МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра экономики предпринимательства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ УСЛУГ СВЯЗИ»

Уровень подготовки
высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки (специальность)
38.03.01 Экономика
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность подготовки (профиль, специализация)
Экономика предприятий и организаций
(наименование профиля подготовки, специализации)

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Составитель: Сухова Н. А.

Уфа 2016

Занятие 1. Построение и анализ диаграммы Парето в системе Excel.

Осваивается умение анализировать проблемы из любой сферы деятельности предприятия, в том числе в сфере экономики качества.

Теоретические сведения:

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 экономики качества. 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 причинами 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 недоброкачественности.

Пример 1. Исследовать проблему появления брака при выпуске деталей.

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 таблице 7.

Таблица 7 – Исходные данные

№ 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 Excel. В ячейке А1 вводим заголовок работы. В ячейки А3:Е3 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 А4:В10 вводим данные из таблицы 7.1. В ячейку А11 вводим заголовок Итого. В ячейке В11 рассчитываем суммарное число дефектных деталей при помощи математической формулы СУММ.

Для расчёта накопленной суммы деталей в ячейку С4 вводим значение 255, т.е. число дефектных деталей 1. В ячейке С5 суммируем число дефектных деталей 1 и 2, т.е. вводим формулу =С4+В5. Для расчёта накопленной суммы деталей в остальных ячейках копируем формулу из ячейки С5 в диапазон С6:С10.

Для расчёта процента деталей следует делить число дефектных деталей каждого вида на общее число дефектных деталей и умножать на 100. Таким образом, в ячейку D4 вводим формулу =В4/В11*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 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 рисунке 1.

	A	B	C	D	E
1	Лаб. работа 7. Диаграмма Парето				
2					
3	№ детали	Число дефектных деталей	Накопленная сумма деталей	Процент деталей	Накопленн процент
4	1	255	255	50,3953	50,3952569
5	2	101	356	19,9605	70,3557312
6	3	59	415	11,6601	82,0158102
7	4	39	454	7,70751	89,7233201
8	5	26	480	5,13834	94,8616600
9	6	15	495	2,96443	97,8260869
10	Прочие	11	506	2,17391	100
11	Итого	506		100	
12					
13					

Рисунок 1 – Построение диаграммы Парето по числу деталей

Как видно из диаграммы, 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 появления 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 таблице 8 .

Таблица 8 – Исходные данные

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 рисунке 2.

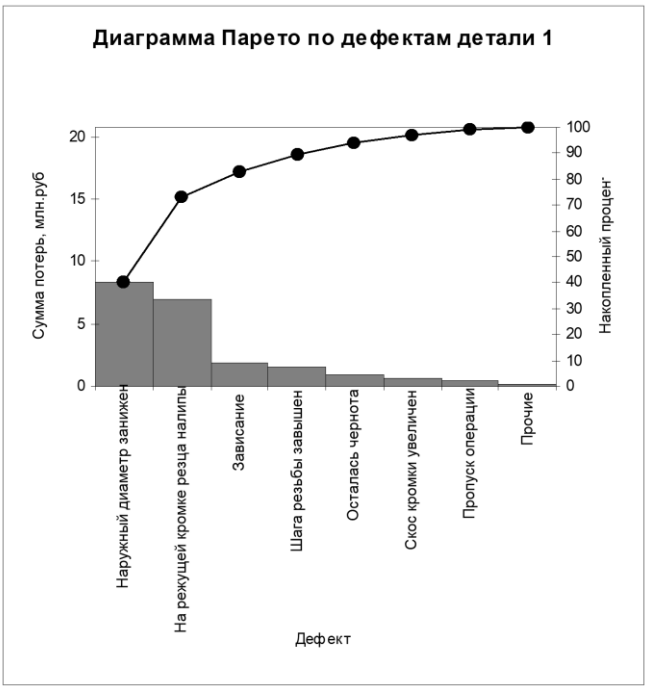


Рисунок 2 – Диаграмма Парето по дефектам детали 1.

Как видно из диаграммы, к группе А можно отнести занижение наружного диаметра и налипы 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 налипов на режущей кромке резца.

При построении такой диаграммы для причин занижения наружного диаметра после заполнения контрольных листков получили данные, представленные в таблице 9.

Таблица 9– Исходные данные

Причина	Число дефектов
Смещение копира	53
Неопытность оператора	11
Неточностьрабочего 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.

Задание

Выполнить расчёты и построения в соответствии с примером, включая, диаграмму Парето по причинам занижения наружного диаметра

Занятие 2. Построение и анализ контрольных карт по количественному признаку в системе STATISTICA.

Осваивается умение анализировать состояние технологического процесса, своевременного выявления нестабильности анализируемого технологического процесса и установления причин нестабильности с целью последующей его корректировки.

