

Министерство образования и науки Украины  
Севастопольский национальный технический университет



## **«ПОСТРОЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ»**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к контрольной работе

по дисциплине «Управление качеством»

для студентов специальности:  
7.050201 – «Менеджмент организаций»,  
всех форм обучения

Севастополь  
2007



**УДК 658.562**

«Построение контрольных карт» методические указания к контрольной работе по дисциплине «Управление качеством» для студентов специальности: 7.050201 – «Менеджмент организаций» всех форм обучения / Сост. Н.А. Русина, А.А. Загорулько. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007г. – 24 с.

Целью методических указаний является применение теоретических знаний по теме «Управление качеством» при решении ситуаций с помощью системы MINITAB. Методические указания предназначены для студентов экономических специальностей.

Методические указания утверждены на заседании кафедры менеджмента и экономико-математических методов, (протокол № 7 от «16» марта 2007г.).

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент:

Белинский А.Ф., канд. эконом. наук, доцент кафедры «Экономика и маркетинг».

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Цель работы.....                                                       | 4  |
| 2. Теоретическая часть.....                                               | 4  |
| 2.1 Контрольные карты. Общие сведения.....                                | 4  |
| 2.2. Типы контрольных карт.....                                           | 5  |
| 2.3. Основные формулы, используемые при построении контрольных карт.....  | 6  |
| 2.4. Построение контрольных карт в системе MINITAB.....                   | 9  |
| 2.5 Анализ производительности процесса.....                               | 12 |
| 2.6 Проведение анализа производительности процесса в системе Minitab..... | 16 |
| 3. Порядок выполнения контрольной работы.....                             | 19 |
| 4. Перечень теоретических вопросов.....                                   | 19 |
| 5. Содержание отчета о выполнении контрольной работы.....                 | 20 |
| 6. Контрольные вопросы.....                                               | 21 |
| Библиографический список.....                                             | 22 |
| Приложение А.....                                                         | 23 |

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться строить контрольные карты процессов с помощью системы MINITAB и анализировать полученные результаты.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Контрольные карты. Общие сведения

Метод контрольных карт позволяет отслеживать состояние процесса во времени и более того — воздействовать на процесс до того, как он выйдет из-под контроля.

Контрольные карты — инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Всякая контрольная карта состоит обычно из трех линий. Центральная линия представляет собой требуемое среднее значение характеристики контролируемого параметра качества. Две другие линии, одна из которых находится над центральной - верхний контрольный предел ( $K_v$  или UCL — Upper Control Level), а другая — нижний контрольный предел ( $K_n$  или LCL — Lower Control Level), представляют собой максимально допустимые пределы изменения значений контролируемой характеристики (показателя качества), чтобы считать процесс удовлетворяющим предъявляемым к нему требованиям.

Если все точки, полученные по результатам обследования выборок, оказываются внутри контрольных пределов, не проявляя каких бы то ни было тенденций, то предел рассматривается как находящийся в контролируемом состоянии. Если же, напротив, они попадут за контрольные пределы или примут какую-нибудь иную форму расположения, то процесс считается вышедшим из-под контроля.

Процесс считается контролируемым, если систематические составляющие его погрешности регулярно выявляются и устраняются, а остаются только случайные составляющие погрешностей, которые, как правило, распределяются в соответствии с нормальным (гауссовским) законом распределения.

Для успешного внедрения на практике контрольных карт важно не только овладеть техникой их составления и ведения, но, что значительно важнее, научиться правильно "читать" карту.

Контрольная карта помогает не только выявить несоответствие процесса требованиям потребителя, но и предвидеть возможности его появления в будущем.

## 2.2. Типы контрольных карт

В зависимости от вида показателя и цели существуют различные типы контрольных карт. В одном из них контрольный предел вычисляется по формуле

$$(\text{среднее значение}) \pm 3 (\text{стандартное отклонение}), \quad (1)$$

где стандартное отклонение и есть вариация (изменение значения параметра качества), обусловленная случайными причинами. Этот тип контрольных называется контрольной картой с 3-сигмовыми пределами.

В рамках семи простых методов используются всего лишь семь типов контрольных карт, а именно контрольные карты:

- средних арифметических и размахов ( $\bar{x}$  —  $R$ );
- медиан и размахов ( $Me$  —  $R$ );
- индивидуальных значений ( $x$ );
- доли дефектной продукции ( $p$ );
- числа дефектных единиц продукции ( $np$ );
- числа дефектов ( $c$ );
- числа дефектов на единицу продукции ( $u$ ).

Все перечисленные карты относятся к категории карт Шухарта, которые широко применяются в Европе и Японии.

