МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине «Математическое моделирование в отрасли»

для обучающихся заочной формы обучения по направлению

26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»

Ростов-на-Дону, 2022

Составитель: доц., к.т.н. Азарова А.И.

Методические указания к выполнению практических заданий контрольной работы по дисциплине "Математическое моделирование в отрасли" предназначены для обучающихся заочной формы обучения по направлению 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»/ Ростов-на-Дону, 2022, 37 с.

Научный редактор проф., д.т.н. Тамаркин М.А.

© Донской государственный технический университет. 2022 г.

**Задача № 1: Статистическое распределение. Расчет основных числовых характеристик**

Решим основные задачи математической статистики о первичной обработке данных, упорядочении результатов наблюдения или эксперимента, представлении их в обозримом виде, определении основных числовых характеристик статистического распределения выборки.

Цель работы:

* научиться вычислять основные числовые характеристики выборки;
* графически изображать вариационный ряд;
* строить эмпирическую функцию распределения выборки.

***Задача*.** По некоторым предприятиям комплекса имеются следующие данные о количестве выпускаемых изделий за отчетный период времени.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число изделий, тыс. | Менее 20 | 20–40 | 40–60 | 60–80 | 80–100 | Более 100 |
| Число предприятий | 3 | 6 | 17 | 25 | 10 | 4 |

Вычислить выборочное среднее число выпускаемых изделий по предприятиям комплекса, моду, медиану, выборочное среднее квадратическое отклонение. Построить гистограмму и график эмпирической функции распределения.

Порядок выполнения работы:

Запустить **MicrosoftExcel** и сразу сохранить документ под именем «Задача 1».

Переименуйте *Лист1* в *Расчетная таблица*. Для этого нужно щелкнуть правой мышью по ярлычку этого листа и в открывшемся контекстном меню выбрать команду *Переименовать*. Затем ввести новое имя листа и щелкнуть левой кнопкой мыши вне ярлычка (или нажать клавишу *Enter*). В результате произойдет переименование листа. Переименовать текущий лист можно также с помощью команды *Ячейки/Формат/Переименовать лист* на вкладке *Главная* или двойного щелчка левой кнопкой по ярлычку листа, ввести новое имя. Используя контекстное меню ярлычка рабочего листа, можно также выполнить следующие операции:

* *Вставить* (рабочая книга может быть расширена до 255 листов);
* *Удалить* текущий лист;
* *Переместить* или *Скопировать* текущий рабочий лист (указать, в какую рабочую книгу следует переместить выбранный лист и перед каким листом он должен располагаться).

Удалите остальные листы рабочей книги «Задача 1». Расчетная таблица должна иметь следующий вид:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы | *ai*–1 | *ai* | *xi* | *ni* | *xini* | *xi*2*ni* | *wi* | *fi* | *sni* | *swi* |
| 0–20 | 0 | 20 |  | 3 |  |  |  |  |  |  |
| 20–40 | 20 | 40 |  | 6 |  |  |  |  |  |  |
| 40–60 | 40 | 60 |  | 17 |  |  |  |  |  |  |
| 60–80 | 60 | 80 |  | 25 |  |  |  |  |  |  |
| 80–00 | 80 | 100 |  | 10 |  |  |  |  |  |  |
| 100–120 | 100 | 120 |  | 4 |  |  |  |  |  |  |
| Итого | | |  |  |  |  |  |  |  |  |

***Заполнение расчетной таблицы***

Наберите заголовки в первой строке. Чтобы сделать текст нижним или верхним индексом, можно действовать так: сначала набрать в ячейке B1 просто *ai*–1, затем в строке формул выделить *i-*1, выбрать на вкладке *Главная Шрифт*, там, в разделе *Видоизменение*, установите галочку напротив надписи «Подстрочный». Аналогично делаются индексы в остальных ячейках. Сделайте заголовки полужирным, выравнивание по центру.

Введите данные, известные из условия задачи: частоты *ni*, левые границы интервалов *ai*–1, правые границы *ai*.

В столбце D необходимо вычислить середины интервалов *xi* по формуле: 

Однако в формулах Excel вместо математических обозначений должны быть адреса ячеек, где находятся соответствующие значения.

**Внимание!** Не путайте математические формулы с формулами Excel

**! Помните, что любая формула начинается со знака =, в адресах ячеек используются английские буквы, пробелов делать нельзя.**

То есть в ячейку D2 введите следующую формулу: =(*B*2+*C*2)/2*.*

В остальные ячейки столбца D копируйте формулы с помощью маркера заполнения.

Далее заполните столбцы F и G по формулам:

*xini*= *xi\*ni*,

*xi*2*ni*= *xi\*xi\*ni*

соответственно. Для этого в ячейку F2 введите следующую расчетную формулу: =*D*2\**E*2, в ячейку G2 - формулу: =*D*2\**D*2\**E*2.

Остальные ячейки столбцов F и G заполните с помощью маркера заполнения.

В строке *Итого* в столбцах E, F и G вычислите итоговые суммы. Для этого установите курсор мыши на ячейке E8 и нажмите кнопку *Автосумма* на панели инструментов вкладки *Формула*. Ячейки F8 и G8 заполните с помощью маркера заполнения.

Вычисление числовых характеристик статистической выборки

Строку 10 отведем под вычисление ширины интервала. В ячейке A10 наберите текст *h* = , а в B10 введите формулу для вычисления: =*C*2-*B*2 .

В следующую строку, в ячейку A11 ввести *x*ср= . *Выборочное среднее* — среднее арифметическое значений выборки вычисляется по формуле: 

Суммарные значения произведений *xini* вычислили в ячейке F8, суммарные значения *ni* - E8. Таким образом, в ячейку B11 введите следующую формулу:

*=F*8 / *E*8.

Аналогично в строке 12, в ячейке A12 наберите *x*2ср= и вычислите среднее арифметическое квадратов значений выборки *x*2ср по формуле:



Следующую строку отведем под *выборочную дисперсиюD*В — среднее значение квадрата отклонения *xi*-*x*ср , которую вычислим по формуле: *D*В= *x*2ср-(*x*ср)2.

В формулах Excel для операции возведения в степень используется символ ^ (он получается нажатием одновременно клавиш «Shift» и «6»). Итак, ячейке A13 введите *D* = , в ячейку B13 введите формулу: =*B*12-*B*11^2.

В следующей строке выборочное среднее квадратическое отклонение sВ подпишем как SI (ячейка A14) и вычислим значение по формуле: 

Для вычисления корня перейдите в ячейку B14, на панели инструментов вкладки *Формула* нажмите кнопку *Вставить функцию fx*. В открывшемся окне *Мастера функций* выберите в списке категорий *Математические*, в списке функций, используя полосу прокрутки, выберите *КОРЕНЬ*, щелкните *OK,* далее в окне *Аргументы функции* (рис. 1) в поле *Число* введите адрес ячейки B13, нажмите *OK*.

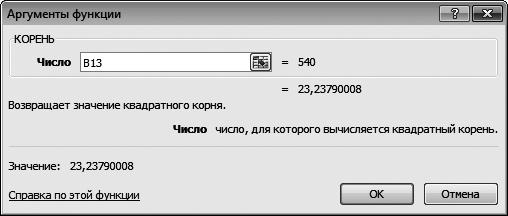


Рис. 1. Окно *Аргументы функций*

Заполните столбец *относительных частот wi* согласно формуле: 

В ячейку H2 надо ввести формулу: частоту *ni* текущего интервала разделить на объем выборки Σ*ni*. После чего необходимо копировать эту формулу для остальных интервалов, но при этом не должен меняться адрес клетки, в которой записана общая сумма частот (объем выборки), то есть адрес E8.

Адреса, которые не меняются, называются *абсолютными*. Если необходимо сделать адрес ячейки абсолютным, то поставьте перед ним знак доллара $. Таким образом, в ячейку H2 введите формулу: *=E*2 / $*E*$8.

Для проверки подсчитайте итоговую сумму в столбце H, которая должна быть равна 1.

В следующем столбце J *плотности относительной частоты fi* вычисляются по формуле: 

В ячейку J2 введите формулу: =*H*2 / $*B*$10.

Для удобства вычисления накопленных частот *sni* и накопленных относительных частот *swi* , а также для построения графика эмпирической функции распределения добавьте строку в начало таблицы (между 1‑й и 2‑й строками). Для этого выделите *строку* 2 и выберите в контекстном меню команду *Вставить***.**

В ячейки J2 и K2 введите 0, так как накопление начинается с 0. В ячейку J3 введите формулу: =*J*2+ *E*3, в ячейку K3 - формулу: *=K*2+ *H3*.

В остальные ячейки столбцов J и K копируйте формулы с помощью маркера заполнения.

**Мода, медиана**

Строки 16 и 17 отведем соответственно под *моду* и *медиану*. В ячейки A16 и A17 введите Mo= и Me=.

*Модальным* является интервал с наибольшей частотой.

*Моду* вычисляем по формуле:



где *x*Mo - начало модального интервала; *n*Mo - частота модального интервала; *n*Mo-1 - частота интервала, предшествующего модальному; *n*Mo+1 - частота интервала, следующего за модальным; *h* - длина интервала.

По расчетной таблице определяем, что модальный интервал — это интервал 60–80 с частотой, равной 25.

Таким образом, в ячейку B16 необходимо ввести формулу: =*D*6+(*E*6-*E*5)/(*E*6-*E*5+*E*6-*E*7) *B*11.

*Медианным* называется интервал, для которого накопленная частота *sni* впервые превысит половину суммы частот Σ*ni*/ 2 .

*Медиану* вычислим по формуле: 

где *x*Me — начало медианного интервала; *n*Me — частота медианного интервала; *sn*Me-1 — накопленная частота интервала, предшествующего медианному; *h* — длина интервала.

По расчетной таблице определяем величину Σ*ni*/2 : ее значение равно 32,5, поэтому медианным является интервал 60–80 с частотой, равной 25. То есть в ячейку B17 необходимо ввести формулу: *=D*6+(*E*9/2-*J* 5)/*E*6\**B*11.

*Построение диаграмм*

Программа MS Excel дает возможность представлять числовую информацию в графической форме - в виде диаграмм и графиков. Для создания диаграмм в табличный процессор встроены специальные средства, позволяющие просто и наглядно выполнить необходимые операции: выбрать тип диаграммы, задать диапазон ячеек, по значениям которых строится диаграмма, ввести название диаграммы, обозначения осей, указать масштабы, условные обозначения элементов, выбрать цвета надписей, заливки элементов и т.д.

*Гистограмма*

Построим гистограмму относительных частот вариационного ряда. *Гистограммой относительных частот* называют ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников, основаниями которых служат частичные интервалы длиной *h*, а высоты равны плотностям относительной частоты *fi*. Площадь *i*‑го частичного прямоугольника *hfi*= *h*(*wi*/ *h*)=*wi*, где *wi* - относительная частота вариант, попавших в *i*‑й интервал. Площадь гистограммы относительных частот равна сумме всех относительных частот, то есть единице.

На вкладке *Вставка* в строке меню *Диаграммы* выбрать вид диаграммы *Гистограмма,* затем подвид диаграммы *Гистограмма с группировкой* (слевав первом ряду на рис. 2).