Теоретические сведения:

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 $К_в$ (или UCL)и $К_н$ (или LCL), верхнюю и нижнюю границы технических допусков $Т_в$ и $Т_н$ (при их наличии), а также среднюю линию (CL). Иногда используют также предупредительные границы $К_п$. Для расчёта границ и построения контрольной карты используют обычно 20...30 точек. Пример контрольной карты представлен на рисунке 3.

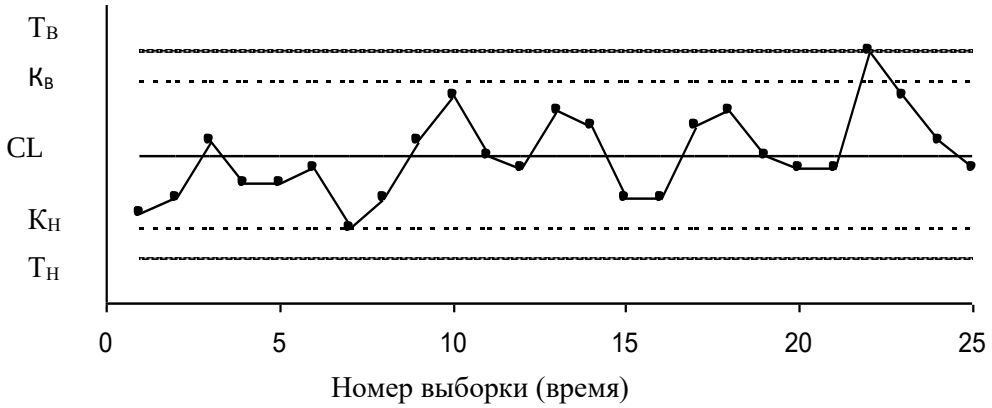


Рисунок 3 - Пример контрольной карты.

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 полутора-сигмовых 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 ¾ 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:

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

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:

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

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

Контрольные границы рассчитывают по формуле

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(x_{ij} - \bar{\bar{x}})^2}{nk}}$$

где $\bar{x}$ – 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:

$$K_H = \frac{\bar{s}\sqrt{\chi^2_{\alpha/2;n-1}}}{\sqrt{n-1}},$$

$$K_B = \frac{\bar{s}\sqrt{\chi^2_{1-\alpha/2;n-1}}}{\sqrt{n-1}}$$

где χ^2 – критерий Пирсона, n – объём выборки, α– уровень значимости. Обычно принимают α = 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 ан карте – размахи выборок. Размах выборки R – это разность между максимальным x_{max}и минимальным x_{min} значениями выборки. Средняя линия $\overline{R}$ - это среднее размахов выборок. Контрольные границы рассчитывают по формулам:

$$K_H = D_3\overline{R}$$

$$K_B = D_4\overline{R}$$

При уровне значимости 0,0027 коэффициенты D_3 и D_4 можно найти из таблице 10 . При n<7 нижняя контрольная граница не используется.

Таблица 10 – Исходные данные

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, $\overline{x} - R$ -карты или другие.

Пример 1. При анализе технологического процесса в течение 25 часов каждый час отбиралось по пять проб, которые анализировались в химической лаборатории. Необходимо построить по имеющимся данным, указанным в таблице 11, контрольную карту средних значений, карту размахов и определить, является ли технологический процесс стабильным.

Таблица 11 – Исходные данные

№ выборки	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	№ выборки	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	9	7	6	5	7	14	3	13	9	14	17
2	7	6	11	11	12	15	12	8	6	3	8
3	14	3	8	7	9	16	11	12	17	10	16
4	10	8	14	15	15	17	11	13	12	10	12
5	9	7	4	5	4	18	14	14	9	14	18
6	11	8	12	6	16	19	12	7	5	8	6
7	10	8	4	3	3	20	10	9	12	10	14
8	12	11	14	11	15	21	10	8	9	7	5
9	9	7	5	5	5	22	8	10	14	11	16
10	7	14	10	8	17	23	8	10	6	14	15
11	8	8	9	4	8	24	14	9	5	15	13
12	6	9	14	11	15	25	8	6	11	4	7
13	5	9	12	12	10						

Открываем программу STATISTICA командой *Пуск►Программы►STATISTICA 6.0►STATISTICA.* В открывшемся окне закрываем ранее сохраненные документы и открываем новый документ при помощи команды *Файл►Новый.* При этом открывается диалоговое окно *Создание нового документа,* в котором имеются 4 вкладки: *Электронные таблицы*; *Отчет*; *Макрокоманда программы (SVB), Книга.* Вкладка *Электронные таблицы* позволяет в строке *Количество* выбрать количество исследуемых переменных (характеристики, описывающие анализируемые свойства), а в строке *Число регистров* общее число имеющихся данных. Группа переключателей *Размещение* вкладки *Электронные таблицы* позволяет выбрать размещение электронной таблицы либо *В новой рабочей книге,* либо *Как автономное окно.* Вкладка *Макрокоманда программы (SVB)* позволяет использовать макрокоманду, написанную на языке STATISTICABASIC при обработке данных. Вкладка *Отчет* содержит группу переключателей