В рамках семи простых инструментов разработано много простых правил, позволяющих на картах Шухарта выявить тенденцию процесса и предупредить выход его из-под контроля. Как правило, при анализе процессов метод контрольных карт используется совместно с гистограммами и расслоением данных.

Для выбора контрольной карты можно воспользоваться схемой, приведенной на рисунке 1.

Существует два типа контрольных карт: один предназначен для контроля параметров качества, представляющих собой непрерывные случайные величины, значения которых являются количественными данными параметра качества (значения размеров, масса, электрические и механические параметры и т.п.), а второй — для контроля параметров качества, представляющих собой дискретные случайные величины и значения, которые являются качественными данными (годен — не годен, соответствует — не соответствует, дефектное — бездефектное изделие и т.п.).

Таким образом, целью контрольных карт является:

- держать под контролем значение определенной характеристики;
- проверять стабильность процессов;
- немедленно принимать корректировочные меры;
- проверять эффективность принятых мер.

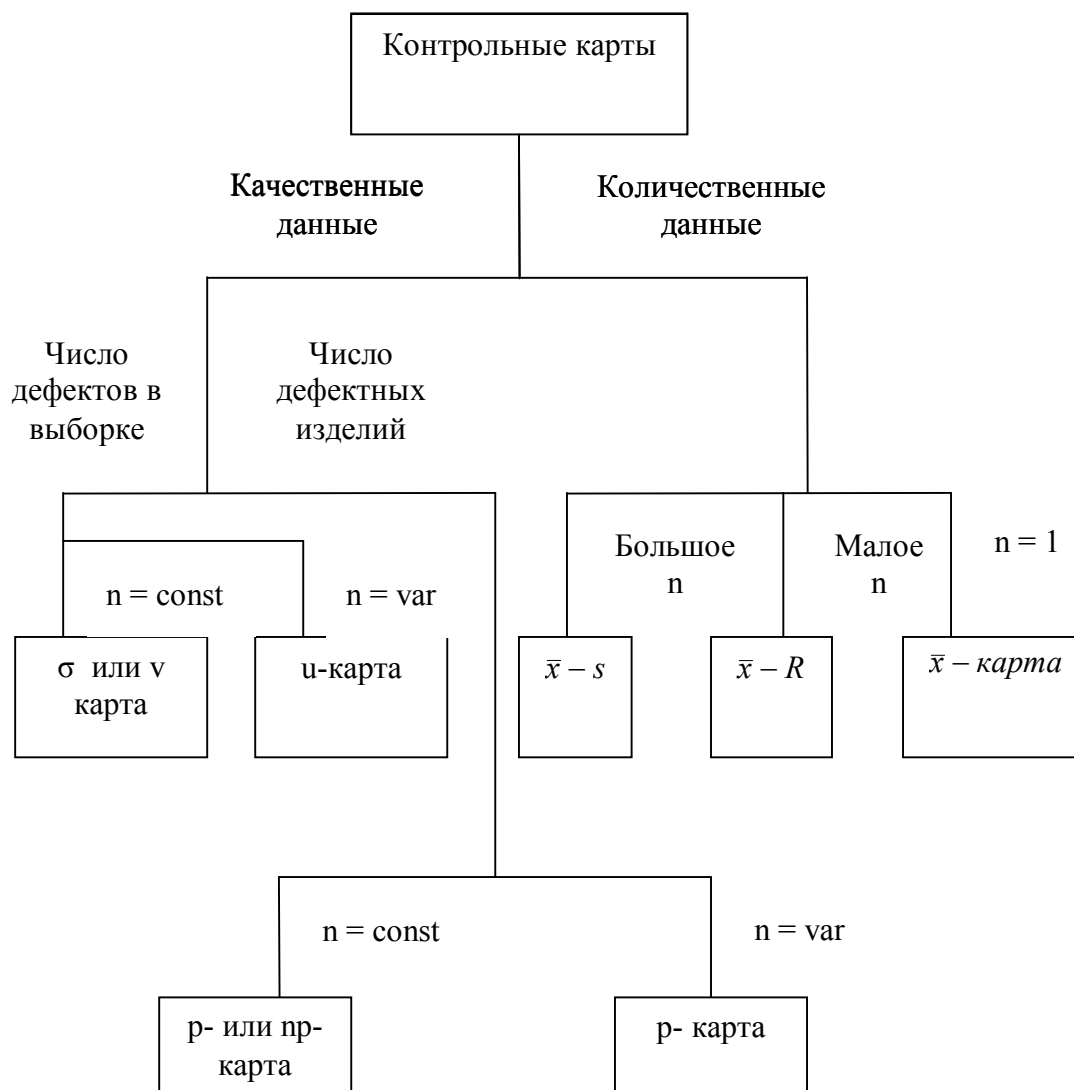


Рисунок 1 - Порядок выбора типа контрольной карты

Однако следует отметить, что перечисленные цели являются характерными для действующего процесса. В период же запуска процесса контрольные карты используют для проверки возможностей процесса, т.е. его возможности стабильно выдерживать установленные допуски.