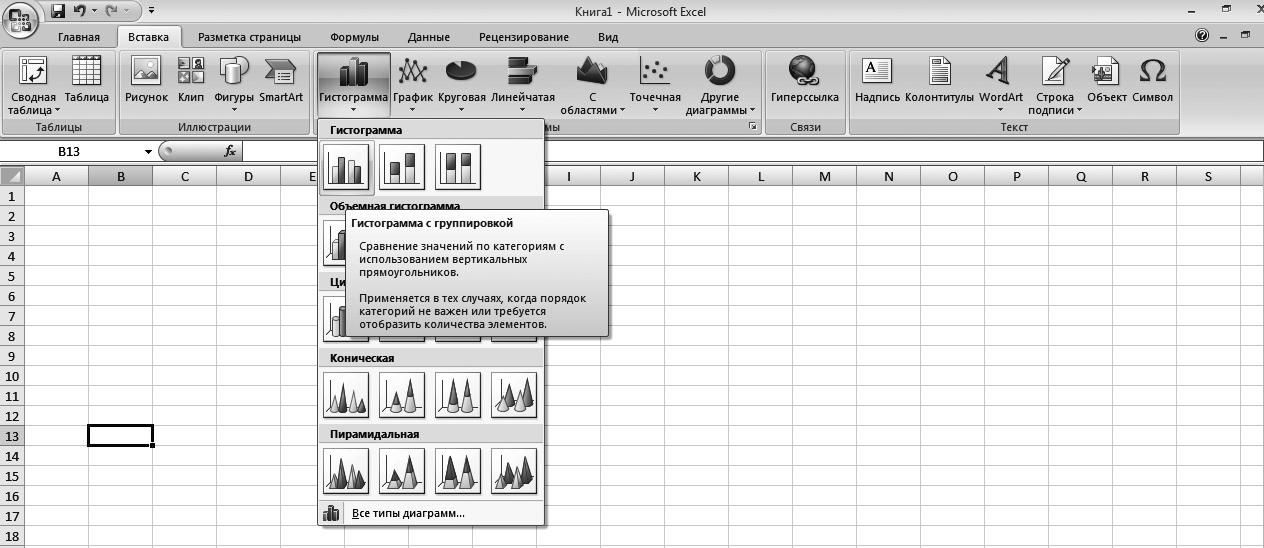


Рис. 2. Вид диаграммы

Выбрать тип диаграммы можно также другим способом: на вкладке *Вставка* нажать на кнопку вызова  справа от строки меню *Диаграммы*, после чего в открывшемся окне *Вставка диаграммы* из полного списка доступных диаграмм и графиков выбрать требуемый вариант диаграммы (рис. 3).

В результате на рабочем листе появится окно с пустой диаграммой. Для отображения на ней данных выполнить следующие действия:

1. В контекстном меню диаграммы выполнить пункт*Выбрать данные.*

2. В открывшемся окне в поле *Диапазон данных для диаграммы* указать ячейки, в которых находятся плотности относительных частот *fi*. В разделе *Подписи горизонтальной оси* нажать *Изменить* и указать в поле *Диапазон подписей оси* ячейки, в которых находятся средины интервалов *xi*. Нажмите *ОК**.*

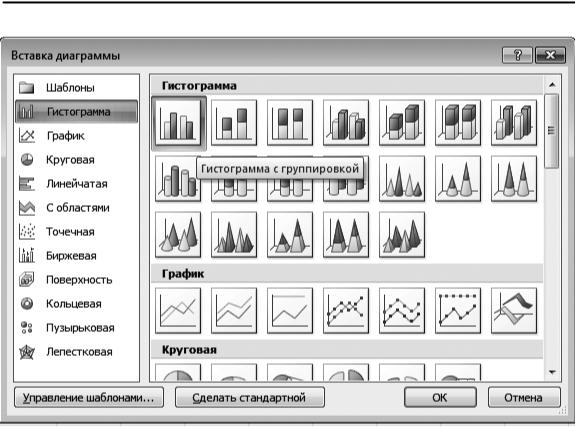


Рис. 3. Вставка диаграммы

*Преобразование диаграмм*

Для внесения изменений в диаграмму используется командная строка *Работа с диаграммами* (рис. 4), а также контекстные меню элементов самой диаграммы. Щелкнуть по диаграмме, на вкладке *Макет* в группе *Фон* нажать на кнопку *Область построения*, выбрать в выпадающем меню вариант *Нет* (*удалить заливку области построения*).

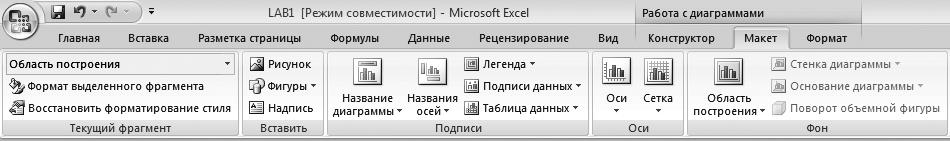


Рис. 4. Командная строка *Работа с диаграммами*

Нажать правую клавишу мыши на одном из столбцов построенной гистограммы, выбрать команду *Формат ряда данных*, пункт *Параметры ряда*, там установить *Боковой зазор* 0%, в пункте *Заливка* установить флажок *Разноцветные точки*.

Щелкнуть по кнопке *Названия осей*, далее выбрать *Название основной горизонтальной оси*, затем вариант *Название под осью*. Вместо *Названия оси* ввести *Интервалы*.

Добавить заголовок диаграммы «Гистограмма». Для этого нажать кнопку *Название диаграммы* группы команд *Подписи* вкладки *Макет*, выбрать в появившемся меню вариант *Над диаграммой*, изменить название на *Гистограмма*. Затем установить шрифт для заголовка: размер 18, начертание полужирный курсив, цвет синий.

Поместить диаграмму на отдельном листе с именем *Гистограмма*. Для этого щелкнуть диаграмму, на вкладке *Конструктор* в группе *Расположение* нажать кнопку *Переместить диаграмму*. В появившемся окне (рис. 5) в разделе*Разместить диаграмму* установить переключатель в положение*На отдельном листе* и ввести имя нового листа диаграммы в поле этого переключателя. Нажать *ОК*.

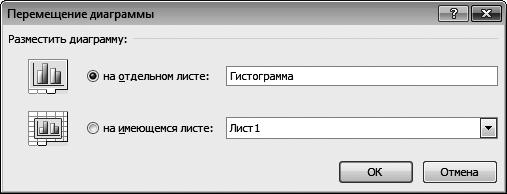


Рис. 5. Перемещение диаграммы

На рис. 6 приведена гистограмма, которая должна получиться.

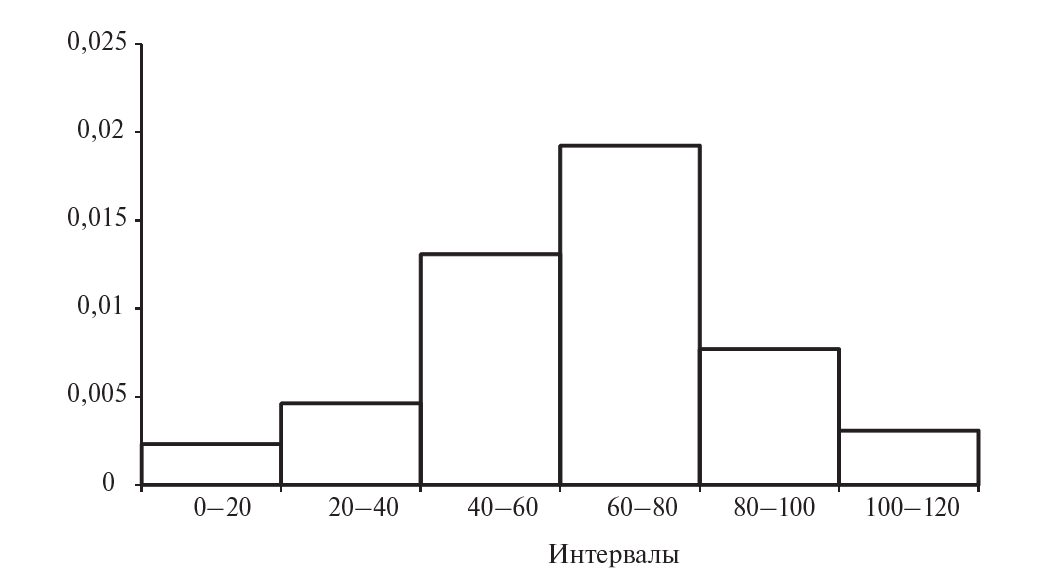


Рис. 6. Гистограмма

*Эмпирическая функция распределения*

Эмпирической функцией распределения (функцией распределения выборки) называют функцию *F*(*x*), определяющую для каждого значения *x* относительную частоту события *X*<*x*: 

где *nx* — число вариант меньших *х*.

Для построения эмпирической функции распределения задачи добавитьначало расчетной таблицы (перед первым столбцом) столбец с названием *узлы*. Набрать в ячейке А2 значение начала первого интервала 0, в ячейке А3 набрать 20, далее выделить ячейки А2 и А3, подвести указатель мыши к маркеру заполнения и, удерживая левую кнопку мыши, потащить вниз до конца столбца таблицы.

На вкладке *Вставка* в строке меню *Диаграммы* выбрать вид диаграммы *Точечная,* затем подвид диаграммы *Точечная с прямыми отрезками и маркерами* (слева во втором ряду на рис. 7).

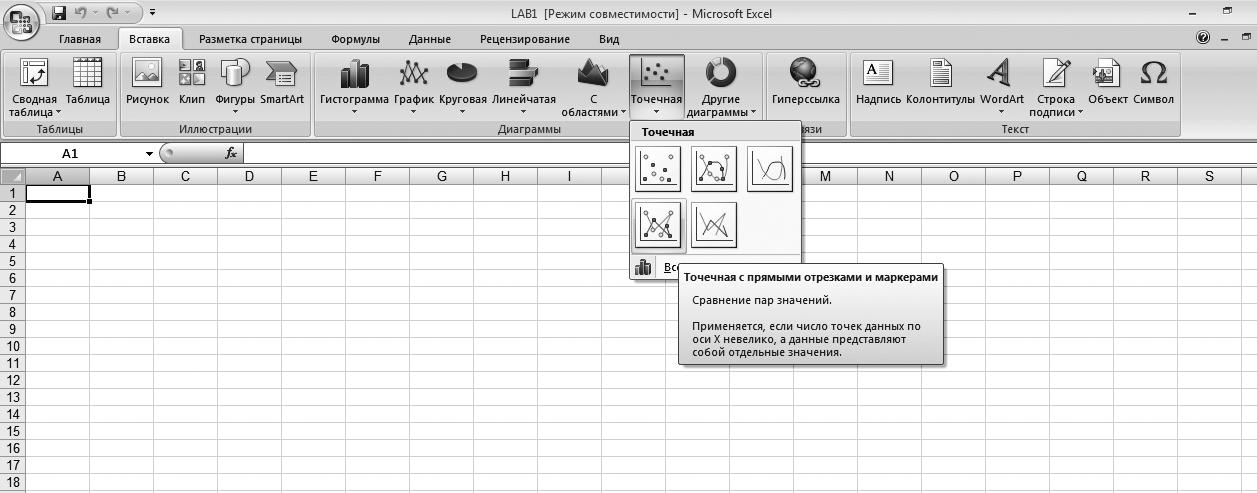


Рис. 7. Точечная диаграмма

В результате на рабочем листе появится окно с пустой диаграммой. Для отображения на ней данных выполните следующие действия:

1. В контекстном меню диаграммы выполнить пункт*Выбрать данные.*

2. В открывшемся окне в поле *Диапазон данных для диаграммы* указать ячейки, в которых находятся накопленные относительные частоты *swi* . В разделе *Элементы легенды* нажать *Изменить* и указать в поле *Значения X* ячейки, в которых находятся узлы**.** Нажмите *ОК*.

*Редактирование диаграммы*

Расположить диаграмму на отдельном листе с именем *Эмпирическая*. Для этого щелкнуть диаграмму, вызвать контекстное меню и выполнить пункт *Переместить диаграмму*. В появившемся окне (см. рис. 5) в разделе *Разместить диаграмму* установить переключатель в положение *На отдельном листе*ввести имя нового листа диаграммы в поле этого переключателя. Нажать *ОК*. Щелкнуть по диаграмме, в командной строке *Работа с диаграммами*(см. рис. 4) на вкладке *Макет* в группе *Фон* нажать на кнопку *Область построения*, выбрать в выпадающем меню вариант *Нет* (*удалить заливку области построения*).

В группе *Оси* кнопки *Оси* и *Сетка* позволяют настроить отображение осейлиний сетки для диаграммы. Опции *Основная горизонтальная ось* и *Основная вертикальная ось* выбираются по умолчанию. Создать и горизонтальные,вертикальные линии сетки для основных делений - опция *Основные линии сетки* (рис. 8).

