

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 19.09.2024 18:59:05  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра управления качеством, метрологии и сертификации

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
«19» 02 2018 г.



## ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Методические указания по выполнению лабораторной  
и самостоятельной работы бакалавров и магистров, изучающих  
дисциплины «Управление качеством» и  
«Управление качеством продукции»

Курск 2018

УДК 658.5

Составитель: С.В. Ходыревская

Рецензент

Доктор технических наук, профессор В.В. Куц

**Инструменты контроля и управления качеством:** методические указания по выполнению лабораторной и самостоятельной работы бакалавров и магистров, изучающих дисциплины «Управление качеством» и «Управление качеством продукции» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. Курск, 2018. 34 с. Библиогр.: с. 33.

Излагаются краткие теоретические сведения об инструментах контроля и управления качеством. Рассмотрены примеры построения различных видов графиков, гистограммы, диаграммы Парето и контрольных карт Шухарта в среде LibreOffice. Приведены задания для самостоятельного выполнения, а также вопросы для самопроверки и подготовки.

Методические указания соответствуют Федеральным Государственным образовательным стандартам направления: 27.04.05 «Инноватика», 29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности».

Предназначены для бакалавров и магистров всех форм обучения всех направлений подготовки, изучающих дисциплины «Управление качеством» и «Управление качеством продукции».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *14.02.18*. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 2. Уч. - изд. л. 1,8. Тираж 50 экз. Заказ *1255*.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**1 Цель работы:** изучить инструменты контроля и управления качеством и получить навыки их построения в среде LibreOffice.

## **2 Задания для самостоятельного выполнения:**

**Задание 1.** Построить график, выраженный ломанной линией, столбчатый график, круговую диаграмму, ленточный график, радиационную диаграмму зависимости брака (шт.) от номера участка по цеху 2 на основании данных полученных в течение года. Сделать выводы.

**Задание 2.** Выполнить расчёты и построения в соответствии с примером. И построить гистограмму по результатам измерения длины деталей, мм. Сделать выводы.

**Задание 3.** Выполнить расчёты и построения в соответствии с примером, включая, диаграмму Парето по причинам по данным, выданным преподавателем. Сделать выводы.

**Задание 4.** Выполнить расчёты и построения в соответствии с примером и построить контрольную  $\bar{x} - R$  – карту по результатам измерения некоторого параметра качества, представленным в таблице. Провести статистический анализ процесса.

## **3. Теоретические сведения**

### **3.1 Графики**

Графики используются для визуального (наглядного) представления табличных данных, что упрощает их восприятие и анализ.

Обычно графики применяются на начальном этапе количественного анализа данных. Также они широко используются для анализа результатов исследований, проверки зависимостей между переменными, прогнозированию тенденции изменения состояния анализируемого объекта.

Наибольшее распространение получили следующие виды графиков:

**I. График в виде ломаной линии.** Применяется для отображения изменения состояния показателя с течением времени.

Методика построения:

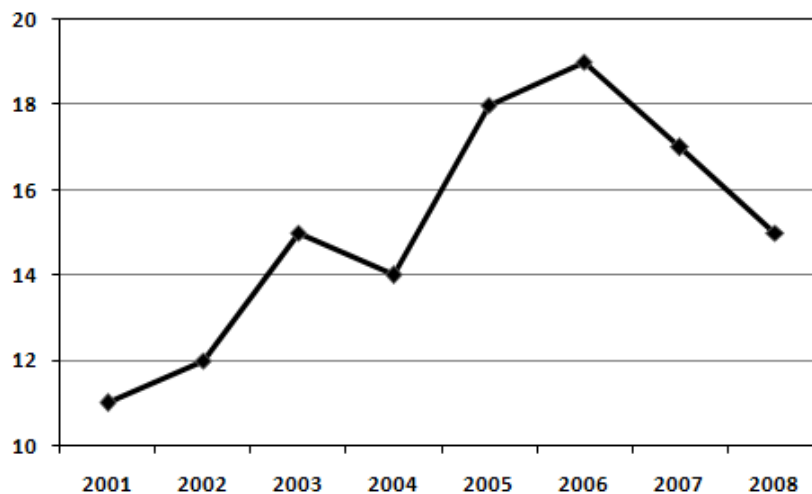
1. Постройте горизонтальную и вертикальную оси.

2. Горизонтальную ось разделите на интервалы времени, в течение которых производилось измерение показателя.

3. Выберите масштаб и отображаемый диапазон значений показателя так, чтобы все значения исследуемого показателя за рассматриваемый период времени входили в выбранный диапазон. На вертикальную ось нанесите шкалу значений в соответствии с выбранным масштабом и диапазоном.

4. Нанесите точки фактических данных на график. Положение точки соответствует: по горизонтали – интервалу времени, в которое получено значение исследуемого показателя, по вертикали – значению полученного показателя.

5. Соедините полученные точки отрезками прямых.



Для увеличения эффективности использования графика можно одновременно построить (а затем и сравнить) графики по нескольким источникам.

Шкалу значений рассматриваемого показателя для графика в виде ломаной линии лучше начинать не с нуля (в отличие скажем от столбчатых диаграмм). Это позволяет более детально продемонстрировать изменения показателя, даже если они незначительны по сравнению с величиной самого показателя.

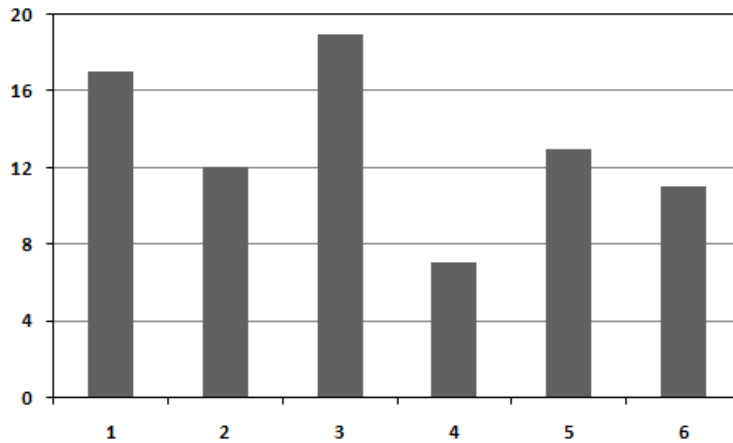
**II. Столбчатый график.** Представляет собой последовательность значений в виде столбиков.

Методика построения:

1. Постройте горизонтальную и вертикальную оси.
2. Горизонтальную ось разделите на интервалы в соответствии с числом контролируемых факторов (признаков).
3. Выберите масштаб и отображаемый диапазон значений

показателя так, чтобы все значения исследуемого показателя за рассматриваемый период времени входили в выбранный диапазон. На вертикальную ось нанесите шкалу значений в соответствии с выбранным масштабом и диапазоном.

4. Для каждого фактора постройте столбик, высота которого равна полученной величине исследуемого показателя для этого фактора. Ширина столбиков должна быть одинаковой.



Иногда для более наглядного представления данных можно составить общий график для нескольких исследуемых показателей, объединенных по группам столбиков (это более эффективно, чем составлять график для каждого показателя отдельно).

**III. Круговой (кольцевой) график.** Применяется для отображения соотношения между составляющими показателя и самим показателем, а также составляющих показателя между собой.

Методика построения:

1. Пересчитайте составляющие показателя в процентные доли от самого показателя. Для этого величину каждой составляющей показателя разделите на величину самого показателя и умножьте на 100. Величина показателя может быть вычислена как сумма значений всех составляющих показателя.

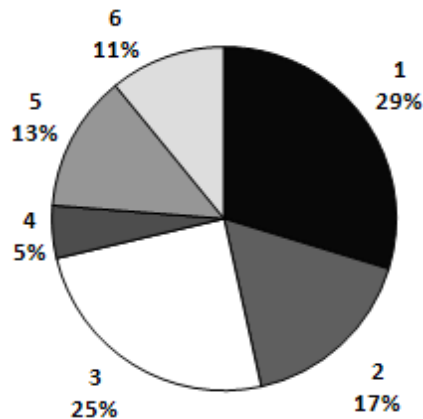
2. Рассчитайте угловой размер сектора для каждой составляющей показателя. Для этого умножьте процентную долю составляющей на 3,6.

3. Начертите круг. Он будет обозначать рассматриваемый показатель.

4. От центра круга до его края проводите прямую (другими словами - радиус). Используя эту прямую (с помощью транспортира) отложите угловой размер и начертите сектор для составляющей

показателя. Вторая прямая, ограничивающая сектор служит основой для откладывания углового размера сектора следующей составляющей. Так продолжайте до тех пор, пока не начертите все составляющие показателя.

5. Проставьте название составляющих показателя и их доли в процентах. Сектора необходимо обозначить различными цветами или штриховкой, чтобы они четко различались между собой.



Кольцевой график применяется, если составляющие рассматриваемого показателя нужно разбить на более мелкие составляющие.

**IV. Ленточный график.** Ленточный график, как и круговой, используется для наглядного отображения соотношения между составляющими какого-либо показателя, но в отличие от кругового, он позволяет показать изменения между этими составляющими с течением времени.

Методика построения:

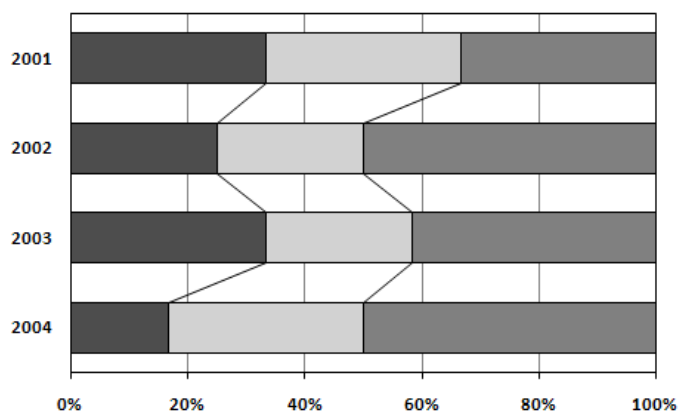
1. Постройте горизонтальную и вертикальную оси.
2. На горизонтальную ось нанесите шкалу с интервалами (делениями) от 0 до 100%.
3. Вертикальную ось разделите на интервалы времени, в течение которых производилось измерение показателя. Рекомендуется откладывать интервалы времени сверху вниз, т.к. человеку легче воспринять изменение информации именно в этом направлении.
4. Для каждого интервала времени постройте ленту (полоска, шириной от 0 до 100%), которая обозначает рассматриваемый показатель. При построении оставьте небольшое пространство между лентами.