Размещение отчета и позволяет выбрать размещение отчета после обработки данных или *В новой рабочей книге,* или *Как автономное окно.* Вкладка *Книга* позволяет вывести новую книгу, содержащую таблицу размером 10 строк × 10 столбцов. Во вкладке *Электронные таблицы* в строке *Количество* выбираем 3 исследуемые переменные (1-идентификатор выборок, 2- номер переменной в выборке, 3 – исследуемые данные), а в строке *Число регистров* – 125 исследуемых переменных, в группе переключателей *Размещение* щелчком левой кнопки мыши выбираем *Как автономное окно* и нажимаем кнопку *ОК.* В результате программа создает таблицу, изображенную на рисунке 4.

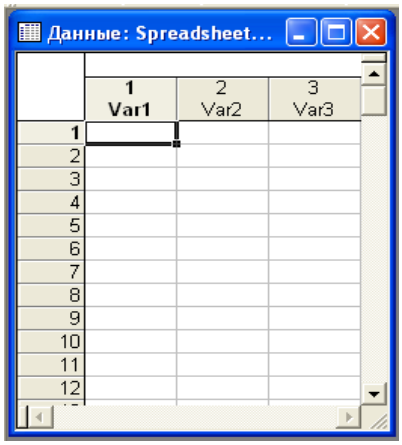
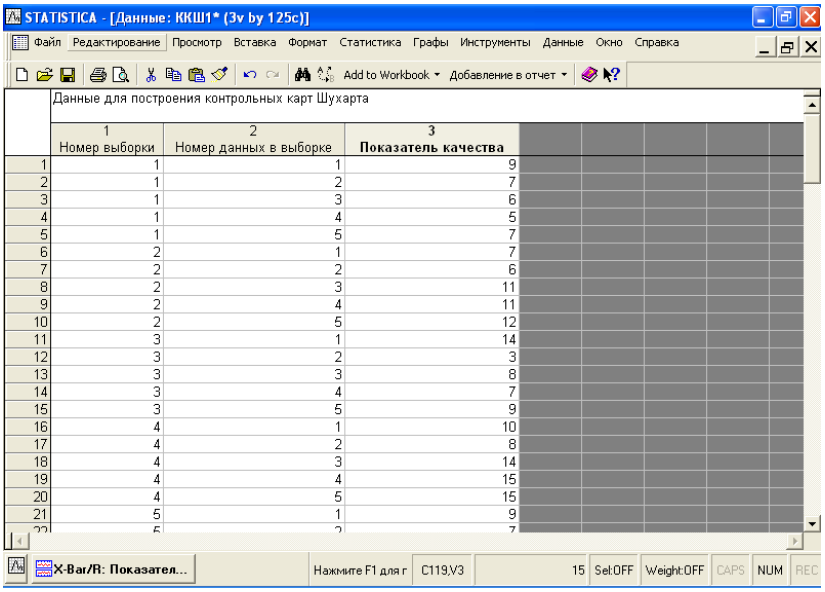


Рисунок 4 – Электронная таблица в Statistica

Для изменения названия переменных (или исследуемых свойств) щелкаем дважды мышкой на названии переменных *Var 1*, *Var 2* и *Var 3*. Программа выведет диалоговые окна *Variables 1*, *Variables 2* и *Variables 3* соответственно. В строке *Name* вводим названия переменных, например, *Номер выборки, Номер данных в выборке* и *Показатель качества.* В строке *Код MD*выбираем или вводим код пропущенных значений (оставляем без изменений). В строке *Type*переключателем выбираем тип данных: *Double* – данные с возможной двойной записью как числовыми значениями так и текстовыми (для облегчения работы с текстовыми переменными), *Text*– текстовые значения, *Integer* – целочисленные значения, *Byte*– восьмизначное значение. В нашем случае выбираем *Double*. В блоке переключателей *Формат отображения* выбираем формат отображения данных *Основной,* в строке *Длинное имя (метка или Function)* вводим, при необходимости, длинное название переменной или функцию, по которой она рассчитывается, используя кнопку *Function*, и нажимаем кнопку *ОК.*

Далее вводим название таблицы (ее заголовок) и имена переменных. Для этого двойным щелчком мыши устанавливаем курсор в поле заголовка (в верхней части таблицы), вводим с клавиатуры название, например *Данные для построенияконтрольных карт Шухарта* и нажмем клавишу *Enter*. Сохраним получившуюся таблицу с помощью команды *Файл►Сохранить как*.