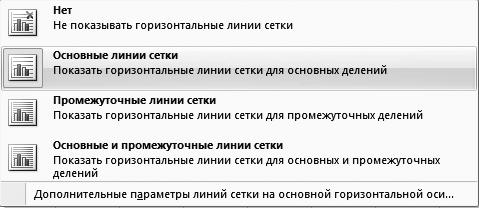


Рис. 8. Параметры линий сетки диаграммы

Щелкнуть кнопку *Названия осей*, далее выбрать *Название основной горизонтальной оси*, затем вариант *Название под осью*. Ввести вместо *Названия оси* обозначение *x*, затем перетащить его (методом «буксировки») в положение справа от оси. Выполнить аналогичные действия для названия основной вертикальной оси, введя обозначение для нее *F*\*(*x*) и перетащив его в положение над осью. Щелкнув кнопку *Легенда*, выбрать вариант *Нет*.

Добавить заголовок диаграммы «Эмпирическая функция распределения». Для этого нажать кнопку *Название диаграммы* группы команд *Подписи* вкладки *Макет*, выбрать в появившемся меню вариант*Над диаграммой*,изменить название на *Эмпирическая функция распределения*. Затем установить шрифт для заголовка: размер 18, начертание полужирный, цвет синий.

Вызвать контекстное меню (щелкните правой кнопкой мыши) построенной линии, выбрать команду *Формат ряда данных*, пункт *Цвет линии*, установить *красный*, в пункте *Заливка маркера* установить цвет *красный* (рис. 9).

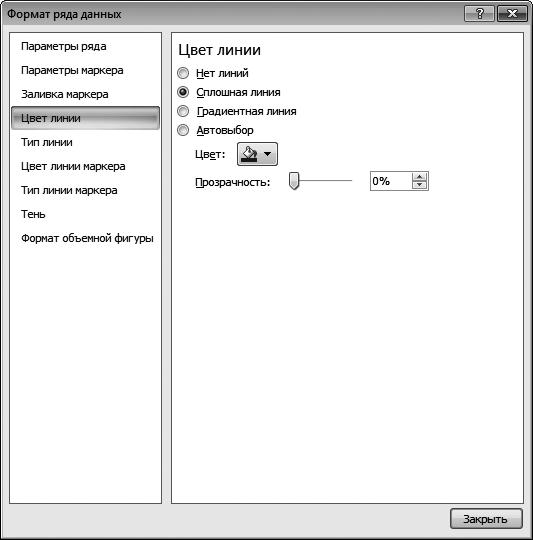


Рис.9. Формат ряда данных

Добавить значения данных на диаграмме. Для этого вызвать контекстное меню на диаграмме, выберите пункт *Добавить подписи данных*.

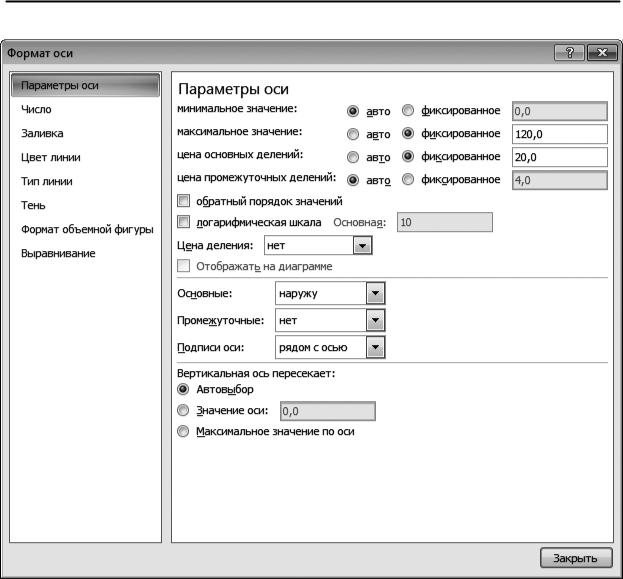
Для настройки параметров горизонтальной и вертикальной осей (форматирование этих элементов диаграммы) следует перейти к окну *Формат оси с* помощью контекстного меню (рис. 10). Для горизонтальной оси выбрать на вкладке *Параметры оси* максимальное значение 120, цену основных делений 20. Для вертикальной оси выбрать минимальное значение 0, максимальное значение 1, цену основных делений 0,2; на вкладке *Число* установить формат *Числовой*, число десятичных знаков 2.

Рис. 10. Формат оси

В результате должен получиться график эмпирической функции распределения, как на рис. 11.

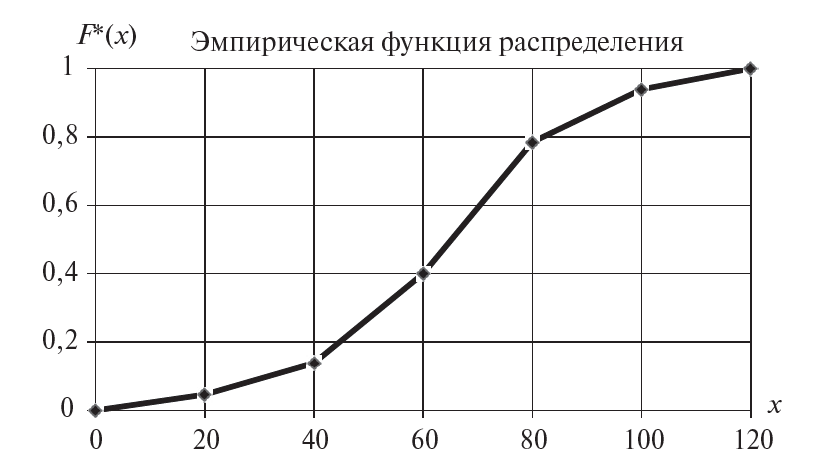


Рис. 11. График эмпирической функции распределения

**Задача №2 Статистические оценки параметров распределения**

В данной работе отрабатываются навыки решения следующих типов задач статистического оценивания:

► по сделанной выборке объема *n* и заданной точности ε> 0 вычислить доверительную вероятность γ, с которой интервал(φ\*- ε; φ\*+ε)накроет неизвестную генеральную характеристику φ;

* по сделанной выборке объема *n* и с заданной надежностью γ найти доверительный интервал для неизвестной характеристики φ:

(φ\*- ε< φ < φ \*+ ε) ;

* определить минимальный объем выборки *n*, при котором с заданной надежностью γ обеспечивается указанная предельная ошибка ε .

*Цель работы* — научиться решать основные типы задач статистического оценивания.

***Задача.*** В результате 5%-ного собственно-случайного бесповторного обследования на предприятии получены следующие данные о распределении работников по сроку работы на предприятии.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сроки работы на предприятии, лет | До 2 | 2–4 |  | 4–6 | 6–8 | Более 8 |
| Число работников, чел. | 19 | 17 |  | 11 | 8 | 5 |

Найти:

а) с вероятностью 0,95 границы для среднего срока работы на предприятии в целом;

б) доверительную вероятность того, что средний срок работы сотрудников на предприятии отличается от среднего в выборке не более чем на 0,5 года;

в) границы, в которых с вероятностью 0,95 заключена доля сотрудников со сроком работы на предприятии более 6 лет;

г) минимальный объем выборки, гарантирующий с вероятностью 0,97 предельную ошибку выборки 0,3 года.

***Порядок выполнения работы***

Открыть **MicrosoftExcel**, в новом документе удалить листы 2 и 3, сохранить файл в своей папке под именем «Задача 2». Далее также периодически сохранять документ. Переименовать *Лист1* в *Расчетная таблица.* Образец расчетной таблицы приведен на рис. 1.

***Заполнение расчетной таблицы***

Используя приведенный образец, заполнить таблицу в следующем порядке:

* набрать строку заголовков, сделать в ней шрифт полужирным, выравнивание по центру. Заполнить столбцы A, B, и D данными из условия задачи, в строке *Итого* в столбце D получить результат с помощью «*Автосуммы*»;
* вычислить значения столбцов E, F, подсчитать итоговые суммы в этих столбцах;
  + ниже расчетной таблицы сделать подписи и вычислить длину интервала *h* , выборочное среднее *x*ср , *x*2ср , выборочную дисперсию *D*В и выборочное среднее квадратическое *отклонение SI* ;так как в пунктах *а*, *б*, *в*, *г* задачи некоторые величины принимают разные значения, оформить нижнюю часть таблицы следующим образом: слева набрать подписи величин, а сверху указать пункты. Ответы на вопросы задачи расположить правее расчетной таблицы (рис. 2).

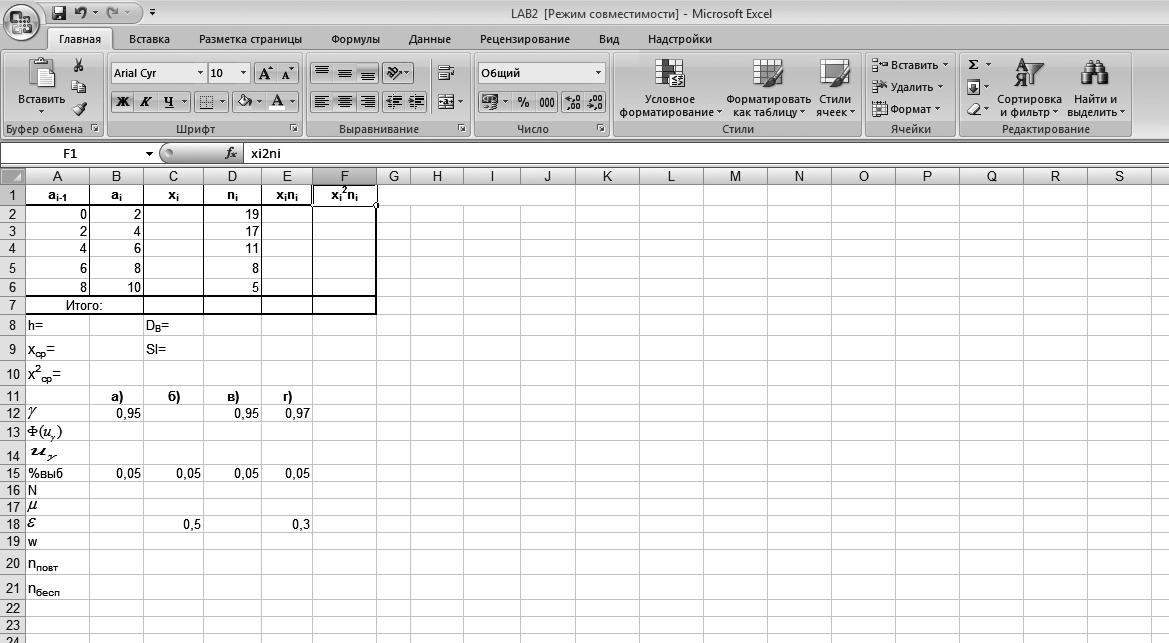


Рис. 1. Расчетная таблица

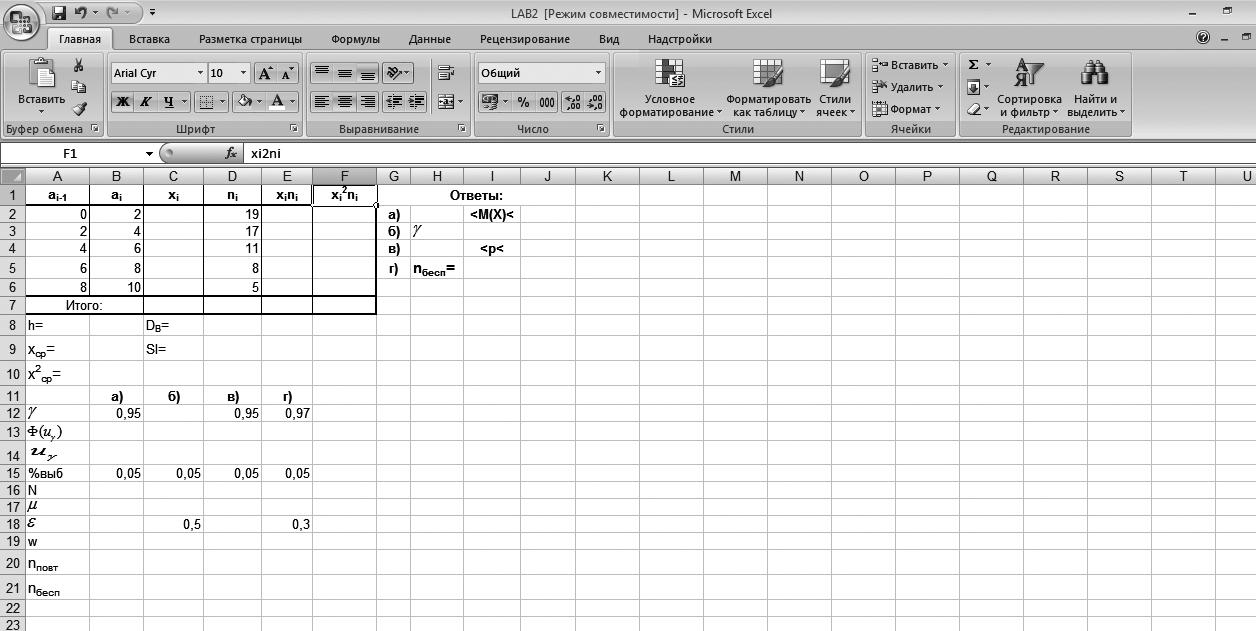


Рис. 2. Расчетная таблица с ответами

***Описание процесса решения задачи по пунктам***

***Решение пункта а.***

Занести в соответствующую ячейку (B12) данное в условии значение доверительной вероятности γ: γ = 0,95.