5. Составляющие показателя пересчитайте в процентные доли от самого показателя. Для этого величину каждой составляющей показателя разделите на величину самого показателя и умножьте на 100. Величина показателя может быть вычислена как сумма значений всех составляющих показателя.

6. Разделите ленты графика на зоны таким образом, чтобы ширина зон соответствовала размеру процентной доли составляющих показателя.

7. Соедините границы зон каждой составляющей показателя всех лент между собой отрезками прямых.

8. Нанесите название каждой составляющей показателя и ее доли в процентах на график. Обозначьте зоны различными цветами или штриховкой, чтобы они четко различались между собой.



**V. Z-образный график.** Применяется для определения тенденции изменения фактических данных, регистрируемых за определенный период времени или для выражения условий достижения намеченных значений.

Методика построения:

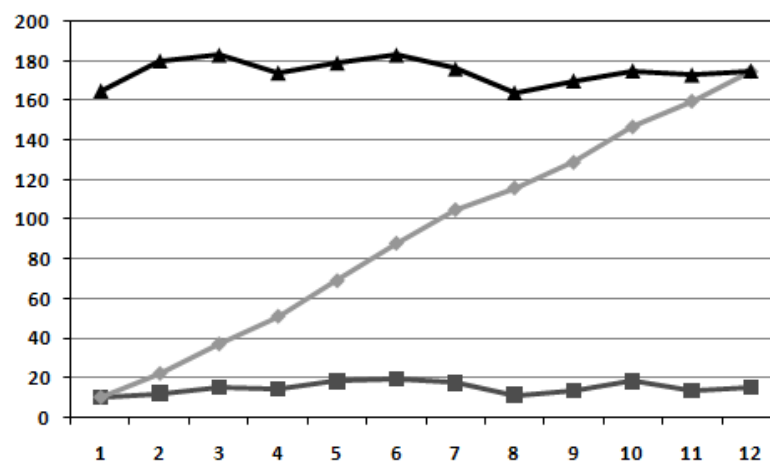
1. Постройте горизонтальную и вертикальную оси.  
2. Горизонтальную ось разделите на 12 месяцев исследуемого года.

3. Выберите масштаб и отображаемый диапазон значений показателя так, чтобы все значения исследуемого показателя за рассматриваемый период времени входили в выбранный диапазон. В связи с тем, что Z-образный график состоит из 3 графиков в виде ломаной линии, значения для которых еще нужно высчитывать, возьмите диапазон с запасом. На вертикальную ось нанесите шкалу значений в соответствии с выбранным масштабом и диапазоном.

4. Отложите значения исследуемого показателя (фактические данные) по месяцам за период одного года (с января по декабрь) и соедините их отрезками прямой. В результате получается график, образуемый ломаной линией.

5. Постройте график рассматриваемого показателя с накоплением по месяцам (в январе точка графика соответствует значению рассматриваемого показателя за январь, в феврале точка графика соответствует сумме значений показателя за январь и февраль и т.д.; в декабре значение графика будет соответствовать сумме значений показателя за все 12 месяцев – с января по декабрь текущего года). Построенные точки графика соедините отрезками прямых.

6. Постройте график меняющегося итога рассматриваемого показателя (в январе точка графика соответствует сумме значений показателя с февраля предыдущего года по январь текущего года, в феврале точка графика соответствует сумме значений показателя с марта предыдущего года по февраль текущего года и т.д.; в ноябре точка графика соответствует сумме значений показателя с декабря предыдущего года по ноябрь текущего года и в декабре точка графика соответствует сумме значений показателя с января текущего года по декабрь текущего года, т.е. меняющийся итог представляет собой сумму значений показателя за год, предшествующий рассматриваемому месяцу). Построенные точки графика также соедините отрезками прямых.



Свое название Z-образный график получил в связи с тем, что составляющие его 3 графика имеют вид буквы Z.

По меняющемуся итогу можно оценить тенденцию изменения



исследуемого показателя за длительный период. Если вместо меняющегося итога нанести на график планируемые значения, то с помощью Z-графика можно определить условия для достижения заданных значений.

### 3.2 Гистограмма

Гистограмма – инструмент, позволяющий зрительно оценить распределение статистических данных, сгруппированных по частоте попадания в определенный (заранее заданный) интервал. В классическом варианте гистограмма используется для определения проблем при помощи анализа формы разброса значений, центрального значения, его близости к номиналу, характера рассеивания:

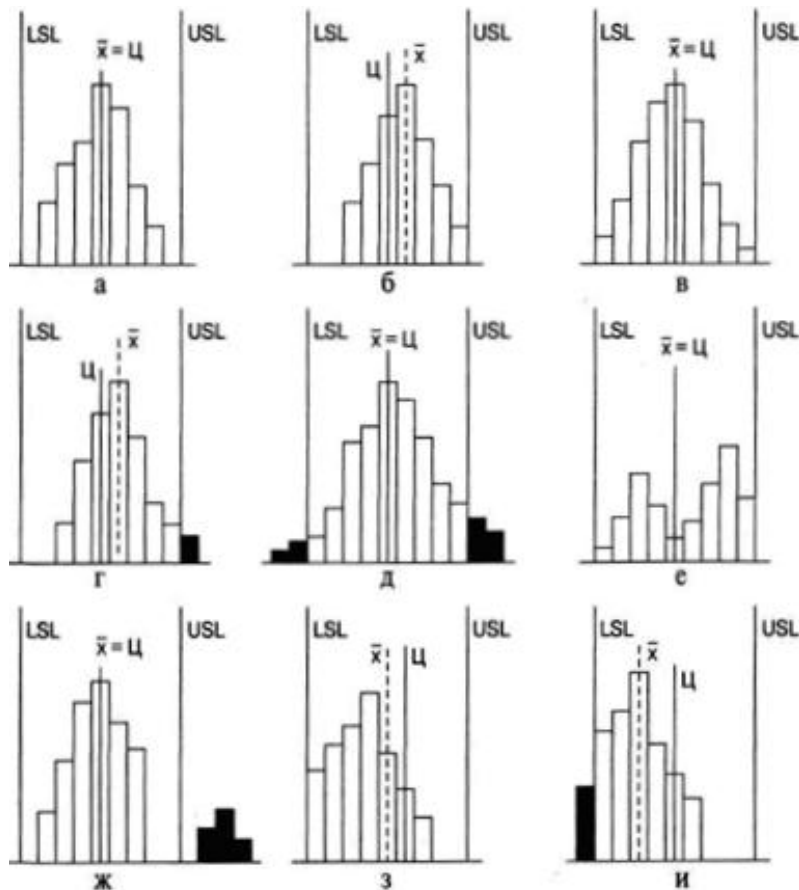


Рис. 1. Варианты расположения гистограммы по отношению к технологическому допуску

Краткие комментарии: а) всё хорошо: среднее совпадает с номиналом, вариабельность в пределах допусков; б) следует сместить среднее для совпадения с номиналом; в) следует уменьшить

рассеивание; г) следует сместить среднее и уменьшить рассеивание; д) следует значительно уменьшить рассеивание; е) смешаны две партии; следует разбить на две гистограммы, и проанализировать их; ж) аналогично предыдущему пункту, только ситуация более критичная; з) необходимо понять причины такого распределения; «обрывистый» левый край, говорит о каких-то действиях в отношении партий деталей; и) аналогично предыдущему.

Вот какие гистограммы строили в течение нескольких лет для изучения времени обслуживания клиентов на складе:

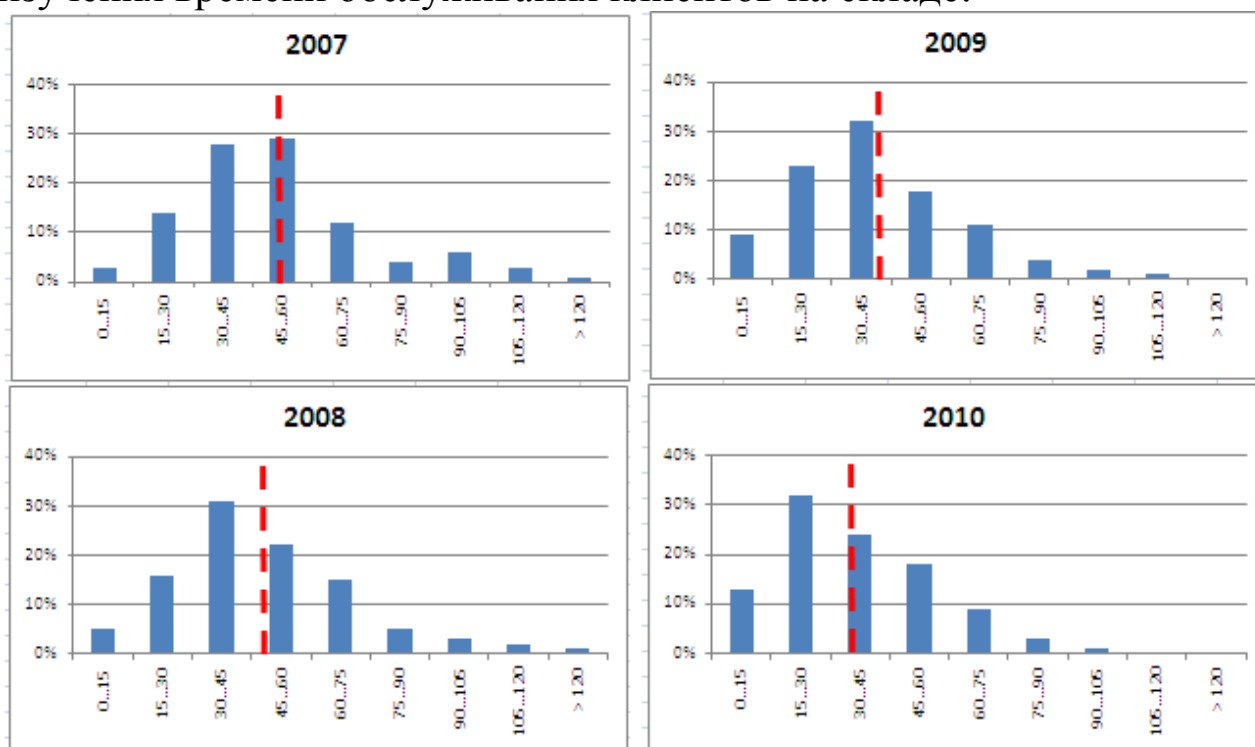


Рис. 2. Гистограмма. Время обслуживания клиентов на складе.

