **2** – 90, **3** – 120)

Фактор А	Фактор В	Повторность				Суммы, V	Средние $\bar{x}_v$
		I	II	III	IV		
<b>0</b>	<b>0</b>	30	41	41	34		
	<b>1</b>	42	41	44	46		
	<b>2</b>	38	41	39	37		
	<b>3</b>	40	40	42	44		
<b>1</b>	<b>0</b>	50	50	52	52		
	<b>1</b>	60	60	64	65		
	<b>2</b>	67	68	67	69		
	<b>3</b>	63	59	70	68		
<b>2</b>	<b>0</b>	52	49	57	56		
	<b>1</b>	72	69	73	72		
	<b>2</b>	64	66	62	64		
	<b>3</b>	72	71	70	73		
$\Sigma X$							

*I –ый этап. Дисперсионный анализ по модели однофакторного полевого опыта (ДА-I):*

Общее число наблюдений  $N = a \cdot b \cdot n =$  ,

где *a* и *b* – число градаций фактора *A* и *B*,  $v = a \cdot b$

Поправка  $C = (\Sigma X)^2 / N =$

Суммы квадратов отклонений (СК):

$$\text{общая } CKO = \Sigma X^2 - C =$$

$$\text{вариантов } CKV = \Sigma V^2/n - C =$$

$$\text{остаток } CKE = CKO - CKV =$$

Степени свободы (сс):

$$N - 1 =$$

$$v - 1 = (a \cdot b - 1) =$$

$$N - a \cdot b =$$

### Таблица дисперсионного анализа – 1 го этапа (ДА-I)

Источник вариации	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий $F$	
				факт.	05
Общая			–	–	–
Вариантов					
Остаточная				–	–

По критерию Фишера определяем существенность различий в опыте и при  $F_{\phi} \geq F_{05}$  расчлняем сумму квадратов по вариантам  $CKV$  на составляющие ее виды вариации:  $CKV = CK_A + CK_B + CK_{AB}$

*II – ой этап. Разложение сумм квадратов для вариантов на суммы квадратов для факторов  $A$ ,  $B$  и взаимодействия  $AB$  (ДА-II)*

Исходную таблицу ДА-II готовим на основе сумм по вариантам ( $V$ )

$A$ (орошение)	$B$ (дозы азота)				Суммы $A$
	0	1	2	3	
0					
1					
2					
Суммы $B$					$\Sigma X =$

Суммы квадратов:

$$\text{вариантов } CK_{(A+B+AB)} = CKV =$$

(получена в ДА-I)

$$\text{фактора } A \quad CK_A = \Sigma A^2/b \cdot n - C =$$

$$cc = a - 1 =$$

$$\text{фактора } B \quad CK_B = \Sigma B^2/a \cdot n - C =$$

$$cc = b - 1 =$$

$$\text{взаимодействия } CK_{AB} = CKV - CK_A - CK_B =$$

$$cc = (a - 1)(b - 1) =$$

Результаты 2-х дисперсионных анализов сводим в сводную таблицу и определяем существенность действия и взаимодействия факторов по F-критерию

**Сводная таблица дисперсионного анализа**

Источник вариации	Суммы квадратов	Доля вариации	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий $F$	
					факт.	05
Общая		100%		—	—	—
Фактор $A$						
Фактор $B$						
Взаимодействие $AB$						
Остаток					—	—

Оценка существенности частных эффектов:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_e^2}{n}} =$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} =$$

$$t_{05}(cc) =$$

$$HCP_{05} = t_{05}S_d =$$

Оценка существенности главных эффектов и взаимодействия:

- орошение ( $A$ )

$$S_d^A = \sqrt{\frac{2S_e^2}{nb}} =$$

$$HCP_{05}^A = t_{05}S_d^A =$$

- дозы азотного удобрения ( $B$ ) и взаимодействие ( $AB$ ):

$$S_d^B = \sqrt{\frac{2S_e^2}{na}} =$$

$$HCP_{05}^B = t_{05}S_d^B =$$

Влияние орошения и доз азота на урожайность озимой пшеницы ц/га:

$A$ (орошение)	$B$ (дозы азота, кг/га)				Средние по $A$ $HCP_{05}^A =$
	0	60	90	120	
Без орошения					
Умеренное					
Обильное					
Средние по $B$ $HCP_{05}^B =$					

$$HCP_{05} =$$

Представляем итоговые данные с указанием  $HCP_{05}$  графически:

ц/га



Дозы азота, кг/га

**Заключение:**

**Оценка результатов освоения компетенции** «Освоил методику проведения дисперсионного анализа результатов многофакторных опытов»

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоил (а) на отлично	+	+	2
Освоил (а) на хорошо	-	+	1,5
Освоил (а) на удовлетворительно	+-	+-	1
Не освоил (а)	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### 13. Планирование полевого опыта

**Цель:** в соответствии с компетенциями ОПК-2, ПК-2 и ПК-5 спланировать полевой опыт, составить программу полевых, лабораторных наблюдений и анализов.

#### Теоретическая часть

Планирование опыта является самым важным и ответственным периодом научно-исследовательской работы, это не только фундамент опыта, но и его проект от которого будет зависеть достоверность и эффективность рекомендаций производству. При планировании опыта необходимо применять методы математической статистики.

Основные этапы планирования эксперимента: выбор темы исследования; определение объекта, цели и задачи исследований, анализ современного состояния вопроса по литературным источникам, выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез; разработка схемы и методики полевого опыта, выбор земельного участка, составление схематического плана расположения опыта на территории с указанием цифровых значений каждого элемента методики полевого опыта, выбор соответствующего метода статистической обработки.

Следует помнить, ошибки и неточности, допущенные при планировании невозможно устранить, и они неизбежно приводят к искажению информации и часто сводят к нулю работу целых научных подразделений или ложным заключениям и выводам.

#### Контрольные вопросы к подготовке и защите работы

1. Критерии выбора тем научных исследований.	3. Планирование схем опытов.
2. Значение рабочей гипотезы для планирования эксперимента.	4. Планирование полевых работ в опыте.

### **Общая постановка задачи**

1. Сформулировать тему научного исследования (желательно уточнить на кафедре).
2. Разработать рабочую гипотезу.
3. Определить цель и задачи полевого опыта.
4. Представить схему опыта из 5 – 12 вариантов.
5. Разработать исходя из задачи и условий индивидуального задания оптимальное сочетание основных элементов методики полевого опыта: повторность, площадь, форма и ориентация делянок, метод размещения вариантов, делянок и повторений.
6. Нарисовать схематический план опыта с привязкой на местности, указать размеры всего земельного участка, повторений и защитных полос. Разместить варианты (цифровые коды) на делянках. Вынести 2 смежные делянки за пределы общего плана и указать размеры посевной и учетной делянок.
7. Дать развернутую модель дисперсионного анализа с распределением общего числа степеней свободы.
8. Перечислить хронологию специальных и полевых работ по закладке и проведению опыта с указанием инструментов, машин и орудий.

### **Список индивидуальных заданий**

#### Основные характеристики земельных участков (При планировании размера делянок использовать оптимальную для данной культуры площадь)

1. Под опыт выделен земельный участок 100 x 50 м с небольшим уклоном с запада на восток. Ошибка опыта должна обеспечить доказательство разности между вариантами в 14 – 16 %
2. Под опыт выделен земельный участок 150 x 100 м с уклоном с запада на восток и севера на юг. Ошибка опыта должна обеспечить статистическую достоверность разности между вариантами в 18 – 20 %.
3. Под опыт выделен земельный участок 50 x 100 м с небольшим уклоном с севера на юг. В новом опыте наименьшая существенная разность не должна превышать 12 – 14 %.
4. Под опыт выделен земельный участок 50 x 200 м с небольшим уклоном с запада на восток. Ошибка опыта должна обеспечить доказательство различий между вариантами в пределах 19 – 21 %.
5. Под опыт выделен участок площадью 0,5 га. Ошибка опыта не должна превысить 5 – 6%.

### *Результаты дробного учета данных участков выделенных для опыта*

№ участ-ка	номер делянки (площадки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	31	31	31	30	31	31	30	30	27
2	19	19	24	21	23	23	23	23	20	24
3	20	26	25	23	27	25	25	26	26	28
4	32	31	26	29	30	28	27	27	25	24
5	20	28	19	26	29	25	22	23	22	24

№ участ-ка	номер делянки (площадки)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	29	27	27	27	25	25	26	26	26	22
2	24	24	24	25	25	25	27	28	26	29
3	21	23	25	26	27	21	22	24	24	25
4	26	25	26	24	20	23	23	22	21	21
5	28	23	26	24	27	26	25	24	22	23

### **13.1 Планирование основных элементов методики полевого опыта**

Методические указания к выполнению работы:

1. Выбор темы. Формулировка темы опыта должна быть из ключевых слов, отражающих суть изучаемого вопроса. Обычно это одно предложение, в котором указаны изучаемые факторы, объекты исследования (сельскохозяйственные культуры, почва) и природно-почвенная зона (регион или административный район), в которой проводится эксперимент. Из названия темы должно быть понятно, какая проблема поставлена в научном исследовании и какова ее актуальность.

Для решения этого вопроса можно воспользоваться тематическим планом исследований кафедры, ранее выполненными исследованиями, но на новом методическом и агротехническом уровнях. Можно спланировать эксперимент по теме будущей дипломной работы. Хорошо для этой цели воспользоваться заказом производственного сельскохозяйственного подразделения или фермера. Если таких

возможностей нет, можно воспользоваться следующей примерной тематикой научных работ.

### **Примерные темы научных исследований:**

*по земледелию и растениеводству:*

*в области органического производства:*

1. Использование новых продуктов (дигестат, биочар, водоросли и т. д) в качестве альтернативных удобрений в органическом земледелии.

2. Изучение биопрепаратов с комплексным фунгицидным, бактерицидным и ростостимулирующим действием (типа Grow) в органическом земледелии.

*в области биоэнергетики и биоэкономики:*

3. Агроэкологическая оценка продукционно-качественных параметров лигноцеллюлозного сырья новых генотипов мискантуса.

4. Агротехническая оценка производства биогаза из биомассы полевых культур (кукурузы, сорго, мискантуса и т.д.).

*в области новых технологий земледелия, растениеводства и луговодства:*

5. Действие ресурсосберегающих и почвозащитных систем обработки почвы на ее плодородие и урожайность полевых культур.

6. Сравнительная оценка агротехнической эффективности прицепных и навесных блочно-модульных культиваторов в системе точного земледелия.

7. Агроэкологическая оценка действия и последствий гербицидов в севообороте.

8. Исследование норм жидких концентрированных органо-минеральных удобрений для листовых обработок зерновых.

9. Совершенствование элементов инновационных технологий (видовой и сортовой состав, формы и дозы микроудобрений) сенокосов и пастбищ.

9. Влияние хелатных форм удобрений на биоразнообразие травостоев и агрономические свойства почвы.

10. Формирование урожайности маслосемян рапса при обработке посевного материала микроудобрениями.

11. Агротехническая оценка разбросного посева многолетних трав с использованием беспилотников (дронов).



12. Агрономическая оценка продуктов Евро Хим аммиачная селитра, КАС (карбамидно-аммиачная смесь), сульфоаммофос, водорастворимые NPK (Aqualis), ингибированный карбамид при производстве зерна.

13. Сравнительная оценка эффективности инновационных комплексов (систем) Щелково Агрохим (CV 8).

14. Урожай семян ежи сборной (овсяницы, костреца, тимофеевки и др.) при различных нормах посева (способах уборки).

15. Подбор травосмесей для кормовых целей и газона.

16. Влияние частоты скашивания и доз азота на продуктивность трав и комплексную оценку газона.

17. Влияние жидкого навоза, минеральных удобрений и орошения на продуктивность трав и минеральный состав корма.

18. Оценка новых растений и культур для ландшафтного дизайна.

*по селекции и семеноводству:*

19. Продуктивность новых сортов озимой пшеницы (ржи, яровой пшеницы, льна и т.д.)

20. Действие химических мутагенов на количественные признаки культур.

21. Оценка урожая и элементов его структуры в селекционных питомниках.

22. Оценка устойчивости сортов к болезням.

23. Влияние гамма облучения на получение новых форм.

24. Сравнительная оценка технологий получения безвирусных растений в семеноводстве картофеля.

25. Предпосевная обработка рапса хелатными микроудобрениями.

26. Комплексная оценка стресс-устойчивости гибридов кукурузы.

27. Агроэкологическая оценка продукционно-качественных параметров новых генотипов кормовых культур в условиях климатических стрессов.

*по защите растений:*

28. Оценка устойчивости патогенных грибов к препаратам фирмы Август

29. Разработка биометодов защиты растений от болезней и вредителей.

30. Эффективность различных способов опрыскивания.

31. Исследование норм расхода гербицида с использованием антидота на скорость гербицидного эффекта и видовой состав сорных растений

32. Влияние различных доз ядохимикатов на продуктивность культур и развитии вредной энтомофауны.
33. Изучение различных протравителей.
34. Выяснение агрономической эффективности нанопрепаратов (наногербицидов) в посевах зерновых.
35. Оценка технологии Clearfield в коротко ротационном севообороте в борьбе с заразихой (раса 6)
36. Определение доз ядохимикатов на смертность вредителей.
37. Сравнительная оценка технологий получения безвирусных растений в семеноводстве картофеля.
38. Предпосевная обработка рапса хелатными микроудобрениями.
39. Комплексная оценка стресс-устойчивости гибридов кукурузы.
40. Агроэкологическая оценка продукционно-качественных параметров новых генотипов кормовых культур в условиях климатических стрессов.

2. Выдвижение рабочей гипотезы, т.е. научного предположения о действии включенных в опыт вариантов. Рабочая гипотеза выдвигается на основании изучения литературы по выбранной теме. Рабочая гипотеза должна быть краткой, обладать логичностью и быть приложимой к достаточно широкому кругу явлений. В рабочей гипотезе обычно отражается, во-первых, что произойдет, если будет произведено данное действие, а во-вторых, почему это произойдет именно так, а не иначе.

3. Определение цели и задач исследования. В любом полевом опыте может быть только одна цель, а задач – несколько. Решением задач в опыте исследователь достигает поставленной цели. Цель исследования – четко в одно предложение записать, что вы желаете добиться, изучить посредством данного опыта. Задачи исследования – указать, каким путем будет достигаться поставленная цель, что необходимо проделать для этого. Обычно перечень задач содержит 3- 4 пункта, из которых последний, как правило, касается определения

урожайности и установления экономической эффективности разрабатываемых в опыте агроприемов.

4. Разработка схемы опыта. Схема опыта с качественной градацией изучаемых вариантов должна быть спланирована таким образом, чтобы был соблюден принцип единственного различия и правильно выбран стандартный или контрольный вариант, а при планировании схемы опыта для вариантов с количественной градацией по результатам опыта (урожайные данные) можно было бы получить кривую отклика растений.

**Пример составления схемы опыта (с качественной градацией вариантов) :**

**"Оценка действия новых фунгицидов при обработке посевов озимой пшеницы в производственных условиях Московской области".**

*Рабочая гипотеза: Применение новых фунгицидов обеспечивает более высокую (на 20-30%) техническую (биологическую), хозяйственную и экономическую эффективность.*

*Цель: Выявление наиболее эффективных фунгицидов при выращивании озимой пшеницы в производственных условиях центральных районов Нечерноземной зоны.*

*Задачи: 1. Изучить действие фунгицидов на пораженность озимой пшеницы болезнями (мучнистая роса, ржавчина бурая, септориоз и т.д.)*

*2. Оценить влияние фунгицидов на урожайность и качество урожая озимой пшеницы.*

*3. Дать сравнительную оценку технической (биологической), хозяйственной и экономической эффективности изучаемых фунгицидов.*

*4. Оценить влияние пестицидов на экологическую ситуацию агроценоза.*

*Схема опыта*

- 1. Без фунгицида (контроль)*
- 2. Байлетон (стандарт)*
- 3. Амистар*
- 4. Фалькон*
- 5. Рекс С*
- 6. Браво*

5. Разработка оптимального сочетания основных элементов методики полевого опыта: повторность, площадь, форма и ориентация делянок, метод размещения вариантов, повторений и делянок в опыте.

Повторность опыта рассчитывают по формуле:

$$n = \left( \frac{S}{S_{\bar{x}}} \right)^2 \quad \text{или} \quad n = \left( \frac{V}{S_{\bar{x}}\%} \right)^2$$

Для латинского квадрата повторность опыта равна числу вариантов, а латинского прямоугольника кратна числу вариантов.

Из формул видно, что необходимая повторность зависит от вариации почвенного плодородия участка и величины запланированной ошибки; чем сильнее варьирует плодородие земельного участка, тем больше должна быть повторность; чем больше величина запланированной ошибки опыта, тем меньше может быть повторность.

Значение  $S$  или  $V$ , как правило, определяют по результатам дробного учета урожая перед закладкой опыта, а величину  $S_{\bar{x}}$  экспериментатор планирует сам исходя из соображений, что ошибка опыта должна быть такой, что бы доказать существенность производственно значимых различий между средними по вариантам.

Пример: Под опыт выделен земельный участок 150x100 м с небольшим уклоном с запада на восток, коэффициент вариации плодородия почвы – 6,5%. Относительная ошибка опыта должна обеспечить доказательство существенности разности между вариантами в пределах 10 – 12%.

Поясним, как использовать эти данные. По результатам опыта надо доказать существенность разности между средними в 10 – 12%, т.е. все разности больше 10% должны быть существенны. Следовательно, предельная ошибка разности средних ( $HCP_{05}$ ) равна 10%, а относительная ошибка ( $S_{\bar{x}}\%$ ) из канонического соотношения должна быть в три раза меньше  $HCP_{05}$ . Делим  $HCP_{05}$  на три и определяем относительную ошибку опыта, проставляем в выше приведенную формулу имеющиеся данные по вариации ( $V$ ) почвенного плодородия и относительную ошибку ( $S_{\bar{x}}\%$ ) опыта и рассчитываем повторность опыта  $n = \left( \frac{V}{S_{\bar{x}}\%} \right)^2 = \left( \frac{6,5}{3,3} \right)^2 \approx 4$

Направление изменения почвенного плодородия участка позволяет правильно сориентировать делянку и выбрать метод размещения вариантов.

Длина и ширина посевной и учетной делянки должны быть такими, чтобы обеспечить возможность на выполнение всех агротехнических работ на опыте серийно выпускаемой сельскохозяйственной техникой.

Размеры защитных полос между вариантами должны быть такими, чтобы устранить действие соседних вариантов друг на друга. Защитные полосы между повторениями, в случае необходимости, должны обеспечить поворот агрегатов, выполняющих посевные или уборочные работы.

6. Начертить схематический план опыта, на котором указать (на 1-2 делянки) длину и ширину посевной и учетной делянок, размеры защитных полос между вариантами и повторениями, размеры всего опыта и окаймляющих защитных полос, закрепить опыт на местности. Цифрами показать расположение вариантов на делянках опыта.

***Алгоритм планирования опыта:***

*Тема опыта* \_\_\_\_\_

*Рабочая гипотеза* \_\_\_\_\_

*Цель и задачи опыта* \_\_\_\_\_

*Схема опыта (перечень вариантов)*

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

Повторность опыта (с обоснованием), метод размещения вариантов, делянок и повторений:

*Схематический план полевого опыта*

*Площадь опытного участка \_\_\_\_\_ Площадь опытной и учетной делянки \_\_\_\_\_*

*Форма делянки \_\_\_\_\_*

*Модель дисперсионного анализа данных опыта*

## Основные работы по закладке и проведению опыта

### 13.2. Оценка эффективности методов размещения вариантов

1. Смоделируйте два условных опыта в 4 повторениях в соответствии с планом МОП ( $v = 5, n = 4$ ) при систематическом и рандомизированном размещении вариантов путем наложения на цифры урожаев дробного учета Вашего участка:

	I					II				
№ делянок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Систематич.										
Рандомизиров.										
№ делянок	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Систематич.										
Рандомизиров.										

2. Заполните исходные таблицы урожаев 2 условных опытов  
Систематическое размещение

Варианты опыта	Повторения, X				Суммы V	Средние $\bar{x}$
	I	II	III	IV		
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
Суммы II					$\Sigma X =$	$\bar{x}_o =$

### Рандомизированное размещение

Варианты опыта	Повторения, X				Суммы V	Средние $\bar{x}$
	I	II	III	IV		
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
Суммы II					$\Sigma X =$	$\bar{x}_o =$

3. Проведите сводный дисперсионный анализ данных 2 опытов и сделайте заключение какой метод размещения будет более эффективным.

Общее число наблюдений  $N = v n =$

Поправка  $C = (\Sigma X)^2 / N =$

Вариация (суммы квадратов):

общая  $CKO = \Sigma X^2 - C =$

между повторениями  $CKП = \Sigma P^2 / v - C =$

внутри повторений («теоретическая»)  $CKT = CKO - CKП =$

вариантов систем  $CKV_{сист.} = \Sigma V^2 / n - C =$

остаток систем.  $CKE_{сист} = CKT - CKV_{сист} =$

вариантов рандом.  $CKV_{ранд.} = \Sigma V^2 / n - C =$

остаток рандом.  $CKE_{ранд} = CKT - CKV_{ранд.} =$



Таблица дисперсионного анализа

Показатели		Размещение вариантов		Степени свободы
		систематич.	рандомизир.	
Суммы квадратов	вариантов $СКВ$ остатка $СКЕ$ теоретическая $СКТ$			
Средний квадрат	вариантов $S^2_V$ остатка $S^2_E$ теоретическая $S^2_T$			
Критерий Фишера	$F_\phi$ $F_{05}$			
Эффективность метода, % ( $S^2_E/S^2_T$ )100				
Ошибка (точность) опыта, %: $E_\phi = \frac{\sqrt{S_e^2 : n}}{x_o} \cdot 100$ $E_m = \frac{\sqrt{S_t^2 : n}}{x_o} \cdot 100$				

$$СКТ = СКВ + СКЕ, \text{ или } СКО - СКП ;$$

При сравнительной оценке эффективности методов используйте дополнительно F-критерии и ошибки (точность) опытов.

Вывод:

**Оценка результатов освоения компетенций «Освоил (а) общие принципы и этапы планирования экспериментов, обладает навыками планирования основных элементов полевого опыта»**

Уровень освоения компетенций	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоил (а) на отлично	+	+	4
Освоил (а) на хорошо	-	+	3
Освоил (а) на удовлетворительно	+-	+-	2
Не освоил	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ***14. Разработка программы наблюдений и анализов в полевом опыте***

**Цель:** в соответствии с компетенциями ОПК-2, ПК-2 уметь составлять и обосновывать программу и методику полевых и лабораторных наблюдений и анализов.

### **Теоретическая часть**

При освоении данной темы следует иметь в виду, что любой опыт обязательно сопровождается различными наблюдениями за растениями, почвой, окружающей средой, учетами и анализами.

Необходимо уяснить, что программа наблюдений и учетов должна быть спланирована так, чтобы, выполнив ее можно было бы правильно ответить на вопросы, поставленные экспериментом перед «природой».

Чтобы получить надежные данные при разработке программы полевых и лабораторных наблюдений экспериментатор должен продумать следующие вопросы:

- какие наблюдения и учеты следует включать в программу исследований, а какие нет, будут ли данные опыта обрабатываться статистическими методами или нет;
- определить периодичность и частоту проведения наблюдений и учетов;
- определить метод и оптимальный объем выборок (проб);
- обеспечить представительность отбираемых проб.

Наблюдения должны быть целенаправленными и сообразными. Сроки наблюдений и отбора образцов приурочивают или к фенологическим фазам развития или проводят наблюдения через одинаковые промежутки времени.

При планировании наблюдений и учетов необходимо обратить внимание на методику отбора почвенных и растительных образцов и как отбирать образцы, если в учетах участвуют учетные единицы первого порядка (делянки), учетные единицы второго порядка (площадки, точки внутри деланки), учетные единицы третьего порядка (параллельные анализы в лаборатории).

**Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:**

1. Как определить основные и сопутствующие наблюдения.	2. Особенности отбора проб в полевом опыте.
--	---

*Общая постановка задачи*

1. Познакомиться с принципами планирования наблюдений в опыте.
2. Составить программу наблюдений за факторами внешней среды и растениями для запланированного Вами полевого опыта:
  - 2.1. Дать перечень полевых и лабораторных наблюдений.
  - 2.2. Указать сроки проведения наблюдений.
  - 2.3. Указать каким методом будет проводиться анализ

Программа наблюдений и учетов в полевом опыте:

**Оценка результатов освоения компетенций:** *«умеет составлять и обосновывать программу и методику полевых и лабораторных наблюдений и анализов».*

Уровень освоения компетенций	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Умеет на отлично	+	+	2
Умеет на хорошо	-	+	1,5
Умеет на удовлетворительно	+–	+–	1
Не умеет	–	–	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### **15. Закладка и проведение полевого опыта**

**Цель:** «владеть навыками выбора, подготовки, разбивки опытного участка и организации полевых работ на участке»

#### **Теоретическая часть**

Полевой опыт закладывается на специальном участке с хорошо известной историей, который должен соответствовать определенным требованиям. После выбора земельного участка и планирования основных элементов методики полевого опыта на бумагу наносится схематический план опыта с указанием на нем границы опытного участка, размеров повторений и делянок, с указанием номеров вариантов, находящихся на каждой делянке и местоположения реперов или иных ориентиров для привязки опыта к местности. Имея схематический план опыта, приступают к переноске его в натуру.

Перед выходом в поле необходимо заранее подготовить теодолит или экер для построения прямых углов, стальную мерную ленту или 50-100-метровую рулетку, вешки, колышки.

#### **Контрольные вопросы к подготовке и защите работы:**

1. Последовательность и техника закладки полевого опыта	2. Методика проведения полевых работ на опытном участке
---	---

3. Документация и отчетность по опыту. Требования к документации?	4. Каким образом учитывают урожай зерновых и пропашных культур?
---	---

### Список индивидуальных заданий

1. Нарисовать по заданию преподавателя схематический план полевого опыта с указанием точных размеров всего опытного участка, повторений, делянок, боковых и концевых защиток.
2. С помощью измерительных приборов и инструментов по схематическому плану перенести опыт в натуру (разбить полевой опыт) на опытном участке Полевой станции.
3. Изучить методику проведения специальных полевых работ на опытном участке.
4. Изучить методику учета урожайности.
5. Изучить порядок ведения документации и отчетности.

### Оценка результатов освоения компетенции «владеть навыками выбора, подготовки, разбивки опытного участка, организации полевых работ на участке и ведения документации»

Уровень освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Владеет на отлично	+	+	2
Владеет на хорошо	-	+	1,5
Владеет на удовлетворительно	+-	+-	1
Не владеет	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ***16. Планирование и закладка вегетационного опыта***

**Цель:** *в соответствии с компетенцией ПК-4 знать методику проведения вегетационного опыта*

### **Теоретическая часть**

Вегетационный опыт – исследование, осуществляемое в контролируемых условиях – вегетационных домиках, теплицах, оранжереях и фитотронах. Вегетационный метод является одним из методов агрономических исследований и, наряду с полевым опытом, применяется для решения самых различных вопросов растениеводства, физиологии, селекции, земледелия, агрохимии и др.

В вегетационных опытах растения выращивают в вегетационных сосудах, в искусственной, но агрономически обоснованной обстановке, регулируемой экспериментатором.

В зависимости от используемого субстрата существует водная, песчаная и почвенная культура. В агрономии наибольшее распространение имеют вегетационные опыты с почвенными культурами, так как почва является не только субстратом, но и изучаемым фактором.

При планировании и закладке вегетационного опыта с почвенной культурой необходимо решить следующие вопросы:

- рассчитать число сосудов, которое определяется числом вариантов и заданной повторностью;
- определить необходимую массу для набивки как одного сосуда, так и всех сосудов опыта;
- рассчитать дозу удобрений на 1 кг почвы и все сосуды;
- определить влажность почвы при набивке и полную полевую влагоемкость;
- определить необходимое количество воды для полива в период вегетации растений для создания оптимальных условия роста и развития растений;
- определить необходимую площадь стеллажа для сосудов.

## Контрольные вопросы к подготовке и защите работы

1. Техника закладки вегетационного опыта.	3. Какие сосуды используются в вегетационных опытах?
2. Преимущества и недостатки вегетационного опыта.	4. Как добиться независимости действия случайных факторов в вегетационном опыте?

### Общая постановка задачи

1. Рассчитать массу почвы для набивки сосудов.
2. Определить весовую влажность и влагоемкость почвы.
3. Рассчитать необходимое количество почвы для набивки сосудов
4. Рассчитать необходимое количество воды для полива одного сосуда.

*Список индивидуальных заданий*

№№ ва- рианта	Данные для определения влаж- ности почвы			Данные для определения полной полевой влагоемкости		
	<b>а</b> – масса пустого бюкса, г	<b>в</b> – масса бюкса с почвой до сушки, г	<b>с</b> – масса бюкса с почвой по- сле сушки, г	<b>А</b> – масса пустого цилиндра, г	<b>В</b> – масса цилиндра с почвой до увлажнения, г	<b>С</b> – масса цилиндра с почвой по- сле насы- щения
1	15,3	27,2	25,3	200,3	300,5	330,0
2	19,2	25,1	24,7	200,5	295,8	335,8
3	15,0	35,4	31,6	210,1	300,2	326,3
4	14,5	27,8	26,0	200,2	310,0	337,2
5	15,4	28,4	27,1	200,0	304,7	338,1
6	15,4	26,5	35,4	198,1	303,2	338,0

Алгоритм решения:

1. Расчет влажности почвы, %

$$w = (\text{масса воды в навеске} / \text{масса сухой почвы в навеске}) * 100$$

2. Расчет полной влагоемкости, %

$$ПВ = ((100 * (С - В) + w * (С - А)) / (100 * (В - А))) / 100$$

3. Масса почвы для всего опыта:

масса абсолютно сухой почвы в сосуде – 5 кг на сосуд

число сосудов – 50

влажность почвы согласно Вашему варианту

4. Расчет необходимой воды для набивки сосудов

Оптимальная влажность 40 – 50% от ПВ

5. Расчет поливной массы сосудов:

– масса пустого сосуда с дренажом – 1000 г

– масса сухой почвы – 5000 г

– масса сухого песка – 200 г

Рассчитать какое количество воды необходимо добавить, если опыт ставят при влажности 60% от ПВ, а влагоемкость песка составляет 25%

**Оценка результатов освоения компетенции: «освоил технику закладки и проведения вегетационных опытов»**

Уровни освоения компетенции	Владение теорией	Владение практикой	Балл
Освоил(а) на отлично	+	+	2
Освоил(а) на хорошо	-	+	1,5
Освоил(а) на удовлетворительно	+-	+-	1
Не освоил(а)	-	-	0

Дата \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_



## II. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ АГРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОГРАММЕ «EXCEL»

Статистические расчеты в программе MS Excel можно провести 3 способами:

- ввод формул в строке формул;
- использование **Мастера функций**;
- использование встроенного **Пакета данных**.