Вычислить значение функции Лапласа Ф(*u*γ) :

,

то есть в ячейку B13 ввести следующую формулу:

*=B*12 / 2.

Зная значение функции F(*u*γ) , найти квантиль *u*γ по таблице значений функции Лапласа и записать его в ячейку B14.

Процент выборки, данный в условии, перевести в доли единицы и занести в ячейку B15.

Объем генеральной совокупности *N* вычисляется следующим образом:



В ячейку B16 записать следующую формулу:

*=D*7 / *B*15.

Средняя ошибка выборки μ вычисляется по формуле:



В ячейку B17 записать следующую формулу:

=КОРЕНЬ(*D*8 / *D*7\*(1 -*D*7 / *B*16)).

Предельная ошибка выборки e вычисляется по формуле: ε = *u*γm.

В ячейку B18 записать следующую формулу:

*=B*14 \* *B*17.

В ячейке I2 сделать надпись: <*M*(*X*)< .

α и β — границы доверительного интервала для генерального среднего *М*(*Х*) вычисляются соответственно в ячейках H2 и J2 по формулам:

α = *x*ср - ε ,

β = *x*ср + ε,

то есть в ячейку H2 введите формулу: *=B*9-*B*18,

в ячейку J2 - формулу: *=B9*+*B*18.

**Решение пункта *б***

Теперь предельная ошибка выборки ε дана — записать ее значение 0,5 в ячейку C18.

Средняя ошибка выборки μ не изменится, так как рассчитывается по той же формуле, в которой все величины прежние. Поэтому необходимо скопировать численное значение ячейки B17 в ячейку C17.

Вычислить значение квантили *u*γ по формуле: *u*γ=ε/μ

Для этого в ячейку C14 ввести следующую формулу: *C*18/*C*17.

Зная значение квантили *u*γ , по таблице значений функции Лапласа найти Ф(*u*γ) и записать его в ячейку С13.

Далее, определить доверительную вероятность γ:

γ = 2Ф(*u*γ).

В ячейку C12 записать следующую формулу:

=2\**C*13 .

Перенести последний результат в ответы (ячейка I3).

**Решение пункта *в***

Занести в соответствующую ячейку (D12) данное в условии значение доверительной вероятности γ: γ=0,95 .

Вычислить значение функции Лапласа Ф(*u*γ) :

Ф(*u*γ) = γ/2 ,

то есть в ячейку D13 ввести следующую формулу: *=D*12 / 2.

Зная Ф(*u*γ) , найти квантиль *u*γ по таблице значений функции Лапласа и записать его в ячейку D14.

Процент выборки, данный в условии, перевести в доли единицы и занести в ячейку D15.

Объем генеральной совокупности *N* вычисляется следующим образом: 

В ячейку D16 записать следующую формулу: *=D*7 / *D*15.

Выборочная доля *w* заключенных со сроком лишения свободы более 6 лет в выборке согласно условию задачи: 

то есть в ячейку D19 ввести формулу: =( *D*5+*D*6)/*D*7.

Поскольку оценивается теперь доля, то средняя ошибка доли выборки μ теперь вычисляется по новой формуле: 

В ячейку D17 ввести следующую формулу: =КОРЕНЬ(*D*19\*(1 -*D*19)/ *D* 7\* (1 -*D*7 / *D*16)).

Подсчитать предельную ошибку выборки ε : ε= *u*γμ .

В ячейку D18 записать следующую формулу:

*=D*14 \* *D*17.

В ячейке I4 сделать надпись: <*p*< .

α и β — границы для генеральной доли вычисляются соответственно в ячейках H4 и J4 по формулам: α = *w* - e ; β= *w* + e , то есть в ячейку H4 ввести формулу: =*D*19- *D*18, в ячейку J4 - формулу: =*D*19+ *D*18.

***Решение пункта г***

Занести в соответствующую ячейку (E12) данное в условии значение доверительной вероятности γ: γ=0,97 .

Вычислить значение функции Лапласа Ф(*u*γ): Ф(*u*γ) = γ/2 , то есть в ячейку E13 ввести следующую формулу: =*E*12/2.

Зная значение функции Ф(*u*γ) , найти квантиль *u*γ по таблице значений функции Лапласа и записать его в ячейку E14.

Процент выборки, данный в условии, перевести в доли единицы и занести в ячейку E15.

Объем генеральной совокупности *N* вычисляется следующим образом:



В ячейку E16 записать следующую формулу: =*D*7/*E*15.

Предельная ошибка выборки ε дана, записать ее значение 0,3 в ячейку E18. Вычислить минимальный объем повторной выборки по формуле: 

В ячейку E20 записать следующую формулу: =*D*8 \*(*E*14/*E*18)^2.

Минимальный объем бесповторной выборки: 

В ячейку E21 записать следующую формулу: =*E*20\**E*16/(*E*20+*E*16).

Округлить полученный результат до целых в большую сторону и оформить ответ пункта *г*.

Добавить линии в расчетной таблице. Заголовки *а*, *б*, *в*, *г* и ответы сделать полужирным шрифтом.

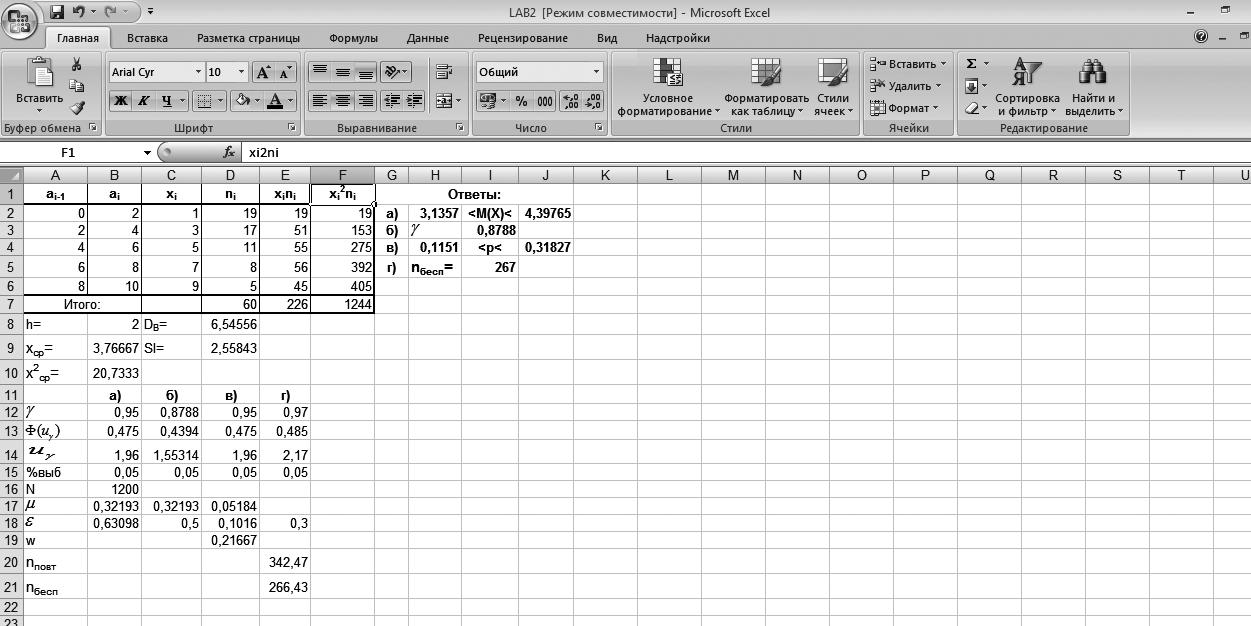
На рис. 3 изображена итоговая расчетная таблица, которая должна получиться.

Рис. 3. Итоговая расчетная таблица

**Задача №3. Построение линейной регрессии по несгруппированным данным**

Данная работа решает задачи корреляционно-регрессионного анализа.

Цель работы:

* овладение способами построения моделей линейной корреляции для несгруппированных данных;
* вычисление основных числовых характеристик выборки;
* построение уравнений регрессии, диаграммы рассеивания.

***Задача***

Для установления зависимости между двумя признаками *X* и *Y* произведено статистическое наблюдение, результаты которого приведены в таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *X* | 10 | 8 | 13 | 9 | 11 | 14 | 6 | 4 | 12 | 7 | 5 |
| *Y* | 7,46 | 6,76 | 12,75 | 7,11 | 7,81 | 8,84 | 6,10 | 5,39 | 8,14 | 6,42 | 5,73 |

Найти числовые характеристики выборки: среднее, дисперсию, ковариацию, коэффициент корреляции.

Предполагая, что *X* и *Y* связаны линейной зависимостью, написать *уравнения линейной регрессии Y* на *X* и *X* на *Y*, вычислить среднюю квадратическую погрешность полученных уравнений регрессии.

Построить диаграммы рассеяния, провести прямые линейной регрессии.

**Порядок выполнения работы**

Запустить **Microsoft Excel**, в новом документе удалить листы 2 и 3, сохранить файл в своей папке под именем «Задача 3». Далее нужно периодически сохранять документ.

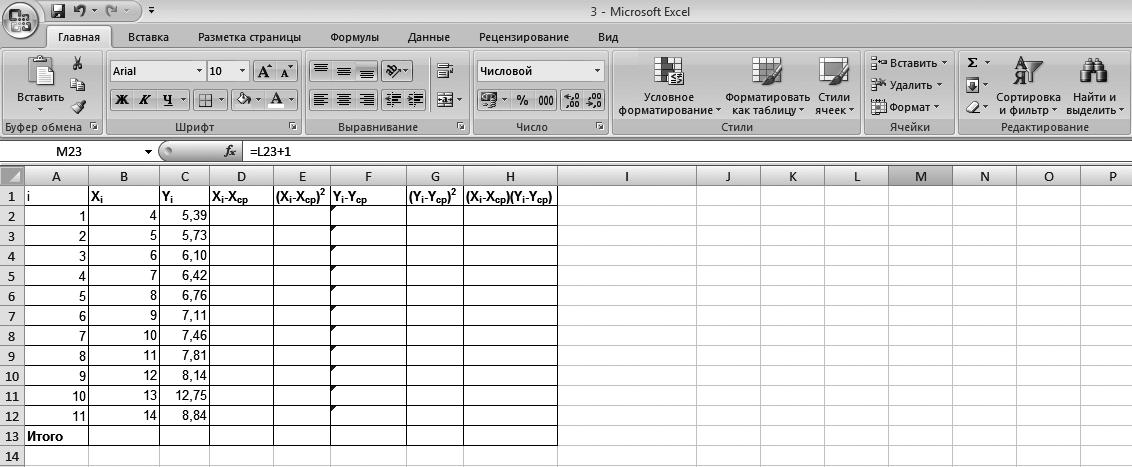
Переименовать *Лист1* в *Расчетная таблица*. Расчетная таблица должна иметь следующий вид (рис. 1):

Рис. 1. Расчетная таблица

*Заполнение расчетной таблицы.*

Набрать заголовки в первой строке. Чтобы сделать текст нижним или верхним индексом, можно действовать так: сначала набрать в ячейке B1 просто *Xi*, затем в строке формул выделить *i*, выбрать на вкладке *Главная Шрифт*, там, в разделе *Видоизменение*, установить галочку напротив надписи «подстрочный». Аналогично делаются индексы в остальных ячейках. Сделать заголовки полужирным, выравнивание по центру.