Вводим имеющиеся данные в такой же последовательности, в какой они расположены на рисунке 5 (в первом столбце – номер выборки, во втором – номер данного в выборке и в третьем – показатель качества) и сохраняем получившуюся таблицу.



	1 Номер выборки	2 Номер данных в выборке	3 Показатель качества
1	1	1	9
2	1	2	7
3	1	3	6
4	1	4	5
5	1	5	7
6	2	1	7
7	2	2	6
8	2	3	11
9	2	4	11
10	2	5	12
11	3	1	14
12	3	2	3
13	3	3	8
14	3	4	7
15	3	5	9
16	4	1	10
17	4	2	8
18	4	3	14
19	4	4	15
20	4	5	15
21	5	1	9

Рисунок 5 – Таблица данных

Построим контрольную карту средних значений. Для этого вызываем диалоговое окно *Диаграммы управления показателем качества* командой *Статистика►Производственная статистика и SixSigma►Диаграммы управления качеством.*

Диалоговое окно *Диаграммы управления показателем качества* имеет четыре вкладки:

Быстрый – позволяет: построить $\bar{X}$ - и R-карты для непрерывных переменных (модуль *X-bar&Rchartforvariables*), построить контрольную карту для отдельных наблюдений, полученных в ходе производственного процесса (модуль *Individuals&movingrange*); построить С -карту для числа дефектов (модуль *C-chartforattributes*); Р -карту для процента обнаруженных бракованных изделий (модуль *P-chartforattributes*).

Переменные – позволяет: построить и обработать контрольные карты для непрерывных переменных, например, S-карта (модуль*X-bar&Schartforvariables*); индивидуальных переменных, например, контрольная карта накопленных сумм (CUSUM-карта, модуль *CuSumchartforindividuals);* контрольная карта скользящего среднего (МА-карта, модуль *MAX-bar&Rchartforvariables*); контрольная карта экспоненциально взвешенного скользящего среднего (EWMA-карта, модуль *EWMAX-bar&Rchartforvariables*) и др.

Атрибуты – позволяет: построить и проанализировать контрольные карты по альтернативному признаку, такие как: С-карта, модуль *C-chartforattributes;* U-карта,модуль*U-chartforattributes;* Np – карта, модуль*Np-chartforattributes;* P – карта, модуль*P-chartforattributes.*

В реальном времени – позволяет задавать возможность прослеживать изменение графиков в реальном времени с помощью соответствующих переключателей.

Для того чтобы построить контрольную карту средних значений, в диалоговом окне *Диаграммы управления показателем качества* щелчком левой кнопки мыши выбираем вкладку *Переменные* и двойным щелчком левой кнопки мыши модуль*X-bar&Rchartforvariables*. Появляется диалоговое окно *Задание переменных для X-полосы и R-диаграммы,* в котором имеются две вкладки: *Быстрый* и *Метки, причины, действия.* Во вкладке *Быстрый* выбираем столбец анализируемых переменных *Показатель качества* и идентификаторы выборки *Номер выборки*, для этого нажимаем кнопку *Variables*. При этом появляется диалоговое окно *Selectvarswithmeasurements*, в котором в строке *Измерения* вводим цифру *3* или щелчком левой кнопки мыши выбираем *3-Показатель качества*. В строке *Sampleidents* вводим идентификаторы выборки *1-Номер выборки*, в строке *Partidents* – идентификаторы участка (при необходимости). В данном примере использовались показатели качества продукции, полученные на одном производственном участке, и при производстве продукции использовалось одно и то же сырье или материал, поэтому идентификаторы участка в данном случае не устанавливаем. С помощью переключателя задаем *Минимальное количество измерений на выборку*, т.е. число значений, меньше которого не должна быть учитываемая выборка, в нашем случае не менее 2. После выполнения указанных операций нажмем кнопку *ОК*. В результате программа группирует показатели качества с одинаковым

номером в выборки, производит с ними необходимые действия и вычерчивает $\bar{X}$ - и R-карты, а также гистограммы наблюдений и размахов, изображенные на рисунке 6.