По оси абсцисс – 15-минутные диапазоны времени обслуживания клиентов на складе; по оси ординат – доля заявок обслуженных в выделенном диапазоне времени от общего числа заявок за год. Красная пунктирная линия показывает среднее время обслуживания в течение года.

### 3.3 Диаграмма Парето

Диаграмма Парето строится в виде столбчатого графика и показывает в убывающем порядке относительное влияние каждой причины на общую проблему. Кроме того, на диаграмме обычно приводят кумулятивную кривую накопленного процента причин.

Диаграмма Парето позволяет анализировать проблемы из любой сферы деятельности предприятия, в том числе в сфере управления качеством. Причины изменений качества делятся на две группы: немногочисленные существенно важные и многочисленные несущественные. Устраняя причины первой группы, можно устранить почти все потери, вызванные снижением качества.

Диаграмму Парето целесообразно применять вместе с причинно-следственной диаграммой.

При использовании диаграммы Парето обычно сначала строят диаграмму по результатам деятельности для выявления главной из существующих проблем. Затем строят диаграмму по причинам для выявления главных причин этой проблемы и её решения и т.д. После проведения корректирующих мероприятий диаграмму Парето можно вновь построить и проверить эффективность проведённых улучшений.

При использовании диаграммы Парето для контроля важнейших факторов распространён АВС-анализ. Например, если на складе находится большое число деталей, проводить контроль всех деталей без всякого различия неэффективно. Но если разделить детали на группы по их стоимости, то на долю группы наиболее дорогих деталей (группа А), составляющих 20-30% от общего числа деталей, придётся 70-80% от общей стоимости всех деталей. На долю группы самых дешёвых деталей (группа С), составляющей 40-50% от всего количества деталей, придётся всего 5-10% от общей стоимости. Стоимость промежуточной группы (группа В) составляет 20-30% от общей стоимости. Контроль деталей на складе будет эффективным, если контроль деталей группы А будет самым жёстким, а контроль деталей группы С – упрощённым.

Рекомендуется составлять несколько вспомогательных диаграмм, входящих в состав группы А, с тем чтобы, последовательно анализируя их, в конечном итоге составить отдельную диаграмму Парето для конкретных явлений недоброкачества.

### ***3.4 Контрольная карта Шухарта***

Контрольные карты используются для статистического контроля и регулирования технологического процесса. На контрольную карту наносят значения некоторой статистической

характеристики (точки), рассчитываемые по данным выборок в порядке их получения, верхнюю и нижнюю контрольные границы  $K_B$  (или UCL) и  $K_H$  (или LCL), верхнюю и нижнюю границы технических допусков  $T_B$  и  $T_H$  (при их наличии), а также среднюю линию (CL). Иногда используют также предупредительные границы  $K_{п}$ . Для расчёта границ и построения контрольной карты используют обычно 20...30 точек. Пример контрольной карты представлен на рисунке 3.

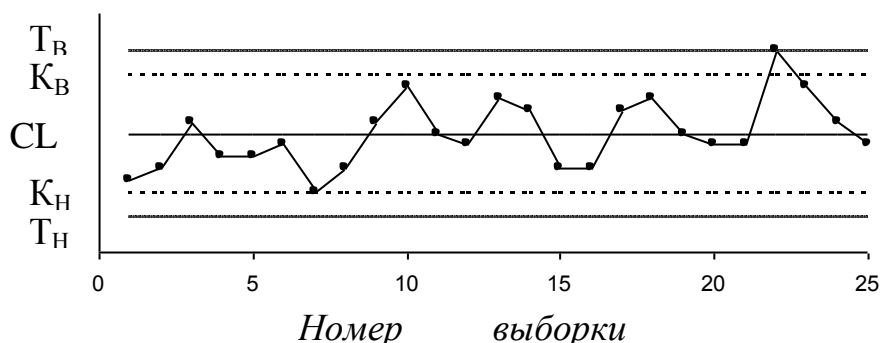


Рис.3. Пример контрольной карты

По положению точек относительно границ судят о налаженности или разлаженности технологического процесса. Обычно процесс считают разлаженным в следующих случаях:

1. Некоторые точки выходят за контрольные пределы.
2. Серия из семи точек оказывается по одну сторону от средней линии. Кроме того, если по одну сторону от средней линии находятся:
  - а) десять из серии в одиннадцать точек
  - б) двенадцать из четырнадцати точек
  - в) шестнадцать из двадцати точек
3. Имеется тренд (дрейф), т.е. точки образуют непрерывно повышающуюся или непрерывно понижающуюся кривую.
4. Две – три точки оказываются за предупредительными двухсигмовыми границами
5. Приближение к центральной линии. Если большинство точек находится внутри полуторасигмовых линий, это значит, что в подгруппах смешиваются данные из различных распределений
6. Имеет место периодичность, т.е. то подъём, то спад с примерно одинаковыми интервалами времени

7. Контрольные границы шире поля допуска. В идеальном случае достаточно, чтобы контрольные границы составляли  $\frac{3}{4}$  величины поля допуска.

Если процесс налажен (достигнута необходимая точность и стабильность), на контрольную карту продолжают наносить точки, но через 20...30 точек пересчитывают контрольные границы. Они должны совпадать с исходными границами. Если контрольная карта показывает, что процесс разлажен, находят причины разладки и производят наладку.

Бывают контрольные карты по количественным признакам (для непрерывных значений) и по качественным признакам (для дискретных значений). По количественным признакам используют в основном следующие контрольные карты:

- карта средних арифметических значений ( $\bar{x}$ -карта)
- карта медиан ( $\tilde{x}$ -карта)
- карта средних квадратичных отклонений (s-карта)
- карта размахов (R-карта)
- карта индивидуальных значений (x-карта)

**Карта средних значений** используется для контроля отклонения параметра от нормы и настройки на норму. Точки на контрольной карте – это средние значения небольших выборок, обычно одинакового объёма, из 3...10 элементов:

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n}$$

где  $n$  – объём выборки (подгруппы).

Для получения выборок можно также использовать результаты измерений, проводившихся через одинаковые промежутки времени, путём разбиения их на группы.

Средние значения выборок находят с одним лишним знаком по сравнению с исходными данными. Среднюю линию рассчитывают как среднее из средних значений выборок:

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

где  $k$  – число подгрупп (число точек). Обычно  $k = 20...30$ .

Контрольные границы рассчитывают по формуле:

$$K_{B,H} = \bar{x} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

где  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2}{nk}}$  - среднее квадратичное отклонение всей совокупности данных. В этом выражении (как и при расчёте контрольных границ для других видов контрольных карт) коэффициент 3 используется, исходя из правила трёх сигм.

**Карта медиан** используется вместо карты средних значений, когда хотят упростить расчёты. Точки на карте – это медианы  $\tilde{x}$  выборок одинакового объёма из 3...10 элементов. Медиана – это при нечётном объёме выборки середина вариационного ряда, при чётном объёме выборки – среднее из двух значений середины вариационного ряда.

Средняя линия  $\bar{\tilde{x}}$  - это среднее из медиан выборок. Контрольные границы находят по формуле

$$K_{B,H} = \bar{\tilde{x}} \pm 3\sigma \sqrt{\frac{\pi}{2n}}$$

Карта медиан менее точна, чем карта средних значений. При использовании для расчётов компьютера применение карты медиан вместо карты средних значений вряд ли оправдано.

**Карта средних квадратичных отклонений** используется для контроля рассеяния показателя. Точки на карте – средние квадратичные отклонения выборок одинакового объёма из 3...10 элементов. Средняя линия  $\bar{s}$  - это среднее из СКО выборок. Контрольные границы:

$$K_H = \frac{\bar{s} \sqrt{\chi_{\alpha/2}^2; n-1}}{\sqrt{n-1}} \quad K_B = \frac{\bar{s} \sqrt{\chi_{1-\alpha/2}^2; n-1}}{\sqrt{n-1}}$$

где  $\chi^2$  – критерий Пирсона,  $n$  – объём выборки,  $\alpha$  - уровень значимости. Обычно принимают  $\alpha = 0,0027$ , что соответствует доверительной вероятности 0,9973. Часто на s-карте используют только верхнюю границу.

**Карта размахов** используется вместо карты средних квадратичных отклонений, когда хотят упростить расчёты. При этом

карта размахов менее точна.