Ввести данные, известные из условия задачи: индекс *i*, значения признака Х-Хi и признака *Y*-*Yi*.

В строке *Итого* в столбцах B и C вычислить итоговые суммы. Для этого установить курсор мыши на ячейке B13 и нажать кнопку «*Автосумма*» на панели инструментов вкладки *Формула*. Ячейки C13 заполнить с помощью маркера заполнения.

***Вычисление числовых характеристик выборки***

Строку 15 отвести под вычисление объема выборки *n*. В ячейке A15 набрать текст *n*=. Объем выборки вычислить в ячейке B15, используя функцию *СЧЁТ*.

Итак, перейти в ячейку B15, на панели инструментов вкладки *Формула* нажать кнопку «*Вставить функцию fx*». В открывшемся окне *Мастера функций* выбрать в списке категорий *Статистические*, в списке функций, используя полосу прокрутки, выбрать *СЧЁТ*, щелкнуть *OK,* далее в окне *Аргументы функции* (рис. 2) в поле *Значение 1* ввести диапазон адресов ячеек A2: A12, нажать *OK*.

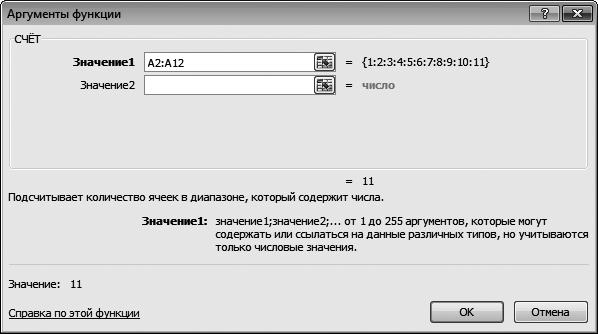


Рис. 2. Окно *Аргументы функций*

В строке 16 вычислить средние значения признаков *X* и *Y*.

В ячейке A16 ввести *X*ср= . Выборочное среднее признака *X* вычисляется по формуле

Суммарные значения *Xi* были вычислены в ячейке B13, объем выборки *n -* B15. Таким образом, в ячейку B16 ввести следующую формулу: =*B*13 / *B*15.

В ячейке D16 ввести *Y*ср= . Выборочное среднее признака *Y* вычисляется по формуле:



Суммарные значения *Xi* были вычислены в ячейке C13, объем выборки *n* — B15. Таким образом, в ячейку E16 ввести следующую формулу: *=C*13 / *B*15.

Далее заполните столбцы D и E по формулам

*Xi* - *X*ср ,

(*Xi* - *X*ср )2

соответственно. Для этого в ячейку D2 введите следующую расчетную формулу:

*=B*2-$*B*$16,

в ячейку E2 — формулу: *=D*2 ^ 2.

Остальные ячейки столбцов D и E заполнить с помощью маркера заполнения. Затем заполнить столбцы F и G по формулам:

*Yi* - *Y*ср,

(*Yi*-*Y*ср)2

соответственно. Для этого в ячейку F2 ввести следующую расчетную формулу: *C*2-$*E*$16,

в ячейку G2 — формулу: *=F*2^2.

Остальные ячейки столбцов F и G заполнить с помощью маркера заполнения. Теперь заполнить столбец H по формуле:

(*X i*- *X* ср)(*Y i*-*Y*ср).

В ячейку H2 ввести следующую расчетную формулу: *=D*2 \* *F*2.

Остальные ячейки столбца H заполнить с помощью маркера заполнения.

В строке *Итого* в столбцах D, E, F, G, H вычислить итоговые суммы. Перейти к вычислению *выборочных дисперсий* признаков *X* и *Y*: их необходимо рассчитать в строке 17.

В ячейке A17 ввести *DX* = . Выборочная дисперсия вычисляется по формуле:



Суммарные значения (*Xi* - *X*ср)2 были вычислены в ячейке E13, объем выборки *n* - B15. Таким образом, в ячейку B17 ввести следующую формулу: *=E*13 / *B*15.

В ячейке D17 ввести *DY* = . Выборочная дисперсия вычисляется по формуле:



Суммарные значения (*Yi* -*Y*ср)2 были вычислены в ячейке G13, объем выборки *n* — B15. Таким образом, в ячейку E17 введите следующую формулу: *=G*13 / *B*15.

Теперь вычислим выборочную ковариацию *KXY* . В ячейке A18 ввести *K XY*=. Выборочная ковариация вычисляется по формуле: 

Суммарные значения произведений (*Xi* - *X*ср) на (*Yi*-*Y*ср) были вычислены в ячейке H13, объем выборки *n* — B15. Таким образом, в ячейку B18 ввести следующую формулу: *=H*13 / *B*15.

Найти выборочный коэффициент корреляции *rXY* . В ячейке D18 ввести *rXY*. Выборочный коэффициент корреляции вычислить по формуле:



Таким образом, в ячейку E18 ввести следующую формулу: *=B*18 / КОРЕНЬ(*B*17\**E*17).

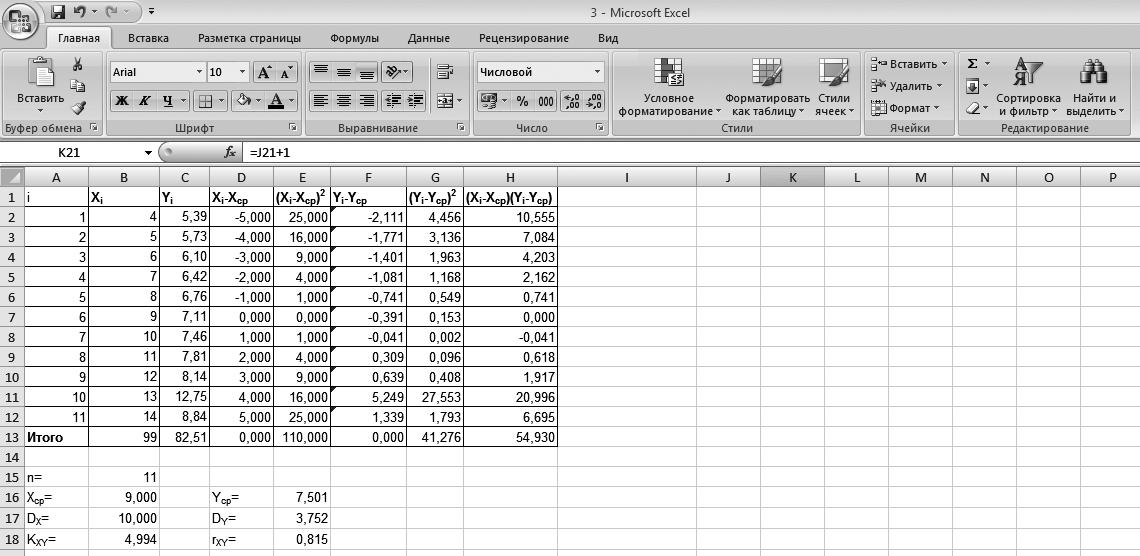
На данном этапе должны получиться результаты вычислений, как на рис. 3.

Рис. 3. Результаты вычислений

***Составление уравнения линейной регрессии***

Выборочная линейная регрессия *Y* на *X* по выборке (*Xi* ,*Yi*) определяетcя уравнением:



где выборочные коэффициенты регрессии:



β0 = *Y*ср - β1*X*ср.

Приступить к вычислению выборочных коэффициентов регрессии*.*

В ячейках A20 и A21 ввести b1 = , b0 = соответственно.

В ячейку B20 ввести следующую формулу: =*B*18 / *B*17.

В ячейку B21 ввести следующую формулу: =*E* 16- *B*20 \* *B*16.

Аналогично определяется уравнение выборочной линейной регрессии *X* на *Y* по выборке (*Xi* ,*Yi*):



где выборочные коэффициенты регрессии





Вычислим выборочные коэффициенты регрессии *X* на *Y.*

В ячейках A22 и A23 ввести  соответственно.

В ячейку B22 ввести следующую формулу: =*B*18 / *E*17.

В ячейку B23 ввести следующую формулу: =*B1*6- *B*22\* *E*16

В итоге должны получиться значения коэффициентов регрессии, как на рис. 4.



Рис. 4. Коэффициенты регрессии

Таким образом, уравнение выборочной линейной регрессии *Y* на *X* по выборке (*Xi* ,*Yi*) имеет вид: =3,00664+0,49936*x* , уравнение выборочной линейной регрессии *X* на *Y* по выборке (*Xi* ,*Yi*) имеет вид: =-0,98207+1,33078*y* .

Вычислить среднюю квадратическую погрешность уравнения линейной регрессии *Y* на *X* по формуле:



В ячейке A19 сделать подпись *SI*регр= . В ячейку B19 ввести следующую формулу:

=КОРЕНЬ(*E* 17\*(1 -*E*18)^2).

Теперь необходимо вычислить среднюю квадратическую погрешность уравнения линейной регрессии *X* на *Y* по формуле:



В ячейку D19 ввести *SI'*регр, а в ячейку E19 — следующую формулу:

=КОРЕНЬ(*B*17\*(1-*E*18)^2).

***Построение диаграмм***

Для построения линейной регрессии *Y* на *X* и *X* на *Y* заполнить ячейки I1, J1, K1 расчетной таблицы следующим образом:

* + в ячейку I1 введите заголовок *t*;
  + в ячейку J1 - *~~y~~*(*t*) ;
  + в ячейку K1 - *x*(*t*) .

В ячейке I2 набрать 3, в ячейке I3 — 4, далее выделить ячейки I2 и I3, подвести указатель мыши к маркеру заполнения и, удерживая левую кнопку мыши, потащить вниз до ячейки I19.

Теперь необходимо табулировать значение функции выборочной регрессии *Y* на *X*:



Перейти в ячейку J2 и ввести в нее формулу:

= $*B*21+$*B*20\**I*2 .

Далее заполнить значение функции выборочной регрессии *X* на *Y*: 

Перейти в ячейку K2 и ввести в нее формулу: =$*B*23 + $*B*22\**I*2.

Отсортировать столбец значений признака *Xi* по возрастанию. Для этого выделить диапазон ячеек B2 : B12, перейти на вкладку *Данные* и щелкнуть по кнопке «*Сортировка*».

Перейти к построению графиков функций регрессий и диаграммы рассеивания.

На вкладке *Вставка* в строке меню *Диаграммы* выбрать вид диаграммы *Точечная,* затем подвид диаграммы *Точечная с прямыми отрезками* (справаво втором ряду, рис. 4).

В результате на рабочем листе появится окно с пустой диаграммой. Для отображения на ней данных выполнить следующие действия:

1. В контекстном меню диаграммы выполнить пункт *Выбрать данные.*

2. В открывшемся окне в поле *Диапазон данных для диаграммы* указать ячейки, в которых находятся значения *~~y~~*(*t*) . В разделе *Элементы легенды* нажать *Изменить* и указать в поле *Значения X* ячейки, в которых находятся значения *t*. Нажать *ОК*.

3. Щелкнуть по кнопке*Добавить* в разделе *Элементы легенды* и указатьполе *Значения X* ячейки, в которых находятся значения *t*, в поле *Значения Y*ячейки, где находятся ***значения****x*(*t*) . Нажать *ОК*.

4. Еще раз нажать *Добавить* в разделе *Элементы легенды* и указать в поле *Значения X* ячейки, в которых находятся значения*Xi*, в поле *Значения Y* ячейки, в которых находятся значения *Yi* . Нажать *ОК*.