### *1. Расчеты с использованием МАСТЕРА ФУНКЦИЙ*


В программе Excel предусмотрен **Мастер функций**, позволяющий вводить формулы в полуавтоматическом режиме и практически без ошибок. Многие статистические показатели выборки и параметры генеральной совокупности можно очень быстро рассчитать с помощью функций, тем более что наименование большинства функций совпадает с наименованием статистических показателей.

Пример 1. Произведено измерение глубины вспашки в 8 точках ( $n=8$ ), получены следующие результаты ( $X$ , см: 15, 19, 22, 24, 21, 23, 20, 18). Необходимо рассчитать основные статистические показатели выборки.

При запуске программы Excel на экране монитора появляется окно и автоматически создается новая книга (файл) под названием **Книга1**. Документ Excel (файл) имеет расширение (\*.xlsx" в Microsoft Office Excel 2007 и выше) и называется **рабочая книга**. По умолчанию каждая книга состоит из трех рабочих **листов**, в каждый конкретный момент времени активным может быть только один рабочий лист.

После запуска программы Excel в ячейке **B1** Листа **1** пропишем наименование наблюдения «Глубина вспашки» и ниже в этом столбце внесем значения глубины вспашки по 8-ми точкам (рис.1.1). В ячейки с **A10** по **A15** введем наименование искомых статистических показателей (средняя арифметическая, дисперсия, стандартное отклонение и т.д.). Результаты вычислений по указанным показателям будут представлены в ячейках с **B10** по **B15**.

Так как для нашего примера достаточным является представление рассчитанных значений после запятой до сотого знака, необходимо предварительно отформатировать ячейки.левой кнопкой мыши выделяем ячейки **B10:B15**, затем нажимаем на правую кнопку мыши и выбираем **Формат ячеек**, в появившемся контекстном меню выбираем числовой формат, далее в окошке **Число десятичных знаков** введем цифру 2.

Для вычисления средней выборочной (средняя арифметическая) активируем ячейку **B10 (выделенная ячейка со знаком =)**, в этой ячейке будут отображаться результаты наших вычислений. Для вызова мастера функций необходимо нажать кнопку **Вставка функции** на стандартной панели инструментов или в строке формул – на «**fx**». 

Появляется контекстное меню с перечнем различных категорий: **Финансовые, Математические, Статистические, Текстовые, Логические** и др.

После выбора категории «**Статистические**» в окне появляется перечень конкретных статистических функций, выбираем **СРЗНАЧ**, что означает среднюю арифметическую по выборке (рис. 1.1).

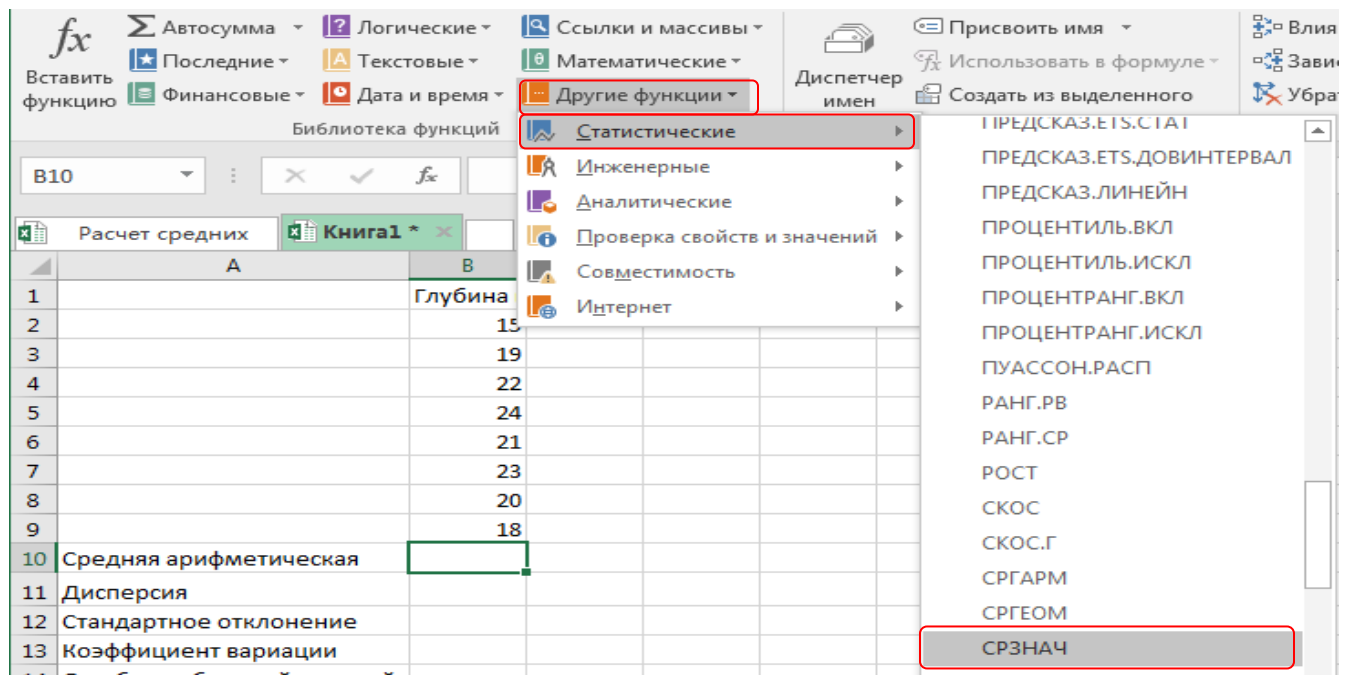


Рис. 1.1. Лист с исходными данными и контекстным меню в MS Excel - 2016

Далее открывается окно для выбора аргументов функции (рис. 1.2). В поле **Число 1** ставим курсор и мышкой выбираем диапазон значений глубины вспашки **B2:B9**, нажимаем клавишу **ОК**, в строке формул автоматически появляется наименование функции и диапазон ячеек (**=СРЗНАЧ(B2:B9)**), а в ячейке **B10** появляется в скобках этот же диапазон (рис. 1.2.)

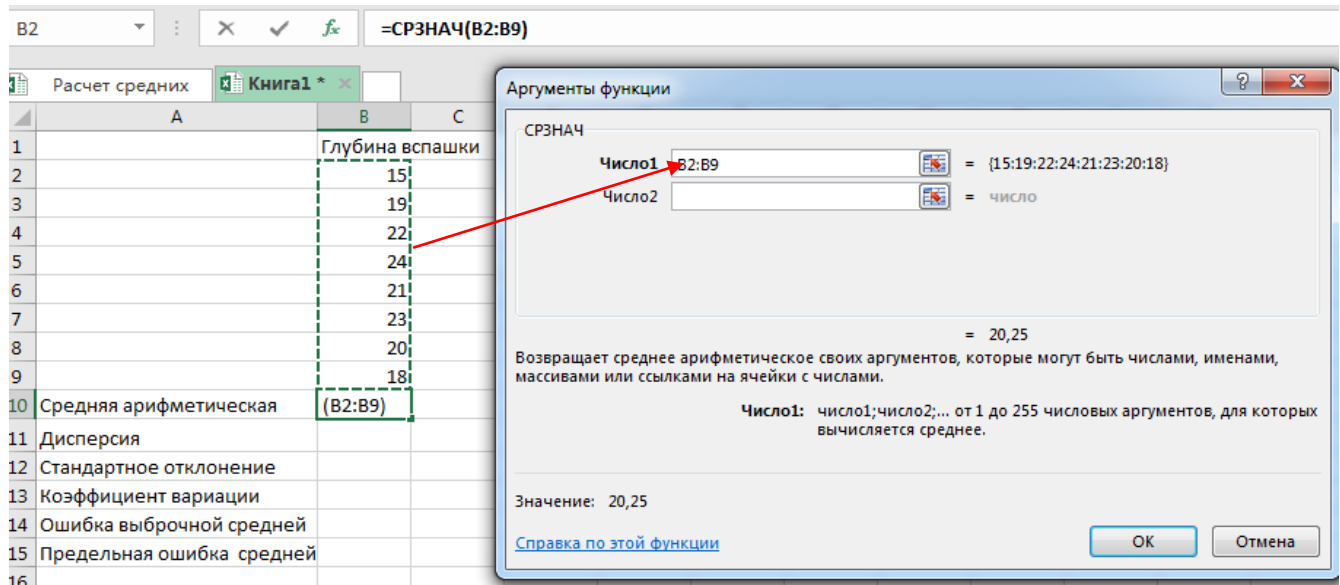


Рис. 1.2. Диалоговое окно для выбора аргументов функции

После нажатия клавиши **ОК** или щелчка мыши в ячейке **B10** появляется значение средней арифметической (средняя глубина вспашки) – **20,25 см.** (рис. 1.3.)

	A	B	C
1		Глубина вспашки	
2		15	
3		19	
4		22	
5		24	
6		21	
7		23	
8		20	
9		18	
10	Средняя арифметическая	20,25	
11	Дисперсия	8,5	
12	Стандартное отклонение	2,915476	
13	Коэффициент вариации	= (B12/B10)*100	

	A	B	C
1		Глубина вспашки	
2		15	
3		19	
4		22	
5		24	
6		21	
7		23	
8		20	
9		18	
10	Средняя арифметическая	20,25	
11	Дисперсия	8,50	
12	Стандартное отклонение	2,92	
13	Коэффициент вариации	14,40	
14	Ошибка выборочной средней	=B12/КОРЕНЬ(8)	

Рис. 1.3. Формула для определения коэффициента вариации и ошибки выборочной средней

Для расчета дисперсии в MS Excel версии 2010, 2013, 2016 выбираем из списка функцию **ДИСП.В** – дисперсия для выборки, для тех, кто пользуется MS Excel версия 2007 и ниже, функцию **ДИСП**. Обратите внимание на то, что в списке имеется функция **ДИСП.Г** (**ДИСПР**) – дисперсия для генеральной совокупности. Для нашего примера необходимо выбрать **ДИСП.В**, так как рассчитываем дисперсию для выборки. Дисперсия  $S^2 = 8,5$  (рис. 1.3). Для нахождения стандартного отклонения в MS Excel версии 2010, 2013, 2016 выбираем из списка функцию **СТАНДОТКЛОН.В** и **СТАНДОТКЛОН** в MS Excel 2007 – стандартное отклонение для выборки. Стандартное отклонение  $S = 2,915476$  (рис. 1.3).

В списке как математических, так и статистических функций отсутствует функция с помощью, которой можно рассчитать коэффициент выборки (**V**), поэтому воспользуемся уже известной процедурой ручного набора формул. Коэффициент вариации представляет собой отношение стандартного отклонения к выборочной средней, выраженной в %. Выделим ячейку для формулы коэффициента вариации **B13**, затем в строке формул пропишем формулу со ссылкой на ячейки, где находятся стандартное отклонение и выборочная средняя – **(B12/B10)\*100** (рис. 1.3) В итоге получаем коэффициент вариации (**V**) = **14,40%**.

Расчет ошибки выборочной средней  $S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} =$

Так как в списке функций нет очень важного статистического показателя – ошибки выборочной средней (стандартная ошибка), рассчитаем его с помощью формул. Для этого выделим ячейку для размещения формулы и получения готового результата **B14**, затем в строке формул сначала вставим символ = и пропишем следующую формулу: **B12/КОРЕНЬ (8)**, где в ячейке **B12** – значение стандартного отклонения, 8 – объем выборки. После нажатия на клавишу **Enter** в ячейке **B14** получаем результат – **1,03** (рис. 1.4).

Расчет предельной ошибки выборочной средней для нахождения доверительного интервала генеральной средней. Предельная ошибка выборочной средней представляет собой произведение критерия Стьюдента на ошибку выборочной средней ( $t_{05} \cdot S_x$ ). Значение критерия Стьюдента зависит от числа степеней свободы с.с.  $=(n - 1)$ .

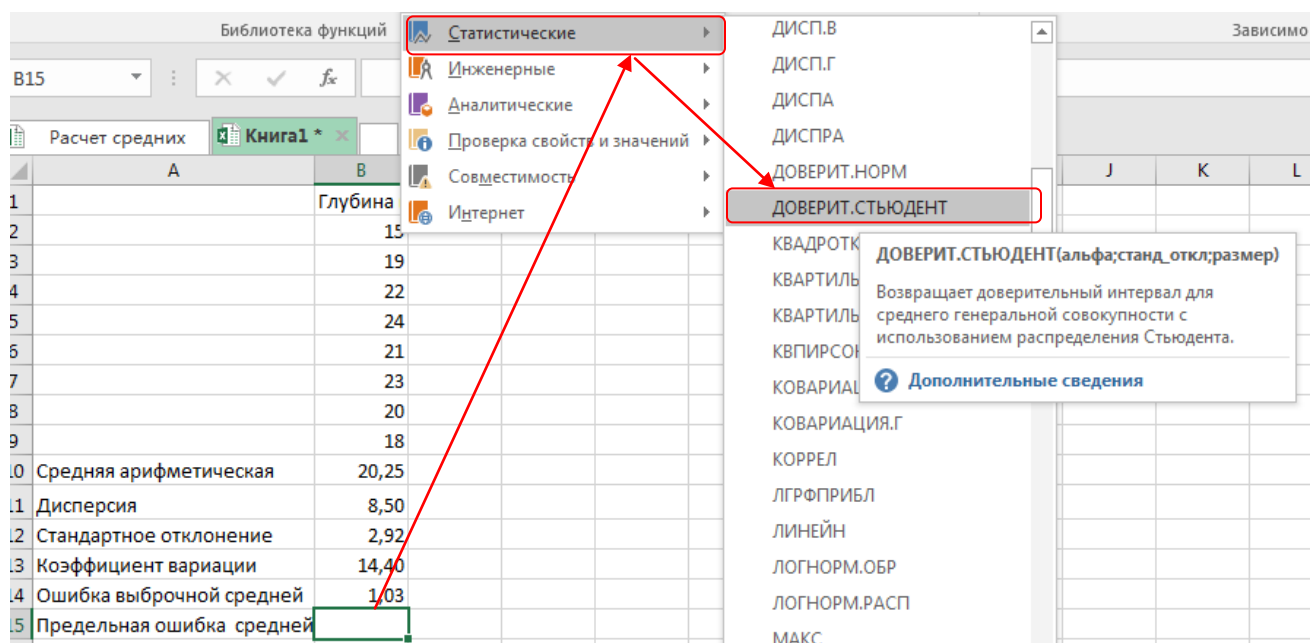


Рис. 1.4. Расчет предельной ошибки выборочной средней

В Мастере функций в MS Excel версии 2010, 2013, 2016 для нахождения предельной ошибки средней выборочной имеется функция, которая имеет название **DOVERIT.СТЮДЕНТ**. Поместим курсор в ячейку **B15**. затем из списка

статистических функций выберем функцию **ДОВЕРИТ. СТЬЮДЕНТ** (рис. 1.4.), нажимаем **ОК**.

Для расчета предельной ошибки средней выборочной  $t_{0.5} \cdot S_x$  в MS Excel версия 2007 и ниже выбираем из списка статистических функций функцию **ДОВЕРИТ.**

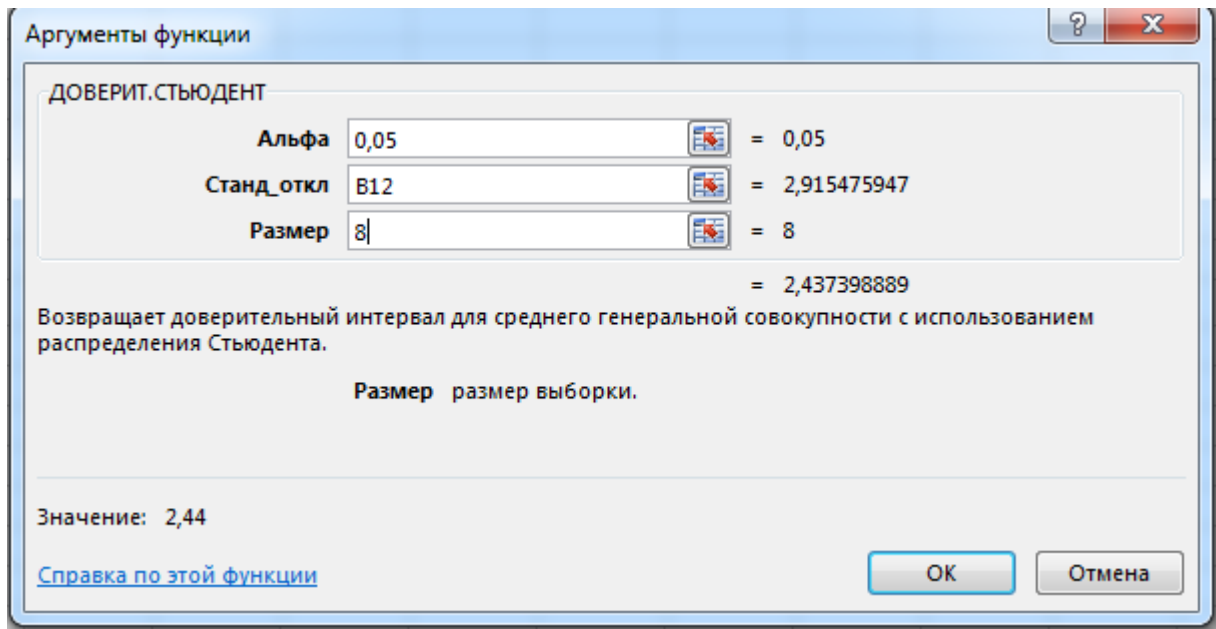


Рис. 1.5. Выбор в меню функции **ДОВЕРИТ. СТЬЮДЕНТ** (предельная ошибка средней)

В появившемся диалоговом окне вводим:

- в поле **Альфа** уровень значимости – **0,05**,
- в поле **Станд\_откл.** – ссылку на ячейку (**B12**), где находится стандартное отклонение или готовое значение (**2,915**),
- в поле **Размер** – объем выборки (**8**)

После нажатия на клавишу **ОК** получаем результат – предельная ошибка выборочной средней равна **2,44** (рис. 1.6.)

	A	B	C
1		Глубина вспашки	
2		15	
3		19	
4		22	
5		24	
6		21	
7		23	
8		20	
9		18	
10	Средняя арифметическая	20,25	
11	Дисперсия	8,50	
12	Стандартное отклонение	2,92	
13	Коэффициент вариации	14,40	
14	Ошибка выборочной средней	1,03	
15	Предельная ошибка средней	2,44	

Рис. 1.6. Результаты расчетов основных статистических показателей выборки 95%-й доверительный интервал (ДИ) для генеральной средней ( $\mu$ ):

$$\bar{x} \pm t_{0,5} \cdot S_{\bar{x}} = 20,25 \pm 2,44$$

## 2. Расчеты с использованием Пакета анализа

В программе MS Excel имеется пакет **Анализ данных**, который в значительной степени ускоряет и облегчает расчеты по статистической обработке результатов исследований, что дает возможность ввести исходные данные и в автоматическом режиме сразу получить результаты, проверить гипотезу по двум выборкам, провести дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализы.

Далее все расчеты проведем с использованием **Пакета анализа**. Для выполнения различных статистических задач в **Пакете анализа** имеются 19 инструментов:

- Описательная статистика
- Гистограмма
- Корреляция
- Регрессия
- Дисперсионный анализ и др.

Для выполнения расчетов, прежде всего, необходимо проверить, настроена ли Ваша программа Excel на использование **Пакета анализа**. Если при запуске Excel при открытии в меню **Данные** нет вкладки **Анализ данных**, то следует подключить надстройку **Пакет анализа MS Excel**.

Чтобы воспользоваться возможностями, которые предоставляет **Анализ данных**, нужно активировать группу инструментов **Пакет анализа**, выполнив определенные действия в настройках MS Excel. Алгоритм этих действий практически одинаков для версий программы 2010, 2013 и 2016 года, и имеет лишь незначительные отличия у версии 2007 года.

### Подключение надстройки Пакет анализа в MS Excel версии 2010, 2013 и 2016

Откройте вкладку **Файл**, нажмите кнопку **Параметры** и выберите категорию **Надстройки**. В раскрывающемся списке **Управление** выберите пункт **Надстройки Excel** и нажмите кнопку **Перейти** (рис. 2.1)

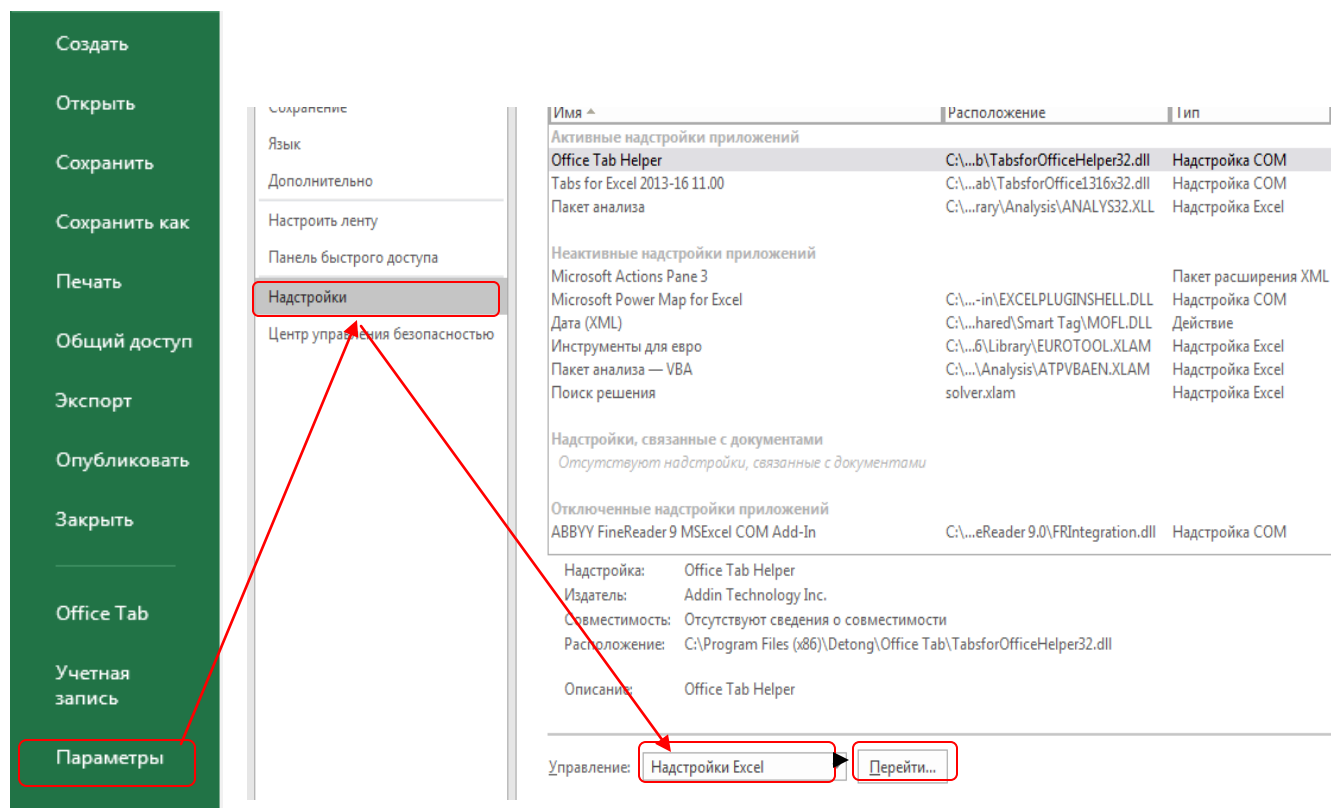


Рис. 2.1. Порядок выбора опций в меню **Надстройка**



В диалоговом окне **Надстройки** установите флажок **Пакет анализа**, а затем нажмите кнопку **ОК** (рис.2.2). Если **Пакет анализа** отсутствует в списке поля **Доступные надстройки**, нажмите кнопку **Обзор**, чтобы выполнить поиск. Если выводится сообщение о том, что пакет анализа не установлен на компьютере, нажмите кнопку **Да**, чтобы установить его.

После нажатия кнопки **Пакет** появляется на ленте функций. Для получения доступа к нему в интерфейсе программы выбирается вкладка **Данные**, в правой части меню **Раздел анализа** появляется иконка опции **Анализ данных**.

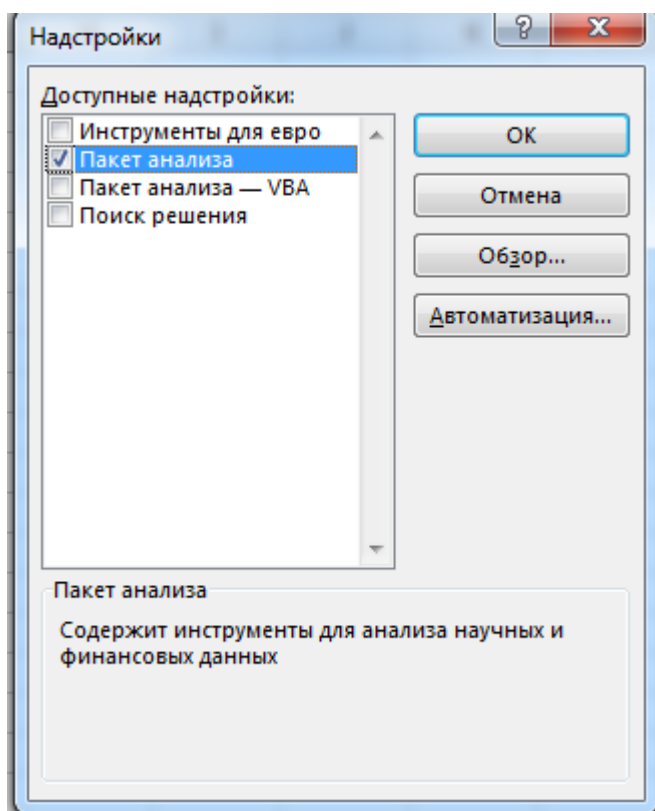



Рис. 2.2. Выбор в надстройках Пакета анализа

### **Подключение надстройки Пакет анализа в MS Excel версия 2007:**

Подвести курсор к значку «Кнопка «Office»», , расположенному в верхнем левом углу окна Excel, нажать на правую клавишу мышки, затем выбрать «Настройка панели быстрого доступа», (рис. 2.3) и нажать Ввод.

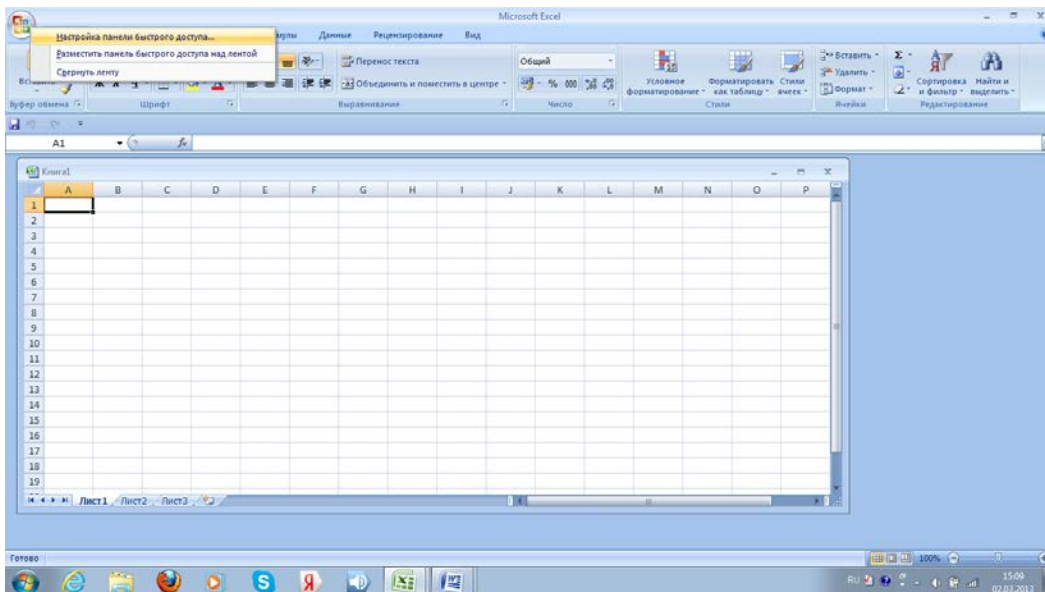


Рис. 2.3. Окно программы Excel

После ввода открывается окно **Параметры**, выбрать **Надстройки**, нажать на вкладку «**Перейти**», в появившемся окне **Надстройки** установите флажок **Пакет анализа** и нажать **ОК**. и тем самым активируете **Пакет анализа** (рис.2.4)

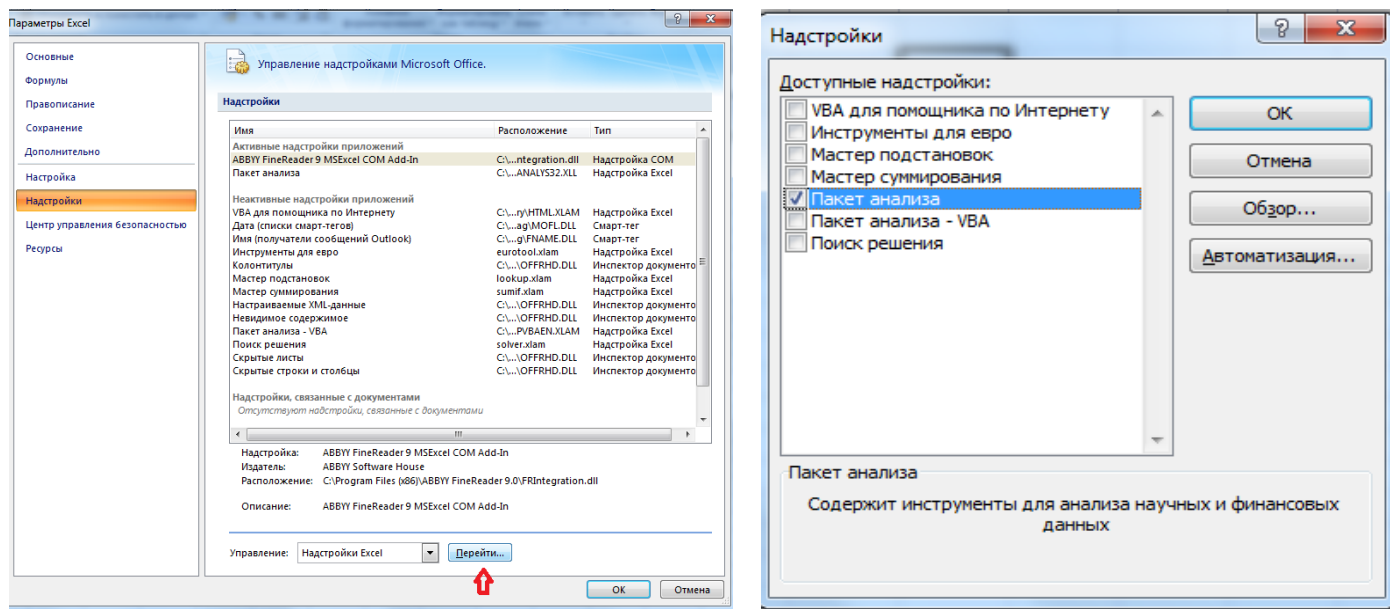


Рис. 2.4. Активирование надстройки *Пакет анализа* в MS Excel -2007

### 3. Расчет основных статистических показателей выборки с использованием описательной статистики Пакета анализа

В активный лист программы Excel ввести в столбце **В** наименование признака «Глубина вспашки» и результаты измерения по 8 точкам:

В меню **Данные** подменю **Анализ данных** выбрать инструмент анализа **Описательная статистика** (рис.3.1, рис. 3.2.)