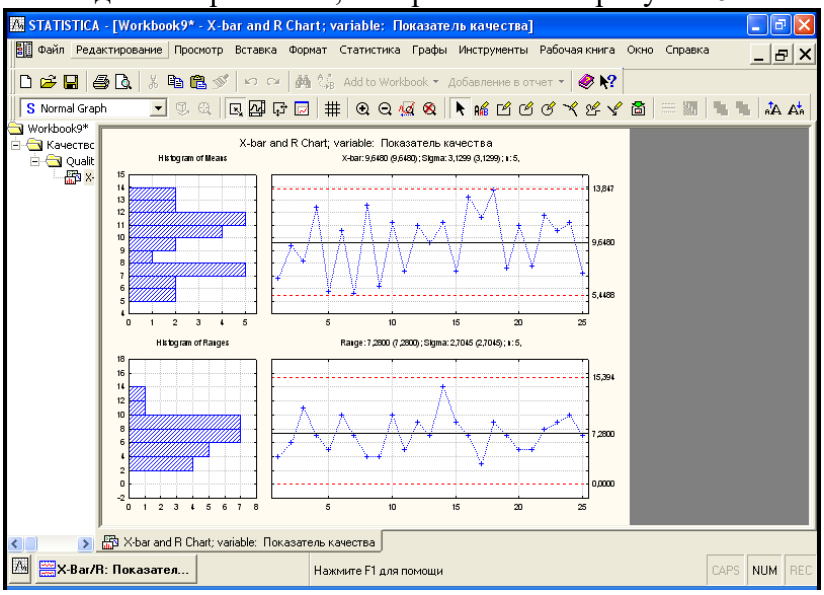


Рисунок 6 – $\bar{X}$ - и R-контрольные карты

Можно не задавать идентификаторы выборки, но тогда обязательно необходимо задать объем постоянной выборки. В таком случае программа группирует данные в выборки в порядке их упоминания в количестве, обозначенном в качестве объема постоянной выборки.

Для анализа контрольной карты нажмем в командной строке кнопку *X-bar/R Показатель…* Появляется диалоговое окно *X-bar/R Показатель качества,* которое имеет семь вкладок:

Спецификации R/S в которой можно задать необходимые параметры R- и S- карты, как то: центральная линия или значение спецификации (кнопка *Center*); верхний и нижний пределы регулирования (кнопки *UCL* и *LCL*, соответственно); строки предупреждения (кнопка *Строки предупреждения*), характеристики контрольной карты (строка *Если*); технологические характеристики (кнопка *Технологические характеристики*); основные показатели тестирования контрольной карты и тестирование контрольной карты (кнопка *Выполнение теста*). Возможно сохранение настроек и использование ранее определенных настроек (кнопки *Открыть спецификацию* и *Сохранить спецификацию* соответственно).

Спецификация X (MA), аналогична *Спецификации R/S*. В ней можно задать параметры $\bar{X}$ - карты.

Диаграммы – вкладка, с помощью которой можно вызвать следующие диаграммы и гистограммы: диаграммы *SixGraph* (в том числе контрольные $\bar{X}$ - и *R*- карты, вычерчивание нормальной вероятности, гистограмма контролируемой характеристики, вычерчивание диаграммы рассеяния); диаграммы $\bar{X}$ - и *R*- (если совместно, тогда кнопка *X(MA)&R/S*, если по отдельности, тогда кнопки или *X,* или *R/S*); описательную статистику (кнопка *Descriptives*); анализ выбросов (кнопка *Outliers*); гистограмма средних значений $\bar{X}$ (кнопка *гистограмма X (MA)*); гистограмма значений размахов (кнопка *гистограмма R/S)*; операционные характеристики (кнопки *ОС X(1)* и *ОС R(2)*); результаты тестирования контрольных карт (кнопка *запустить тесты*); итоговую характеристику процесса (кнопка *Summary*) и гистограмму (кнопка *Histogram*).

Отличный от нормального – вкладка, с помощью которой можно задать характеристики $\bar{X}$ -карты при распределении средних значений $\bar{X}$ отличного от нормального распределения;

Наборы – вкладка,с помощью которой возможна работа над созданием различных наборов данных.

Очистка – вкладка, с помощью которой можно удалять ненужные данные из выборок.

Отчет – вкладка, с помощью которой возможно создание отчета об основных характеристиках.

Выбираем вкладку *Спецификации R/S,* центральную линию задаем, по умолчанию, как *технологическую среднюю*, верхнюю и нижнюю границу регулирования задаем, по умолчанию, UCL = *3,0000*S*, LCL = *-3,0000*S*. Задаем строки предупреждения, для этого нажимаем кнопку *Строки предупреждения,* появляется диалоговое окно *Строки предупреждения.* Оно имеет блок переключателей *Задать в терминах* и строки *Lower* (нижняя предупредительная строка) и *Upper* (верхняя предупредительна строка). Для того, чтобы задать предупредительные границы в единицах σ, устанавливаем переключатель в положение *единицы sigma*. и устанавливаем в строках *Lower* и *Upper* значения *-2* и *2* соответственно. Таким образом, устанавливаются предупредительные границы в пределах -2σ и +2σ. Поскольку в данном случае используется карта средних значений, в строке *Если* указываем *Useaveragen*. Спецификация для R–карты создана. Далее выбираем вкладку *Спецификация X (MA)* и повторяем те же действия, что и со вкладкой *Спецификации R/S,* значение σ оставляем, по умолчанию, *вычисленным*, строка скользящего среднего остается отключенной. Соответствующий переключатель устанавливаем в положение *off* . Спецификация для R- и $\bar{X}$ -карт создана. Сохраняем, её нажав кнопку *Сохранить спецификации.* Появляется диалоговое окно *Выбрать спецификации для сохранения,* в котором выбираем необходимые для сохранения спецификации и нажимаем кнопку *ОК*. Далее действуем, как при сохранении файлов в *Windows*.