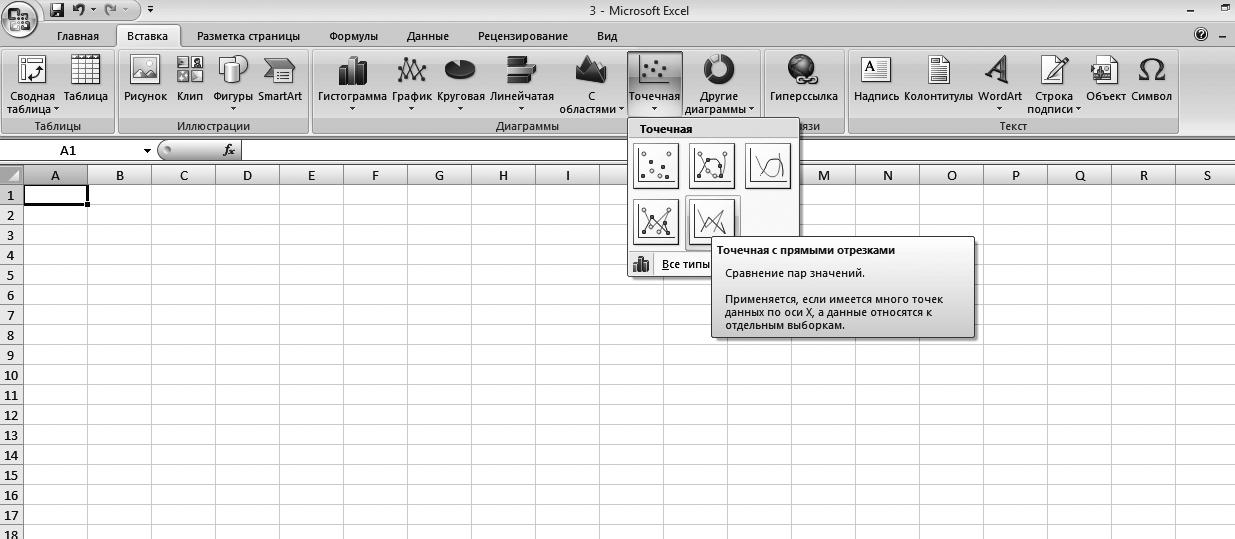


Рис. 5. Точечная диаграмма

В результате будет построено три графика в одном окне диаграммы (рис. 6).

Расположить диаграмму на отдельном листе с именем *Диаграмма рассеивания*. Для этого щелкнуть диаграмму, вызвать контекстное меню и выполнить пункт *Переместить диаграмму*. В появившемся окне в разделе *Разместить диаграмму* установить переключатель в положение *На отдельном листе* и ввести имя нового листа диаграммы в поле этого переключателя. Нажать *ОК*.

Щелкнуть по диаграмме, в командной строке *Работа с диаграммами* на вкладке *Макет* в группе *Фон* нажать на кнопку *Область построения*, выбрать в выпадающем меню вариант *Нет* (*удалить заливку области построения*).

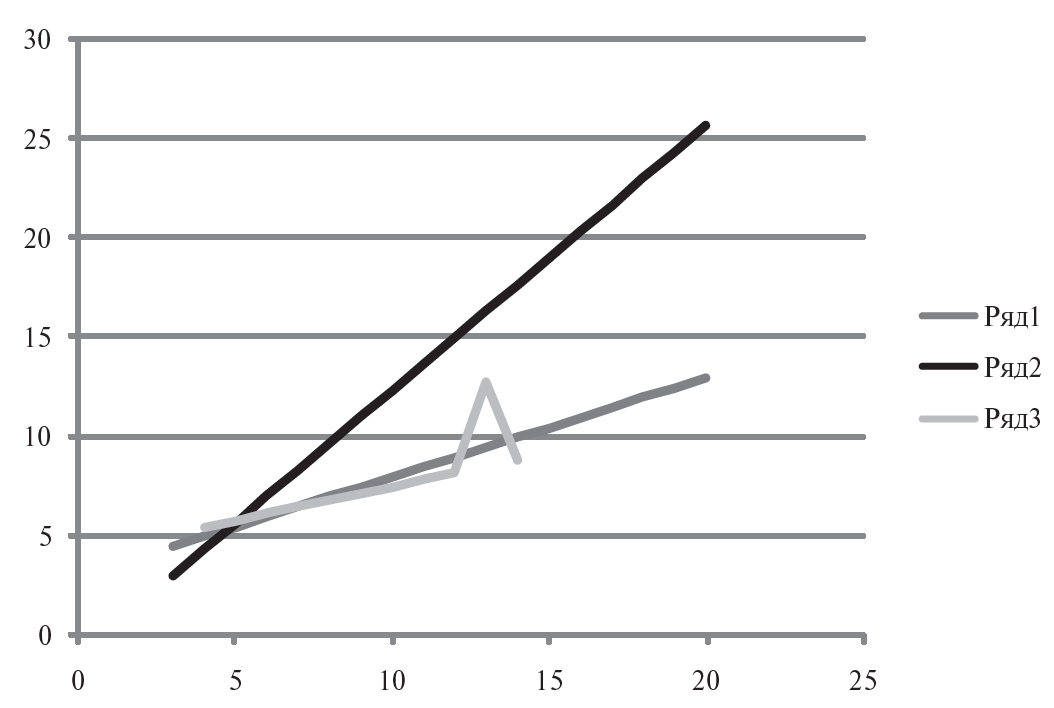


Рис. 6. Три ряда диаграммы

В группе *Оси* кнопки *Оси* и *Сетка* позволяют настроить отображение осейлиний сетки для диаграммы. Опции *Основная горизонтальная ось* и *Основная вертикальная ось* выбираются по умолчанию. Создать и горизонтальные, и вертикальные линии сетки для основных делений - опция *Основные линии сетки*.

Вызвать контекстное меню (щелкнуть правой кнопкой мыши) на линии регрессии *X* на *Y*, выбрать команду *Формат ряда данных*, пункт *Тип линии*, в подпункте *Тип штриха* установить *Штрих* (рис. 7).



Рис. 7. Формат ряда данных

Вызвать контекстное меню на линии рассеивания (*Xi* ,*Yi*), выбрать команду *Изменить тип диаграммы для ряда*, в открывшемся окне *Изменение типа диаграммы* выбрать *Точечная с маркерами* (рис. 8).

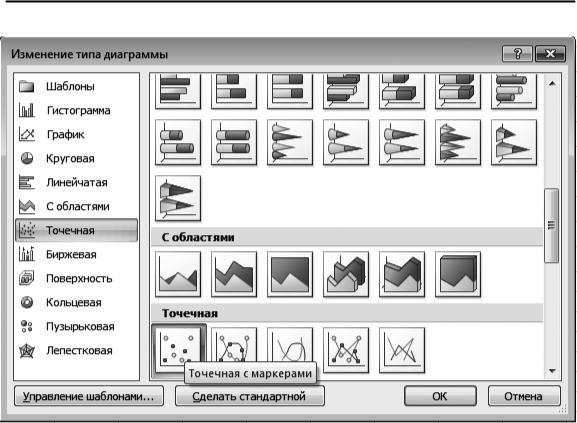


Рис. 8. Изменение типа диаграммы

Изменить тип маркера построенной точечной диаграммы на «кружок». Для этого снова вызвать контекстное меню построенных маркеров, выбрать команду *Формат ряда данных*, в пункте *Параметры маркера* установить тип *кружок*.

Добавить значения данных на диаграмме рассеивания. Щелкнуть правой кнопкой мыши на диаграмме рассеивания, выбрать пункт *Добавить подписи данных*.

Для настройки параметров горизонтальной и вертикальной осей (форматирование этих элементов диаграммы) следует перейти к окну *Формат оси с* помощью контекстного меню. Для горизонтальной и вертикальной оси выбрать на вкладке *Параметры оси* минимальное значение *3*, максимальное значение *20*, цена основных делений *1.*

Щелкнуть по диаграмме, в командной строке *Работа с диаграммами* на вкладке *Макет* в группе команд *Подписи* нажать кнопку *Названия осей*, выбрать *Название основной горизонтальной оси*, затем вариант *Название подосью*. Ввести вместо *Названия оси* обозначение*Xi*, затем перетащить его(методом «буксировки») в положение справа от оси. Выполнить аналогичные действия для названия основной вертикальной оси, введя обозначения для нее *Yi* и перетащив его в положение над осью. Щелкнув кнопку *Легенда*, выбрать вариант *Нет*. На рис. 9 приведены графики, которые должны получиться.

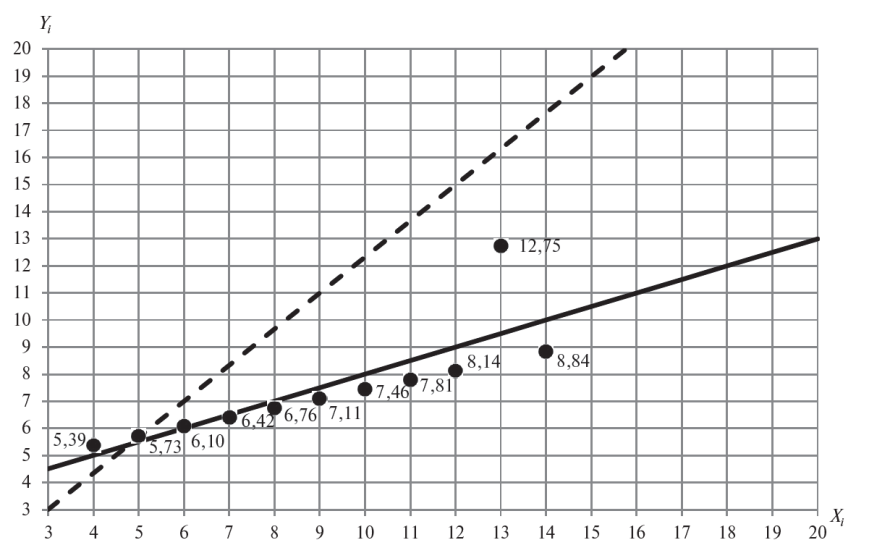


Рис. 9. Линии регрессии: cплошная прямая — регрессия *Y* на *X*; штриховая — регрессия *X* на *Y*; точки — диаграмма рассеивания

**Задача № 4. Построение кривой распределения по эмпирическим данным. Проверка гипотезы о нормальном распределении выборки**

В работа направлена на решение основной задачи математической статистики - определение вида распределения изучаемого признака на основе экспериментальных данных, проверку согласованности гипотезы о распределении генеральной совокупности с полученным выборочным распределением.

Цель работы:

► овладение способами построения эмпирической и теоретической кривой распределения;

► выработка умения и навыков применения критерия согласия Пирсона для проверки выдвинутой статистической гипотезы.

***Задача.*** Произведено статистическое наблюдение признака *X*, результаты которого приведены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы значений признака | 3,0–3,6 | 3,6–4,2 | 4,2–4,8 | 4,8–5,4 | 5,5–6,0 | 6,0–6,6 | 6,6–7,2 |
| Частота | 5 | 14 | 38 | 55 | 27 | 15 | 6 |

Построить эмпирическую и теоретическую кривую распределения. При уровне значимости α=0,01 проверить, согласуется ли гипотеза о нормальном распределении генеральной совокупности с полученным выборочным распределением.

***Порядок выполнения работы***

Запустить MicrosoftExcel, в новом документе удалить листы 2 и 3, сохранить файл в своей папке под именем «Задача 4». Далее необходимо периодически сохранять документ.

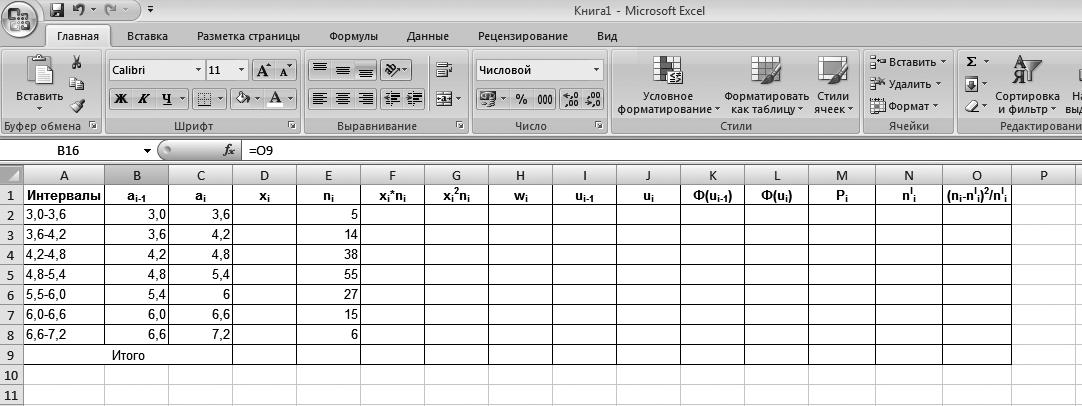
Переименовать Лист1 в Расчетная таблица. Расчетная таблица должна иметь следующий вид (рис. 1).