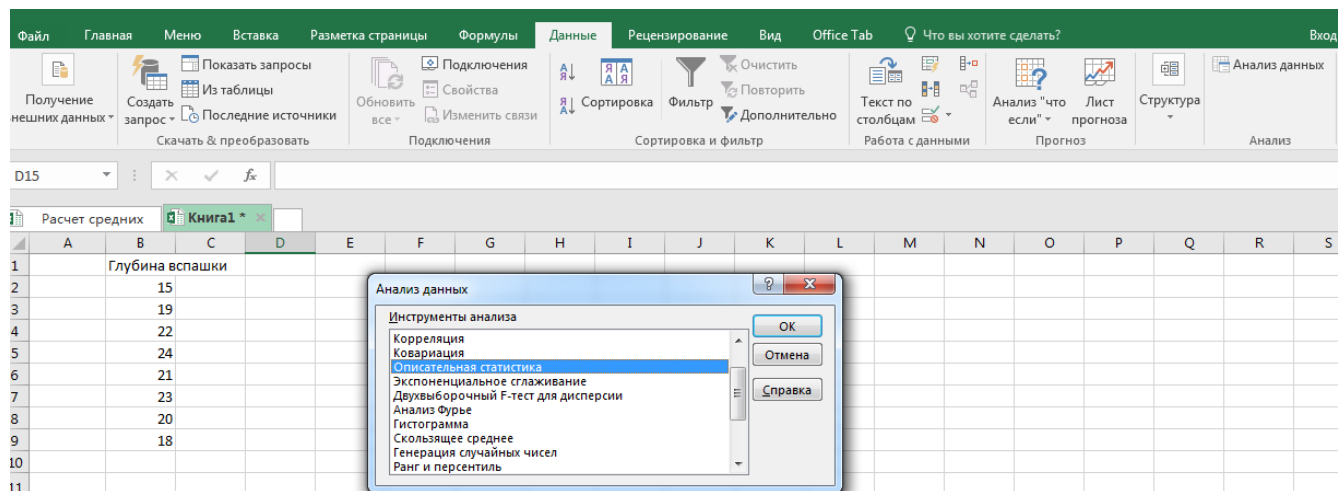


Рис.3.1. Исходные данные и выбор инструмента «Описательная статистика» (Excel – 2016)

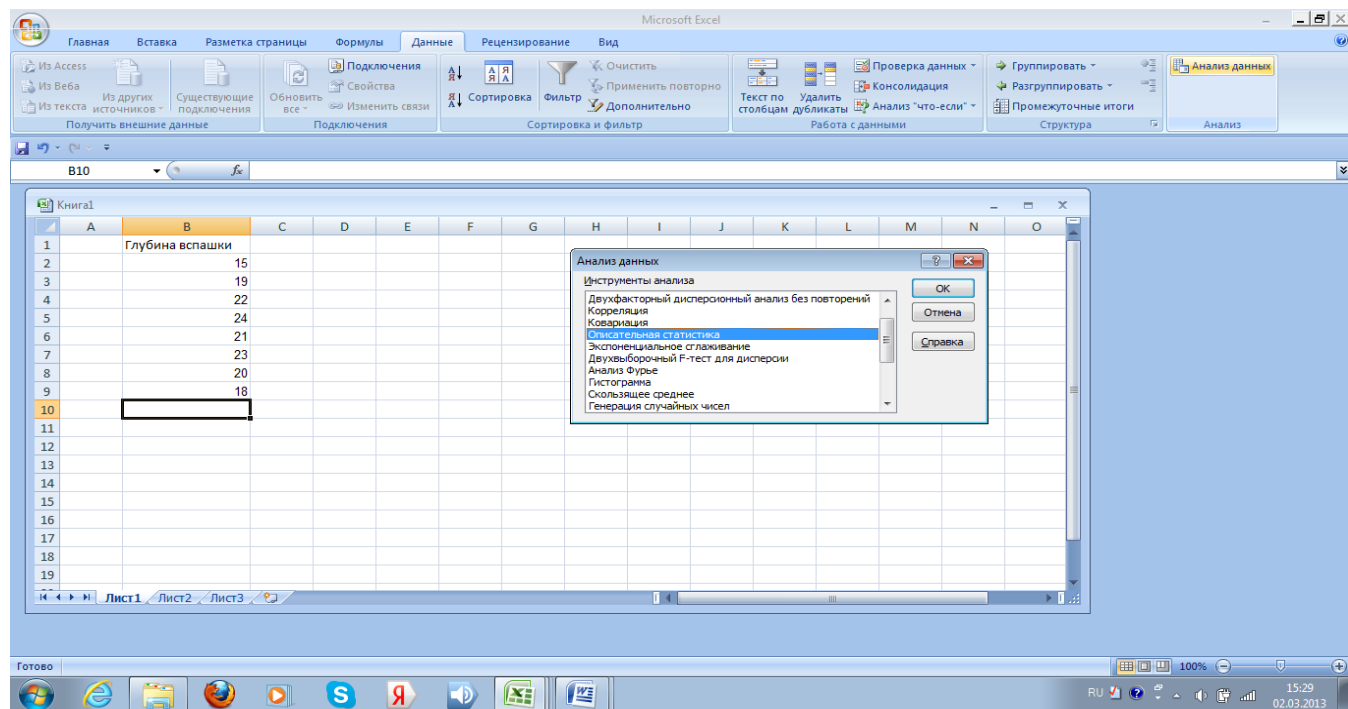


Рис.3.2. Исходные данные и выбор инструмента «Описательная статистика» (Excel – 2007)

В окне **Описательная статистика** в поле **Входной интервал:** ввести с помощью мышки диапазон ячеек **B1:B9** и нажать **Ввод**, выбрать **Группирование** по столбцам, поставить галочку в поле **Метки в первой строке** (в этом случае в заголовке результатов будет автоматически прописано «Глубина вспашки»), в поле **Выходной интервал** можно выбрать размещение на рабочем листе с исходными данными, **Новый рабочий лист** или **Новая рабочая книга**.

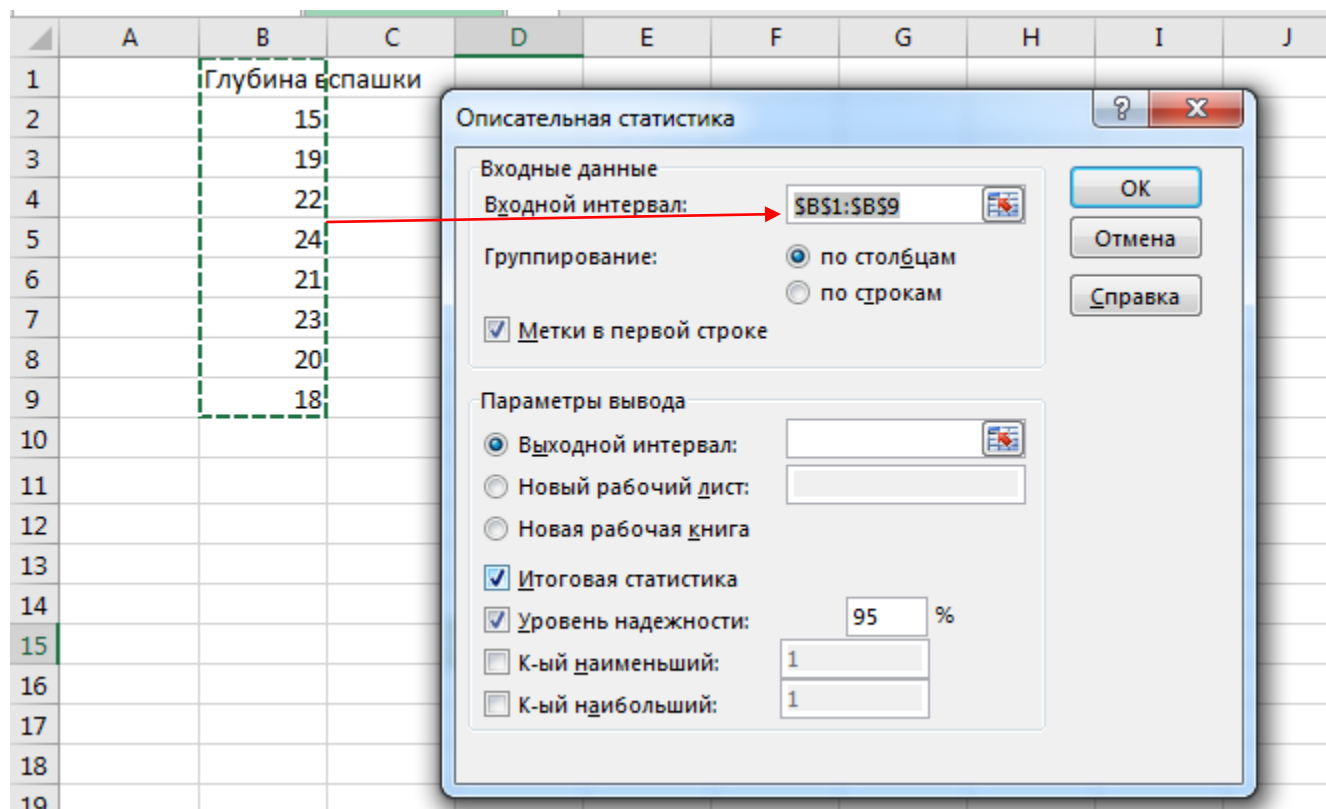


Рис. 3.3. Выбор параметров в окне *Описательная статистика*

В случае размещения на листе 1 рядом с исходными данными в поле **Выходной интервал** необходимо указать интервал ячеек для размещения итоговых результатов описательной статистики, в нашем примере интервал **D3:E15**. Далее выбираем **Итоговую статистику**, в поле **Уровень надежности** указываем **95**, в полях **К-тый наименьший** и **К-тый наибольший** ставим **1** или игнорируем, нажимаем **ОК** (рис. 3.3.).

После нажатия на клавишу **ОК** получаем результаты по основным статистическим показателям выборки (рис. 3.4), которые можно было рассчитать с помо-

щью ввода формул или выбора соответствующих функций для каждого показателя выборки, что занимает достаточно много времени и усилий для большого числа операций.

	A	B	C	D	E	F
1		Глубина вспашки				
2		15		<i>Глубина вспашки</i>		
3		19				
4		22		Среднее	20,25	
5		24		Стандартная ошибка	1,03	
6		21		Медиана	20,50	
7		23		Мода	#Н/Д	
8		20		Стандартное отклонение	2,92	
9		18		Дисперсия выборки	8,50	
10				Экссесс	0,09	
11				Асимметричность	-0,61	
12				Интервал	9,00	
13				Минимум	15,00	
14				Максимум	24,00	
15				Сумма	162,00	
16				Счет	8,00	
17				Уровень надежности(95,0%	2,44	
18						

Рис. 3.4. Результаты расчета основных статистических показателей выборки

На рис. 3.5. представлены итоговые данные по работе 1 рассчитанные с помощью статистических функций (слева) и с помощью **Пакета анализа** (справа).

Выбор в пользу **Пакета анализа** при статистических расчетах по сравнению с двумя вышеприведенными способами вполне очевиден, так как после ввода исходных данных двумя-тремя кликами мышки мы получаем готовый результат.

Недостатком **Пакета анализа** является то, что в **Описательной статистике** нет таких статистических показателей, как «Ошибка выборочной средней», «Коэффициент выборки», «Доверительный интервал для генеральной средней» и «Доверительный интервал для всей совокупности». Однако необходимые показатели можно досчитать с помощью формул в программе Excel или на калькуляторе.

	A	B	C
1		Глубина вспашки	
2		15	
3		19	
4		22	
5		24	
6		21	
7		23	
8		20	
9		18	
10	Средняя арифметическая	20,25	
11	Дисперсия	8,50	
12	Стандартное отклонение	2,92	
13	Коэффициент вариации	14,40	
14	Ошибка выборочной средней	1,03	
15	Предельная ошибка средней	2,44	

э

	A	B	C	D	E	F
1		Глубина вспашки				
2		15		Глубина вспашки		
3		19				
4		22		Среднее	20,25	
5		24		Стандартная ошибка	1,03	
6		21		Медиана	20,50	
7		23		Мода	#Н/Д	
8		20		Стандартное отклонение	2,92	
9		18		Дисперсия выборки	8,50	
10				Эксцесс	0,09	
11				Асимметричность	-0,61	
12				Интервал	9,00	
13				Минимум	15,00	
14				Максимум	24,00	
15				Сумма	162,00	
16				Счет	8,00	
17				Уровень надежности(95,0%)	2,44	
18						

Рис.3.5. Итоговые данные на основе статистических функций (слева) и Пакета данных (справа)

#### 4. Группировка данных, расчет статических показателей, построение гистограммы и полигона

1. В активный лист программы Excel ввести в ячейке **B1** наименование статистического приема «Группировка», в ячейке **B2** - Масса клубня, г, а в диапазоне с **B3** по **B52** значения массы 50 клубней картофеля.

2. В меню **Данные** подменю **Анализ данных** выбрать инструмент анализа **Гистограмма** (рис.4.1.)

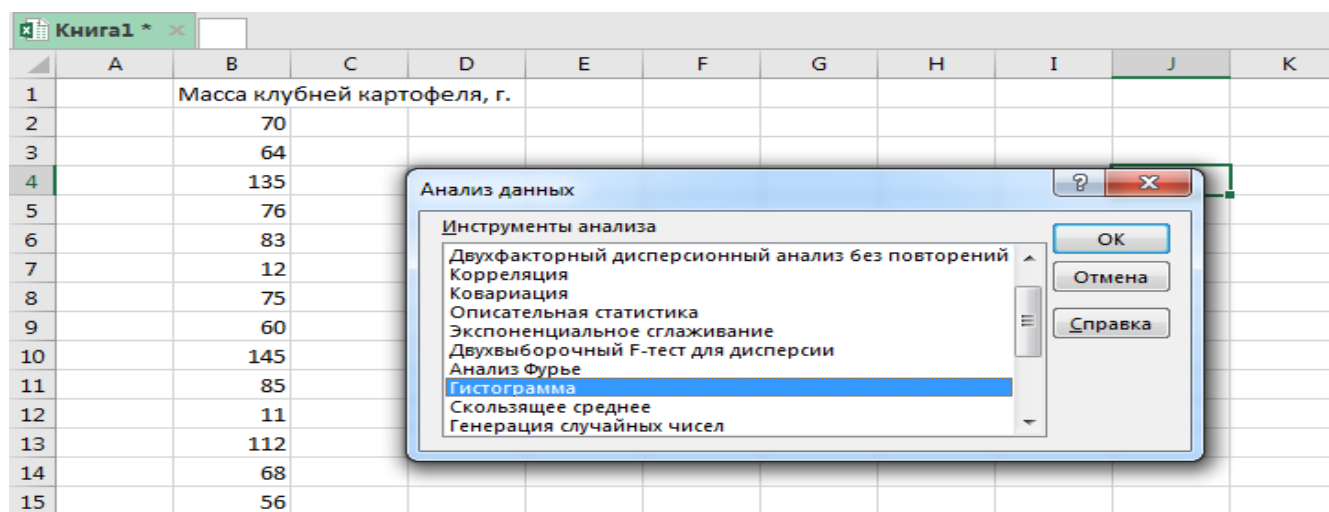


Рис. 4.1. Рабочая книга с исходными данными и выбор инструмента «Гистограмма»

3. В окне **Гистограмма** в поле **Входной интервал:** ввести с помощью мышки диапазон ячеек **B2:B52** и нажать **Ввод**, в поле **Интервал карманов**, что представляет собой классовый интервал, можно указать известный интервал или как в нашем случае, оставить его пустым. Поставить галочку в поле **Метки** (в этом случае в заголовке результатов будет автоматически прописано «Масса клубня, г»), в поле **Выходной интервал** можно выбрать размещение на рабочем листе с исходными данными, **Новый рабочий лист** (этом случае получается крупный рисунок диаграммы).

4. В нашем примере гистограмма будет размещаться на первом рабочем листе с исходными данными, в поле **Выходной интервал** укажем любой диапазон ячеек, например, **E7:H7**, далее выбираем **Вывод графика**. После заполнения всех полей нажимаем **ОК** (рис. 4.2).

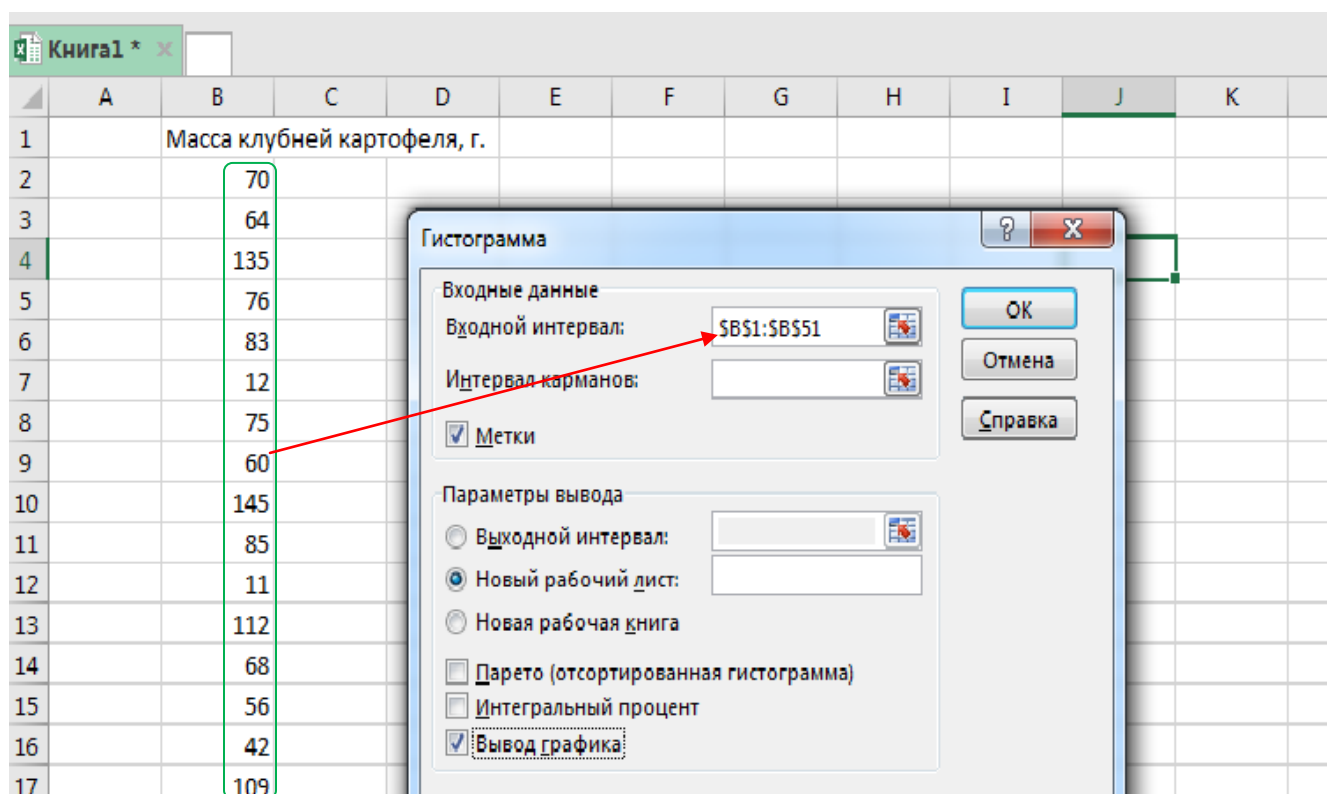


Рис. 4.2. Выбор входных данных и установление параметров вывода

5. После нажатия на клавишу **OK** получаем рядом с исходными данными, таблицу вариационного ряда и гистограмму распределения 50 клубней картофеля по массе (рис. 4.3.)

Здесь под термином «карман» подразумевается общепринятый в статистике термин «группы» или «классы». В таблице помимо абсолютной численности частот можно представить относительные частоты, причем накопленные или так называемые интегральные.



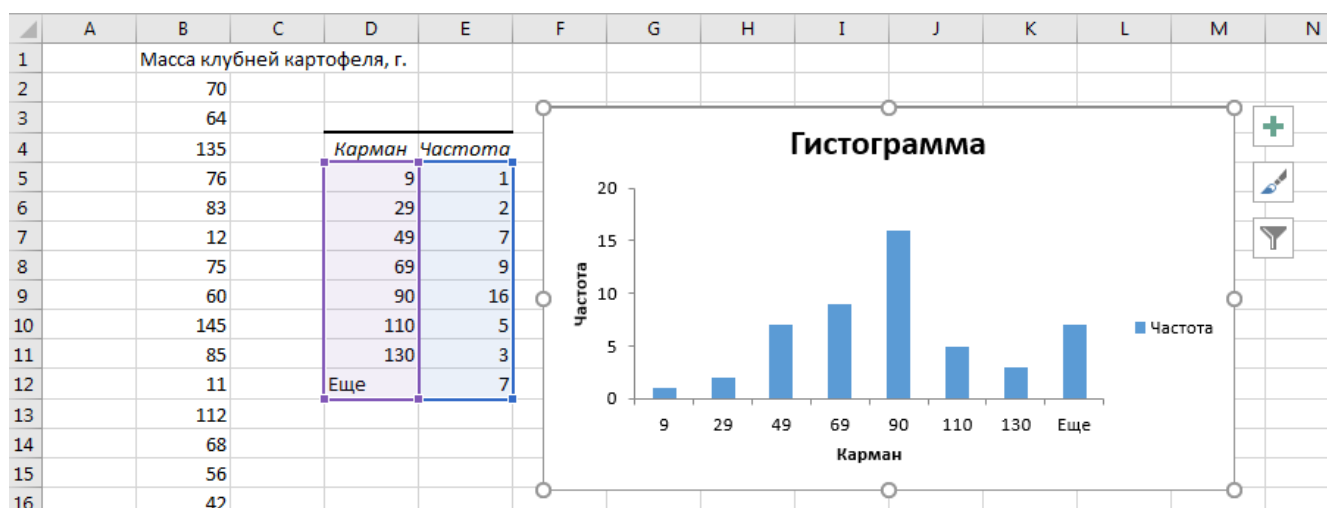


Рис.4.3. Таблица вариационного ряда и гистограмма распределения 50 клубней картофеля

6. Так как гистограмма выглядит в нашем окне нечитаемой и непрезентабельной, следует ее растянуть по вертикали и горизонтали на этом Листе или же скопировать ее и перенести на Лист 2.

7. Для лучшей наглядности наведем мышкой курсор на гистограмму, как только рисунок станет активным, на что указывает подсказка **Область построения**, можно будет растянуть гистограмму так, чтобы на рисунке были видны все частоты и значения по классам или группам (карман).

8. Для удаления больших зазоров между рядами (столбиками) гистограммы и корректировки параметров рядов необходимо подвести курсор мышки к любому ряду и нажать на правую клавишу мышки и в выпадающей панели выбрать **Формат ряда данных** (рис.4.4).

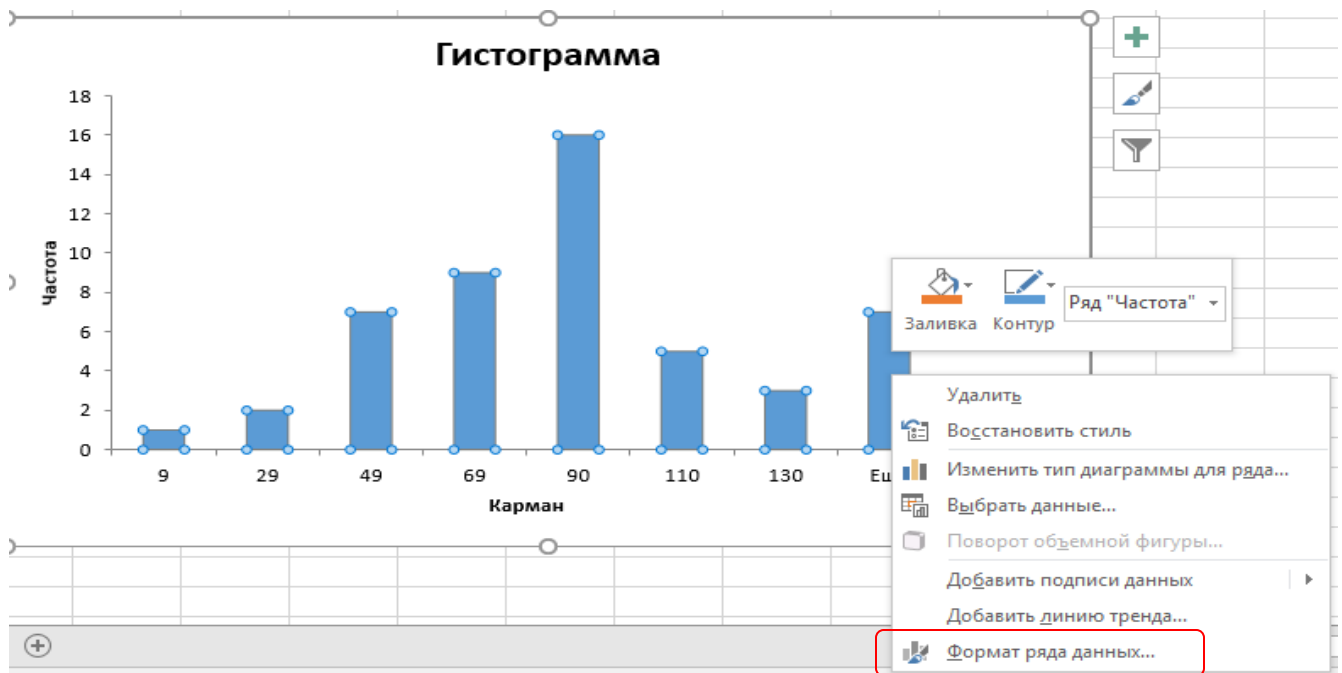


Рис. 4.4. Выбор формата ряда данных

8. После нажатия на клавишу **Ок** появляется окно **Формат ряда данных**, в котором можно изменить параметры одного или всех рядов. Прежде всего, устраняем боковые зазоры, для чего передвигаем в крайнее левое положение бегунок бокового зазора, который по умолчанию занимает среднее положение (рис. 4.5.). Кроме того, с помощью заливки можно выбрать необходимый цвет рядов, выделить их границы.

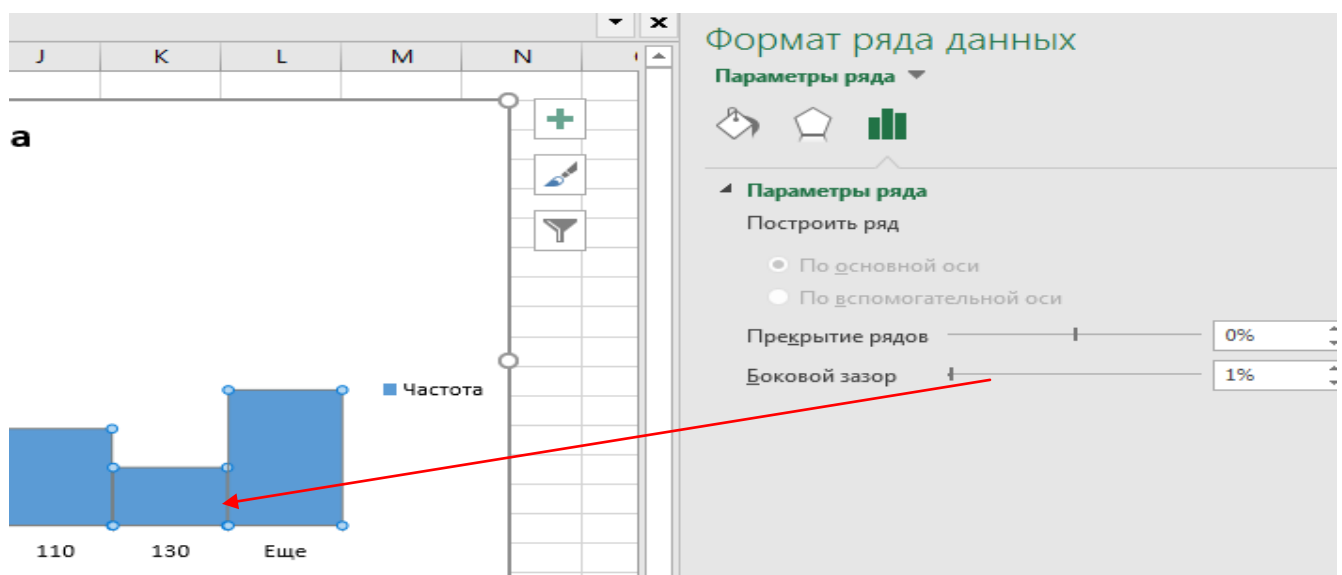


Рис. 4.5. Форматирование параметров ряда

9. В итоге получаем следующую **Гистограмму** распределения массы 50 клубней картофеля (рис. 4.6.)