Для того, чтобы отобразить контрольные карты со строками предупреждения, обращаемся вновь к вкладке *Диаграммы* диалогового окна *X-bar/R Показатель качества* и нажимаем кнопку*X(MA)&R/S*. Получаем контрольные карты, показанные на рисунке 7.

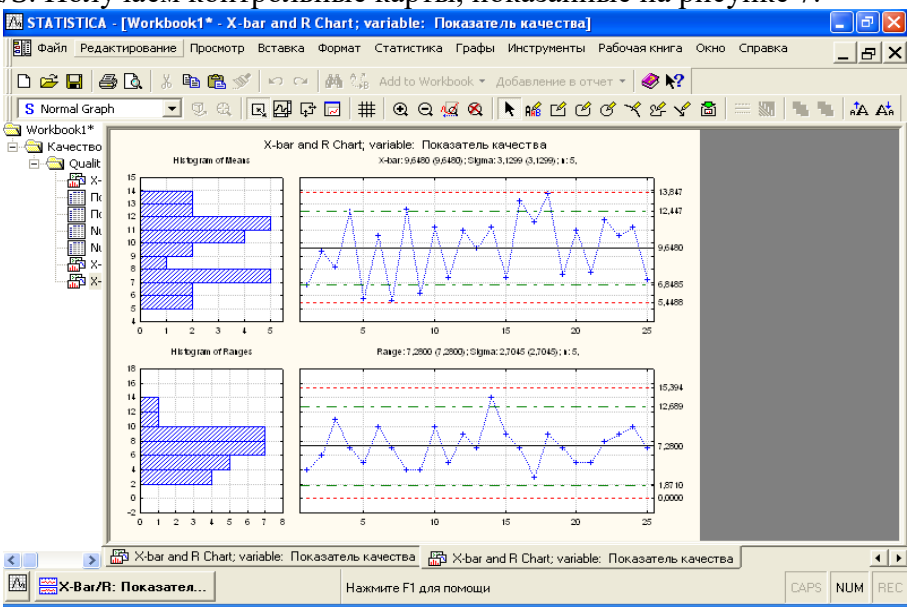


Рисунок 7 – Контрольные карты Шухарта с контрольными и предупредительными границами

На рисунке 7 пунктирными линиями изображены рассчитанные программой контрольные границы, а штрихпунктирной – предупредительные границы.

Программа STATISTICA позволяет проводить автоматизированный анализ контрольных карт. Проанализируем контрольную карту исходя из следующих основных положений:

Зоны A, B, C. Для задания критериев поиска серий точек область контрольной карты над центральной линией и под ней делится на три "зоны" (Рисунок 8).

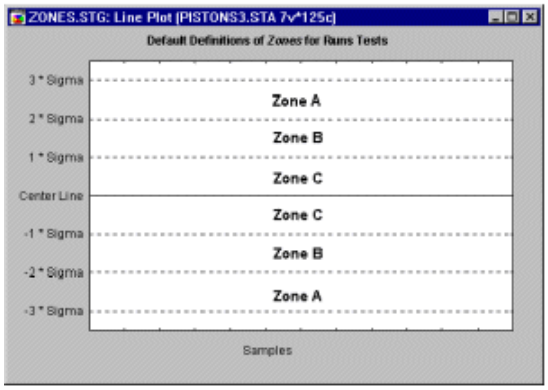


Рисунок 8 – Разбивка контрольных карт по зонам

По умолчанию *зонаА* определяется как область, расположенная на расстоянии от 2 до 3 *сигма* по обе стороны от центральной линии. *Зона В* определяется как область, отстоящая от центральной линии на расстояние от 1 до 2 *сигма*, а *зона С* - как область, расположенная между центральной линией по обе ее стороны и ограниченная прямой, проведенной на расстоянии одной *сигма* от центральной линии.

9 точек в зоне С или за ее пределами (с одной стороны от центральной линии). Если этот критерий выполняется (т.е. если на контрольной карте обнаружено такое расположение точек), то делается вывод о возможном изменении среднего значения процесса в целом. Заметим, что здесь делается предположение о симметричности распределения исследуемых характеристик качества вокруг среднего значения процесса на графике. Но это условие не выполняется, например, для R-карт, S-карт и большинства карт по альтернативному признаку. Тем не менее, данный критерий полезен для того, чтобы указать занимающемуся контролем качества инженеру на присутствие потенциальных трендов процесса. Например, здесь стоит обратить внимание на последовательные выборочные значения с изменчивостью ниже среднего, так как с их помощью можно догадаться, каким образом снизить вариацию процесса.