Рис. 1. Расчетная таблица

*Заполнение расчетной таблицы*

Набрать заголовки в первой строке. Чтобы сделать текст нижним или верхним индексом, можно действовать так: сначала набрать в ячейке B1 просто *a*i -1 , затем в строке формул выделить i-1, выбрать на вкладке *Главная Шрифт*, там, в разделе *Видоизменение*, установить галочку напротив надписи «подстрочный». Аналогично делаются индексы в остальных ячейках. Сделать заголовки полужирным, выравнивание по центру.

Ввести данные, известные из условия задачи: частоты *n*i , левые границы интервалов *a*i-1, правые границы *a*i .

В столбце D необходимо вычислить середины интервалов *x*i по формуле:



В ячейку D2 ввести следующую формулу: =(*B*2+*C*2)/2*.*

В остальные ячейки столбца D копируйте формулы с помощью маркера заполнения.

Далее заполните столбцы F и G по формулам:

*xini*=*xi*·*ni*,

*xi*2 ·*ni*= *x i*·*xi*·*ni*

соответственно. Для этого в ячейку F2 ввести следующую расчетную формулу:

*=D*2·*E*2,

в ячейку G2 - формулу:

*=D*2·*D*2·*E*2.

Остальные ячейки столбцов F и G заполнить с помощью маркера заполнения.

В строке *Итого* в столбцах E, F и G вычислить итоговые суммы. Для этого установить курсор мыши на ячейке E9 и нажать кнопку «*Автосумма*» на панели инструментов вкладки *Формула*. Ячейки F9 и G9 заполнить с помощью маркера заполнения.

***Вычисление числовых характеристик статистической выборки.***

В ячейке A12 сделать подпись *x*ср =. *Выборочное среднее* - среднее арифметическое значений выборки вычисляется по формуле:



Суммарные значения произведений *xini* мы вычислили в ячейке F9, суммарные значения *ni* - в ячейке E9. Таким образом, в ячейку B12 ввести следующую формулу:

*=F*9 / *E*9.

Аналогично в строке 13, в ячейке A13 ввести *x*2ср = и вычислить среднее арифметическое квадратов значений выборки *x*2ср по формуле:



Следующую строку отвести под *выборочную дисперсию D*В - среднее значение квадрата отклонения *xi* - *x*ср , которую необходимо вычислить по формуле:



В формулах Excel для операции возведения в степень используется символ ^ (он получается нажатием одновременно клавиш «Shift» и «6»). Итак, в ячейке A14 сделать подпись D(X) = , в ячейку B14 ввести формулу: = B13 - B12 ^ 2 .

В следующей строке выборочное среднее квадратическое отклонение  необходимо подписать как SI (X) (ячейка A15) и вычислить значение по формуле:



Для вычисления корня перейти в ячейку B15, на панели инструментов вкладки *Формула* нажмите кнопку «*Вставить функцию fx*». В открывшемся окне *Мастера функций* выбрать в списке категорий *Математические*, в списке функций, используя полосу прокрутки, выбрать *КОРЕНЬ*, щелкнуть *OK,* далее в окне *Аргументы функции* в поле *Число* ввести адрес ячейки B14, нажать *OK*.

Заполнить столбец *относительных частот wi* согласно формуле:



В ячейку H2 ввести формулу: *=E*2/$*E*$9.

Для проверки подсчитать итоговую сумму в столбце H, которая должна быть равна 1.

На данном этапе выполнения работы должна получиться расчетная таблица, как показано на рис. 2.

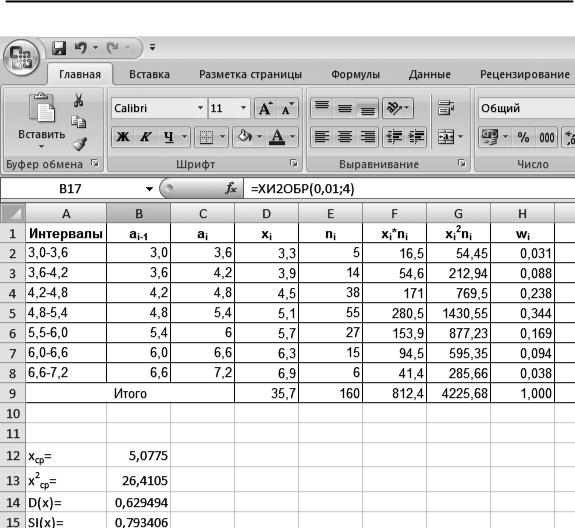


Рис.2. Промежуточные результаты расчетной таблицы

***Построение гистограммы относительных частот вариационного ряда***

Построим гистограмму относительных частот вариационного ряда.

На вкладке *Вставка* в строке меню *Диаграммы* выбрать вид диаграммы *Гистограмма,* затем подвид диаграммы *Гистограмма с группировкой* (слева в первом ряду).

В результате на рабочем листе появится окно с пустой диаграммой. Для отображения на ней данных выполнить следующие действия:

1. В контекстном меню диаграммы выполнить пункт *Выбрать данные.*

2. В открывшемся окне в поле *Диапазон данных для диаграммы* указать ячейки, в которых находятся относительные частоты *wi*. В разделе *Подписигоризонтальной оси* нажать *Изменить* и указать в поле *Диапазон подписей оси* ячейки, в которых находятся средины интервалов *xi*. Нажать *ОК*.

***Редактирование гистограммы***

Щелкнуть по диаграмме, на вкладке *Макет* в группе *Фон* нажать на кнопку *Область построения*, выбрать в выпадающем меню вариант *Нет* (*удалить заливку области построения*).

Нажать правую клавишу мыши на одном из столбцов построенной гистограммы, выбрать команду *Формат ряда данных*, пункт *Параметры ряда*, там установить *Боковой зазор* 0 %, в пункте *Заливка* установить флажок *Разноцветные точки*.

Щелкнуть кнопку *Названия осей*, далее выбрать *Название основной горизонтальной оси*, затем вариант *Название под осью*. Ввести вместо *Названия оси Интервалы*.

Поместить диаграмму на *отдельном листе* с именем *Гистограмма*. Для этого щелкнуть диаграмму, на вкладке *Конструктор* в группе *Расположение* нажать кнопку *Переместить диаграмму*. В появившемся окне в разделе *Разместить диаграмму* установить переключатель в положение *На отдельном листе* и ввести имя нового листа диаграммы в поле этого переключателя. Нажать *ОК*.

На рис. 3 приведена гистограмма, которую необходимо получить.

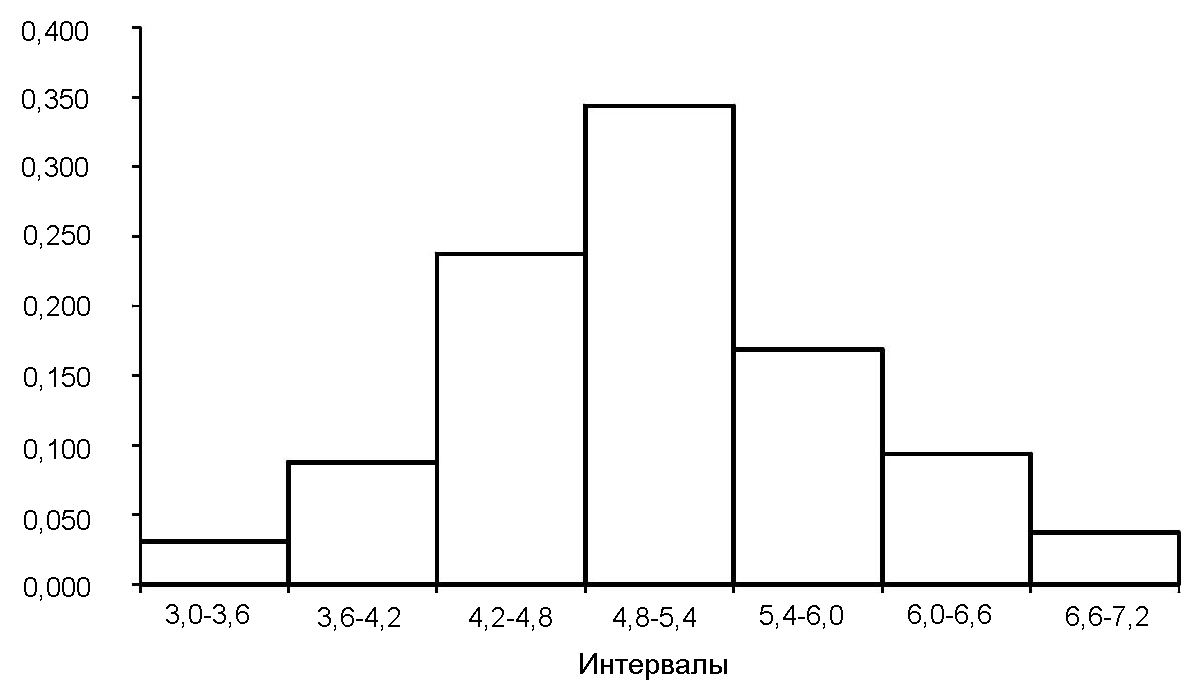


Рис. 3. Гистограмма

***Проверка согласованности эмпирического распределения с теоретическим нормальным распределением***

По виду эмпирической кривой распределения (рис. 3) можно сделать предположение, что основная гипотеза H0 о нормальном распределении генеральной совокупности будет принята.

Нормальное распределение полностью определяется двумя неизвестными параметрами  и , поэтому, прежде всего, необходимо вычислить точечные оценки, ,  этих параметров:

==*x*ср=5, 0775,

\* = \*= *D*(*X*) = 0,6295.

Таким образом, точечные оценки параметров ,  нормального распределения уже посчитаны в ячейках B12 и B14 расчетной таблицы соответственно. То есть в качестве теоретического закона выбирается следующая функция плотности:



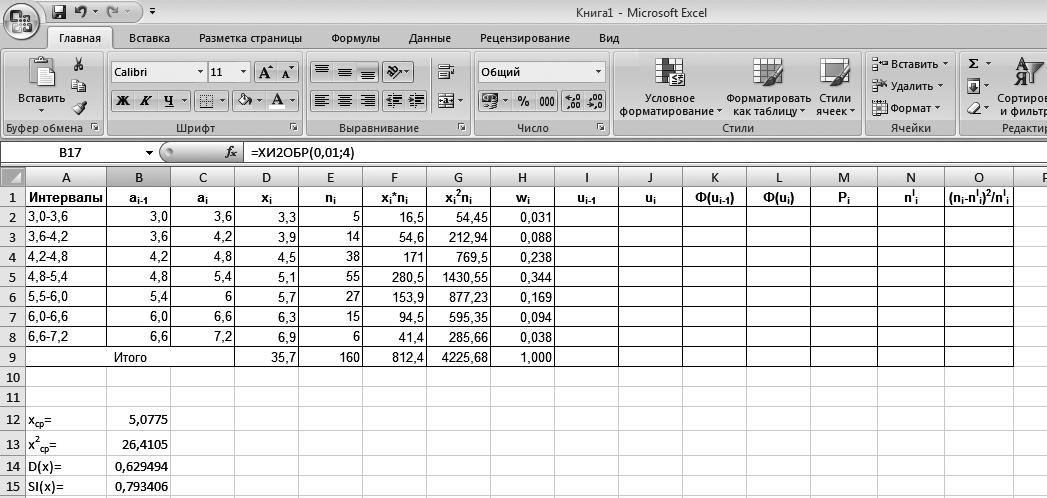
Для проверки гипотезы о таком предполагаемом теоретическом законе добавить к расчетной таблице дополнительные столбцы по образцу, представленному на рис. 4.