При построении R-карты берут 20...30 выборок одинакового объёма из 2...10 элементов. Точки на карте – размахи выборок. Размах выборки  $R$  – это разность между максимальным  $x_{\max}$  и минимальным  $x_{\min}$  значениями выборки. Средняя линия  $\bar{R}$  – это среднее размахов выборок. Контрольные границы рассчитывают по формулам:

$$K_H = D_3 \bar{R} \quad K_B = D_4 \bar{R}$$

При уровне значимости 0,0027 коэффициенты  $D_3$  и  $D_4$  можно найти из табл. 1. При  $n < 7$  нижняя контрольная граница не используется.

Таблица 1

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_3$	-	-	-	-	-	0,076	0,136	0,184	0,223
$D_4$	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,777

Часто при статистическом регулировании технологических процессов используют двойные карты, отражающие как отклонение параметра от нормы, так и его рассеяние. Это могут быть, например,  $\bar{x} - R$  – карты или другие.

#### 4. Построение инструментов контроля и управления качеством в среде LibreOffice

##### 4.1. Построение графиков в программе LibreOffice

В работе аналитиков постоянно встречается задача подведения итогов работы компании за определенный период: месяц, квартал, год и т.п. При этом получаются числовые таблицы порой весьма не маленькой величины. Окинув такие взглядом, практически невозможно оценить степень успеха или провала компании за выбранный период. И, тем более, не видна динамика изменения отчетных показателей.

Если при этом приходится показывать отчетность вышестоящему руководству, то оно может не оценить большой набор чисел. В этом случае удобно показывать рисованные графики, построенные на основе исходных таблиц. Данная функция удобно реализована в программе LibreOffice.

1. Пусть имеется таблица выручек компании с детализацией по месяцам и отделам. По оси X в столбцах разделяется по месяцам, а по оси Y в строках указаны отделы (рис. 4).

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2			Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
3		Отдел 1	13900	20000	18690	25600	45000
4		Отдел 2	14650	24000	23010	24500	28000
5		Отдел 3	11020	15000	12430	16320	14600
6		Отдел 4	4000	8640	9000	12000	11000
7		Отдел 5	5600	7520	7800	8900	12600

Рис. 4. Таблица выручек с детализацией по месяцам и отделам

2. Установите курсор на ячейку, где хотите расположить график и вверху в меню переключитесь на вкладку «Вставка». Затем нажмите на кнопку «График», выпадет несколько их видов. Выбрать можно любой, какой больше нравится, на сложность построения это не повлияет, только на внешний вид. В примере выбран первый – классический график (рис. 5).

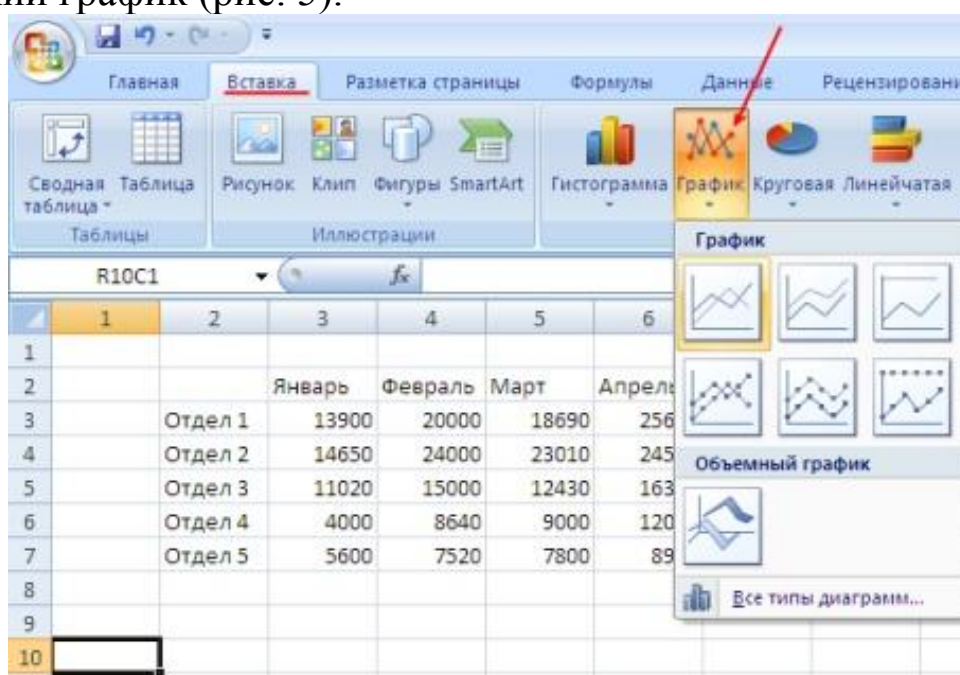


Рис. 5. Выбор вида графика

3. На листе появится новый объект – чистый график. Когда он выделен, то верхняя панель с иконками действий имеет другой вид, специально для работы с графиками. Чтобы заполнить график, нажмите на кнопку «Выбрать данные» (рис. 6).



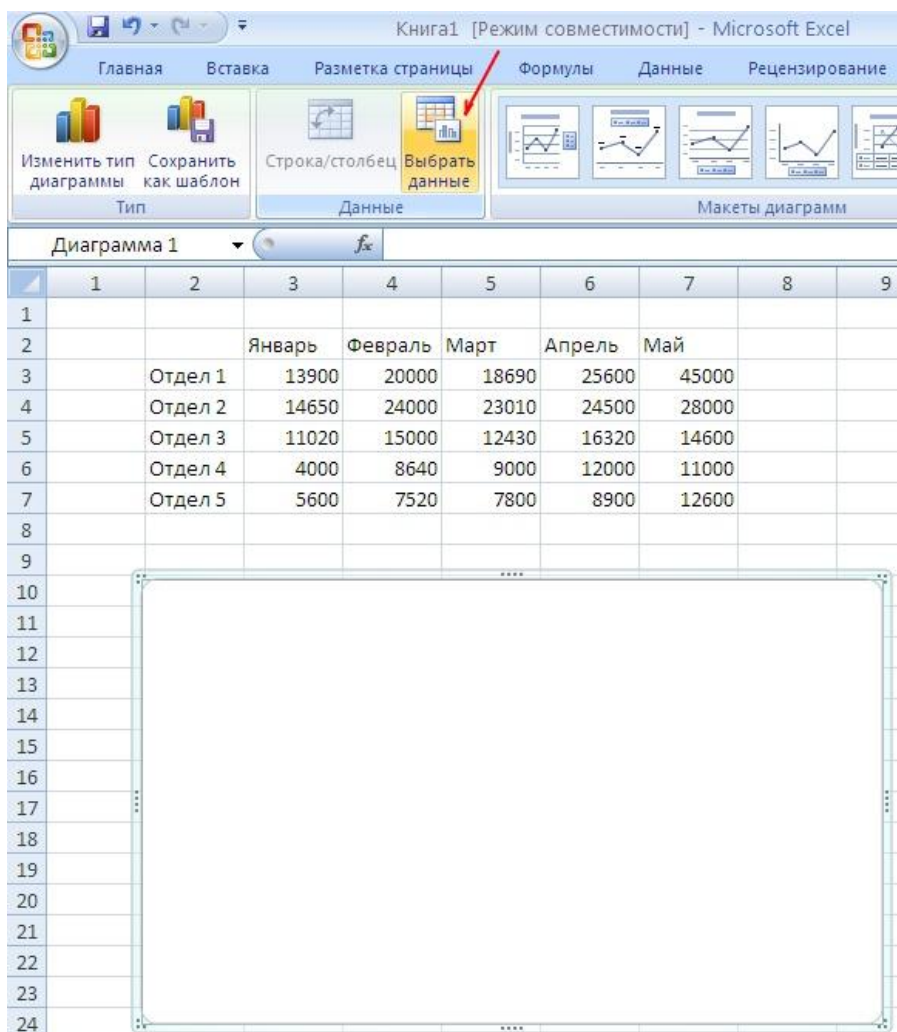


Рис. 6. Выбор данных

4. Отобразится окно выбора данных для графика. В нем имеется поле «Выбор данных для диаграммы». В конце поля необходимо нажать на кнопку выбора диапазона (рис. 7).

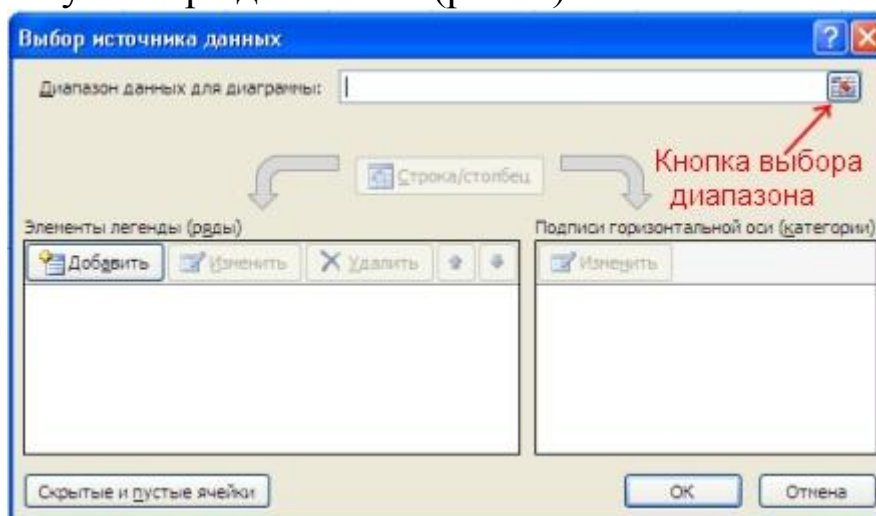


Рис. 7. Выбор диапазона данных

5. Окно выбора данных – пример сокращенный вид. Следует выделить мышкой на листе таблицу с данными полностью с подписями строк и столбцов, как показано на рисунке ниже, и снова кликнуть на кнопку выбора диапазона данных (рис. 8).