6 точек монотонного роста или снижения, расположенные подряд. Выполнение этого критерия сигнализирует о сдвиге среднего значения процесса. Часто такой сдвиг обусловлен изнашиванием инструмента, ухудшением технического обслуживания оборудования, повышением квалификации рабочего и т.п.

14 точек подряд в "шахматном" порядке (через одну над и под центральной линией). Если этот критерий выполняется, то это указывает на действие двух систематически изменяющихся причин, которое приводит к получению различных результатов. Например, в данном случае может иметь место использование двух альтернативных поставщиков продукции или отслеживание двух различных альтернативных воздействий.

2 из 3-х расположенных подряд точек попадают в зону А или выходят за ее пределы. Этот критерий служит "ранним предупреждением" о начинающейся разладке процесса. Заметим, что для данного критерия вероятность получения ошибочного решения (критерий выполняется, однако процесс находится в нормальном режиме) в случае $\bar{X}$ -карт составляет приблизительно 2 %.

4 из 5-ти расположенных подряд точек попадают в зону В или за ее пределы. Как и предыдущий, этот критерий может рассматриваться в качестве индикатора - "раннего предупреждения" о возможной разладке процесса. Процент принятия ошибочного решения о наличии разладки процесса для этого критерия также находится на уровне около 2%.

15 точек подряд попадают в зону С (по обе стороны от центральной линии). Выполнение этого критерия указывает на более низкую изменчивость по сравнению с ожидаемой (на основании выбранных контрольных пределов).

8 точек подряд попадают в зоны В, А или выходят за контрольные пределы, по обе стороны от центральной линии (без попадания в зону С). Выполнение этого критерия служит свидетельством того, что различные выборки подвержены влиянию различных факторов, в результате чего выборочные средние значения оказываются распределенными по бимодальному закону. Такая ситуация может сложиться, например, когда отмечаемые на $\bar{X}$ -карте выборки изделий были

произведены двумя различными станками, один из которых производит изделия со значением контролируемой характеристики выше среднего, а другой - ниже.

Вернемся к диалоговому окну *X-bar/R Показатель качества* и вновь выберем вкладку *Спецификация X (МА)*. Для анализа воспользуемся кнопкой *Выполнить тест.* После ее нажатия появится диалоговое окно *Выполнить проверки для диаграмм управления,* в котором в блоке переключателей *Zone* выбираем границы зон согласно данных, обозначенных выше. Проанализируем контрольные карты по всем критериям разладки процесса. Для этого нажимаем кнопку *Все тесты.* При этом флажки располагаются напротив всех анализов. Есть возможность расставить флажки напротив тех анализов, которые на данный момент наиболее важны. Выполнив эту процедуру, нажимаем кнопку *Да (сделать проверки)*. Появляется таблица, обозначенная рисунке 9.

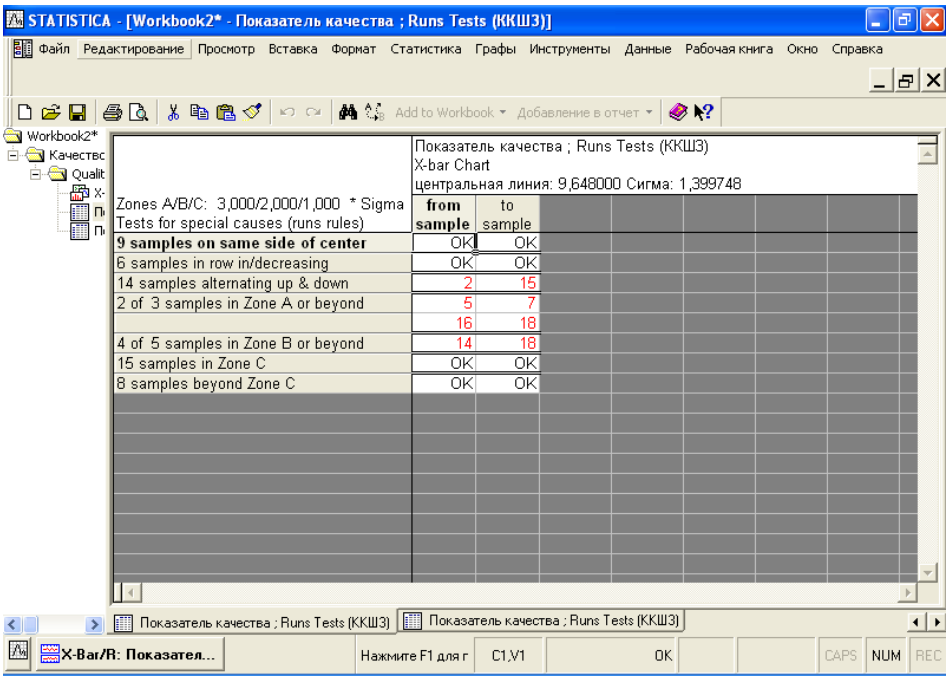


Рисунок 9 – Таблица результатов тестирования $\bar{X}$ – карты.