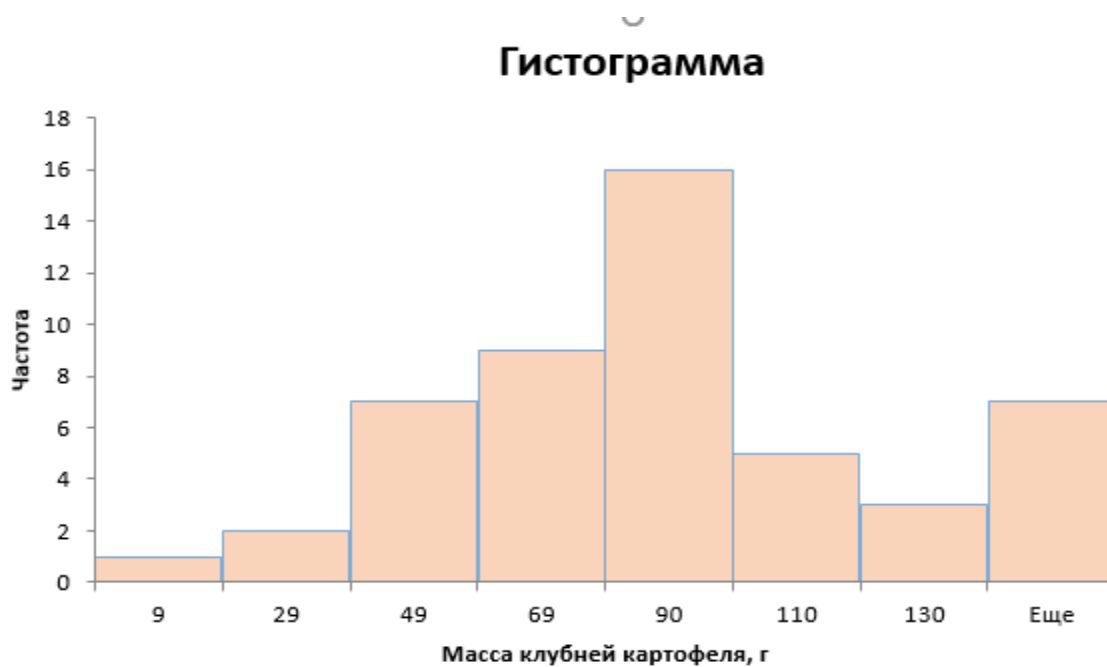


Рис. 4.6. Гистограмма распределения массы 50 клубней картофеля

С введенными на Листе исходными данными можно провести и другие статистические операции: рассчитать статистические показатели, проверить на нормальность данных и др.

Проведем расчеты основных статистических показателей с использованием в **Анализе данных** **Описательной статистики**.

1. В подменю **Анализ Данных** выбрать инструмент анализа **Описательная статистика**.

2. В окне **Описательная статистика** в поле **Входной интервал**: ввести с помощью мышки диапазон ячеек **B1:B51** и нажать **Ввод**, выбрать **Группирование** по столбцам, поставить галочку в поле **Метки в первой строке** (в этом случае в заголовке результатов будет автоматически прописано «Масса клубней, г»), в поле **Выходной интервал** можно выбрать размещение на рабочем листе с исходными данными, Новый рабочий лист или Новая рабочая книга.

3. В случае размещения на Листе 1 рядом с исходными данными в поле **Выходной интервал** необходимо указать интервал ячеек для размещения итоговых

результатов описательной статистики, в нашем примере интервал **D16:E23**. Далее выбираем **Итоговую статистику**, в поле **Уровень надежности** указываем **95**, в полях **К-тый наименьший** и **К-тый наибольший** ставим **1** и нажимаем **ОК** (рис. 4.7)

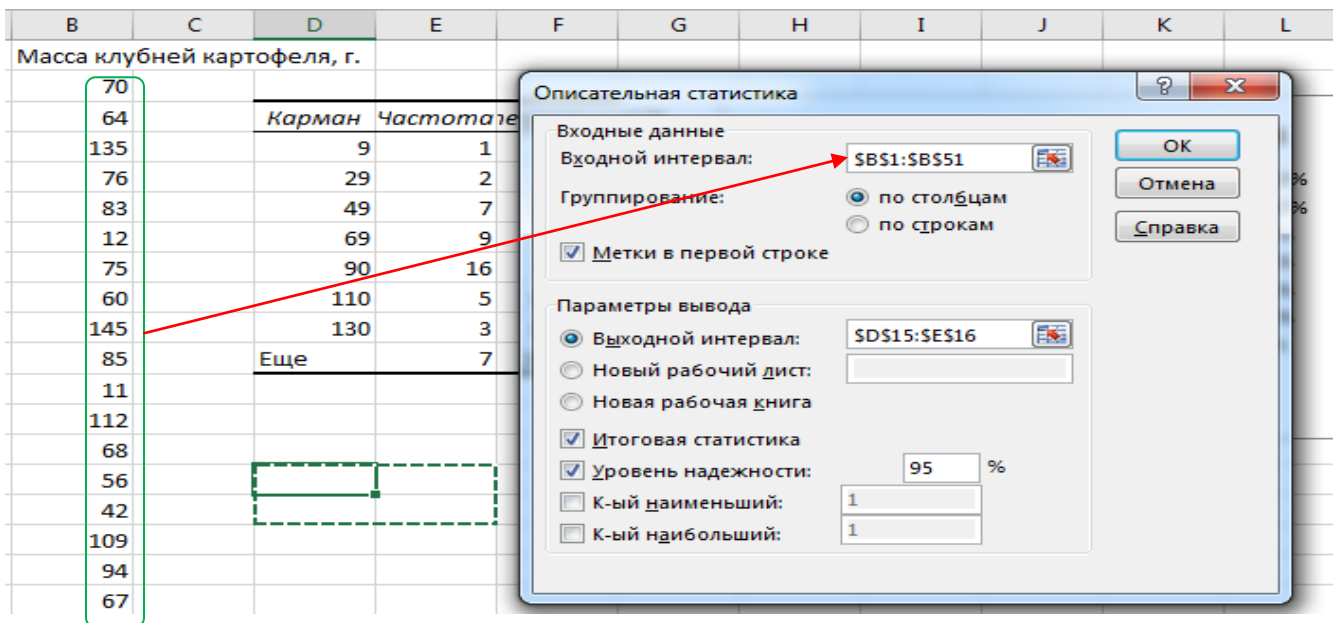


Рис. 4.7. Выбор параметров в окне *Описательная статистика*

4. После нажатия на клавишу **ОК** получаем результаты описательной статистики по массе 50 клубней картофеля (рис. 4.8).

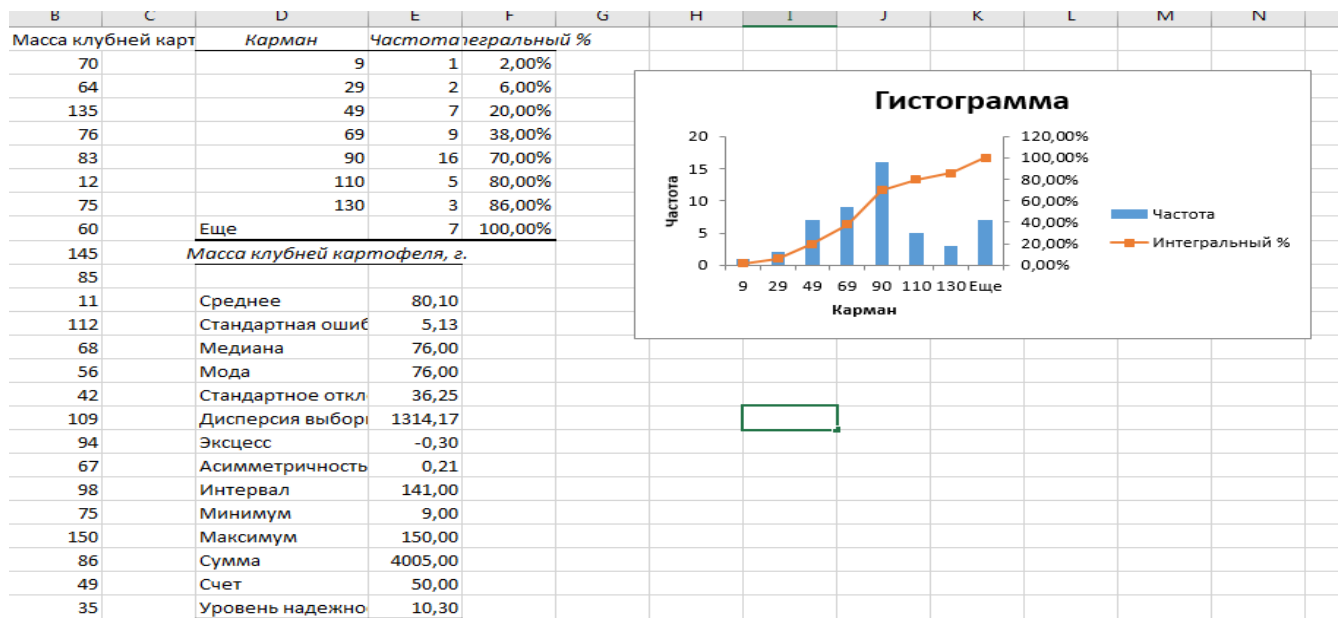


Рис.4.8. Исходные данные, таблица вариационного ряда, гистограмма и основные итоговые статистические показатели

## 5. Оценка двух вариантов при количественной изменчивости признаков для независимых выборок

Эту работу можно выполнить 2 инструментами Пакета данных: двухвыборочным t-тестом с одинаковыми дисперсиями или с помощью описательной статистики.

### 1. Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями

Пример 1. Содержание белка в зерне(%) при испытании двух сортов озимой пшеницы Престиж и Немчиновская-57

Престиж	17,4	18,6	20,3	18,4	19,6	19,5	19,5	19,0	18,8	19,4
Немчинвская -57	18,0	16,4	16,5	17,0	17,5	16,8	18,5	17,2	15,9	16,8

1. В активный лист программы Excel ввести в столбцах **A** и **B** ввести текст «Содержание белка,%», «Престиж» и данные по содержанию белка (рис. 5.1).

2. В меню **Данные**, подменю **Анализ данных** выбрать инструмент анализа **Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями** (рис.5.1).

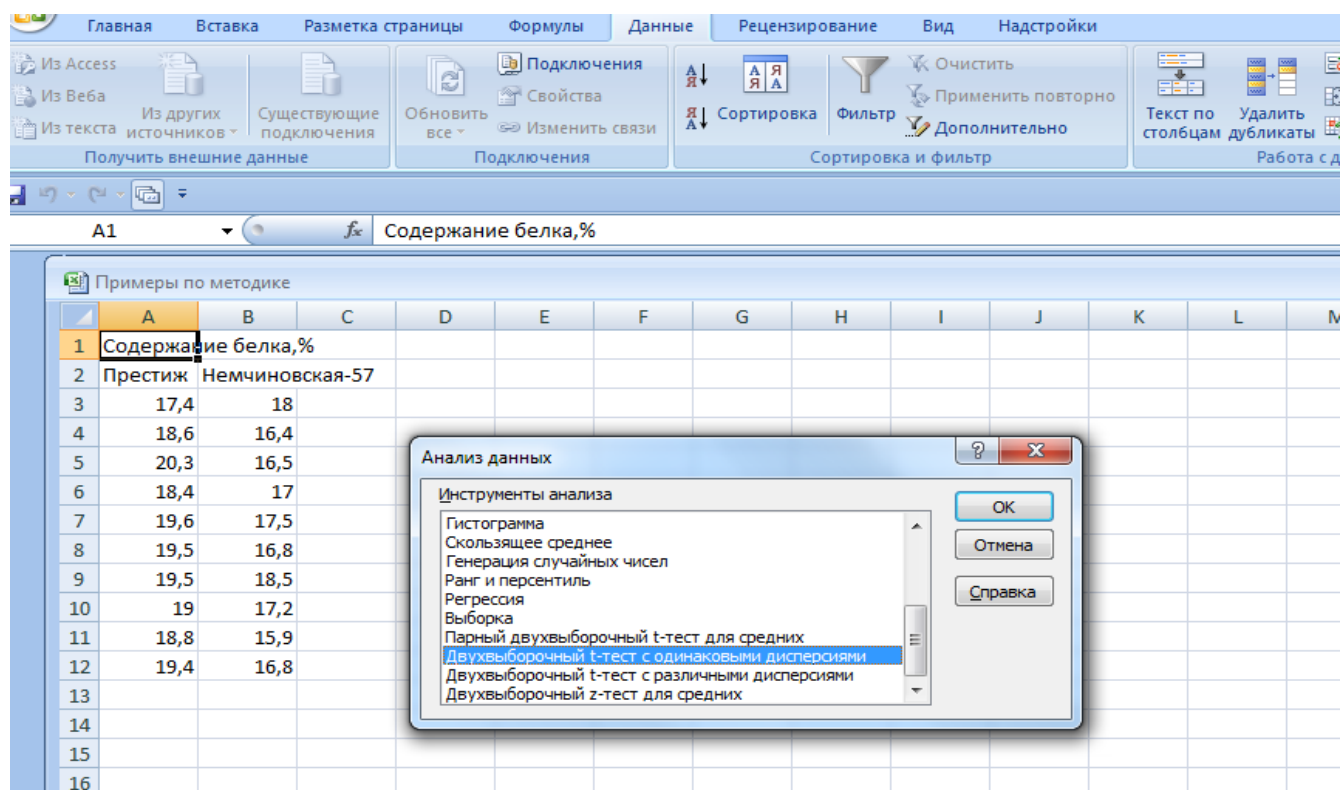


Рис. 5.1. Таблица с исходными данными по содержанию белка и выбор инструмента анализа

4. В окне **Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями** в поле **Интервал переменной 1:** ввести с помощью левой кнопки мыши диапазон ячеек **A2:A12** и нажать **Ввод**, в поле **Интервал переменной 2:** ввести с помощью левой кнопки мыши диапазон ячеек **B2:B12** и нажать **Ввод**. В поле **Гипотетическая разность** указать **0**, поставить галочку в поле **Метки**. В поле **Альфа** указать **0,05**, выбрать место размещения в выходном интервале. После заполнения всех полей нажимаем **ОК** (рис. 5.2.)

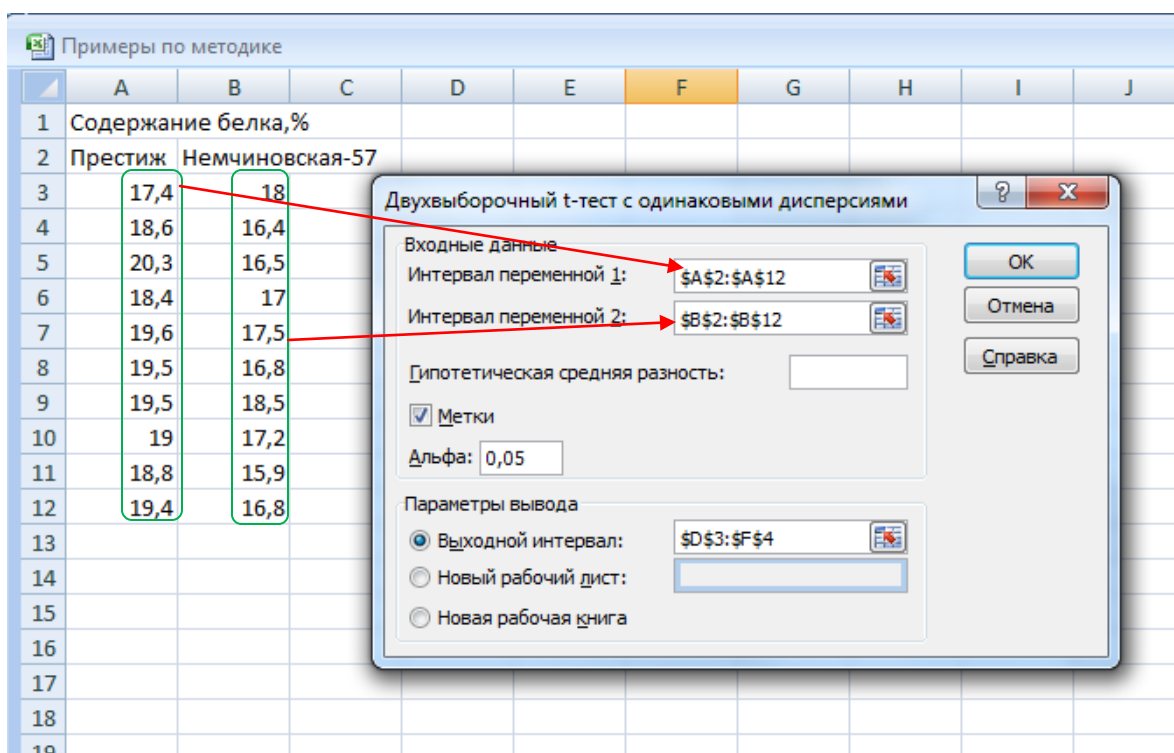


Рис. 5.2. Диалоговое окно *Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями*

4. После нажатия на клавишу **ОК** получаем итоговую таблицу (рис. 5.3), в которой самыми важными показателями являются фактическое –  $t_{\text{фак}}$  (t-статистика) и табличное –  $t_{05}$  (критическое) значения критерия Стьюдента. Так как фактическое значение критерия Стьюдента (t-статистика = 5,64) в нашем примере больше табличного (t-критическое двухстороннее = 2,10 при числе степеней свободы  $df=10+10-2=18$ ),  $H_0$  отвергается. С 95% вероятностью можно предполагать, что сорт озимой пшеницы Престиж содержит существенно больше белка, чем сорт Немчиновская-57.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Содержание белка,%						
2	Престиж	Немчиновская-57					
3	17,4	18		Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями			
4	18,6	16,4					
5	20,3	16,5			Престиж	Немчиновская-57	
6	18,4	17		<b>Среднее</b>	<b>19,05</b>	<b>17,06</b>	
7	19,6	17,5		Дисперсия	0,645	0,600444444	
8	19,5	16,8		Наблюдения	10	10	
9	19,5	18,5		Объединенная дисперсия	0,62272222		
10	19	17,2		Гипотетическая разность средних	0		
11	18,8	15,9		<b>df</b>	<b>18</b>		
12	19,4	16,8		<b>t-статистика</b>	<b>5,6388546</b>		
13				P(T<=t) одностороннее	1,1904E-05		
14				t критическое одностороннее	1,73406359		
15				P(T<=t) двухстороннее	2,3809E-05		
16				<b>t критическое двухстороннее</b>	<b>2,10092204</b>		
17							
18							
19							

Рис.5.3. Итоговая таблица двухвыборочного t-теста

## 2. Описательная статистика

1. В активный лист программы Excel ввести в столбце А в 1-ой ячейке текст «Содержание белка, %», во 2-ой – «Престиж» и ниже – данные по содержанию белка для сорта Престиж, аналогично в столбце В текст «Немчиновская-57» и данные по содержанию белка для сорта Немчиновская-57 (рис. 5.1).

2. В меню **Данные** подменю **Анализ данных** выбрать инструмент анализа **Описательная статистика** (рис.3.1).

3. Выбрать параметры окна **Описательная статистика** (рис.5.4).

The screenshot shows the 'Описательная статистика' (Summary Statistics) dialog box in Microsoft Excel. The dialog box is positioned over a spreadsheet where columns A and B contain data for two different types of protein. The 'Входные данные' (Input data) section shows the 'Входной интервал:' (Input range) as '\$A\$2:\$C\$12'. Under 'Группирование:' (Grouping), the 'по столбцам' (by columns) radio button is selected. The 'Метки в первой строке' (Labels in first row) checkbox is checked. In the 'Параметры вывода:' (Output options) section, the 'Выходной интервал:' (Output range) is '\$D\$3'. The 'Итоговая статистика' (Summary statistics) checkbox is checked, and the 'Уровень надежности:' (Confidence level) is set to 95%.

Рис. 5.4. Выбор параметров описательной статистики

5. После нажатия на клавишу **Ок** получаем результаты основных статистических показателей по каждой выборке (сорт) (рис. 5.5).

Примеры по методике									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Содержание белка, %								
2	Престиж	Немчиновская-57							
3	17,4	18		<i>Престиж</i>		<i>Немчиновская-57</i>			
4	18,6	16,4							
5	20,3	16,5		<b>Среднее</b>	<b>19,05</b>	Среднее	<b>17,06</b>		
6	18,4	17		<b>Стандартная ошибка</b>	<b>0,25</b>	Стандартная ошибка	<b>0,25</b>		
7	19,6	17,5		Медиана	19,20	Медиана	16,90		
8	19,5	16,8		Мода	19,50	Мода	16,80		
9	19,5	18,5		Стандартное отклонение	0,80	Стандартное отклонение	0,77		
10	19	17,2		Дисперсия выборки	0,64	Дисперсия выборки	0,60		
11	18,8	15,9		Экссесс	1,05	Экссесс	0,04		
12	19,4	16,8		Асимметричность	-0,68	Асимметричность	0,55		
13				Интервал	2,90	Интервал	2,60		
14				Минимум	17,40	Минимум	15,90		
15				Максимум	20,30	Максимум	18,50		
16				Сумма	190,50	Сумма	170,60		
17				Счет	10,00	Счет	10,00		
18				<b>Уровень надежности(95,0%)</b>	<b>0,57</b>	<b>Уровень надежности</b>	<b>0,55</b>		
19									

Рис. 5.5. Итоги описательной статистики

Для оценки существенности разности средних двух сортов озимой пшеницы по содержанию белка наибольший интерес представляют следующие данные (они выделены красным шрифтом): среднее содержание белка у сорта Престиж,  $\bar{x}_1 = 19,05\%$ , у сорта Немчиновская-57,  $\bar{x}_2 = 17,06\%$ ; ошибки выборочной средней (стандартные ошибки), соответственно,  $S_{\bar{x}_1} = 0,25$  и  $S_{\bar{x}_2} = 0,25\%$ , а также предельные ошибки выборочной средней (в **Пакете данных**, странное название – уровень надежности), соответственно, 0,57 и 0,55. Оценку существенности разности средних проведем по доверительным интервалам для генеральных средних:

$$\bar{x}_1 \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}_1} = 19,05 \pm 0,57 = 18,48 \div 19,62\%$$

$$\bar{x}_2 \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}_2} = 17,06 \pm 0,55 = 16,51 \div 17,61\%$$

Вывод: так как доверительные интервалы для генеральных средних не перекрываются, с вероятностью 95% можно предполагать, что сорт озимой пшеницы Престиж содержит существенно больше белка, чем сорт Немчиновская-57.



## Графическое представление средних с ошибками

### 1. Построение графиков с погрешностями

1. Выбрать с помощью левой кнопки мышки диапазон **A14:B15**, включающий наименование сортов и их средние значения, затем в строке меню нажать на вкладку **Вставить**, далее – один из видов **Диаграммы**, например, **Гистограмма**. После нажатия на клавишу **Ок** появляется гистограмма среднего содержания белка у испытуемых сортов озимой пшеницы.

2. Далее в строке меню **Работа с диаграммами** необходимо выбрать подменю **Конструктор** и **Макет**. Инструменты данных подменю дают возможность провести форматирование гистограммы (название диаграммы, подписи данных, масштабирование осей и т.д. (Рис. 5.6).

3. Для выделения на гистограмме погрешностей в программах Excel – 2013, 2016 в окне **ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГРАММЫ** галочкой выделяем **Предел погрешностей**, в программе Excel 2007 – выбираем **Панки погрешностей** (Рис. 5.6; 5.6.1).

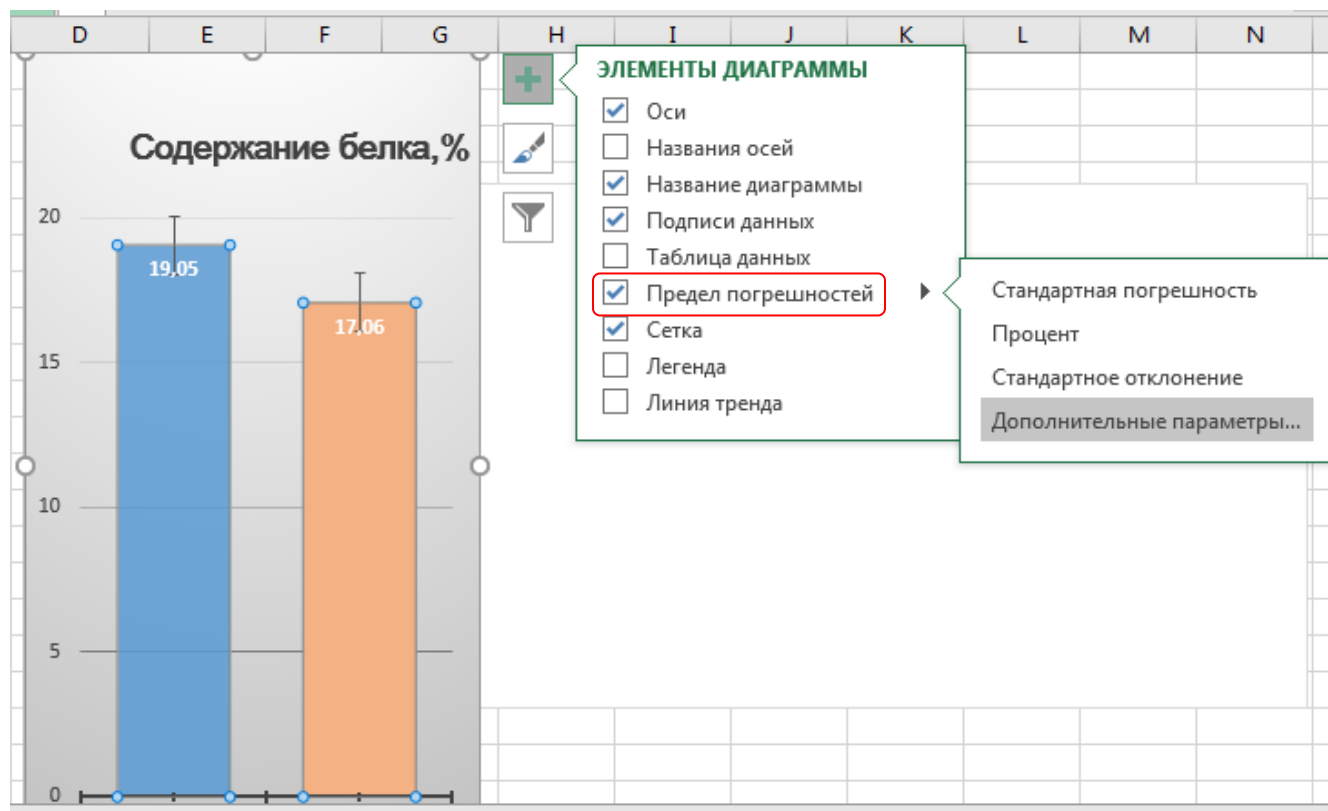


Рис. 5.6. Выбор предела погрешностей в Excel – 2016

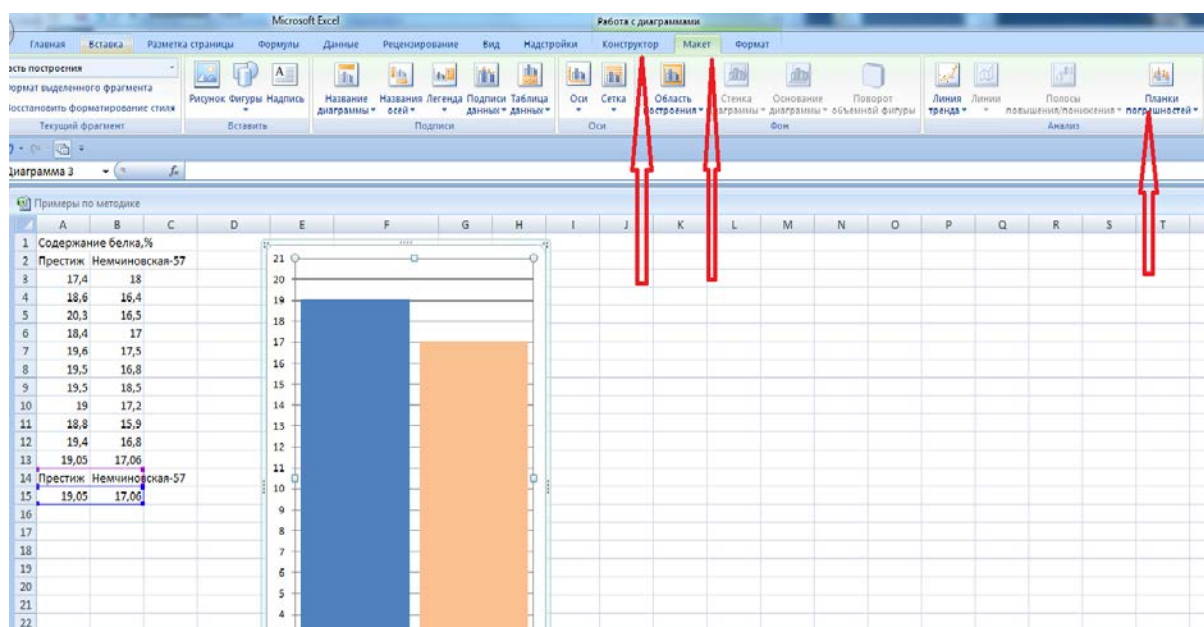


Рис. 5.6.1. Работа с диаграммой – форматирование и макетирование в Excel-2007

4. На графике над каждым столбиком появляются вертикальные линии, при этом по умолчанию высота этих линий равна стандартной погрешности, причем они одинаковые по размерам для всех сравниваемых вариантов.

5. После нажатия мышкой на **Предел погрешностей**, далее **Дополнительные параметры** появляется выпадающее окно **Формат предела погрешностей** (рис.5.7), в котором можно выбрать параметры предела погрешностей: цвет, тип и величина погрешностей.