Рис. 4. Дополнительные столбцы расчетной таблицы

В столбце I необходимо вычислить левые концы интервалов *ui*-1 по формуле:



В ячейку I2 ввести . В ячейку I3 ввести следующую формулу: (B3-$B$12)/$B$15.

В остальные ячейки столбца I скопировать формулы с помощью маркера заполнения.

В столбце J необходимо вычислить правые концы интервалов *ui* по формуле: 

В ячейку J2 введите следующую формулу: (C2-$B$ 12)/$B$15.

В диапазон ячеек J3-J7 столбца J скопировать формулы с помощью маркера заполнения. В ячейку J8 ввести  .

Далее заполнить столбцы K и L по таблице *значений функции Лапласа* (прил. 1), причем Ф()= -0,5 , Ф() = 0, 5 .

Заполнить столбец M вероятностей *Pi* по формуле: *Pi*= Ф(*ui*)- Ф(*ui*-1).

В ячейку M2 ввести следующую формулу: =(*L*2-*K*2) *.*

В остальные ячейки столбца M9 скопировать формулы с помощью маркера заполнения. В ячейке M9 вычислить сумму вероятностей: она должна равняться *единице*.

***Проверьте!***

Далее заполнить столбец N теоретических частот по формуле: .

В ячейку N2 ввести следующую формулу: =$*E*$9 \* *M*2 *.*

В остальные ячейки столбца N скопировать формулы с помощью маркера заполнения. В ячейке N9 вычислить сумму теоретических частот .

Заполнить столбец O - величина отношения квадрата отклонения теоретической частоты от эмпирической к теоретической частоте: .

В ячейку O2 ввести следующую формулу: 

В остальные ячейки столбца O скопировать формулы с помощью маркера заполнения. В ячейке O9 вычислить сумму теоретических частот отношений то есть переменную критерия 

В ячейке A16 ввести , в ячейку B16 скопировать значения ячейки O9. Окончательно должны получиться результаты, как на рис. 5

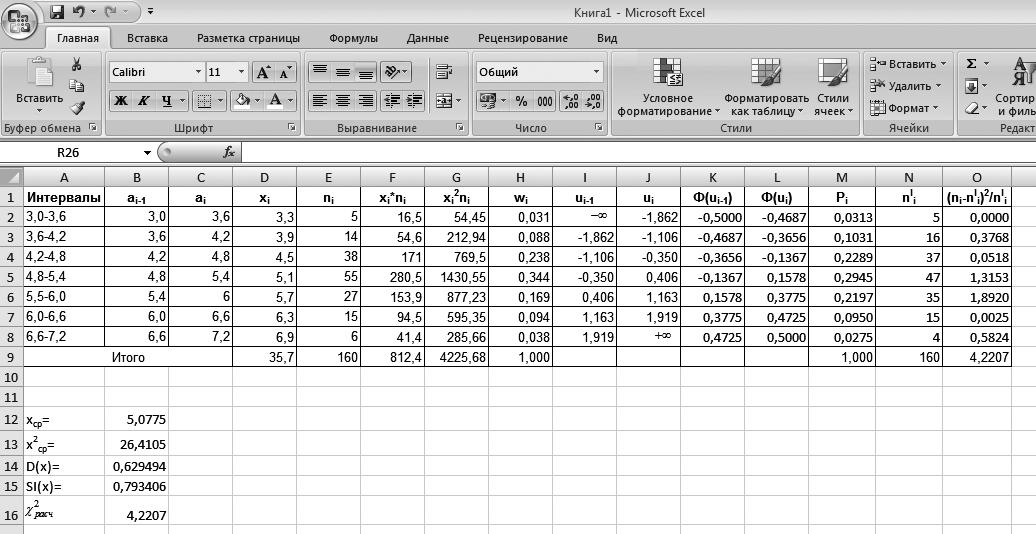


Рис. 5. Таблица результатов

Определим число степеней свободы *k* = *s* - 3 = 7 - 3 = 4 . При уровне значимости α = 0,01 и числе степеней свободы *k* = 4 найдем табличное значение = 13,2767 (прил. 4). В то же время = 4,2207 (см. рис. 5), то есть <, и, следовательно, гипотеза о нормальном распределении генеральной совокупности с выбранным теоретическим *f*(*x*) законом *принимается*.

***Построение эмпирической и теоретической кривых распределения.***

Необходимо построить *эмпирическую* и *теоретические* кривые распределения, то есть кривую *частот ni* вариационного ряда и *теоретических частот*. На вкладке *Вставка* в строке меню *Диаграммы* выбрать вид диаграммы *Точечная,* затем подвид диаграммы *Точечная с прямыми отрезками*.

В результате на рабочем листе появится окно с пустой диаграммой. Для отображения на ней данных выполнить следующие действия:

1. В контекстном меню диаграммы выполнить пункт*Выбрать данные.*

2. В открывшемся окне в поле *Диапазон данных для диаграммы* указать ячейки, в которых находятся эмпирические частоты *ni* , ячейки, в которых находятся теоретические частоты **, и ячейки, в которых находятся середины интервалов *xi* . Нажать *ОК*.

*Редактирование кривых*

Расположить диаграмму на *отдельном листе* с именем *Кривые распределения*. Для этого щелкнуть диаграмму, вызвать контекстное меню и выполнитьпункт*Переместить диаграмму*. В появившемся окне в разделе*Разместить диаграмму* установить переключатель в положение *На отдельном листе* и ввести имя нового листа диаграммы в поле этого переключателя. Нажать *ОК*.

Щелкнуть по диаграмме, в командной строке *Работа с диаграммами* на вкладке *Макет* в группе *Фон* нажать на кнопку *Область построения*, выбрать в выпадающем меню вариант*Нет* (*удалить заливку области построения*).

В группе *Оси* кнопки *Оси* и *Сетка* позволяют настроить отображение осей и линий сетки для диаграммы. Опции *Основная горизонтальная ось* и *Основнаявертикальная ось* выбираются по умолчанию. Создать и горизонтальные, и вертикальные линии сетки для основных делений - опция *Основные линии сетки*.

Вызвать контекстное меню (щелкните правой кнопкой мыши) на линии теоретических частот, выбрать команду Формат ряда данных, пункт Тип линии, в подпункте Тип штриха установить Штрих.

Для настройки параметров горизонтальной и вертикальной осей (форматирование этих элементов диаграммы) следует перейти к окну *Формат оси* с помощью контекстного меню. Для *горизонтальной* оси выбрать на вкладке *Параметры оси* минимальное значение *3,3*; максимальное значение *6,9*; цену основных делений *0,6*; для *вертикальной* оси — минимальное значение *0*, максимальное значение *60*, цену основных делений *10.*

Щелкнуть по диаграмме, в командной строке *Работа с диаграммами* на вкладке *Макет* в группе команд *Подписи* нажать кнопку *Названия осей*, выбрать *Название основной горизонтальной оси*, затем вариант *Название подосью*. Ввести вместо *Названия оси* обозначение *x* , затем перетащить его (методом «буксировки») в положение справа от оси. Выполнить аналогичные действия для названия основной вертикальной оси, введя обозначения для нее *Частота* и перетащив его в положение над осью. Щелкнув кнопку *Легенда*, выбрать вариант *Нет*.

На рис. 6 приведены кривые, которые необходимо получить.

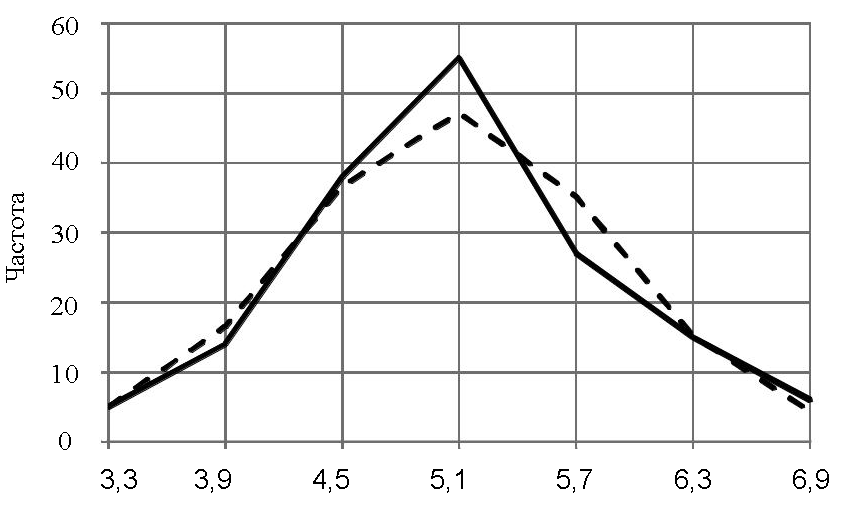
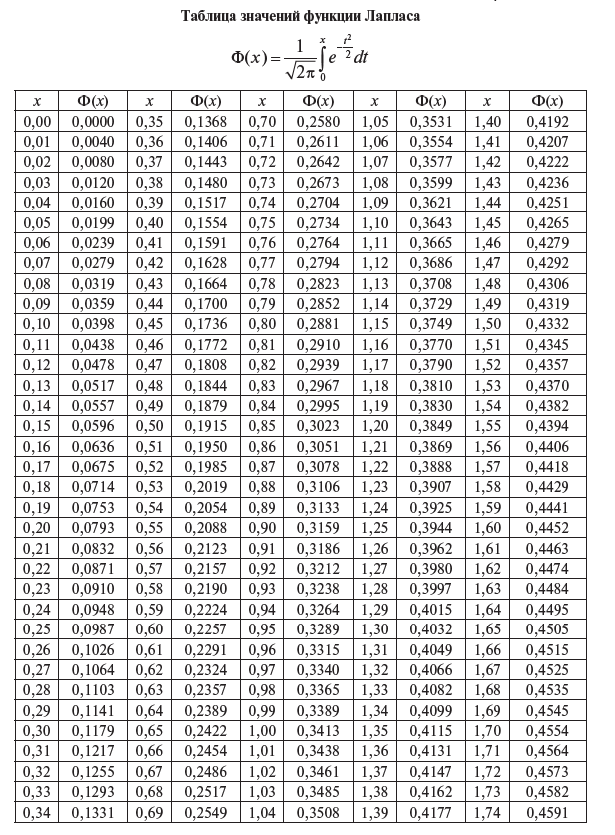


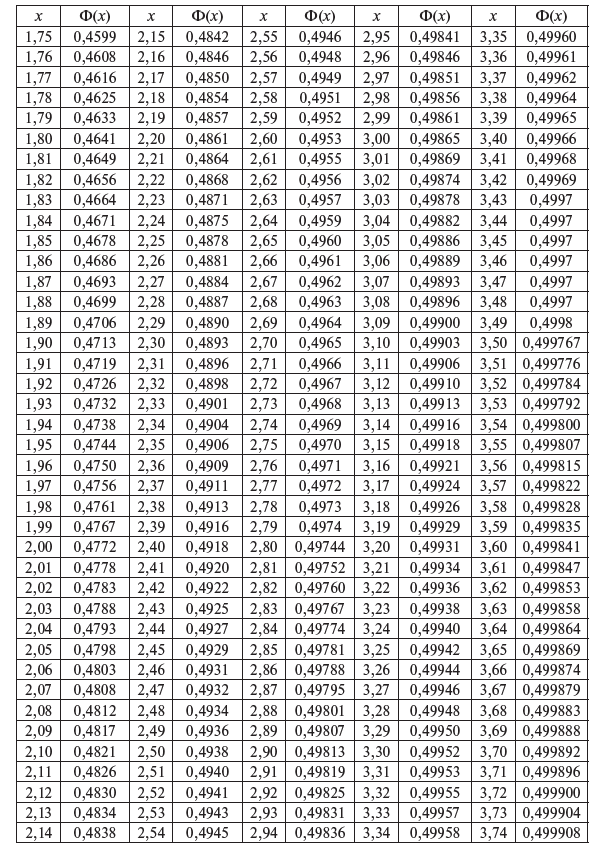
Рис. 6. Кривые распределения:

сплошная — эмпирическая; штриховая — теоретическая

Приложение 1



Приложение 1 (продолжение)



Приложение 1 (продолжение)