Из таблицы видно, что при анализе $\bar{X}$ – карты выполняются три критерия разладки процесса:

1.- 14 точек расположены подряд в "шахматном" порядке (через одну над и под центральной линией) выборки со 2 по 15. Это указывает на действие двух систематически изменяющихся причин, которое приводит к получению различных результатов.

2. - 2 из 3-х расположенных подряд точек попадают в зону А или выходят за ее пределы - это средние значения выборок с 5 по 7 и с 16 по 18.

3. - 4 из 5-ти расположенных подряд точек попадают в зону В или за ее пределы – это средние значения выборок с 14 по 18.

Таким образом, анализ $\bar{X}$ -карты говорит о начинающейся разладке процесса производства продукции и о необходимости принятия мер предупреждающего характера. В то же время анализ *R* -карты не выявил подобных изменений (рисунок 10).

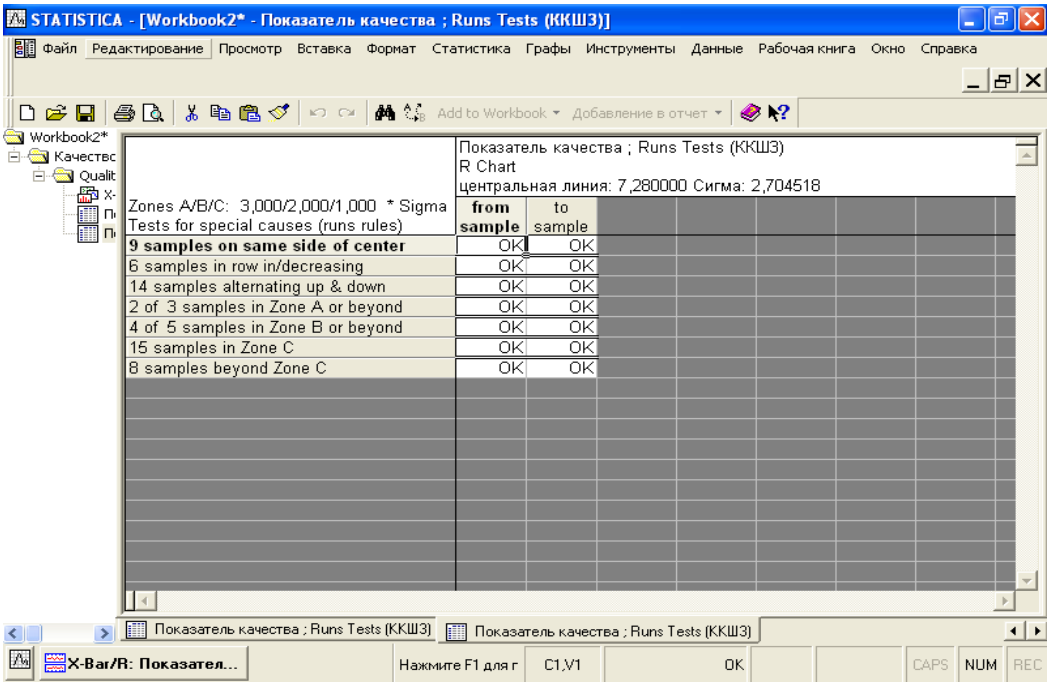


Рисунок 10 - Таблица результатов тестирования *R*– карты.

<u>Задание</u>

1. Выполнить расчёты и построения в соответствии с примером 1.
2. Построить и проанализировать контрольную $\bar{x}-s$ -карту по данным таблицы 11.

Таблица 11– Исходные данные

№ выборки	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	47	44	32	35	20
2	19	31	37	25	34
3	19	16	11	11	44
4	29	42	29	59	38
5	28	45	12	36	25
6	40	11	35	38	33
7	15	12	30	33	26
8	35	32	44	11	38
9	27	26	37	20	35
10	23	26	45	37	32
11	28	40	44	31	18
12	31	24	25	32	22
13	22	19	37	47	14
14	37	12	32	38	30
15	25	24	40	50	19
16	7	23	31	18	32
17	38	41	0	40	37
18	35	29	12	48	20
19	31	35	20	24	47
20	27	38	27	40	31
21	42	52	42	24	25
22	31	15	31	3	28
23	27	22	27	32	54
24	34	15	34	29	21
25	37	45	37	14	17