6. В Excel можно установить следующие типы полос (пределов) погрешностей (рис. 5.7):

- **Фиксированное значение.** Полосы погрешностей откладываются от каждой точки данных на заданную пользователем фиксированную величину. Все полосы погрешностей имеют одинаковую высоту.

- **Относительное значение.** Полосы погрешностей откладываются от каждой точки данных на величину, определяемую в процентах от значения точки. Например, если задать в поле ввода значение 5%, а значение точки равно 60, то полоса погрешности будет выведена от 57 до 63.

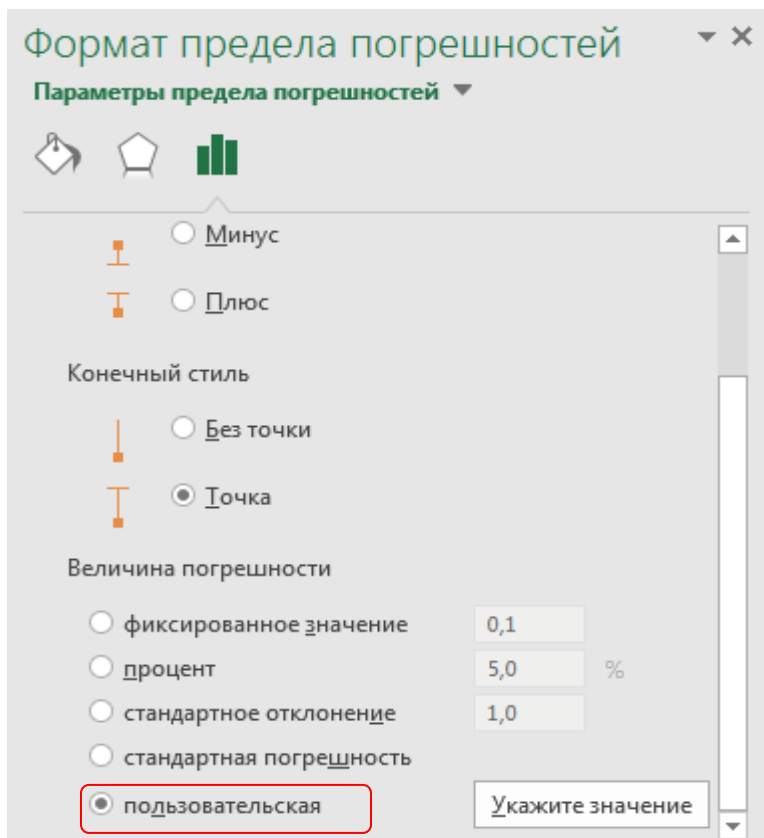


Рис. 5.7. Формат предела погрешностей

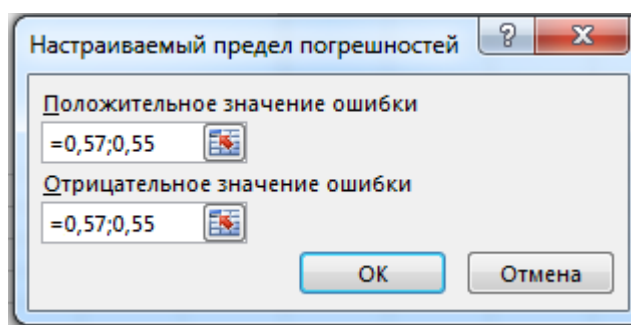
- Стандартное отклонение. Полосы погрешностей откладываются на величину стандартного отклонения –  $S$ . Все полосы погрешностей имеют одинаковую высоту и откладываются вверх и вниз на величину  $S$  не от конкретной точки, а от среднего всех точек.
- Стандартная погрешность. Размер полос погрешностей одинаковый для всех точек, и откладываются полосы погрешностей от среднего значения каждой выборки, а не от среднего значения по всем точкам.
- Пользовательская. Полосы погрешностей в зависимости от поставленных задач определяет пользователь и значения этих полос хранятся в заданном диапазоне, который может содержать формулы.

7. Так как предельные ошибки выборочных средних по вариантам могут иметь разные значения, рекомендуется выбирать не фиксированные значения, а указывать фактические данные. По сути дела, с помощью планок погрешностей

нам необходимо показать на графике величину доверительных интервалов для генеральных средних двух сортов пшеницы:

$$\bar{x}_1 \pm t_{0.05} \cdot s_{\bar{x}_1} = 19,05 \pm 0,57 = 18,48 \div 19,62\% \quad \bar{x}_2 \pm t_{0.05} \cdot s_{\bar{x}_2} = 17,06 \pm 0,55 = 16,51 \div 17,61\%$$

Для этого выберем формат **Пользовательская** (рис. 5.7) и в выпадающей панели **Настраиваемый предел погрешностей** для каждого ряда указываем величину предельной ошибки следующим образом: в окошко «положительное значение ошибки» через точку с запятой: 0,55; 0, 57. В окошко «отрицательное значение ошибки» вводится тоже самое или указываем ссылки на ячейки, где пре-



дельные ошибки рассчитаны для каждого варианта (рис.5.8).

Рис. 5.8. Панель для указания значений предельной ошибки

8. После завершения необходимых операций с **Планками погрешностей** получаем гистограмму среднего содержания белка у сортов озимой пшеницы **Престиж** и **Немчиновская – 57** с вертикальными линиями, которые отражают по сути дела графически величину доверительных интервалов для генеральных средних (рис. 5.9).

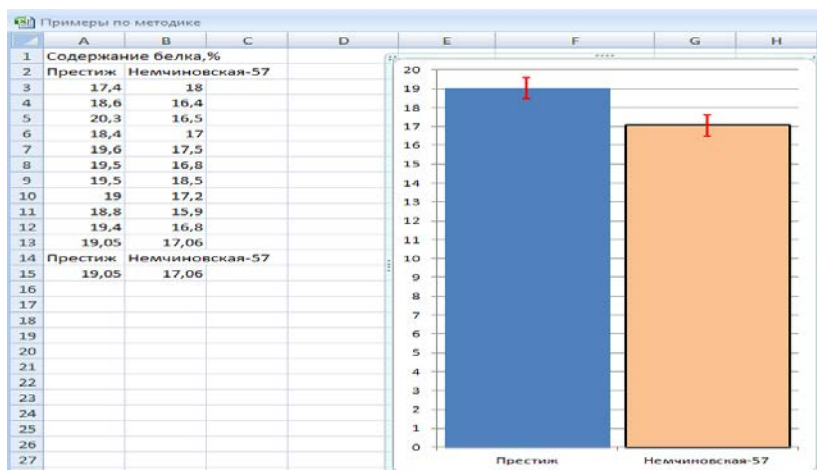


Рис. 5.9. Гистограмма с пользовательскими пределами (полосами) погрешностей

9. Так как верхняя граница предела погрешности (доверительного интервала) у сорта Немчиновская – 57 не пересекается с нижним пределом погрешности (доверительного интервала) у сорта Престиж, это свидетельствует о том, что между этими сортами есть существенные различия по содержанию белка на 95% уровне вероятности (рис. 5.9).

10. Гистограмму с пределами погрешностей можно преобразовать в любой тип диаграммы. Для этого необходимо подвести курсор мышки к гистограмме и, нажав на правую клавишу мышки выбрать различные виды диаграмм, в нашем примере произведен выбор точечной диаграммы (ромбики указывают величину средних значений, а вертикальные линия обозначают границы доверительных интервалов для генеральных средних (рис. 5.9.1).

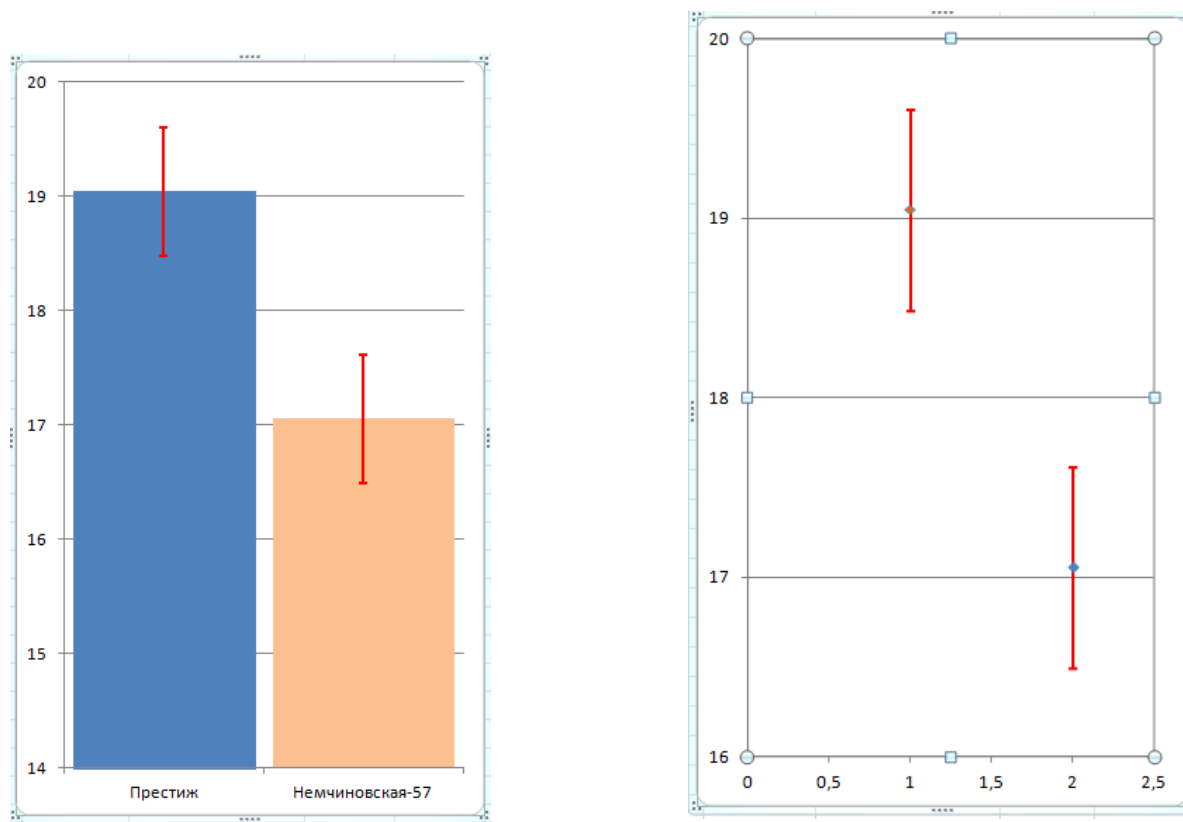


Рис. 5.9.1. Гистограмма и точечный график средних и доверительных интервалов

## 2. Построение графика «Ящик с усами – Boxplot»

В программах Excel ниже 2010 не представлялось возможным построение графиков Box-Plot (Ящик с усами) – графическое представление средних, медианы и доверительных интервалов, подобных программам Statistica, Statgraphics. Однако Excel - 2016 обогатился новыми типами диаграмм, одной из которых является «**ящик с усами**» или «**коробчатая диаграмма**» (box-and-whiskers plot или boxplot). Такие диаграммы очень удобны при графическом сравнении 2-х или большего числа вариантов между собой.

Для построения указанной диаграммы обратимся к нашему примеру по содержанию белка у сортов Престиж и Немчиновская-57.

1. Выберем с помощью левой кнопки мышки диапазон **A14:B15**, включающий наименование сортов и их средние значения, затем в строке меню нажимаем на вкладку **Вставить**, далее – в списке рекомендуемых диаграмм отметим **Ящик с усами**. После нажатия на клавишу **Ок** появляются стандартные формы 2-х коробчатых диаграмм, которые необходимо настроить (рис. 5.9.2).

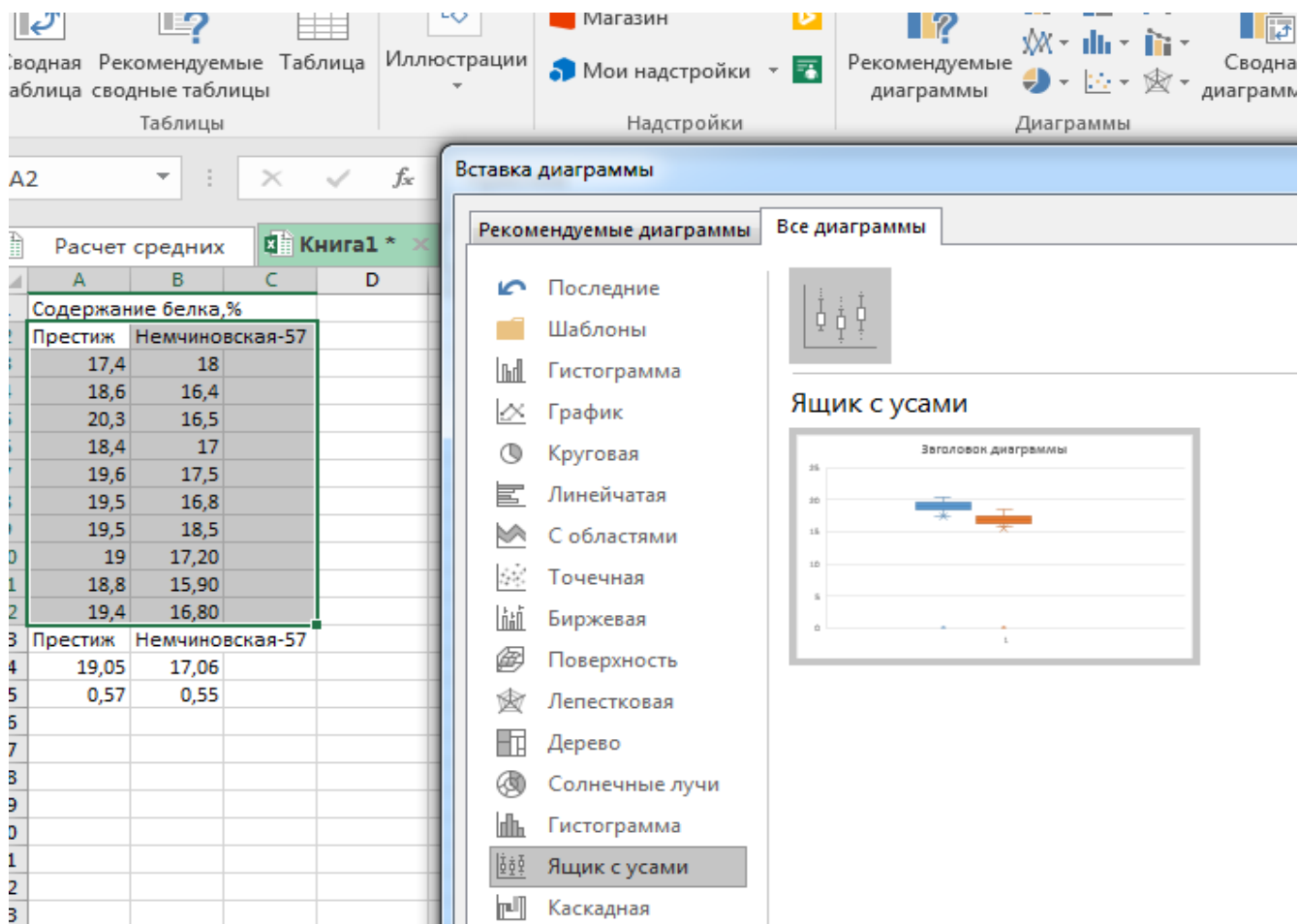


Рис.5.9.2. Выбор диаграммы «Ящик с усами» в программе Excel – 2016

2. Общий вид диаграммы настраивается стандартно. Можно менять цвет, добавлять подписи и т.д. Для этого есть две контекстные вкладки **Конструктор** и **Формат** или можно воспользоваться настройками, предназначенными специально для этой диаграммы. Для этого выбираем какой-либо ряд и нажимаем на **Ctrl+1** или левой кнопкой мышки подводим курсор на любой «ящика», справа появляется панель настроек **Формат ряда данных** (рис.5.9.3).

3. С помощью настроек можно форматировать следующие параметры:

**Боковой зазор** – регулирует ширину ящиков и расстояние между ними.

**Показывать внутренние точки.** Если поставить галочку, то на оси, где расположены «усы», точками будут показаны все значения по данному ряду.

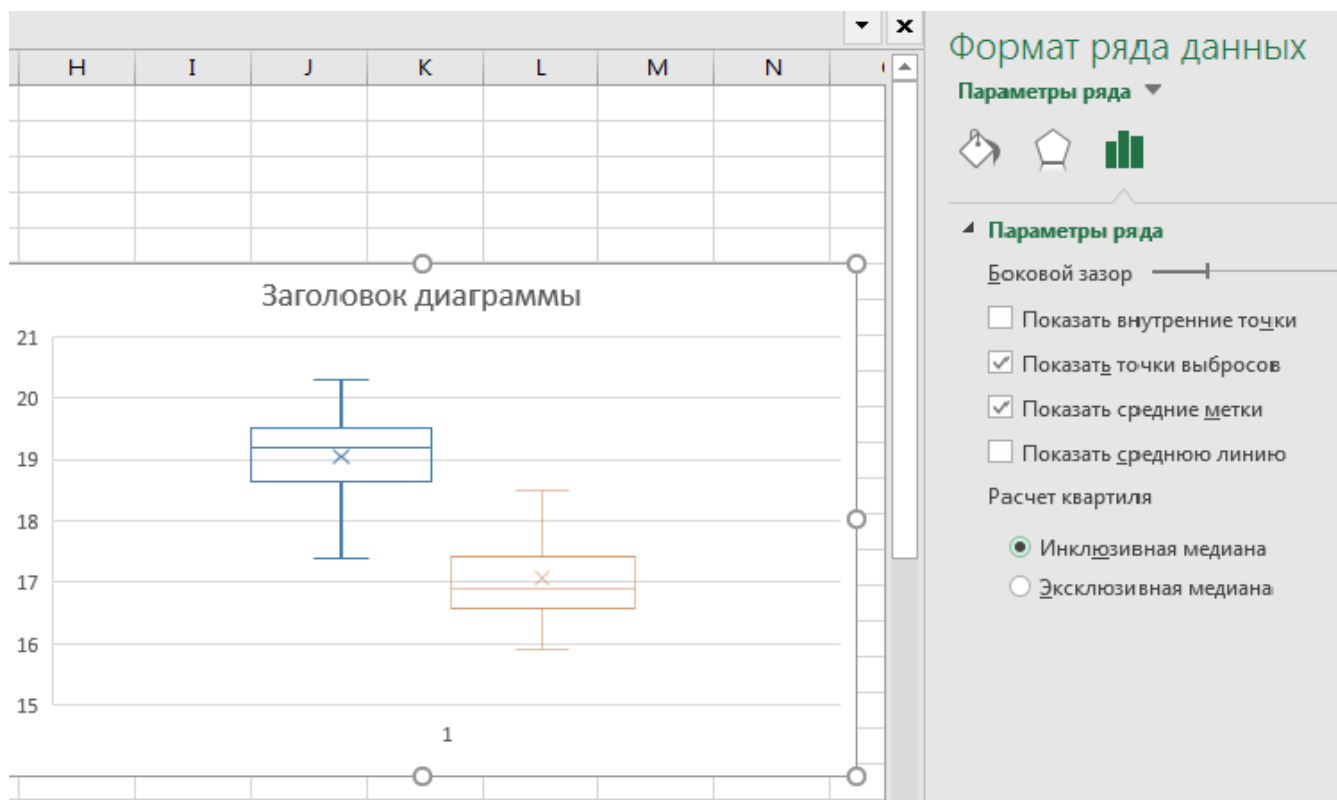


Рис.5.9.3. Настройка диаграммы «ящик с усами»

**Показать средние метки** – среднее арифметическое (крестики).

**Показать среднюю линию** – только для различных категорий.

**Показывать точки выбросов** – отражать экстремальные значения.

**Инклюзивная медиана** или **экслюзивная медиана**. Инклюзивная медиана включает квартильные значения, а экслюзивная медиана не включает.

4. Наждем на знак + в правом углу рабочей области диаграммы, появляется окно **ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГРАММЫ**, в котором галочками отметим нужные для нас параметры диаграммы. После настроек параметров «ящика с усами» получаем следующий график (рис. 5.9.4).



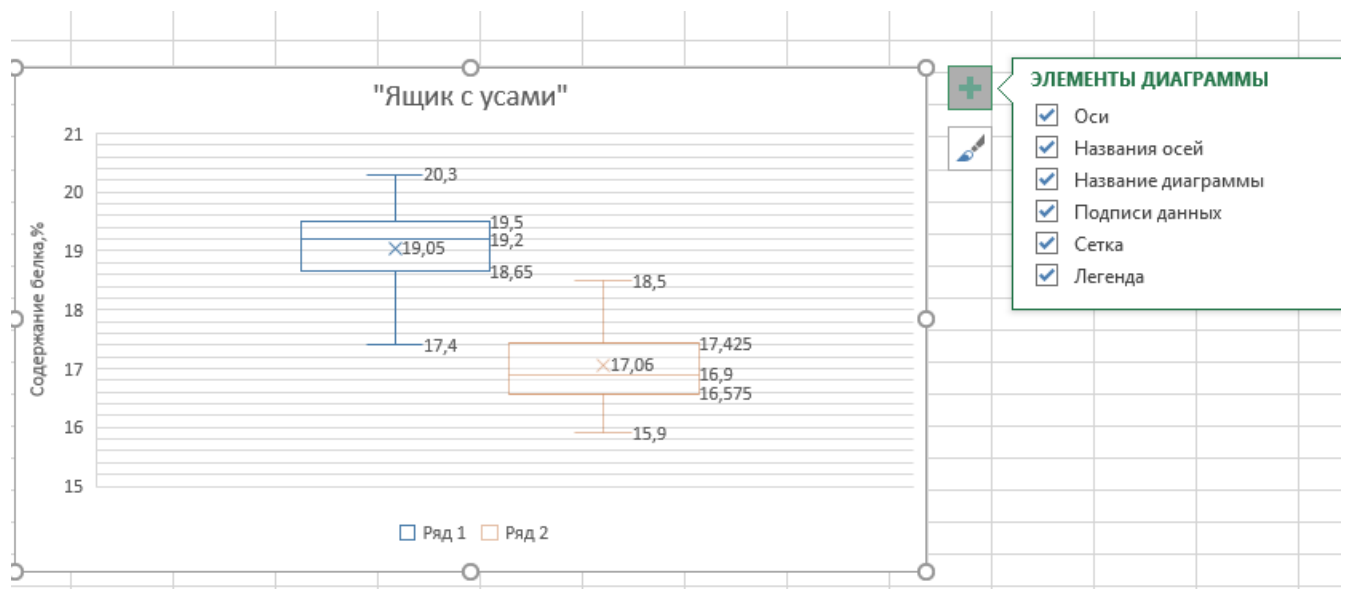


Рис. 5.9.4. «Ящики с усами» содержания белка у сортов Престиж (Ряд 1) и Немчиновская-57 (Ряд2)

5. На диаграммах показано:

**Крестик посередине** – это среднее арифметическое или среднее выборочное по каждому сорту: 19,05 и 17,06.

**Линия чуть выше или ниже крестика** – медиана для сорта Престиж – 19,2 и 16,9 – для сорта Немчиновская-57.

**Нижняя и верхняя грань прямоугольника (типа ящика)** соответствует первому и третьему квартилю (значениям, отделяющим  $\frac{1}{4}$  и  $\frac{3}{4}$  выборки). Расстояние между 1-м и 3-м квартилем – это межквартильный размах (или расстояние).

**Горизонтальные черточки на конце «усов»** – максимальное и минимальное значение (без учета выбросов).

По представленным диаграммам в виде «ящиков с усами» можно проверить нулевую гипотезу об отсутствии различий между выборками (вариантами). При этом тестируемые данные могут подчиняться нормальному распределению или же отличаться от нормального распределения. Сравнение проводится по значениям квартилей: если нижняя грань прямоугольника, соответствующая первому квартилю одного варианта, заходит за верхнюю грань другого прямоугольника,

соответствующему третьему квартилю другого варианта, нулевая гипотеза принимается, и различия не существенны.

В нашем примере, так как нижний квартиль сорта Престиж равен 18,65, а верхний квартиль сорта Немчиновская – 57 равен 17,425 (ящики не прикасаются между собой), значит можно предполагать, что различия по содержанию белка между указанными сортами значимы на 0,05 уровне значимости.

## **6. Оценка средней разности при количественной изменчивости признаков для зависимых выборок.**

### **Парный двухвыборочный t-тест для средних**

Пример 2. При изучении 2-х способов хранения яблок в полиэтиленовых пакетах в одних и тех же камерах холодильника процент сохранившихся плодов составил (%),  $n = 10$ )

Без газовой среды	56	68	74	75	80	56	63	66	75	64
Газовая среда	85	73	75	95	78	85	76	74	83	60

1. В активный лист программы Excel введем исходные данные вышеприведенного примера, расположив таблицу по столбцам (рис. 6.1.).

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	Н	О	Р	С
	Без газовой среды	Газовая среда															
1		56	85														
2		68	73														
3		74	75														
4		75	95														
5		80	78														
6		56	85														
7		63	76														
8		66	74														
9		75	83														
10		64	60														

Рис. 6.1. Исходные данные

2. В меню **Данные**, подменю **Анализ данных** выбрать инструмент анализа **Парный двухвыборочный t-тест для средних** (рис.6.2)

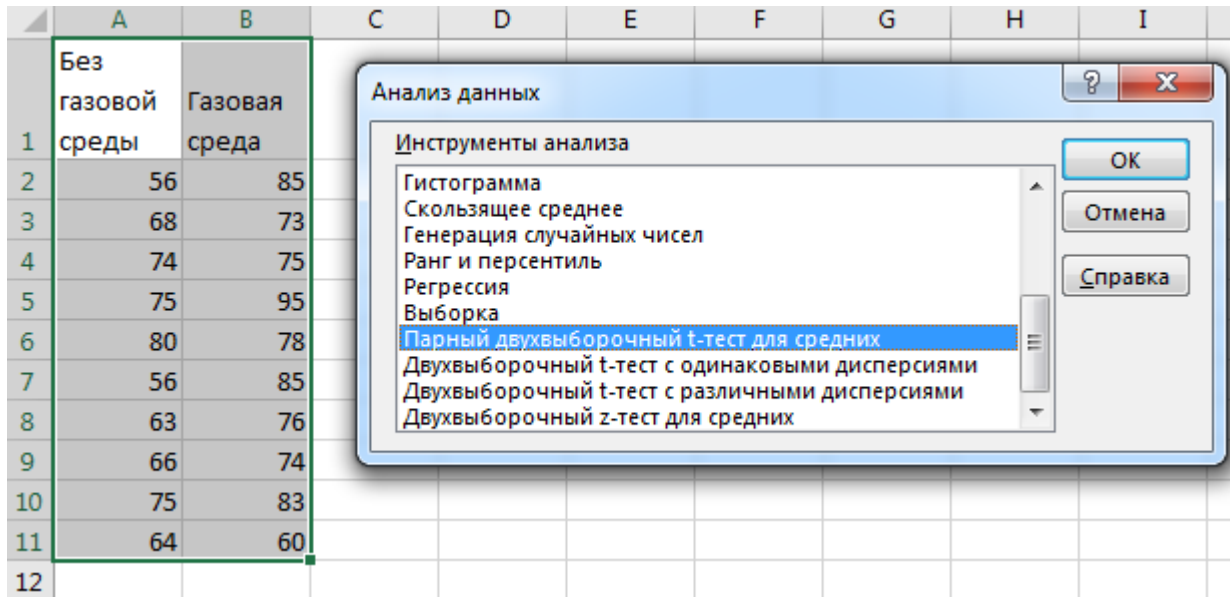


Рис. 6.2. Подменю *Анализ данных*

В появившемся окне **Парный двухвыборочный t-тест для средних** в поле **Интервал переменной 1:** ввести с помощью мышки диапазон ячеек **A1:A11** и нажать **Ввод**, в поле **Интервал переменной 2:** ввести с помощью мышки диапазон ячеек **B1:B11** и нажать **Ввод**. В поле **Гипотетическая разность** указать **0**, поставить галочку в поле **Метки**. В поле **Альфа** указать **0,05**, выбрать место размещения в выходном интервале. После заполнения всех полей нажимаем **ОК** (рис. 6.3.)

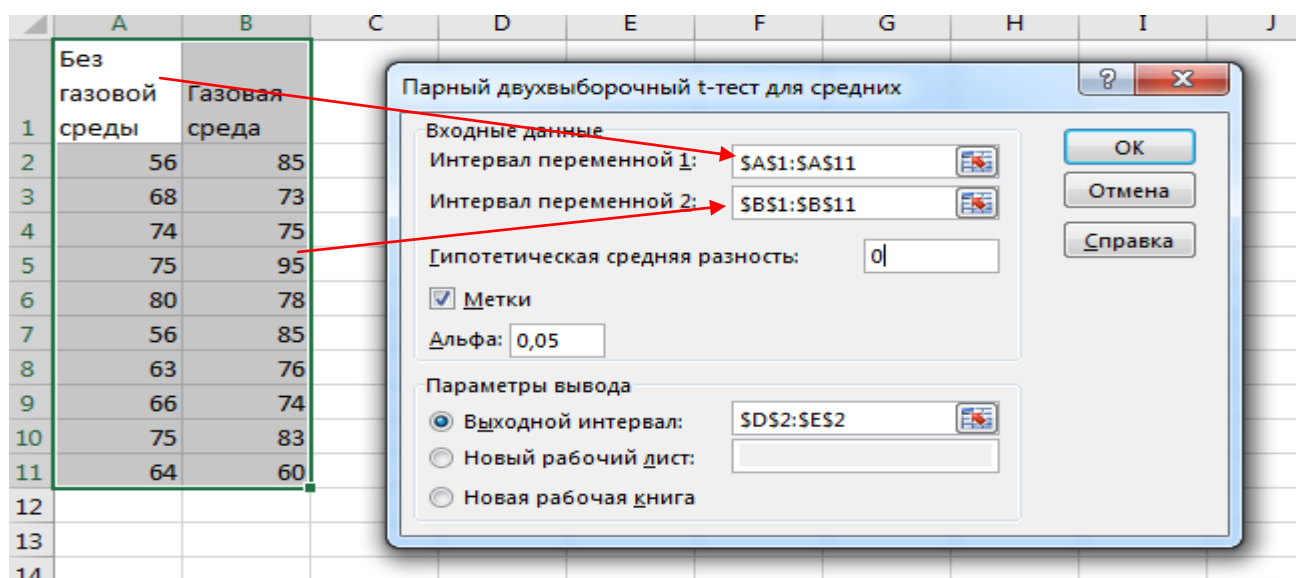


Рис. 6.3. Диалоговое окно *Парный двухвыборочный t-тест для средних*

После нажатия на клавишу **ОК** получаем итоговую таблицу (рис. 6.4). Так как фактическое значение критерия Стьюдента по модулю ( $t$ -статистика = 2,84) в нашем примере больше табличного ( $t$ -критическое двухстороннее = 2,26 при числе степеней свободы  $df=10-1=9$ ), нулевая гипотеза отвергается. С 95% вероятностью можно предполагать, что сохранность плодов яблок в пакетах с газовой средой существенно выше.