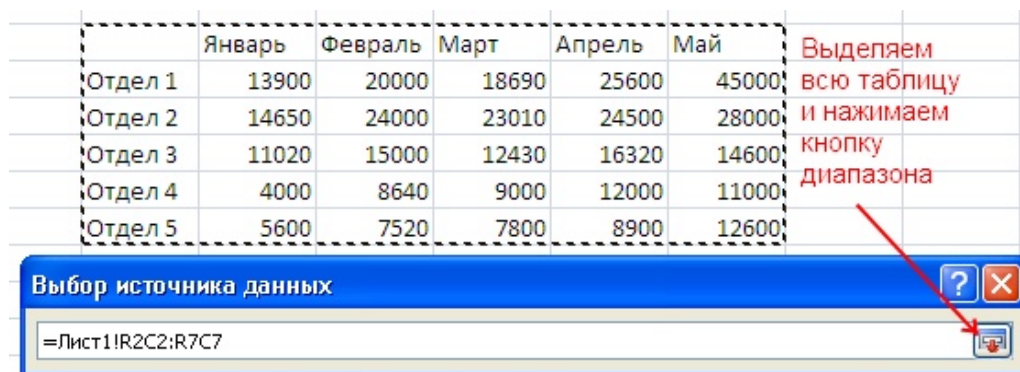


Рис. 8. Окно выбора данных

6. Окно выбора данных развернется до полного вида, и увидите, что поле «Выбор данных для диаграммы» наполнено некоторым значением. В принципе, это поле можно заполнять и вручную, но выделение мышью ячеек на листе проще и нагляднее. Подписи таблицы распределились по строкам и столбцам. Если что-то не устраивает, то их можно отредактировать вручную. Но в большинстве случаев автоматическое заполнение данных исправлять нет необходимости. Нажмите «ОК».

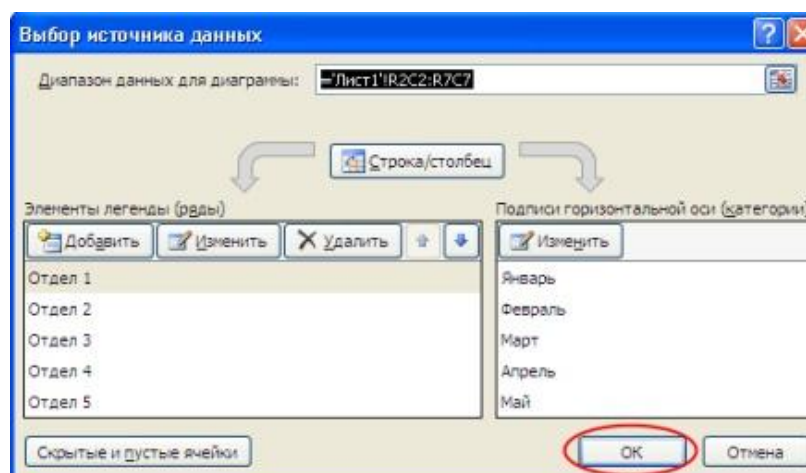


Рис. 9. Выбор данных для диаграммы

В результате будет построен график с несколькими линиями (рис. 10). Они отличаются цветом.

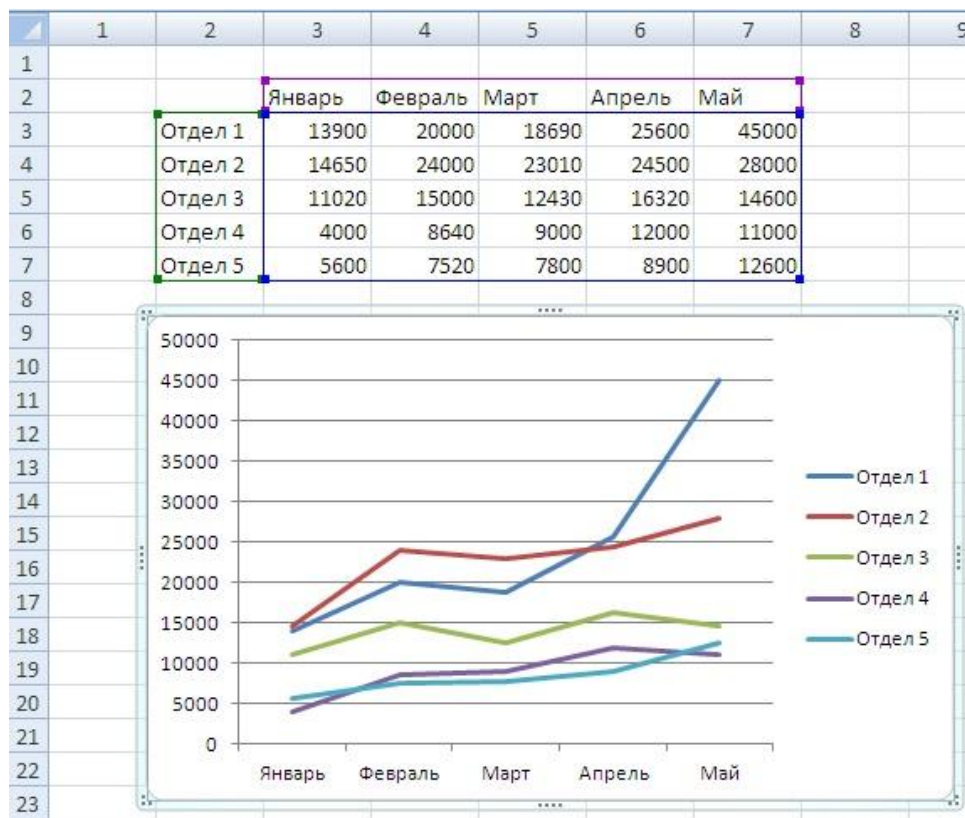


Рис. 10. Построение графика, выраженного ломаной линией

Оформление графика можно изменить, выделяя нужную его часть, кликая правой клавишей мыши и выбирая «Формат области диаграммы», либо изменить тип диаграммы (рис. 11).

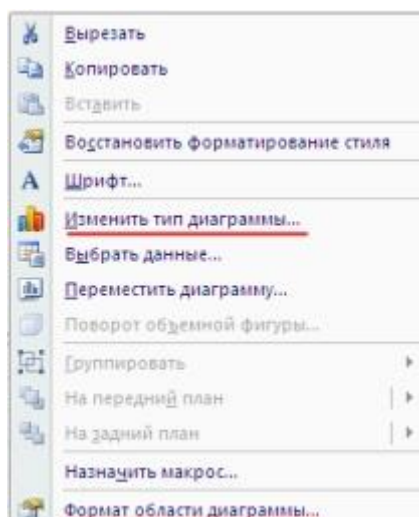


Рис. 11. Изменение типа диаграммы

Параметры оформления графика, такие как название, подписи осей, сетка и т.п., можно настроить, если мышкой выделить сам график и в главном меню переключиться на пункт "Макет".

Например, чтобы включить подпись оси по вертикали, нужно выбрать "Макет" -> "Названия осей" -> "Название основной вертикальной" и один из появившихся вариантов расположения подписи, например "Вертикальное название" (рис. 12).

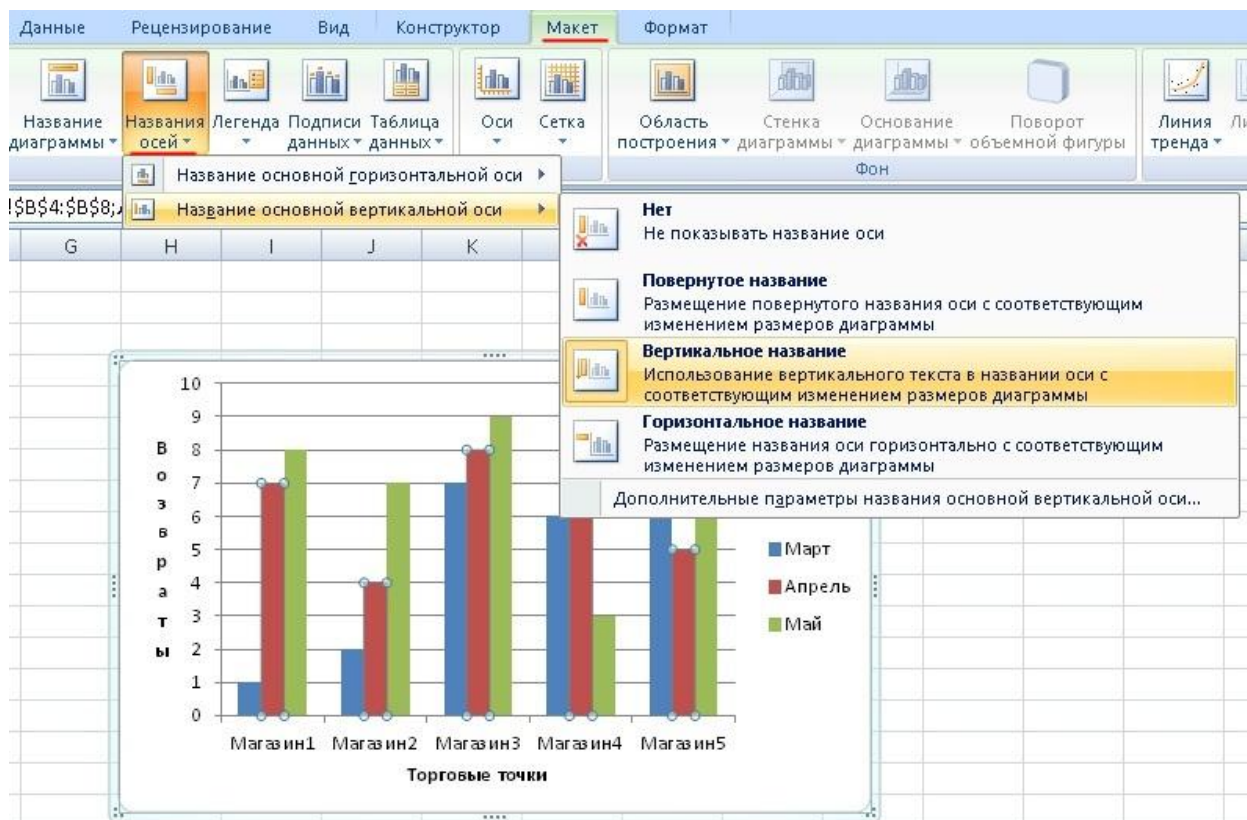


Рис. 12. Оформление столбчатого графика

После того, как на графике появится подпись рядом с осью, кликните по ней дважды левой клавишей мыши и набирайте на клавиатуре нужно наименование.