	A	B	C	D	E	F	G
	Без газовой среды	Газовая среда					
1							
2	56	85		Парный двухвыборочный t-тест для средних			
3	68	73					
4	74	75					
5	75	95					
6	80	78					
7	56	85					
8	63	76					
9	66	74					
10	75	83					
11	64	60					
12							
13							
14							
15							
16							

Рис. 6.4. Итоговая таблица  $t$ -теста результатов хранения яблок

## 7. Корреляционно-регрессионный анализ

Пример 1. Масса зерна ячменя ( $X$ , мг) и содержание жира в зерне ( $Y$ ,%)

$X$ – масса зерна, мг	11,0	19,9	15,9	16,3	10,2	21,4	15,8	21,6	12,3	17,3
$Y$ – содержание жира, %	1,2	5,1	2,3	3,1	0,9	4,1	2,1	4,2	1,1	3,4

### 7.1 Прямолинейная корреляция

1. В активный лист программы Excel введем исходные данные вышеприведенного примера, расположив таблицу по столбцам (рис. 7.1).
2. Из **Пакета анализа** выберем инструмент **Корреляция**
3. В появившемся окне укажем входной интервал **A2:B12**
4. **Группирование** по столбцам
5. Укажем метки и выходной интервал и нажмем **ОК** (рис. 7.1).

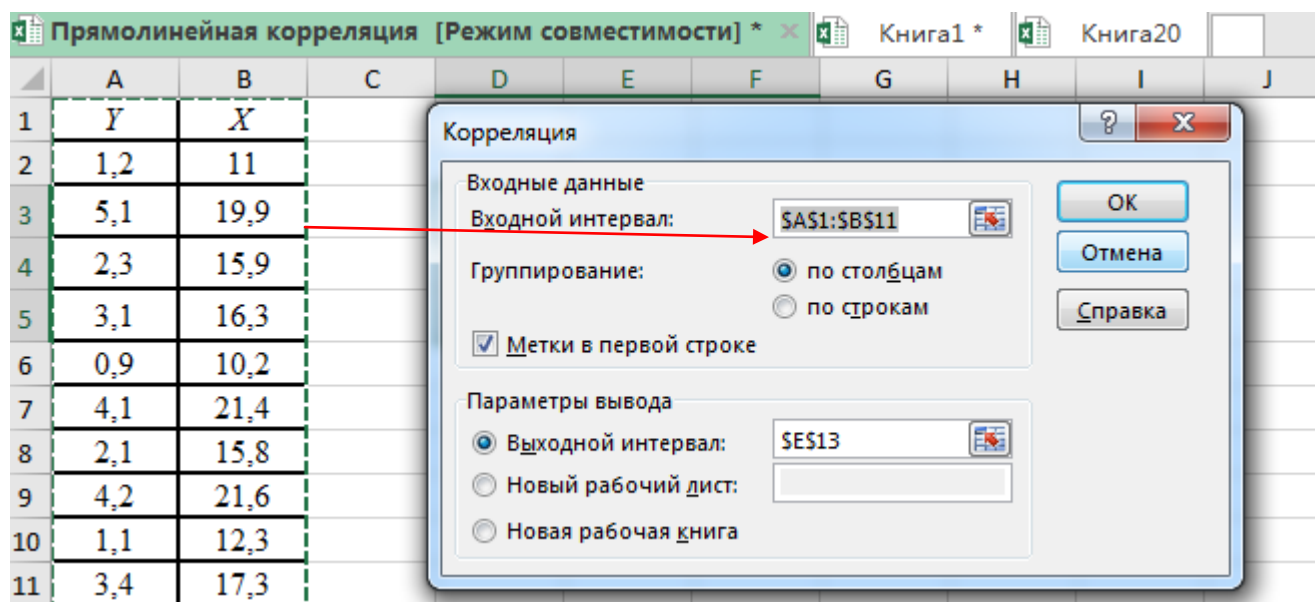


Рис. 7.1. Диалоговое окно *Корреляция*

После нажатия на клавишу **ОК** получаем коэффициент корреляции между массой зерна и содержанием жира в зерне ( $r = 0,93$ ), что указывает на сильную (тесную) корреляционную зависимость между изучаемыми признаками (рис. 7.2).

	A	B	C	D	E	F
1	Y	X				
2	1,2	11				
3	5,1	19,9			Y	X
4	2,3	15,9		Y	1	
5	3,1	16,3		X	0,939	1
6	0,9	10,2				
7	4,1	21,4				
8	2,1	15,8				
9	4,2	21,6				
10	1,1	12,3				
11	3,4	17,3				

Рис. 7.2. Коэффициент корреляции между содержанием жира и массой зерна

## 7.2 Прямолинейная регрессия

Для расчета коэффициента регрессии, определения уравнения регрессии и построения теоретической линии в подменю **Анализ данных** выберем инструмент анализа **Регрессия** (рис. 7.3).

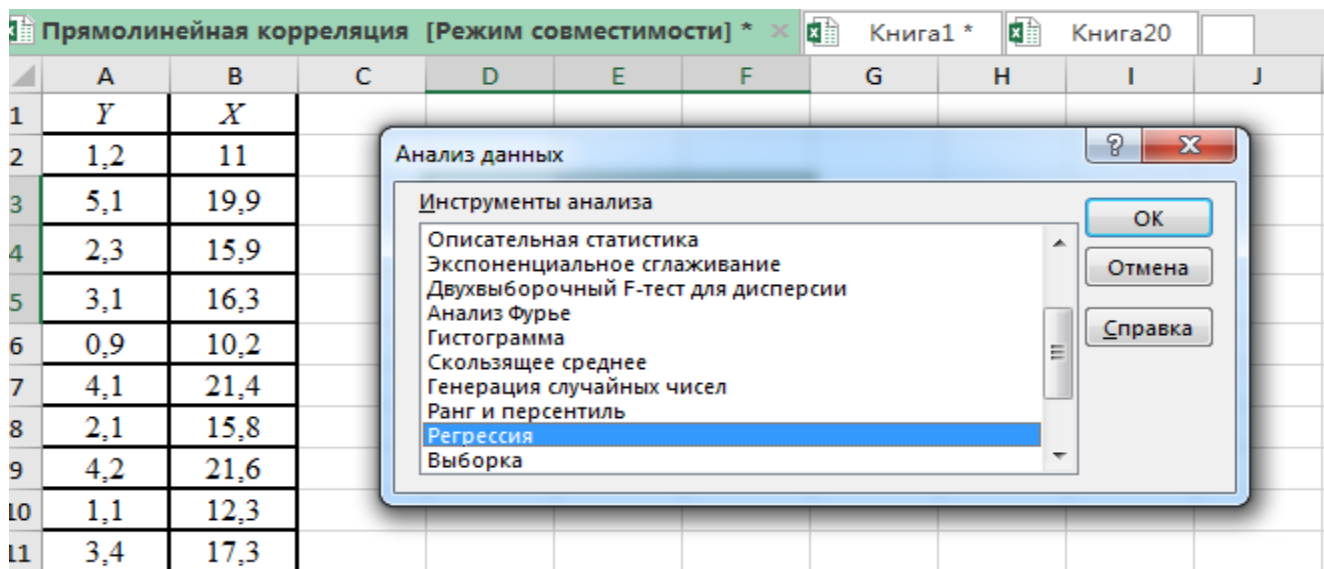


Рис. 7.3. Исходные данные и подменю *Анализ данных* – выбор регрессии

В появившемся окне настроек регрессии в поле **Входной интервал Y:** вводим с помощью мышки диапазон ячеек, где расположены переменные данные за-

висимого признака (содержание жира) **A1:A11**, в поле **Входной интервал X:** вводим с помощью мышки диапазон ячеек **B1:B12** – данные по массе зерна, галочкой отмечаем **Метки**. В поле **Уровень надежности** указываем доверительную вероятность **95%**, отмечаем выходной интервал для размещения результатов расчета, в нашем случае – новый рабочий лист, выбираем **График подбора** и нажимаем на клавишу **ОК** (рис. 7.4).

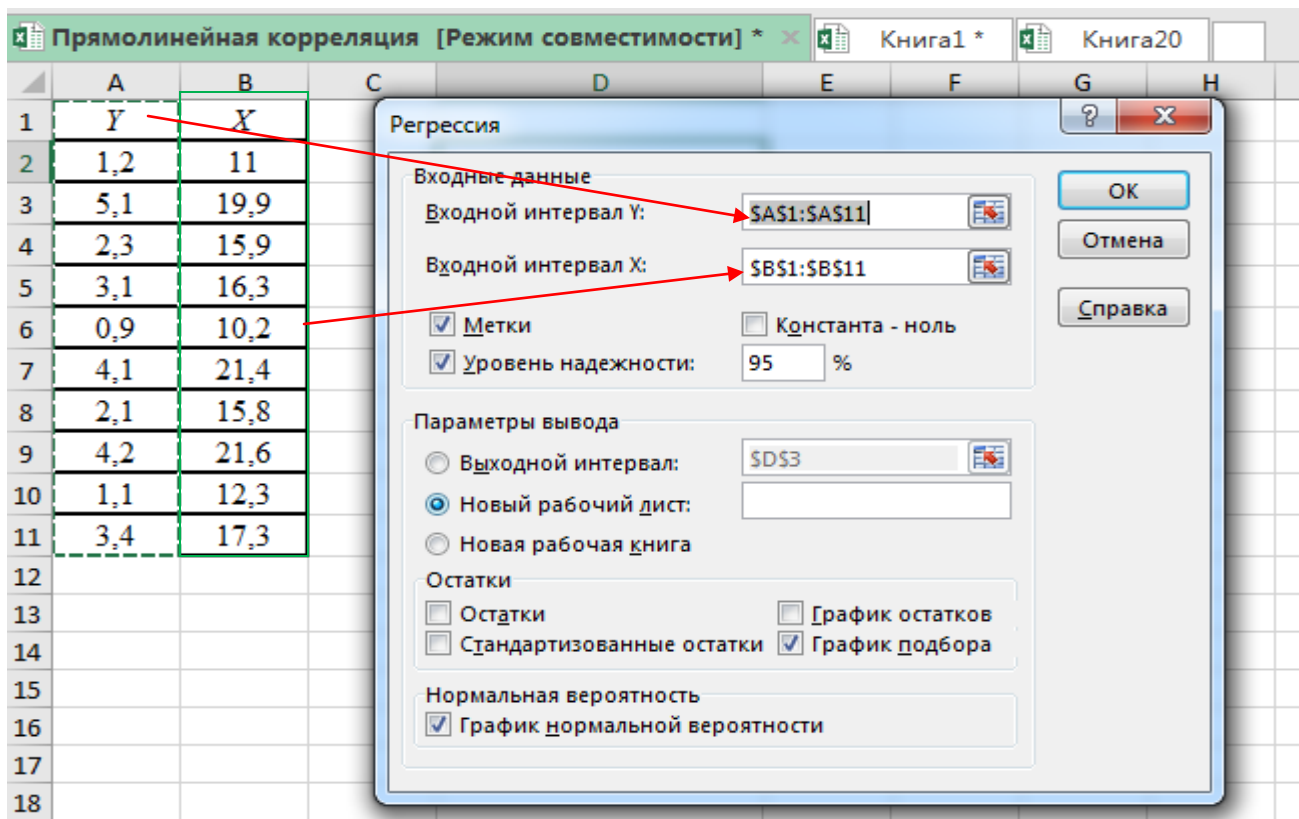


Рис. 7.4. Диалоговое окно *Регрессия*

После нажатия на клавишу **ОК** получаем на рабочем листе: **Вывод итогов**, **Вывод остатков**, **Дисперсионный анализ регрессии** и **График зависимости Y от X** (рис. 7.5).

Коэффициент корреляции ( $r=0,94$ ) свидетельствует о тесной зависимости между изучаемыми признаками, коэффициент детерминации ( $d_{yx} = r^2 = 0,88$ ) показывает, что изменение содержания жира на 88 % зависит от массы зерна.

Дисперсионный анализ регрессии дает возможность провести оценку качества модели уравнения регрессии. Данные таблицы дисперсионного анализа показывают, что из общей суммы квадратов отклонений ( $SS$ ), равной  $19,165$  на регрессию (влияние массы зерна на содержание жира) приходится  $16,903$  ( $88,3\%$ ) и  $2,263$  на остаточную или случайную вариацию.  $F$  - критерий полученного уравнения регрессии значим на  $5\%$  уровне ( $F_{фак} > F_{01}$ ). Вероятность нулевой гипотезы  $p=0,000056$  значительно меньше  $0,01$ , что говорит об общей значимости предлагаемой модели регрессии.

В нижней части таблицы указаны параметры для нахождения уравнения линейной регрессии: коэффициент регрессии,  $b_{yx} = 0,336$ ;  $a = -2,685$ . Уравнение будет иметь следующий вид:  $Y = 0,34X - 2,68$

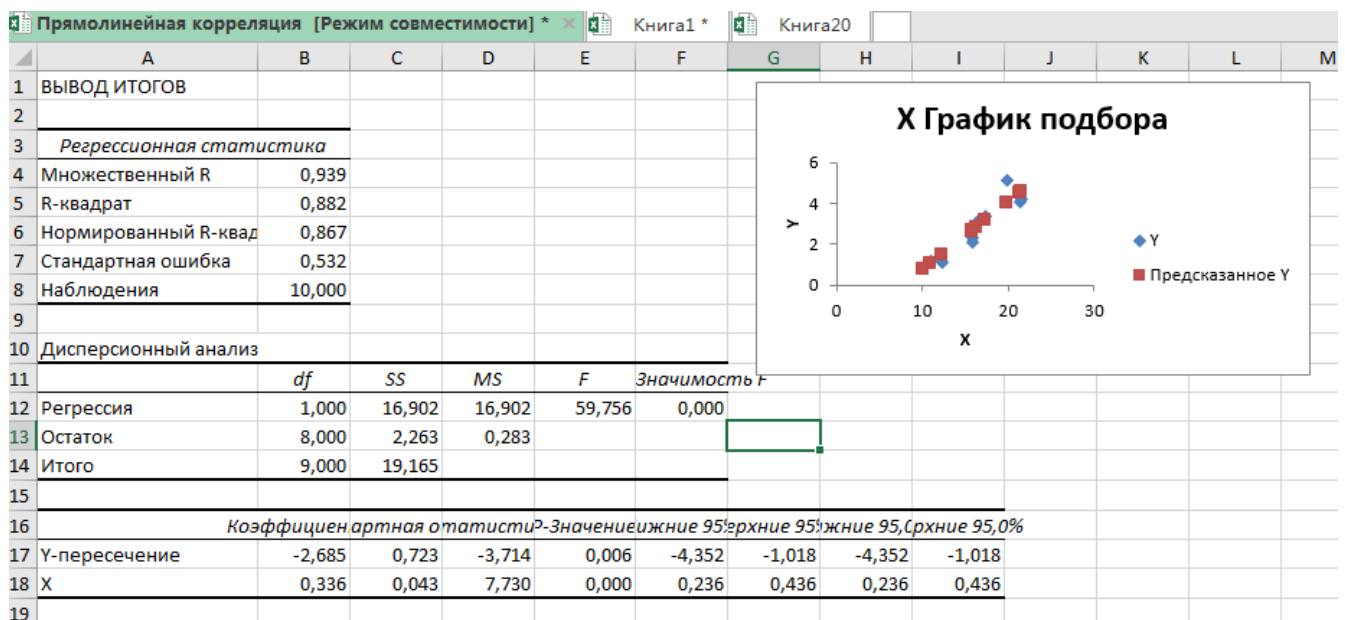


Рис. 7.5. Итоги регрессионного анализа

### Корреляционное поле и теоретическая линия регрессии.

Так как график на рабочем листе выглядит неразборчиво, с помощью стандартной операции, используя левую и правую клавишу мышки, перенесем график на отдельный лист и растянем его вширь и в высоту (рис 7.6.)



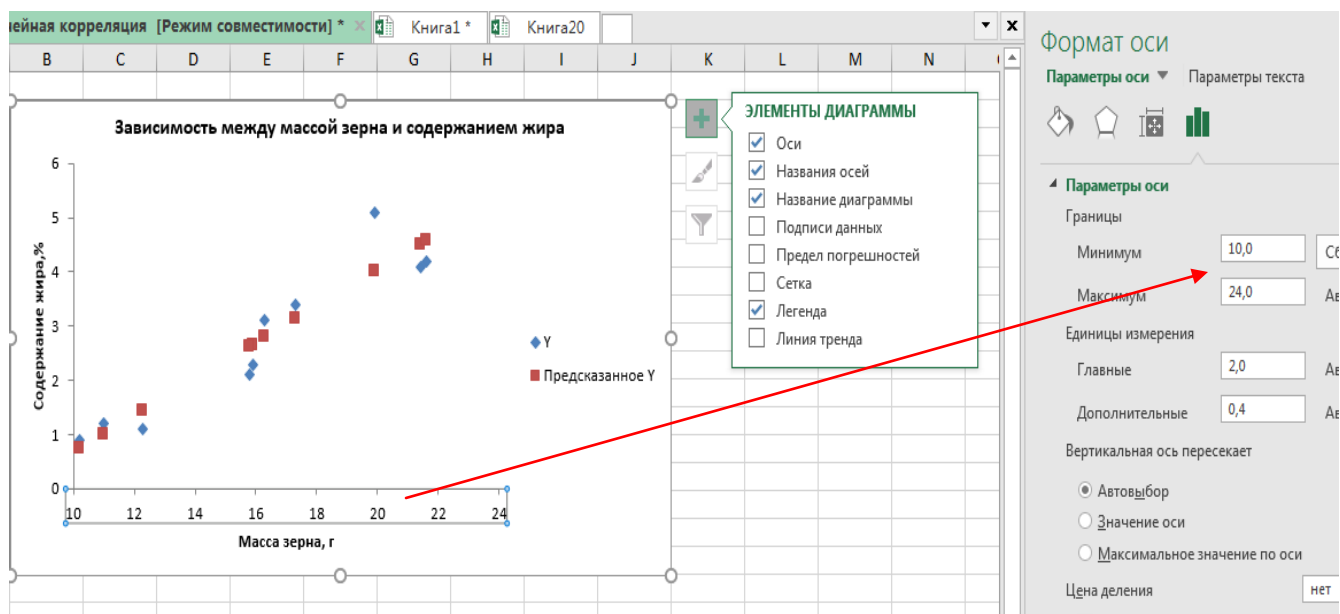


Рис. 7.6. Диалоговое окно для форматирования элементов графика

Для построения теоретической линии и нахождения уравнения регрессии подведем курсор мышки к данным графика (фактическим точкам жира), при нажатии на правую клавишу появляется контекстное меню, выберем **Добавить линию тренда** (рис. 7.7)

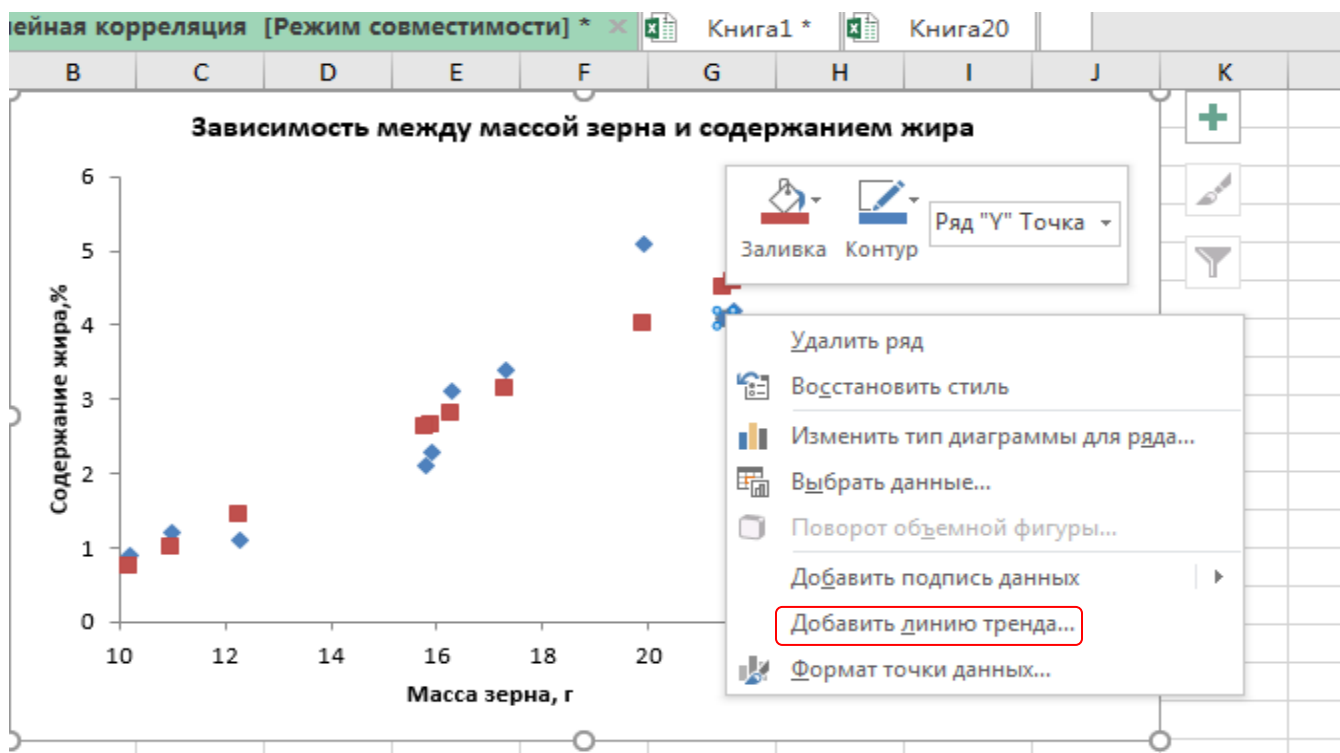


Рис. 7.7. Контекстное меню для работы с данными

После выбора **Добавить линию тренда** появляется всплывающее окно с параметрами линии тренда. Так как мы предполагаем, что наша зависимость носит прямолинейный характер, для аппроксимации и сглаживания эмпирической линии выберем **Линейная**, далее выберем **автоматическое сглаживание**, галочкой укажем **показать уравнение на диаграмме и поместить R^2** (рис.7.8).

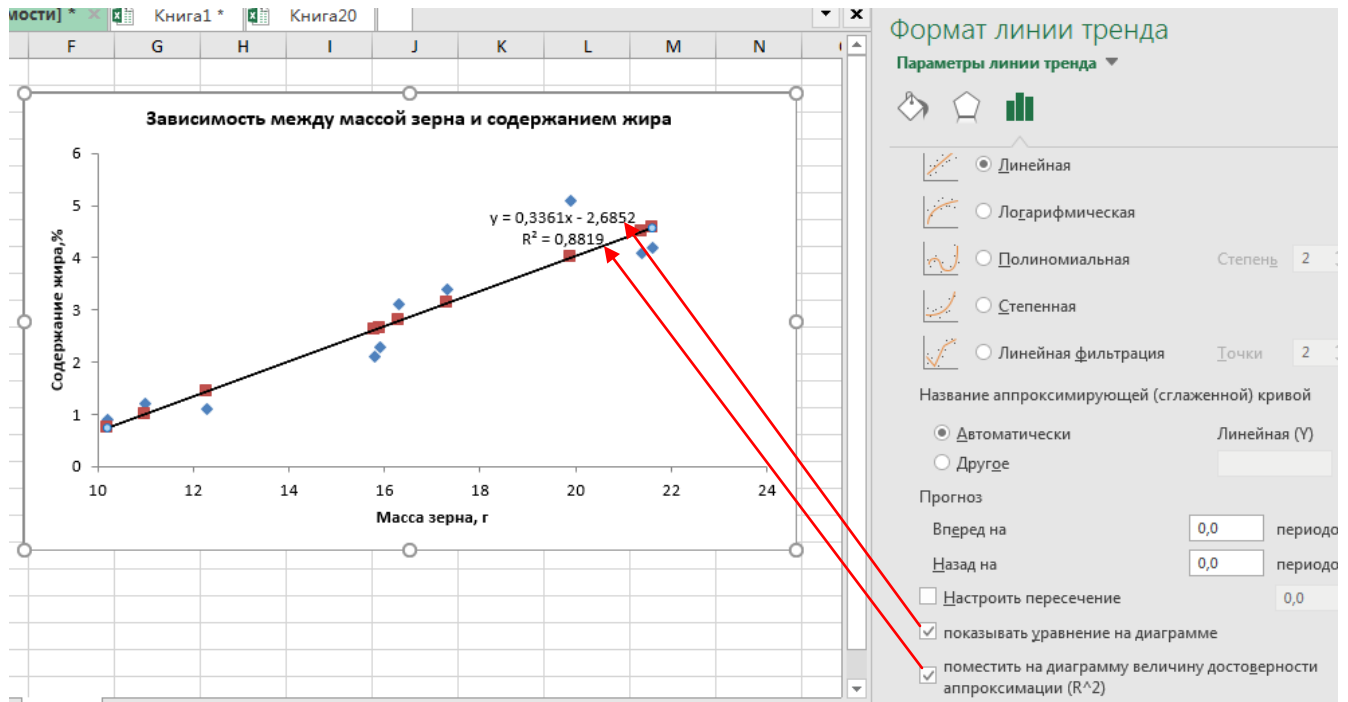


Рис. 7.8. **Формат линии тренда**

После выбора параметров линии тренда в автоматическом режиме получаем график зависимости между содержанием жира и массой зерна с наименованием осей Y, X и расшифровкой легенды графика (рис. 7,9). На графике голубыми кубиками отмечено фактическое содержание жира, оранжевыми – предсказанное или теоретическое содержание жира. На графике показано уравнение регрессии:  $Y = 0,34X - 2,68$ . Как из таблицы на рис.7.5, так и из этого уравнения видно, что коэффициент регрессии составляет  $0,34\%$ . Данный коэффициент свидетельствует о том, что при увеличении массы зерна на 1 г, содержание жира увеличивается на  $0,34\%$ .

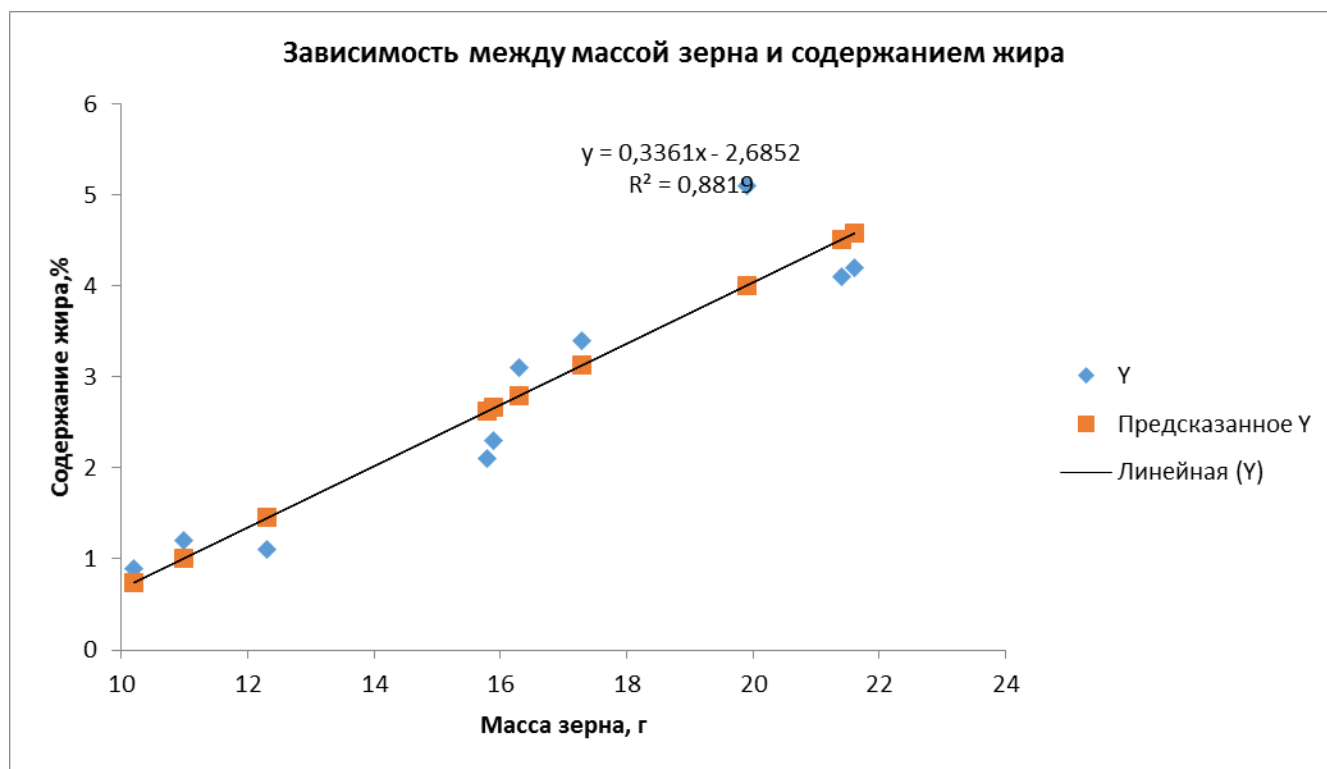


Рис. 7.9. График зависимости между содержанием жира и массой зерна

### 7.3. Криволинейная регрессия

Если связь между изучаемыми признаками носит нелинейный характер, что можно легко установить по графику, коэффициент прямолинейной корреляции непригоден в качестве меры связи. Он может указать на отсутствие сопряженности там, где налицо сильная криволинейная зависимость. Поэтому необходим новый показатель, который правильно измерял бы степень криволинейной зависимости. Таким показателем является корреляционное отношение, обозначаемое греческой буквой  $\eta$  (эта). Оно измеряет степень корреляции при любой ее форме. По корреляционному полю на графике можно определить характер связи (прямолинейная или криволинейная), а также тип аппроксимации. Графическое изображение изучаемой зависимости является очень удобным визуальным способом оценки адекватности регрессионной модели.

В **Пакете данных** программы Excel можно рассчитать только параметры прямолинейной корреляции и регрессии, а инструментов для нахождения пара-

метров нелинейной регрессии нет. Для оценки нелинейной зависимости важной задачей является подбор вида функции, которая бы наиболее точно описывала искомую зависимость. Эта задача в какой-то мере может быть решена инструментами **Диаграммы**.

Пример 2. Зависимость урожайности озимой пшеницы  $Y$  (ц/га) от засоренности посевов  $X$  (количество сорняков, шт/м<sup>2</sup>).

$Y$	50,5	49,8	40,7	44,5	42,5	39,1	47,6	38,5	46,8	42,8
$X$	5	10	163	50	100	258	20	286	38	94
$Y$	43,8	43,1	43,7	44,1	39,9	48,5	43,1	39,5	43,5	37,0
$X$	75	120	68	75	200	30	145	217	87	235

1. В активный лист программы Excel введем исходные данные вышеприведенного примера, расположив таблицу по столбцам (рис. 7.1).

2. Выделим левой кнопкой мыши диапазон ячеек **A1:B21**, далее правой кнопкой нажимаем на вкладку «**Вставка**», далее **Диаграмма**. В появившемся окне выберем тип **Точечная**. Результат обработки появится в виде диаграммы.

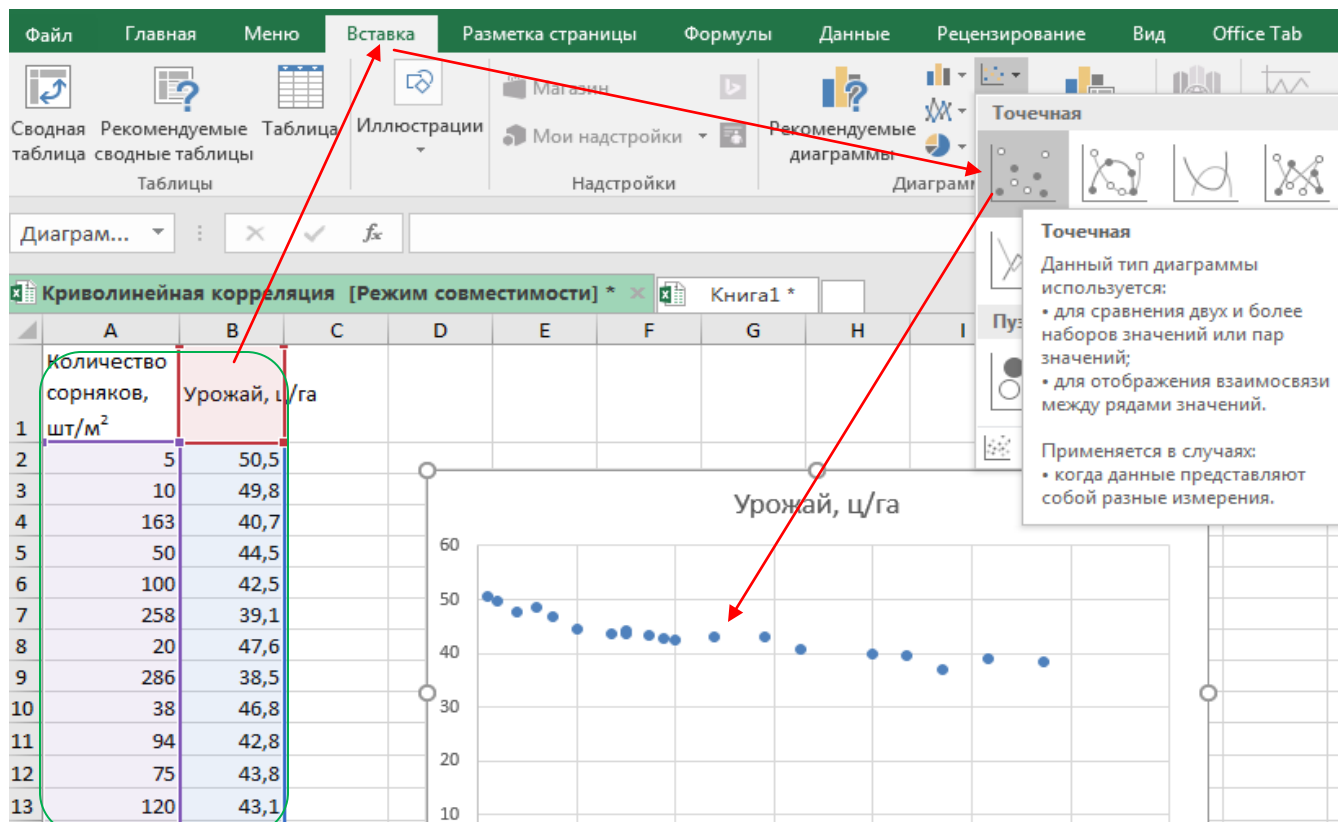


Рис. 7.91. Таблица исходных данных и выбор точечного типа диаграммы

3. Так как график на рабочем листе выглядит неразборчиво, с помощью стандартной операции, используя левую и правую клавишу мышки, перенесем график на отдельный лист, растянем его вширь, в высоту и проведем форматирование диаграммы: изменение масштаба вертикальной оси, наименование графика, наименование горизонтальной и вертикальной осей и т.д.

4. Форматирование рабочей области диаграммы и ее элементов проводится в контекстном меню с помощью левой или правой клавиш мыши.

5. Так как программа автоматически устанавливает минимальное значение вертикальной и горизонтальной осей графика равное  $0$ , очень часто эмпирические точки располагаются, как в нашем случае, только в верхней или правой части графика, из-за чего искажается визуальная оценка. Поэтому проведем форматирование осей диаграммы. Для этого левой клавишей мышки выделим вертикальную ось, в правой части появляется панель **Формат оси**, в окошке границ минимума заменим значение  $0$  на  $35$  (в нашем примере минимальное значение урожайности равно  $37$ ). Автоматически вертикальная ось растягивается в интервале от  $35$  до  $53$  (рис. 7.92).

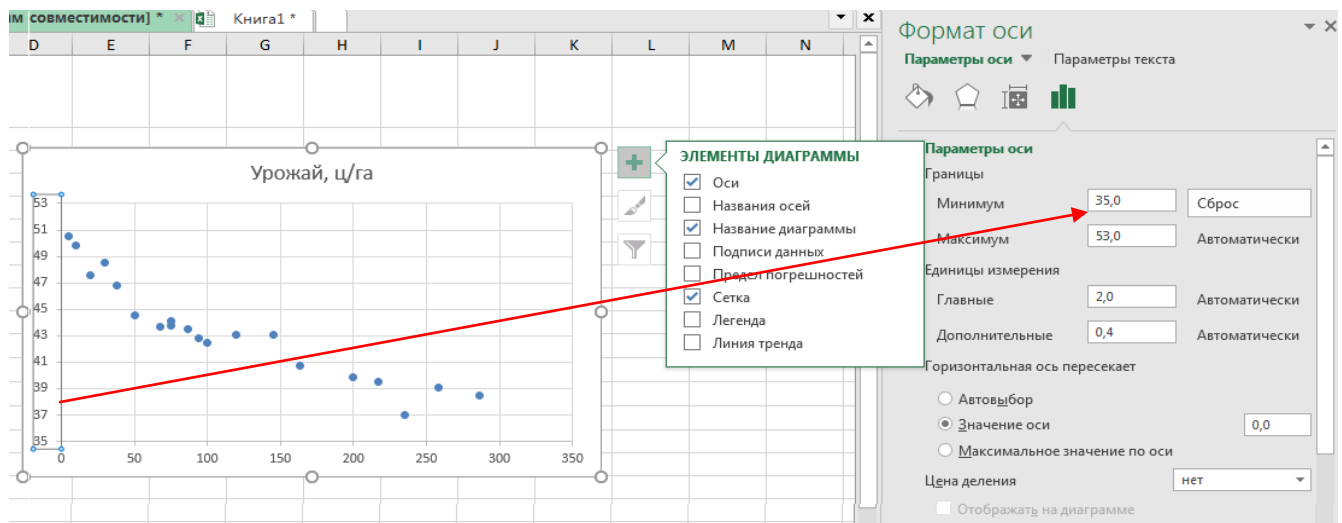


Рис. 7.92. Форматирование вертикальной оси диаграммы

6. Для построения теоретической линии и уравнения регрессии подведем курсор мыши к любой точке диаграммы, при нажатии на правую клавишу появ-

ляется контекстное меню для форматирования данных диаграммы, выберем **Добавить линию тренда** (рис. 7.93).

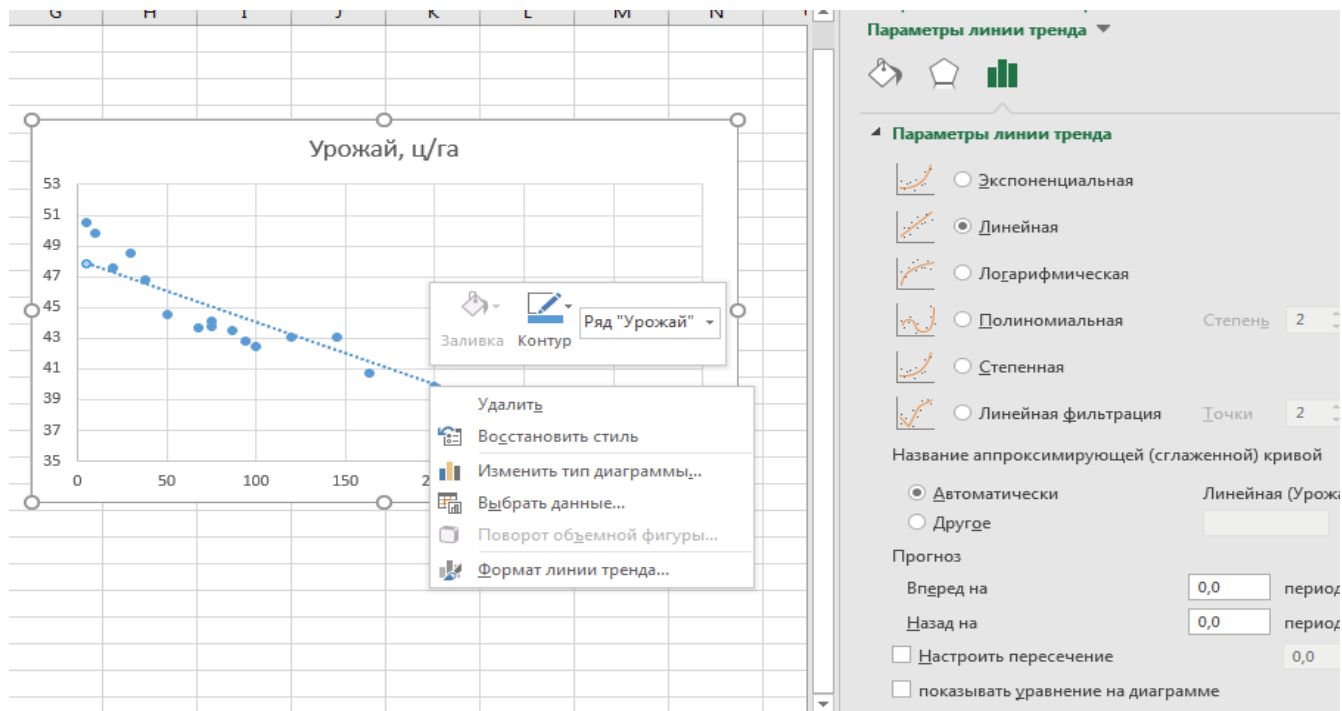


Рис. 7.93. Контекстное меню для форматирования данных диаграммы

7. . Появляется контекстное меню для выбора параметров линии тренда. В меню представлены 6 типов аппроксимации: По умолчанию программа выбирает линейную модель. Основными типами нелинейных регрессий являются: экспоненциальная, логарифмическая, полиномиальная и степенная.

8. По умолчанию программа выбирает линейную модель. галочкой укажем **показать уравнение на диаграмме и поместить на диаграмму величину достоверности ( $R^2$ )**, на диаграмме автоматически появится уравнение прямой  $Y = -0,0404X + 48,047$  и значение коэффициента детерминации  $R^2$  (рис.7.94).

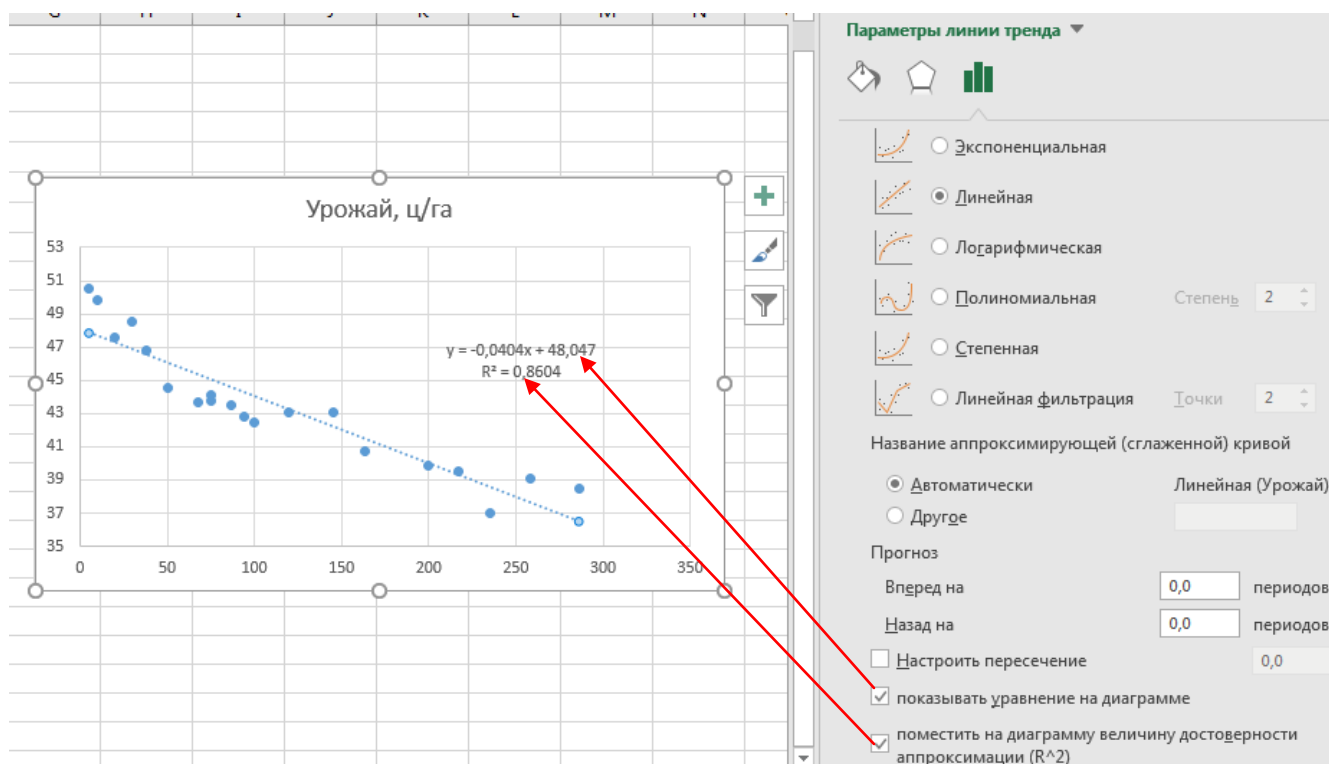


Рис.7.94. Контекстное меню для форматирования параметров линии тренда

9. С помощью панели ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГРАММЫ укажем наименование графика, наименование осей, как показано на рис. 7.95.

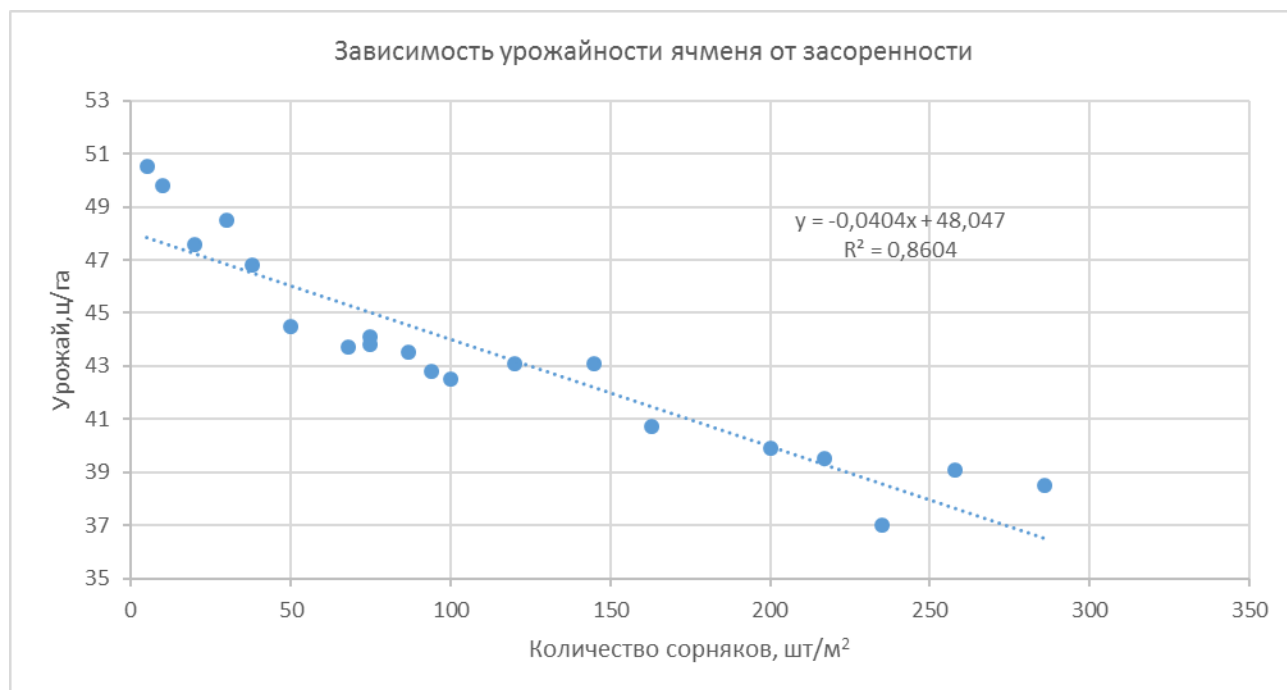


Рис.7.95. Отредактированная диаграмма

10. Визуальная оценка данных корреляционного поля показывает, что вероятнее всего зависимость урожайности от количества сорняков носит нелинейный характер. Поэтому проведем аппроксимацию по всем типам представленных в программе Excel криволинейных регрессий. Одним из основных показателей аппроксимации является  $R^2$  или коэффициент детерминации, по которому можно судить о качестве модели. Чем больше значение R-квадрат, тем лучше аппроксимируется выбранная модель, тем лучше качество модели.

11. Для изменения типа моделей криволинейной регрессии подводим курсор мыши к линии прямолинейной регрессии (рис. 7.95), далее в меню параметров линии трендов последовательно выбираем (рис. 7.94) экспоненциальную, логарифмическую, степенную и показательные регрессии.

12. Для выбора параметров уравнения регрессии и лучшей модели нелинейной зависимости проанализируем 4 диаграммы итогов регрессии, представленных ниже (рис. 7.96;7.97;7.98;7.99). Лучшая аппроксимация достигается при более высоких значениях коэффициента детерминации ( $R^2$ ).

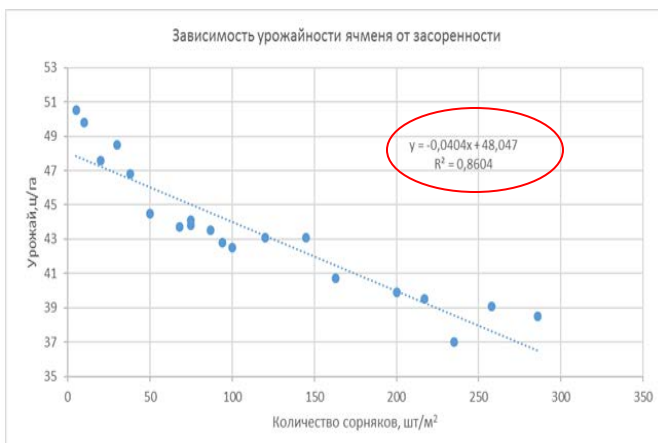


Рис. 7.96. Линейная модель



Рис. 7.97. Степенная модель



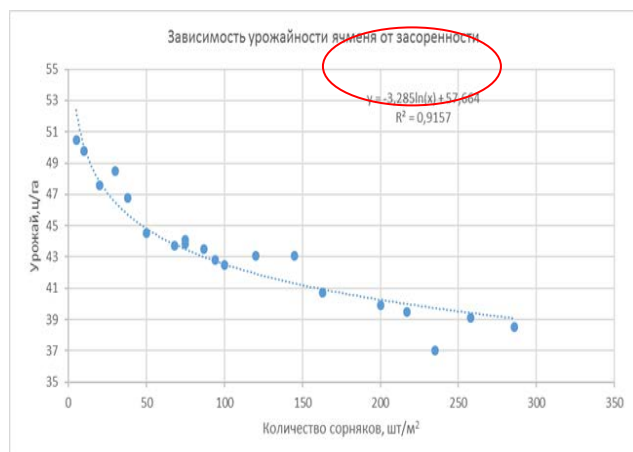


Рис. 7.98. Логарифмическая модель

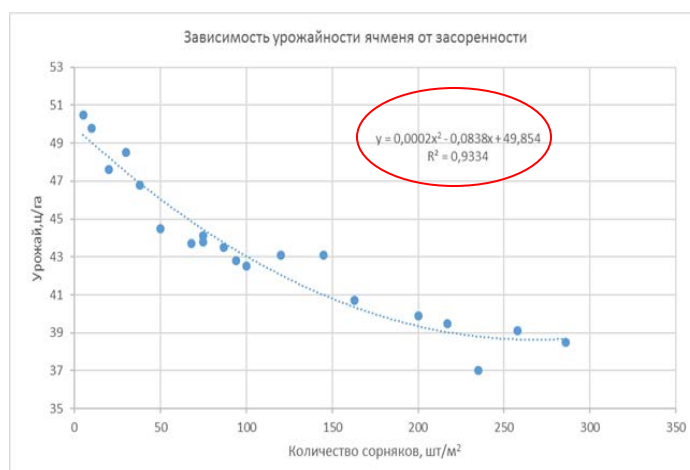


Рис. 7.99. Показательная модель

13. Наиболее точно в нашем примере описывается зависимость урожайности пшеницы от засоренности логарифмической моделью  $Y = -3,285\ln(X) + 57,664$  ;  $R^2=0,93$  и полиномиальной  $Y = 0,0002X^2 - 0,0838X + 49,854$  ;  $R^2=0,93$ , (рис. 7.98; 7.99).

## 8. Дисперсионный анализ данных однофакторного вегетационного и полевого опытов с полной рандомизацией вариантов

Пример 1. Влияние азотных удобрений на урожайность овса, г/сосуд

Варианты опыта	Повторность			
	1	2	3	4
1. Без удобрения (st)	15,8	15,5	16,1	15,0
2. Аммиачная селитра	29,3	30,4	28,1	31,6
3. Сульфат аммония	25,8	26,8	25,9	24,7
4. Мочевина	25,7	24,0	23,8	25,7

1. В активный лист программы Excel введем исходные данные вышеприведенного примера, расположив таблицу в следующем виде (рис.8.1).

2. Из Пакета анализа выберем инструмент **Однофакторный дисперсионный анализ** (рис.8.1).

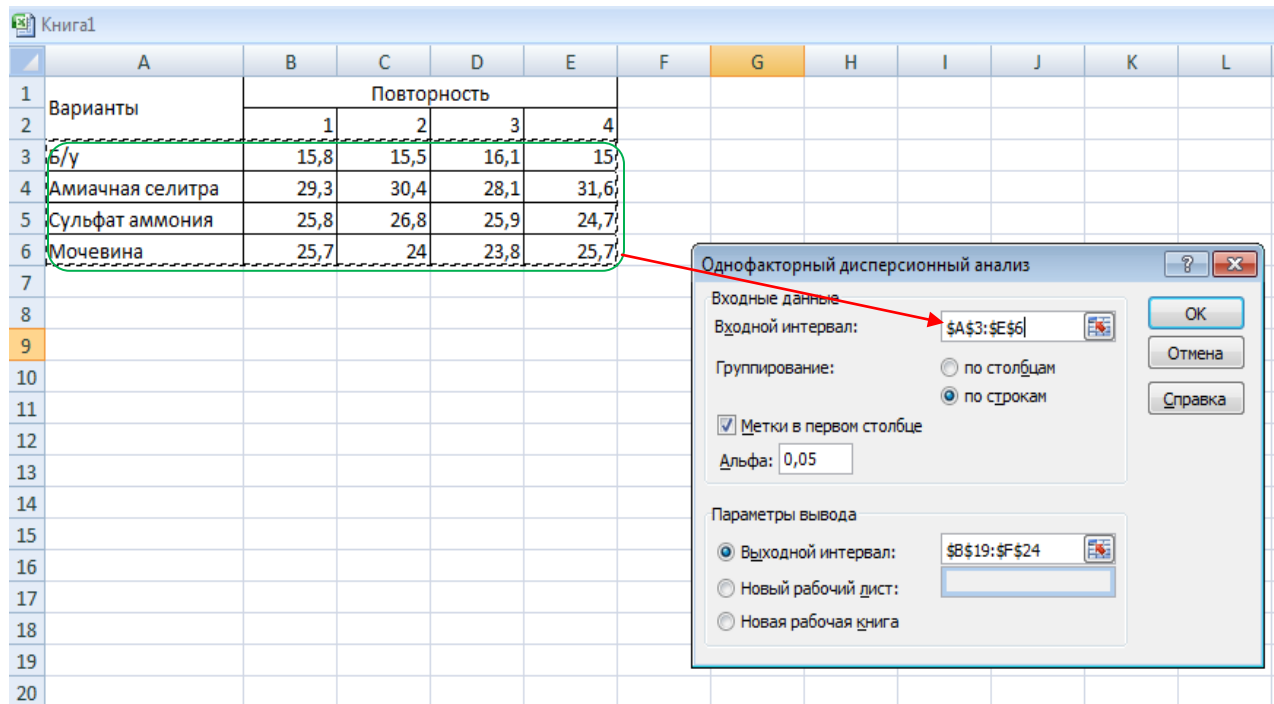


Рис. 8.1. Исходные данные и диалоговое окно *Однофакторный дисперсионный анализ*

3. В появившемся окне укажем входной интервал **A3:E6**. Входной интервал должен включать только диапазон, состоящий из перечня вариантов и цифровых данных по этим вариантам (рис.8.1).

4. Группирование по строкам (рис.8.1).

5. Укажем метки в первом столбце (рис.8.1). Это необходимо для того, чтобы в выходных таблицах автоматически указывались наименования вариантов.

6. Альфа – выбор уровня значимости **0,05** или **0,01**

7. Выбираем выходной интервал для размещения результатов дисперсионного анализа: на данном листе или новом листе и нажимаем **ОК** (рис. 8.1.)

8. Получаем таблицу дисперсионного анализа «Однофакторный дисперсионный анализ» (рис.8. 2)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Варианты	Повторность						
2		1	2	3	4			
3	Б/у	15,8	15,5	16,1	15			
4	Амиачная селитра	29,3	30,4	28,1	31,6			
5	Сульфат аммония	25,8	26,8	25,9	24,7			
6	Мочевина	25,7	24	23,8	25,7			
7								
8	Однофакторный дисперсионный анализ							
9								
10	ИТОГИ							
11	Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия			
12	Б/у	4	62,4	15,6	0,22			
13	Амиачная селитра	4	119,4	29,85	2,243333			
14	Сульфат аммония	4	103,2	25,8	0,74			
15	Мочевина	4	99,2	24,8	1,086667			
16								
17								
18	Дисперсионный анализ							
19	Источник вариации	SS	df	MS	F	p-Значение	критическое	
20	Между группами	434,6475	3	144,8825	135,0886	1,64E-09	3,490295	
21	Внутри групп	12,87	12	1,0725				
22								
23	Итого	447,5175	15					

Рис. 8.2. Таблица дисперсионного анализа

9. В верхней части итоговой таблицы Excel под **Группами** подразумеваются «Варианты», **Счет** – это повторность каждого варианта ( $n = 4$ ).

10. В нижней части таблицы термины и формулы подразумевают: Между группами – «Варианты», Внутри групп – «Остаток», **SS** – сумма квадратов отклонений ( $CKO = 447,52$ ;  $CKV = 434,65$ ;  $CKE = 12,87$ ), **df** – степени свободы, **MS** – средний квадрат отклонений или дисперсия –  $S^2$ . для вариантов – **144,88**; остаточная дисперсия – **1,07**.

11.  $F_{\phi} = 135,08$ ;  $F_{05} = 3,49$  Так как  $F_{\phi} > F_{05}$ ,  $H_0 \neq 0$ , нулевая гипотеза отвергается – в опыте в целом есть существенные различия, поэтому необходимо рассчитать **HCP**.

В **Пакете анализа** программы Excel, а также в большинстве других статистических пакетов не предусмотрена оценка существенности средних по **HCP** –

четвертый этап дисперсионного анализа, поэтому ошибку разности ( $S_d$ ) и ( $HCP_{05}$ ) можно рассчитать для нашего примера следующим образом:

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,0725}{4}} = 0,73 \quad HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2,18 \cdot 0,73 = 1,59 \text{ г/сосуд}$$

$t_{05} = 2,18$  при  $df(cce) = 12$  степенях свободы для остатка

12. Составляем итоговую таблицу, в которую заносим средние значения по вариантам, рассчитываем отклонения между средними по вариантам и по величине  $HCP$  определяем существенные различия между вариантами. Так как в нашем опыте все отклонения больше наименьшей существенной разности ( $d > HCP_{05}$ ), значит все варианты удобрений дают существенную прибавку урожайности овса по сравнению с вариантом без удобрений. Между сульфатом аммония и мочевиной нет существенных различий ( $d = 0,90 < HCP_{05} = 1,59$ ).