#### 4.2. Построение гистограммы в программе LibreOffice

Для определения характера рассеяния показателя строим гистограмму.

Порядок построения гистограммы:

1. *Намечаем исследуемый показатель качества.* В данном случае это коэффициент деформации материала.

2. *Проводим измерения.* Должно быть не менее 30...50 данных, оптимально – около 100.

Результаты измерений коэффициента деформации представлены в табл. 2.

Таблица 2

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

Результаты измерений вводим в электронную таблицу. В ячейку А1 вводим заголовок работы. Начиная с ячейки А3 вводим в столбец порядковые номера измерений с 1 по 100, например при помощи команды **Правка** ▶ **Заполнить** ▶ **Прогрессия...**. В ячейки В3:В102 вводим значения коэффициента деформации из табл. 2.

3. *Вводим единицу измерений.* Единица измерений равна точности, с которой проводились измерения, в данном случае 0,1. Вводим единицу измерений в ячейку Е2.

4. *Находим минимальное и максимальное значения выборки.* Минимальное и максимальное значения выборки находим с помощью статистических функций МИН и МАКС соответственно в ячейках Е3 и Е4. При этом интервал для этих функций указываем от ячейки В3 до ячейки В102.

5. *Находим размах выборки* в ячейке Е5 как разность между максимальным и минимальным значениями выборки.

6. *Определяем предварительное количество интервалов  $K_{предв}$  как квадратный корень из объема выборки  $N$ .* Количество интервалов находим в ячейке Е6. Поскольку количество интервалов должно быть целым числом, т.е. полученный квадратный корень следует округлить до целого значения, то сначала в ячейку Е6 вводим математическую функцию ОКРУГЛ. В строке **Количество\_цифр** этой функции указываем 0, т.к. необходимо округление до целого числа. Затем переводим курсор в строку **Число** и в качестве аргумента функции ОКРУГЛ встраиваем функцию КОРЕНЬ. Для этого в строке формул открываем список функций, выбираем **Другие функции...** и открываем математическую функцию КОРЕНЬ. В

качестве аргумента функции КОРЕНЬ опять при помощи списка в строке формул выбираем статистическую функцию СЧЁТ, в качестве аргумента которой вводим диапазон ячеек от В3 до В102. Поскольку функция СЧЁТ подсчитывает количество чисел в указанном диапазоне, т.е. в данном случае объём выборки, то будет получено значение 100. Затем функция КОРЕНЬ пересчитает это значение в 10, а функция ОКРУГЛ округлит его до целых, т.е. до 10. В целом формула в ячейке Е6 будет выглядеть примерно так:  
 =ОКРУГЛ(КОРЕНЬ(СЧЁТ(В3:В102));0)

7. *Определяем ширину интервала* в ячейке Е7 по формуле  $h = R/K_{\text{предв}}$  с округлением до единицы измерения, т.е. в нашем случае до десятых долей. Формула в ячейке Е7 будет выглядеть так:  
 =ОКРУГЛ(Е5/Е6;1).

8. *Вводим номера интервалов.* Для этого в ячейку D9 вводим заголовок столбца **№ инт.** Начиная с ячейки D10 вводим номера интервалов с 1 примерно до 25.

9. *Рассчитываем границы и середины интервалов.* В ячейке E10 рассчитываем нижнюю границу первого интервала по формуле

$$X_{\min} - \text{ед.изм.}/2$$

Для этого в ячейку E10 вводим формулу =E3-E2/2 и получаем значение нижней границы первого интервала 0,05.

В ячейке E11 рассчитываем нижнюю границу второго интервала, прибавляя к нижней границе первого интервала значение шага. Формула в ячейке E11 будет выглядеть =E10+E7. После указания необходимой абсолютной адресации копирует эту формулу в диапазон E12:E34.

В ячейке F10 рассчитываем верхнюю границу первого интервала, прибавляя к его нижней границе значение шага. После указания необходимой абсолютной1 адресации полученную формулу копируем в диапазон F11:F34.

В ячейке G10 рассчитываем среднее значение первого интервала, например, по статистической формуле СРЗНАЧ. Полученную формулу копируем в диапазон G11:G34.

Поскольку уже в десятом интервале нижняя граница равна 1,85. что больше  $X_{\max}$ , то необходимое количество интервалов равно 9. Поэтому содержимое ячеек диапазона D19:F34 следует очистить.

10. *Подсчитываем частоты появления результатов измерений в*

*интервалах.* В ячейке Н10 рассчитываем частоту для первого интервала при помощи статистической функции СЧЁТЕСЛИ. Функция СЧЁТЕСЛИ подсчитывает количество непустых ячеек в указанном диапазоне, удовлетворяющих заданному условию. Следует подсчитать, сколько раз в диапазоне В3:В102 встречаются ячейки, значения которых находятся в границах первого интервала, т.е. больше 0,05, но меньше 0,25. Таким образом, надо подсчитать ячейки, значения которых удовлетворяют двойному условию. Однако функция СЧЁТЕСЛИ использует только одинарное условие. Поэтому в формуле, записываемой в ячейке Н10, функцию СЧЁТЕСЛИ используем дважды. Сначала в функции СЧЁТЕСЛИ вводим диапазон В3:В102 и условие ">0,05". (к сожалению, нельзя указать условие ">Е10", ссылаясь на значение нижней границы интервала, поскольку функция СЧЁТЕСЛИ использует условие критерий в форме числа, выражения или текста, но не в форме ссылки на ячейку). Затем переводим курсор в строку формул, ставим знак минус, вновь вводим функцию СЧЁТЕСЛИ, указываем в ней диапазон В3:В102 и условие ">0,25". В результате получаем расчётную формулу =СЧЁТЕСЛИ(В3:В102;">0,05")-СЧЁТЕСЛИ(В3:В102;">0,25"), по которой рассчитывается частота для первого интервала. После указания абсолютной адресации для интервалов копируем эту формулу в диапазон Н11:Н18. Поскольку в копируемой формуле границы интервалов были указаны численными значениями, то в формулах ячеек диапазона Н11:Н18 следует исправить численные значения границ на соответствующие тому или иному диапазону. Например, в ячейке Н11 формула будет выглядеть так: =СЧЁТЕСЛИ(\$B\$3:\$B\$102;">0,25")-СЧЁТЕСЛИ(\$B\$3:\$B\$102;">0,45").

Результаты расчётов показаны на рис. 13.

*11. Строим гистограмму распределения.* Открываем мастер диаграмм, выбираем тип **Гистограмма** и вид **Обычная гистограмма отображает значения различных категорий**. На втором шаге на вкладке **Диапазон данных** указываем диапазон Н10:Н18. На вкладке **Ряд** в строке **Подписи по X** указываем диапазон G10:G18 (возможно указание диапазона E10:F18). На третьем шаге вводим заголовки по осям, а также убираем легенду и линии сетки. После создания диаграммы редактируем её, используя контекстное меню. В

частности, открыв контекстное меню на одном из столбцов диаграммы, выбираем команду **Формат рядов данных...**, вкладку **Параметры**, и устанавливаем ширину зазора 0.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Лаб. работа 6. Гистограммы</b>							
2	№	Козф. деформ.	Ед. изм. =	0,1				
3	1	0,9	Хмин =	0,1				
4	2	0,6	Хмах =	1,8				
5	3	0,5	R =	1,7				
6	4	0,6	Кпредв =	10				
7	5	0,7	h =	0,2				
8	6	0,8						
9	7	1	№ инт.	Ниж. гр.	Верх. гр.	Середина	Частота f	
10	8	1,4	1	0,05	0,25	0,15	2	
11	9	1,1	2	0,25	0,45	0,35	8	
12	10	1,5	3	0,45	0,65	0,55	13	
13	11	1,5	4	0,65	0,85	0,75	15	
14	12	0,1	5	0,85	1,05	0,95	20	
15	13	0,8	6	1,05	1,25	1,15	17	

Рис.13. Расчёт данных для построения гистограммы

Готовая гистограмма показана на рис. 14а. Возможно представление гистограммы в виде непрерывной кривой или ломаной линии. Для этого надо в области гистограммы открыть контекстное меню, выбрать команду **Тип диаграммы...**, выбрать диаграмму **Точечная** и соответствующий её вид. (Рис. 14 б, в).

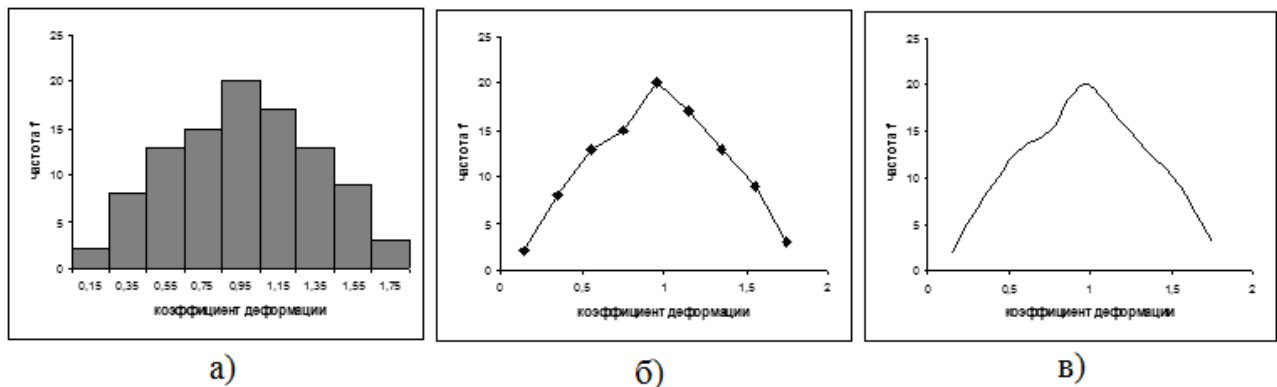


Рис. 14. Гистограмма в виде столбиковой диаграммы (а), ломаной линии (б) и непрерывной кривой (в)

Полученная гистограмма близка к обычной гистограмме с двусторонней симметрией, что указывает на стабильность процесса.

#### 4.3 Построение диаграммы Парето в программе LibreOffice

Исследуем проблему появления брака при выпуске деталей с помощью построения диаграммы Парето.



С учётом того, что потери от брака одной детали каждого вида примерно одинаковы, в качестве единицы измерения выбираем число дефектных деталей каждого вида. После заполнения контрольных листков получаем данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3

№ детали	1	2	3	4	5	6	Прочие
Число дефектных деталей	255	101	59	39	26	15	11

По полученным данным разрабатываем таблицу для проверок данных. Создаём новую книгу LibreOffice. В ячейке A1 вводим заголовок работы. В ячейки A3:E3 вводим заголовки: **№ детали**, **Число дефектных деталей**, **Накопленная сумма деталей**, **Процент деталей**, **Накопленный процент**. Для компактного размещения заголовков выделяем третью строку и используем команду **Формат ▶ Ячейки...**, вкладку **Выравнивание**, режим выравнивания по вертикали **По центру**, режим отображения **Переносить по словам**.

В ячейки A4:B10 вводим данные из таблицы 3. В ячейку A11 вводим заголовок **Итого**. В ячейке B11 рассчитываем суммарное число дефектных деталей при помощи математической формулы СУММ.

Для расчёта накопленной суммы деталей в ячейку C4 вводим значение 255, т.е. число дефектных деталей 1. В ячейке C5 суммируем число дефектных деталей 1 и 2, т.е. вводим формулу =C4+B5. Для расчёта накопленной суммы деталей в остальных ячейках копируем формулу из ячейки C5 в диапазон C6:C10.

Для расчёта процента деталей следует делить число дефектных деталей каждого вида на общее число дефектных деталей и умножить на 100. Таким образом, в ячейку D4 вводим формулу =B4/B11\*100. После указания необходимой абсолютной адресации копируем эту формулу в диапазон D5:D10. В ячейке D11 рассчитываем суммарный процент, который должен составить 100%.

Для расчёта накопленного процента деталей в ячейку E4 вводим значение (только значение, а не формулу) из ячейки D4. Для этого используем команды **Правка ▶ Копировать** и **Правка ▶ Специальная вставка...**. В ячейке E5 суммируем процент дефектных деталей 1 и 2, т.е. вводим формулу =E4+D5. Для расчёта

накопленного процента в остальных ячейках копируем формулу из ячейки E5 в диапазон E6:E10.

По таблице для проверок данных строим диаграмму Парето. Для этого открываем в мастере диаграмм вкладку **Нестандартные**, выбираем диаграмму типа **График/гистограмма 2**. На втором шаге указываем диапазон данных A4:B10; E4:E10. На третьем шаге вводим заголовки и убираем легенду.

После создания диаграммы мастером диаграмм редактируем её при помощи контекстных меню. В частности, максимальное значение шкалы **Число дефектных деталей** указываем 506, а минимальное 0. Максимальное значение шкалы **Накопленный процент** указываем 100. Открываем контекстное меню на одном из столбцов, выбираем команду **Формат рядов данных...**, вкладку **Параметры**, и устанавливаем ширину зазора 0.

Результаты расчётов и построений показаны на рис. 15.

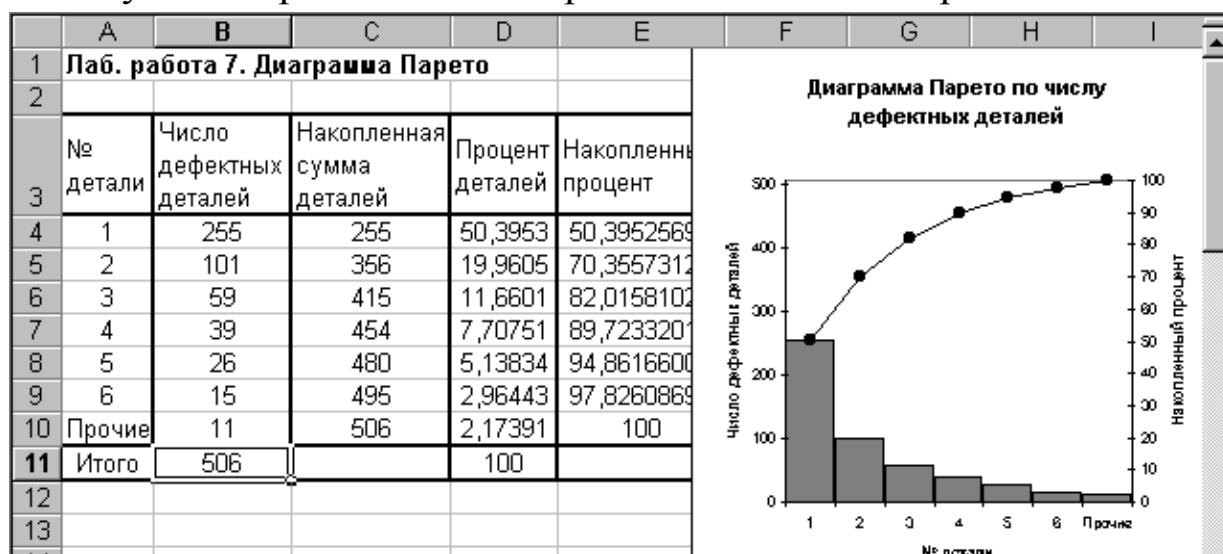


Рис. 15. Построение диаграммы Парето по числу дефектных деталей

Как видно из диаграммы (рис. 15), к группе А можно отнести детали 1 и 2 (70% от брака), к группе В – детали 3,4,5, к группе С – детали 6 и прочие.

Для выяснения наиболее важных дефектов целесообразно построить диаграммы Парето по явления дефектности в деталях 1 и 2.

Рассмотрим построение такой диаграммы для детали 1. В качестве единицы измерения выбираем сумму потерь от брака, млн. руб. После исследования явлений дефектности получили данные, представленные в табл. 4.

Таблица 4

Дефект	Сумма потерь, млн. руб.
Шаг резьбы завышен	1,5
На режущей кромке резца налипы	6,9
Зависание	1,9
Пропуск операции	0,4
Осталась чернота	0,9
Скос кромки увеличен	0,6
Наружный диаметр занижен	8,3
Прочие	0,2

Диаграмма Парето, построенная по этим данным, показана на рис. 16.



Рис. 16. Диаграмма Парето по дефектам детали 1

Как видно из диаграммы (рис. 16), к группе А можно отнести занижение наружного диаметра и налипсы на режущей кромке резца (73% от суммы потерь), к группе В – зависание, завышение шага резьбы, остаточную черноту, к группе С – увеличение скоса кромки, пропуск операции и прочие.

Для выяснения наиболее важных причин потерь целесообразно построить диаграммы Парето по причинам занижения наружного диаметра и налипсов на режущей кромке резца.

При построении такой диаграммы для причин занижения наружного диаметра после заполнения контрольных листков получили данные, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Причина	Число дефектов
Смещение копира	53
Неопытность оператора	11
Неточность рабочего инструмента	4
Устаревший чертёж	98
Ошибки в управлении станком	20
Неточность станка	8
Прочие	7

По этим данным необходимо построить диаграмму Парето, выявить причины занижения наружного диаметра группы А и провести по ним корректирующие мероприятия. После этого можно вновь построить диаграмму Парето для изменившихся условий, чтобы проверить эффективность улучшений.

#### ***4.4. Построение контрольных карт в программе LibreOffice***

В цехе принято решение перевести на статистическое регулирование технологический процесс изготовления болта на автоматах. За показатель качества выбран диаметр болта, равный 26 мм, и его допускаемые отклонения:  $e_s = -0,005$  мм;  $e_i = -0,019$  мм. Построить контрольную  $\bar{x} - s$  – карту и провести по ней статистический анализ процесса. Для упрощения измерений и вычислений измерительный прибор (рычажная скоба) был настроен на размер 25,980 мм. Результаты измерений (отклонения от размера 25,980 мм в микрометрах) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Цех автоматный		Оборудование – токарный автомат 5803		Контролируемая операция – нарезание резьбы		Контролируемый параметр – -0,005 Ø 26 -0,019	
Объём контроля N=100		Объём выборки n=5		Средство контроля – рычажная скоба			
Время	№ выборки	Результаты контроля					
7.00	1	10	3	5	14	10	
8.00	2	2	14	8	13	11	
9.00	3	12	12	3	8	10	
10.00	4	12	14	7	11	9	
11.00	5	10	11	9	15	7	
12.00	6	11	12	11	14	12	
13.00	7	15	11	14	8	3	
14.00	8	12	14	12	11	11	
15.00	9	11	7	11	13	9	
16.00	10	14	10	9	12	8	
7.00	11	9	11	14	10	13	
8.00	12	13	13	6	4	13	
9.00	13	5	8	3	3	4	
10.00	14	8	5	6	9	13	
11.00	15	8	4	9	5	8	
12.00	16	4	12	10	6	10	
13.00	17	10	6	13	10	5	
14.00	18	7	9	12	1	7	
15.00	19	4	7	6	7	12	
16.00	20	10	10	6	9	3	

В ячейку A1 новой книги LibreOffice вводим заголовок работы. В диапазон A4:F24 вводим исходные данные (номера выборок и результаты контроля).