Влияние азотных удобрений на урожайность овса, г/сосуд

Варианты опыта	Средние, $\bar{x}_v$	Отклонения $d = \bar{x}_{ii} - \bar{x}_{st}$
1. Без удобрения (st)	15,60	–
2. Аммиачная селитра	29,85	14,25
3. Сульфат аммония	25,80	10,20
4. Мочевина	24,80	9,30

$HCP_{05} = 1,59$  г/сосуд

### **9. Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с организованными (рандомизированными) повторениями**

Пример. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от орошения, т/га

Варианты опыта	Повторения			
	I	II	III	IV
1. Без орошения	18	23	20	19
2. Полив в июне	29	36	34	31
3. Полив в июле	60	58	55	59
4. Полив в августе	45	52	47	46

1. В активный лист программы Excel введем исходные данные однофакторного полевого опыта, расположив таблицу в следующем виде (рис.9.1):

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от орошения, т/га				
Варианты опыта	Повторения			
	I	II	III	IV
1. Без орошения	18	23	20	19
2. Полив в июне	29	36	34	31
3. Полив в июле	60	58	55	59
4. Полив в августе	45	52	47	46

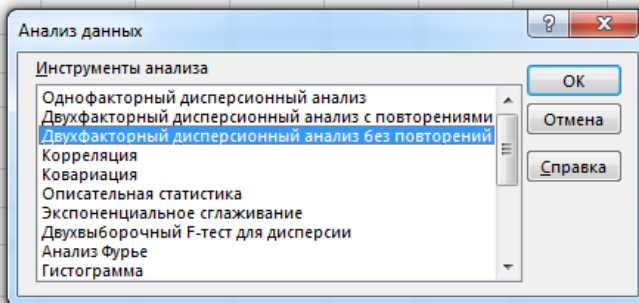


Рис. 9.1. Исходные данные и Инструменты анализа данных

2. Дисперсионный анализ однофакторного полевого опыта с рандомизированными повторениями в программе Excel можно выполнить, как бы это не было парадоксальным, с помощью инструмента, который называется «Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений». Поэтому из **Пакета анализа** выберем инструмент **Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений** (рис. 9.1).

3. В появившемся окне укажем входной интервал **A3:E7**. Входной интервал должен включать только диапазон, состоящий из перечня вариантов и цифровых данных по этим вариантам (рис.9.2).

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от орошения, т/га				
Варианты опыта	Повторения			
	I	II	III	IV
1. Без орошения	18	23	20	19
2. Полив в июне	29	36	34	31
3. Полив в июле	60	58	55	59
4. Полив в августе	45	52	47	46

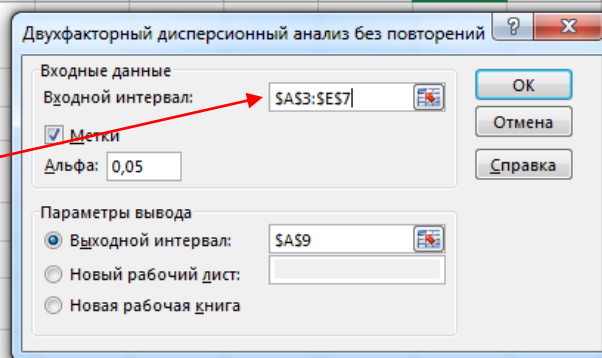


Рис. 9.2. Диалоговое окно *Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений*

4. Укажем метки в первом столбце (рис.9.2). Это необходимо для того, чтобы в выходных таблицах автоматически указывались наименования вариантов.

5. Альфа – выбор уровня значимости **0,05** или **0,01**

6. Выбираем выходной интервал для размещения результатов дисперсионного анализа: на данном листе или новом листе и нажимаем **ОК** (рис. 9.2.)

7. В итоге получаем таблицу дисперсионного анализа «Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений», которая по сути является таблицей дисперсионного анализа данных нашего однофакторного полевого опыта, заложенного методом рандомизированных повторений в 4-х кратной повторности (рис.9. 3.)

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений						
ИТОГИ	Счет	Сумма	среднее	дисперсия		
1. Без орошения	4	80	20	4,67		
2. Полив в июне	4	130	32,5	9,67		
3. Полив в июле	4	232	58	4,67		
4. Полив в августе	4	190	47,5	9,67		
I	4	152	38	338		
II	4	169	42,3	251		
III	4	156	39	235		
IV	4	155	38,8	304		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Строки	3342	3	1114	230	0,00	3,86
Столбцы	42,5	3	14,2	2,93	0,09	3,86
Погрешность	43,5	9	4,83			
Итого	3428	15				

Рис.9.3. Таблица дисперсионного анализа

8. В верхней итоговой части таблицы приведены суммы и средние значения по вариантам и повторениям (римские цифры), счет – это повторность каждого варианта ( $n = 4$ ).

9. В нижней части представлена таблица дисперсионного анализа, в которой термины и формулы подразумевают: Строки – «Варианты», Столбцы – «Повторения», Погрешность – «Остаток», **SS** – сумма квадратов отклонений (**CKO** или  **$C_y$** ), **df** – степени свободы, **MS** – средний квадрат отклонений или дисперсия –  **$S^2$** .

10.  $F_{\phi} = 230$   $F_{05} = 3,86$ , так как  $F_{\phi} > F_{05}$ , и  $p < 0,05$ ,  $H_0 \neq 0$ , нулевая гипотеза отвергается – в опыте в целом есть существенные различия, поэтому для оценки существенности частных различий (попарного сравнения средних значений по вариантам) необходимо рассчитать **HCP**.

В Пакете анализа программы Excel, а также в большинстве других статистических пакетов не предусмотрена оценка существенности средних по  $HCP$  – четвертый этап дисперсионного анализа, поэтому ошибку разности ( $S_d$ ) и ( $HCP_{05}$ ) можно рассчитать для нашего примера следующим образом:

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,83}{4}} = 1,55 \quad HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2,26 \cdot 1,55 = 3,51 \text{ т/га}$$

$t_{05} = 2,26$  при  $df(cce) = 9$  степенях свободы для остатка

11. Составляем итоговую таблицу, в которую заносим средние значения по вариантам, рассчитываем отклонения между средними по вариантам и по величине  $HCP$  определяем существенные различия между вариантами. Так как в нашем опыте все отклонения больше наименьшей существенной разности ( $d > HCP_{05}$ ), значит все варианты орошения дают существенную прибавку урожайности сахарной свеклы по сравнению с вариантом без орошения.

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от орошения, т/га

Варианты опыта	Среднее, $\bar{x}_v$	Отклонения $d = \bar{x}_{ii} - \bar{x}_{st}$
1. Без орошения (st)	20,0	–
2. Полив в июне	32,5	12,5
3. Полив в июле	58,0	38,0
4. Полив в августе	47,5	27,5

$$HCP_{05} = 3,5 \text{ т/га}$$

### **10. Дисперсионный анализ данных двухфакторного вегетационного и полевого опытов с полной рандомизацией вариантов**

Пример. В полевом двухфакторном опыте 2x3, проведенном методом полной рандомизации (независимые выборки) изучается два фактора: фактор А – полив в 2-х градах (а<sub>0</sub> – без полива, а<sub>2</sub> – полив), фактор В – дозы минеральных удобрений (в<sub>1</sub> – NPK, в<sub>2</sub> – 2NPK, в<sub>3</sub> – 3NPK). Опыт проведен в 4-х кратной повторности (n=4).

Влияние орошения и удобрений на урожайность ячменя в опыте 2x3, ц/га

Орошение А	Удобрения В	Повторность			
		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<i>Без полива</i>	<i>NPK</i>	24,1	25,8	23,0	27,0
	<i>2NPK</i>	28,4	29,7	30,1	27,4
	<i>3NPK</i>	28,7	30,4	32,0	27,0
<i>Полив</i>	<i>NPK</i>	30,7	34,4	34,0	31,0
	<i>2NPK</i>	46,7	45,4	47,1	46,3
	<i>3NPK</i>	59,4	50,7	64,5	60,1

1. В активный лист программы Excel введем исходные данные вышеприведенного примера, расположив таблицу в следующем виде (рис.10.1):

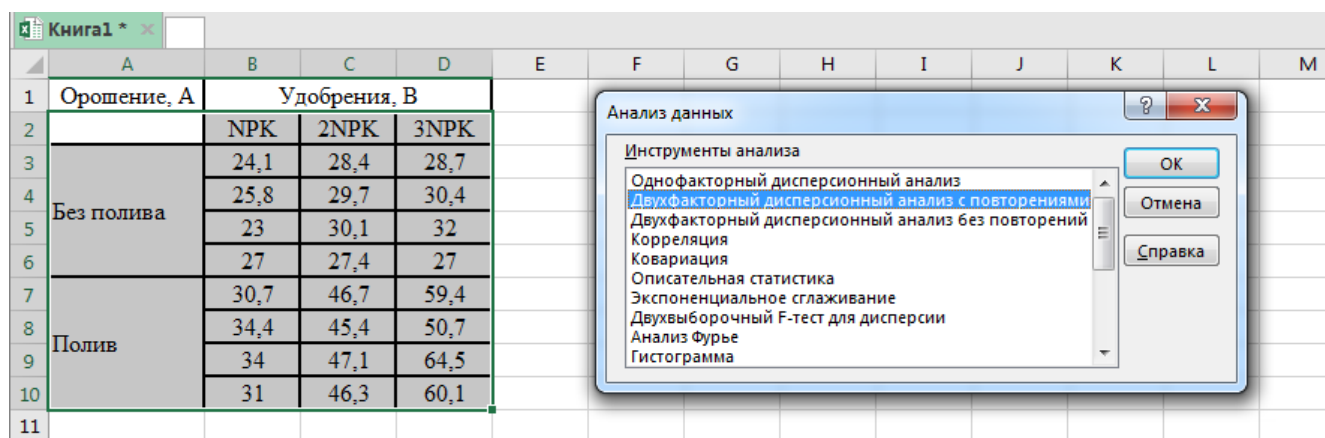


Рис. 10.1. Исходные данные и Инструменты анализа данных

2. Из Пакета анализа выберем инструмент **Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями**, (рис. 10.1).

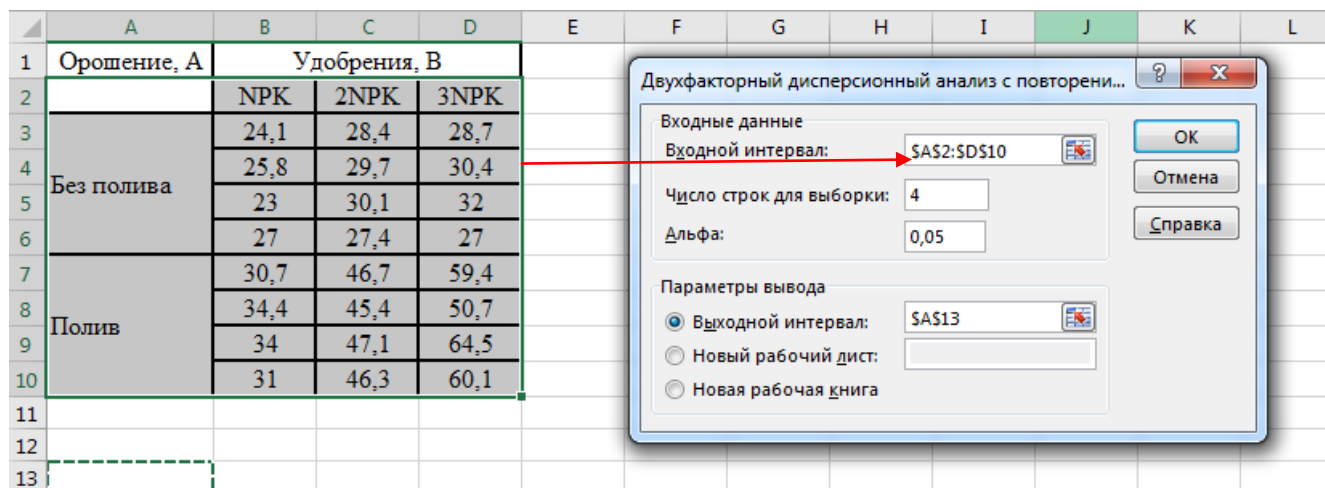


Рис.10.2. Диалоговое окно **Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями**



3. В появившемся окне укажем входной интервал **A2:D10**. Входной интервал должен включать только диапазон, состоящий из перечня вариантов и цифровых данных по этим вариантам (рис.10. 2).

4. В окне Число строк для выборки – укажем **4** (это повторность опыта) (рис.10.2).

5. Альфа – выбор уровня значимости **0,05** или **0,01**

6. Выбираем выходной интервал для размещения результатов дисперсионного анализа: на этом или на новом листе и нажимаем **ОК** (рис.10.2.)

7. Получаем таблицу дисперсионного анализа «Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями» (рис. 10.3.)

Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями						
ИТОГИ	НРК	2НРК	3НРК	Итого		
<i>Без полива</i>						
Счет	4,00	4,00	4,00	12,00		
Сумма	99,90	115,60	118,10	333,60		
Среднее	24,98	28,90	29,53	27,80		
Дисперсия	3,15	1,53	4,65	6,97		
<i>Полив</i>						
Счет	4,00	4,00	4,00	12,00		
Сумма	130,10	185,50	234,70	550,30		
Среднее	32,53	46,38	58,68	45,86		
Дисперсия	3,78	0,53	33,36	134,75		
<i>Итого</i>						
Счет	8,00	8,00	8,00			
Сумма	230,00	301,10	352,80			
Среднее	28,75	37,64	44,10			
Дисперсия	19,26	88,13	259,07			
<b>Дисперсионный анализ</b>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Выборка	1956,62	1,00	1956,62	249,79	0,0000	4,41
Столбцы	950,33	2,00	475,17	60,66	0,0000	3,55
Взаимодействие	467,58	2,00	233,79	29,85	0,0000	3,55
Внутри	141,00	18,00	7,83			
Итого	3515,53	23,00				

Рис.10. 3. Таблица дисперсионного анализа данных двухфакторного опыта

9. В первой итоговой таблице Excel представлены суммы и средние значения по факторам А и В, которые удобнее представить в виде обобщенной таблицы средних по изучаемым вариантам. Счет – это повторность каждого варианта (n =4).

10. Во второй таблице термины и формулы подразумевают: Выборка – «Фактор А», Столбцы – «Фактор В», Взаимодействие – «Взаимодействие АВ», Внутри – «Остаток».  $SS$  – сумма квадратов отклонений ( $CKO$  или  $C_y$ ),  $df$  – степени свободы,  $MS$  – средний квадрат отклонений или дисперсия –  $S^2$ .

11. С помощью двухфакторного дисперсионного анализа по критерию Фишера оценивается отдельно существенность изучаемых факторов и их взаимодействия. В нашем примере для фактора А  $F_{\phi} = 249,78$ ;  $F_{05} = 4,41$ , для фактора В  $F_{\phi} = 60,66$ ;  $F_{05} = 3,55$ , для взаимодействия АВ  $F_{\phi} = 29,85$ ;  $F_{05} = 3,55$ . Так как  $F_{\phi} > F_{05}$ ,  $H_0 \neq 0$ , нулевая гипотеза отвергается – действие и взаимодействие полива и удобрений значимо на 5% ном уровне значимости. Для оценки существенности разности средних необходимо рассчитать величину  $HCP_{05}$ .

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,83}{4}} = 1,98 \quad HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2,10 \cdot 1,98 = 4,15 \text{ ц/га.}$$

$t_{05} = 2,10$  при  $df(cce) = 18$  степенях свободы для остатка

$$S_d^A = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n \cdot b}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,83}{4 \cdot 3}} = 1,14 \quad HCP_{05}^A = t_{05} \cdot S_d^A = 2,10 \cdot 1,14 = 2,39 \text{ ц/га.}$$

$$S_d^B = \sqrt{\frac{2S_e^2}{n \cdot a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,83}{4 \cdot 2}} = 1,40 \quad HCP_{05}^B = t_{05} \cdot S_d^B = 2,10 \cdot 1,39 = 2,93 \text{ ц/га.}$$

Итоговая таблица

Влияние орошения и удобрений на урожайность ячменя, ц/га

Фактор А – полив	Фактор В – удобрения			В среднем по фактору А
	НПК	2НПК	3НПК	
Без полива	24,98	28,90	29,53	27,80
Полив	32,53	46,38	58,68	45,86
В среднем по фактору В	28,76	37,64	44,10	

$$HCP_{05} = 4,15; HCP_{05}^A = 2,39; HCP_{05}^B = 2,93$$

С помощью  $HCP_{05} = 4,15$  оцениваются различия между частными средними (с поливом и без полива при разных дозах удобрений: 28,90 – 24,98; 58,68 – 29,53; 46,38 – 32,53 и т.д.).

$HCP_{05}^A = 2,39$  оценивает только главный эффект фактора А ( 45,86 – 27,80), а  $HCP_{05}^B = 2,93$  различия главного эффекта фактора В ( 44,10 – 28,76; 37,64 – 28,76; 44,10 – 37,64).

**ПРИЛОЖЕНИЯ. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ**

*Таблица 1*

**Таблица случайных чисел**

$j^i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	4	7	5	8	6	3	5	1	9	1	6	1	7	4	2	0	2	3	5	9	3
2	1	9	3	5	3	4	9	5	2	7	5	8	4	3	4	8	1	2	7	0	1
3	2	8	7	1	4	1	0	2	4	1	5	2	9	4	6	2	1	5	9	8	7
4	8	4	8	5	1	3	9	6	7	2	1	9	2	4	6	7	3	0	5	1	3
5	3	8	4	7	5	0	5	1	7	3	4	8	2	6	0	4	3	6	1	2	1
6	3	5	3	1	9	3	7	4	9	0	6	2	1	4	6	2	5	4	5	8	0
7	3	4	5	9	5	2	7	9	8	9	5	8	5	1	7	3	5	1	7	2	9
8	4	1	5	3	9	1	3	7	2	5	8	7	1	3	6	4	9	2	8	7	9
9	7	2	9	5	6	7	8	5	4	5	3	4	3	4	1	9	8	6	2	1	0
10	5	9	2	8	9	8	6	4	1	5	3	7	4	3	2	5	0	6	1	2	3
11	1	3	4	3	9	6	5	2	8	7	4	9	3	7	3	2	8	0	4	5	2
12	4	6	2	1	3	8	6	2	0	5	3	1	5	4	9	3	7	4	9	7	5
13	7	8	6	3	2	0	5	1	9	5	6	4	3	5	9	1	8	7	4	2	4

*Таблица 2*

**Теоретические значения критерия Стьюдента**

Степени свободы, <i>сс</i>	Уровень значимости		Степени свободы, <i>сс</i>	Уровень значимости	
	<i>05</i>	<i>01</i>		<i>05</i>	<i>01</i>
1	12,71	63,66	12	2,18	3,06
2	4,30	9,93	14	2,15	2,98
3	3,18	5,84	16	2,12	2,92
4	2,78	4,60	18	2,10	2,88
5	2,57	4,03	20	2,09	2,85
6	2,45	3,71	25	2,06	2,79
7	2,37	3,50	30	2,04	2,75
8	2,31	3,36	50	2,01	2,68
9	2,26	3,25	100	1,98	2,63
10	2,23	3,17	$\infty$	1,96	2,58

Таблица 3

**Теоретические значения критерия Фишера ( $F$ )**  
 (сс1 – число степеней свободы для дисперсии числителя (варианта),  
 сс2 – знаменателя (остатка))

$F_{05}$ – вероятность ошибки $\alpha = 0,05$ (05%)													
сс2	сс1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	50
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62	4,56	4,44
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94	3,87	3,75
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51	3,44	3,32
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22	3,15	3,03
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01	2,94	2,80
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85	2,77	2,64
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,72	2,65	2,50
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,60	2,55	2,40
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40	2,33	2,18
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20	2,12	1,96
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,01	1,93	1,76
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,92	1,78	1,60
$F_{01}$ – вероятность ошибки $\alpha = 0,01$ (01%)													
сс2	сс1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	50
5	16,3	13,3	12,1	11,4	10,9	10,7	10,4	10,3	10,2	10,0	9,72	9,55	9,24
6	13,7	10,9	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,56	7,39	7,09
7	12,2	9,5	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,71	6,62	6,31	6,15	5,85
8	11,3	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82	5,52	5,36	5,06
9	10,6	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26	4,96	4,80	4,51
10	10,0	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85	4,56	4,41	4,12
11	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,63	4,54	4,25	4,10	3,80
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30	4,02	3,70	3,56
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,57	3,36	3,07
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37	3,09	2,94	2,63

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Краткая история сельскохозяйственного опытного дела. Современное состояние опытного дела в России.
2. Наблюдения и эксперимент. Лизиметрический метод исследований.
3. Вегетационный метод исследований в агрономии. Методика проведения вегетационных опытов.
4. Полевой опыт и его особенности.
5. Ошибки в полевом опыте, источники возникновения и пути их уменьшения.
6. Основные элементы методики полевого опыта. Влияние элементов методики полевого опыта на ошибку эксперимента.
7. Влияние повторности и площади делянок на ошибку полевого опыта. Коэффициент вариации урожайности ячменя по данным дробного учета составил 7.2%. Ошибка опыта должна обеспечить существенность различий между вариантами опыта в 11 – 12 %. Рассчитать повторность будущего опыта.
8. Размещение повторений и делянок в полевом опыте.
9. Использование результатов дробных учетов урожая для разработки методики полевого опыта.
10. Пути повышения точности полевого опыта.
11. Требования к полевому опыту.
12. Классификация полевых опытов.
13. Роль многолетних (длительных) многофакторных полевых опытов в агрономии.
14. Методы размещения вариантов. Научные основы современных методов размещения вариантов в полевом опыте. Разместить 6 вариантов в 4-х кратной повторности методом рандомизированных повторений.
15. Стандартные и систематические методы размещения вариантов в полевом опыте.
16. Классификация рандомизированных методов размещения вариантов. Разместить 3 варианта в 4-х кратной повторности методом полной рандомизации.
17. Латинский квадрат и латинский прямоугольник. Разместить 15 вариантов на участке с двухсторонним склоном.
18. Сущность метода расщепленных делянок. Схематический план трехфакторного полевого опыта  $2 \times 2 \times 3$ , заложенного методом расщепленных делянок в 2-х кратной повторности. Пример схемы и схематический план двухфакторного полевого опыта  $4 \times 3$ , заложенного методом расщепленных делянок в 3-х кратной повторности.
19. Основные этапы планирования полевого опыта.
20. Основные правила планирования схем опытов. Планирование схемы однофакторного и многофакторного опытов. Приведите пример схемы однофакторного опыта с количественной градацией изучаемых факторов.
21. Планирование схемы многофакторного опыта. Матрица ПФЭ  $2 \times 3 \times 4$ .
22. Планирование основных элементов методики полевого опыта.

Коэффициент вариации урожайности ячменя по данным дробного учета составил 7.6%. Различия между вариантами в планируемом опыте должны быть не менее 10%. Рассчитать повторность опыта.

23. Принципы планирования наблюдений и учетов в полевом опыте. Определить объем выборки с ошибкой в 1 см на 1% уровне значимости, если на основании предварительного осмотра длины стебля льна  $X_{max}=90$  см,  $X_{min}=60$  см.
24. Выбор и подготовка земельного участка под полевой опыт.
25. Требования к земельному участку. Закономерности территориального варьирования плодородия почвы.
26. Разбивка опытного участка.
27. Техника закладки и проведения полевого опыта.
28. Полевые работы на опытном участке. Требования к полевым работам.
29. Выключки и браковка делянок. Дисперсионный анализ полевого опыта с выпавшими делянками.
30. Уборка и учет урожая в полевом опыте.
31. Уборка и учет урожая зерновых культур. Масса зерна с учетной части делянки ( $50\text{ м}^2$ ) составила 35 кг, влажность – 11%, а засоренность – 6%. Пересчитать урожайность с делянки на стандартную влажность и 100% чистоту.
32. Уборка и учет урожая трав в полевом опыте
33. Учет урожая пропашных культур. Внесение поправок на изреженность пропашных культур. В полевом опыте с сахарной свеклой при расчетной густоте посева 75 тысяч растений, выпало 15% растений, причем изреженность равномерная. Урожай с делянки составил 41.5 кг. Ввести поправку на изреженность
34. Документация и отчетность по полевому опыту.
35. Особенности проведения опытов в условиях орошения.
36. Особенности методики полевых опытов по защите почв от водной эрозии.
37. Особенности опытов по защите почв от ветровой эрозии.
38. Особенности полевых опытов на сенокосах и пастбищах.
39. Особенности проведения опытов в условиях производства.
40. Задачи математической статистики в агрономических исследованиях.
41. Эмпирические и теоретические распределения. Закономерности кривой нормального распределения. Причины появления асимметричных кривых в агрономических исследованиях.
42. Генеральная совокупность и выборка. Определить объем выборки с ошибкой  $S_{\bar{x}} = 2\text{ см}$ , если на основании предварительного осмотра высоты растений ячменя  $X_{max} = 120\text{ см}$ ,  $X_{min} = 60\text{ см}$ .
43. Виды изменчивости.
44. Статистические характеристики (показатели) количественной изменчивости.

45. Статистические (характеристики) показатели качественной изменчивости. Определить 95%-ти доверительный интервал для генеральной доли, если  $p = 0,3$ ,  $N = 100$ ,  $t_{05} = 1,96$ .
46. Группировка данных при количественной изменчивости. Определить 99-% доверительный интервал для генеральной средней, если  $\bar{x} = 25$ ,  $S^2 = 9$ ,  $n = 36$ .
47. Методы проверки гипотез. Критерии существенности.
48. Нулевая гипотеза и статистические методы ее проверки. Определить существенность разности между средними, если  $\bar{x}_1 \pm S_{\bar{x}_1} = 20 \pm 1$ ,  $\bar{x}_2 \pm S_{\bar{x}_2} = 25 \pm 1,5$ ;  $t_{05} = 2,0$ .
49. Оценка существенности разности независимых и сопряженных (зависимых) выборок. Определить существенность разности между средними ( $d$ ), если  $d \pm Sd = 2.4 \pm 0.86$  при  $n_1=6$  и  $n_2=10$ .
50. Оценка существенности разности в сопряженных и независимых выборках. Существенны ли различия между средними:  $\bar{x}_1 = 47$ ,  $\bar{x}_2 = 45$ ,  $\bar{x}_3 = 50$  ц/га, если  $S_{\bar{x}} = 1$  ц/га,  $t_{05} = 2,1$ .
51. Оценка существенности разности средних независимых выборок. Определить существенность разности средних на 5% уровне значимости, если  $\bar{x}_1 = 28$ ,  $S_1 = 2$ ,  $n_1 = 12$ ;  $\bar{x}_2 = 32$ ,  $S_2 = 1.5$ ,  $n_2 = 8$ ;
52. Оценка существенности средней разности для зависимых выборок.
53. Предпосылки дисперсионного анализа. Статистическая обработка данных наблюдений и анализов с неоднородными выборками.
54. Дисперсионный анализ полевого опыта, заложенного методом полной рандомизации. По данным дисперсионного анализа полевого опыта, заложенного методом полной рандомизации ( $v = 5$ ,  $n=4$ ) суммы квадратов составили:  $CKO = 300$ ,  $CKV = 260$ . Проверьте нулевую гипотезу по критерию  $F$ .
55. Дисперсионный анализ результатов вегетационных и полевых опытов.
56. Дисперсионный анализ данных вегетационного опыта. В вегетационном опыте изучали пять вариантов ( $v=5$ ) в четырехкратной повторности ( $n=4$ ). На основании дисперсионного анализа определили:  $S_v^2 = 100$ ,  $S_z^2 = 25$ . Проверьте нулевую гипотезу по критерию Фишера и рассчитайте  $HCP_{05}$ .
57. Дисперсионный анализ опытов, заложенных методом организованных (рандомизированных) повторений. На основе дисперсионного анализа данных полевого ( $v = 6$ ,  $n=4$ ) суммы квадратов составили:  $CKO = 320$ ,  $CKV = 280$ ,  $CKП = 20$ . Рассчитайте  $HCP_{05}$
58. Дисперсионный анализ данных вегетационных и полевых опытов с выпавшими датами.
59. Дисперсионный анализ данных полевого опыта, заложенного латинским прямоугольником.
60. Дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта, заложенного методом рандомизированных повторений.



61. Дисперсионный анализ многофакторного полевого опыта, заложенного методом расщепленных делянок.
62. Дисперсионный анализ данных по определению агрофизических (агрохимических) свойств почвы в полевом опыте.
63. Применение корреляционного и регрессионного анализов в агрономических исследованиях.
64. Корреляционный и регрессионный анализы. Существенен ли коэффициент корреляции, если  $r = 0,86$ ;  $S_r = 0,3$ ;  $n = 12$ .

## Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд-во «АЛЪЯНС», 2011.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Электронный вариант учебника в формате *DJVU* на сайте: <http://www.twirpx.com/file/120343/>
3. Кирюшин Б.Д., Усманов Р.Р., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. М.: КолосС, 2009.
4. Кирюшин Б.Д. Методика научной агрономии. М.: Изд-во МСХА, в 2-х частях, 2004 и 2005.
5. Microsoft Excel – Викиучебник. [http://ru.wikibooks.org/wiki/Microsoft\\_Excel](http://ru.wikibooks.org/wiki/Microsoft_Excel)
6. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel: Учеб. пособие.– М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.: ил.
7. Мурашкин С.В., Николаева З.В. Методы учётов и статистическая обработка экспериментальных данных при использовании программы Microsoft Excel на примере исследований сосущих вредителей яблони. - Великие Луки: Редакционно-издательский отдел ФГОУ ВПО «Великолукская ГСХА», 2006, 120 с.
8. Обработка экспериментальных данных в MS Excel: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной формы обучения / сост. Е. Г. Агапова, Е. А. Битехтина. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун- та, 2012. – 32 с.

*Учебное издание*

**Усманов Раиф Рафикович**  
**Хохлов Николай Федорович**

## **МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА**

*Практикум*

Ответственный редактор Е.Е. Рытова

Подписано для размещения в Электронно-библиотечной системе  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 20.08. 2020 г.

Оригинал-макет подготовлен Издательством РГАУ-МСХА  
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44  
Тел. 8 (499) 977-40-64