Вначале рассчитываем данные для построения контрольной карты средних значений. В ячейке G5 рассчитываем среднее значение первой выборки при помощи статистической функции СРЗНАЧ. Полученную формулу копируем в диапазон G6:G24.

В ячейке H5 рассчитываем значение  $\bar{\bar{x}}$  (среднюю линию) как

среднее из средних значений выборок при помощи статистической функции СРЗНАЧ. В полученной формуле для диапазона ячеек вводим абсолютную адресацию и копируем формулу в диапазон Н6:Н24. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем можно было провести среднюю линию на контрольной карте.

В ячейке В26 рассчитываем среднее квадратичное отклонение всей совокупности результатов измерений  $\sigma$  при помощи статистической функции СТАНДОТКЛОН для диапазона В5:F24.

В ячейке I5 рассчитываем нижнюю контрольную границу  $K_n$ . Формула в ячейке будет выглядеть так: =Н5-3\*В26/КОРЕНЬ(5). Указав абсолютную адресацию для имён ячеек, копируем формулу из ячейки I5 в диапазон I6:I24. Это необходимо, чтобы в дальнейшем провести границу на карте.

В ячейке J5 рассчитываем верхнюю контрольную границу, и после указания абсолютной адресации для имён ячеек копируем формулу из ячейки J5 в диапазон J6:J24.

В ячейках K5 и L5 рассчитываем значения нижнего и верхнего технических допусков, вводя в них формулы =26000-19-25980 и =26000-5-25980 соответственно. Эти формулы копируем также в диапазон K6:L24.

Далее рассчитываем данные для построения контрольной карты средних квадратичных отклонений. В ячейке M5 рассчитываем среднее квадратичное отклонение первой выборки и копируем полученную формулу в диапазон M6:M24. В ячейке N5 рассчитываем среднее из СКО выборок, и после указания абсолютной адресации копируем формулу в диапазон N6:N24. В ячейке O5 рассчитываем нижнюю контрольную границу по формуле =N5\*КОРЕНЬ(ХИ2ОБР(1-0,0027/2;4)/5) и копируем формулу в диапазон O6:O24. В ячейке P5 рассчитываем верхнюю контрольную границу и копируем содержимое ячейки в диапазон P6:P24.

Полученная электронная таблица показана на рис. 17. По расчётным значениям строим  $\bar{x} - s$  – карту.

Сначала строим  $\bar{x}$  – карту. В мастере диаграмм выбираем вид диаграммы **Точечная диаграмма, на которой значения соединены отрезками**. В качестве исходных данных выделяем диапазон A5:A24, G5:L24. Полученную диаграмму редактируем при помощи контекстного меню, а также наносим обозначения контрольных

границ при помощи инструмента **Надпись** панели инструментов **Рисование**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	<b>Лаб. работа 8. Контрольные карты по количественному признаку</b>															
2																
3							Карта средних значений						Карта СКО			
4	№ выборки	Результаты контроля					Хср	Хср ср	Кн	Кв	Тн	Тв	S	Scp	Кн	Кв
5	1	10	3	5	14	10	8,4	9,15	4,5	13,8	1	15	4,39	3,05	0,44	5,76
6	2	2	14	8	13	11	9,6	9,15	4,5	13,8	1	15	4,83	3,05	0,44	5,76
7	3	12	12	3	8	10	9	9,15	4,5	13,8	1	15	3,74	3,05	0,44	5,76

Рис. 17. Расчёт контрольных границ

Аналогичным образом строим  $s$ -карту.

Чтобы получить из двух построенных карт единый объект, совмещаем их по длине (например, прижав к левому краю электронной таблицы), одновременно выделяем щелчками левой кнопкой мыши на каждой диаграмме при нажатой клавише Shift и группируем командой **Группировать**, вызываемой из инструмента **Действия** панели инструментов **Рисование**. Полученная контрольная  $\bar{x} - s$  - карта показана на рис. 18.

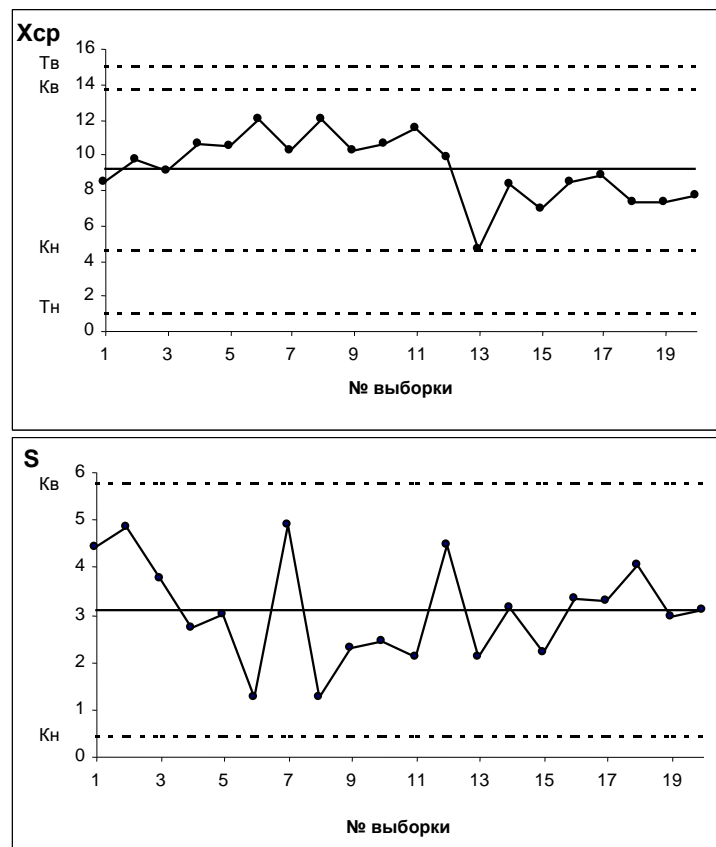


Рис.18.  $\bar{x} - s$  - карта

Анализ контрольной карты на рис. 18 показывает, что рассеяние диаметра болта приемлемо, и по рассеянию процесс стабилен (оборудование настроено достаточно точно), поскольку на s-карте нет показаний разлаженности процесса. Однако на  $\bar{x}$  – карте имеются серии из девяти точек (с четвертой по двенадцатую) и из восьми точек (с тринадцатой по двадцатую), расположенных по одну сторону от средней линии. Это указывает на нестабильность процесса. Видимо, в течение процесса, при переходе от двенадцатой к тринадцатой точке изменилось математическое ожидание диаметра. Следует постараться выяснить причину этой нестабильности и провести управляющее воздействие на процесс. После стабилизации контрольную карту следует построить заново.

### ***5 Порядок выполнения работы***

Получив у преподавателя исходные данные для выполнения лабораторной работы, студент изучает теоретические сведения согласно пункту 3. Далее выполняет на компьютере построение в программе *LibreOffice*: графиков по пункту 4.1., гистограммы по 4.2., диаграммы Парето по п. 4.3, контрольных карт Шухарта по п. 4.4

### ***6 Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие пункты:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- краткое описание хода выполнения работы;
- индивидуальные задания для выполнения лабораторной работы;
- результаты выполнения работы: таблицы с исходными данными, графики, итоговая таблица расчета параметров построения гистограммы, гистограмма в виде столбиковой диаграммы, ломаной линии и непрерывной кривой, таблица построения диаграммы Парето, диаграмма Парето, итоговая таблица расчета параметров контрольной карты, контрольная карта Шухарта.
- выводы.



### Вопросы для самопроверки и подготовки

1. Какие виды графиков Вы знаете?
2. В каких случаях применяются круговые графики?
3. Для чего используют столбчатые графики?
4. Какие разновидности столбчатых графиков вам известны?
5. Что представляет собой ленточный график? В каких случаях он применяется?
6. В каких случаях применяется Z-образный график?
7. Что такое контрольная карта?
8. Для чего применяются контрольные карты?
9. Какие виды контрольных карт Вы знаете? И чем они отличаются?
10. Опишите алгоритм построения контрольной карты?
11. Что такое граница регулирования?
12. Что такое гистограмма?
13. Для чего используется гистограмма?
14. Опишите варианты расположения гистограммы по отношению к технологическому допуску.
15. Опишите последовательность построения гистограммы.
16. что такое диаграмма Парето?
17. Для чего используется диаграмма Парето?
18. Сформулируйте принцип Парето.
19. Опишите принцип построения диаграммы Парето.

### Библиографический список

1. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин [и др.] – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 599 с.
2. Управление качеством [Текст] : учебное пособие / С. В. Бочкарёв [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 456 с.
3. Эванс, Д. Управление качеством [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. Эванс. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 671 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru>.
4. Басовский, Л. Е. Управление качеством [Текст] : учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. - Москва : Инфра-М, 2010. - 212 с.
5. Ершов, А. К. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. К. Ершов. – Москва : Логос, 2008. - 287 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru>

6. Мазур, И. И. Управление качеством [Текст] : учебное пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро. - 4-е изд., стер. – Москва : Омега-Л, 2007. - 400 с.

7. Аристов, О. В. Управление качеством [Текст] : учебник / О. В. Аристов. – Москва : ИНФРА-М, 2008. - 240 с.

8. Бузов, Б. А. Управление качеством продукции. Технический регламент, стандартизация и сертификация [Текст] : учебное пособие / Б. А. Бузов. - 3-е изд., доп. – Москва : Академия, 2008. - 176 с.

9. Управление качеством: Учебное пособие для студ. вуз. Ч.1. /Ю.П.Адлер, Т.М.Полховская и др. –М.: МИСИС, 2001. 138 с.

10. Пономарев С. В. Управление качеством продукции. Введение в системы менеджмента качества: Учебное пособие / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, В. Я. Белобрагин. - М. : Стандарты и качество, 2004. - 248 с. (гриф УМО)