### 2.3. Основные формулы, используемые при построении контрольных карт

X – карты

Расчет верхнего / нижнего контрольных пределов (ВКП/НКП) выполняется по следующим формулам

$$ВКП_x = \bar{x} + A_2 \bar{R}, \quad (2)$$

$$НКП_x = \bar{x} - A_2 \bar{R}, \quad (3)$$

где  $\bar{x}$  - среднее значение параметра по всем выборкам,  $\bar{R}$  - среднее значение размаха по нескольким выборкам,  $A_2$  - константа, обеспечивающая интервал в три сигма для выборочного среднего (см. таблицу1).

Если известно значение стандартного отклонения, то верхний / нижний контрольные пределы могут быть вычислены по следующим формулам

$$ВКП_{\bar{x}} = \bar{x} + z\sigma_{\bar{x}}, \quad (4)$$

$$НКП_{\bar{x}} = \bar{x} - z\sigma_{\bar{x}}, \quad (5)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{\bar{x}}$  - стандартное отклонение для среднего, n – размер выборки, z - отклонение при нормальном законе распределения ( $z = 1.96$  при 5% ошибке).

R – карты

Расчет верхнего / нижнего контрольных пределов (ВКП/НКП) для R – карт выполняется по следующим формулам

$$НКП_R = D_3 \bar{R}, \quad (7)$$

$$ВКП_R = D_4 \bar{R}, \quad (8)$$

где  $\bar{R}$  - среднее значение размаха по нескольким выборкам,  $D_3$ ,  $D_4$  – константы, обеспечивающие доверительный интервал в три сигма.

Таблица 1 – Значения параметров для расчета верхних и нижних пределов для контрольных карт

| N  | $A_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
|----|-------|-------|-------|
| 2  | 1.880 | 0     | 3.267 |
| 3  | 1.023 | 0     | 2.575 |
| 4  | 0.729 | 0     | 2.282 |
| 5  | 0.577 | 0     | 2.115 |
| 6  | 0.483 | 0     | 2.004 |
| 7  | 0.419 | 0.076 | 1.924 |
| 8  | 0.373 | 0.136 | 1.864 |
| 9  | 0.337 | 0.184 | 1.816 |
| 10 | 0.308 | 0.223 | 1.777 |

### Пример построения X – R карты

Для производимых электрических устройств измерялось сопротивление в омах. Результаты исследований представлены в следующем виде:

237, 245, 237, 238, 237, 243, 237, 239, 239, 241, 243, 241, 240, 242, 241, 241, 235, 236, 242, 240.

Предполагается исследование пяти выборок по четыре устройства в каждой.

Для построения X – R карты:

1) вычислим общее среднее  $\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N}$ , где  $\bar{X}_i$  - среднее по каждой

выборке, и N - размер выборки;

2) вычислим  $\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n}$ , где  $\bar{R}$  - средний размах, и n - количество элементов в каждой выборке.

Эти вычисления удобно делать в таблице:

Таблица 2 – вычисления для построения X – R карты

| №<br>выборки | № устройства в выборке |     |     |     | X<br>среднее | макс      | мин | R= макс -<br>мин |
|--------------|------------------------|-----|-----|-----|--------------|-----------|-----|------------------|
|              | 1                      | 2   | 3   | 4   |              |           |     |                  |
| 1            | 237                    | 245 | 237 | 238 | 239,25       | 245       | 237 | 8                |
| 2            | 237                    | 243 | 237 | 239 | 239          | 243       | 237 | 6                |
| 3            | 239                    | 241 | 243 | 241 | 241          | 243       | 239 | 4                |
| 4            | 240                    | 242 | 241 | 241 | 241          | 242       | 240 | 2                |
| 5            | 235                    | 236 | 242 | 240 | 238,25       | 242       | 235 | 7                |
|              | X общее среднее        |     |     |     | 239,7        | R среднее |     | 5,4              |

3) вычислим верхний и нижний конечные пределы по формулам 2,3,7,8.

Тогда для X - карты:

$$ВКП_x = 239,7 + 0,729*5,4 = 243,64,$$

$$НКП_x = 239,7 - 0,729*5,4 = 235,76.$$

Для R - карты:

$$НКП_R = 0*5,4 = 0,$$

$$ВКП_R = 2,282*5,4 = 12,32.$$

Значения  $A_2$ ,  $D_3$  и  $D_4$  находятся в таблице 1.

4) построение карт:

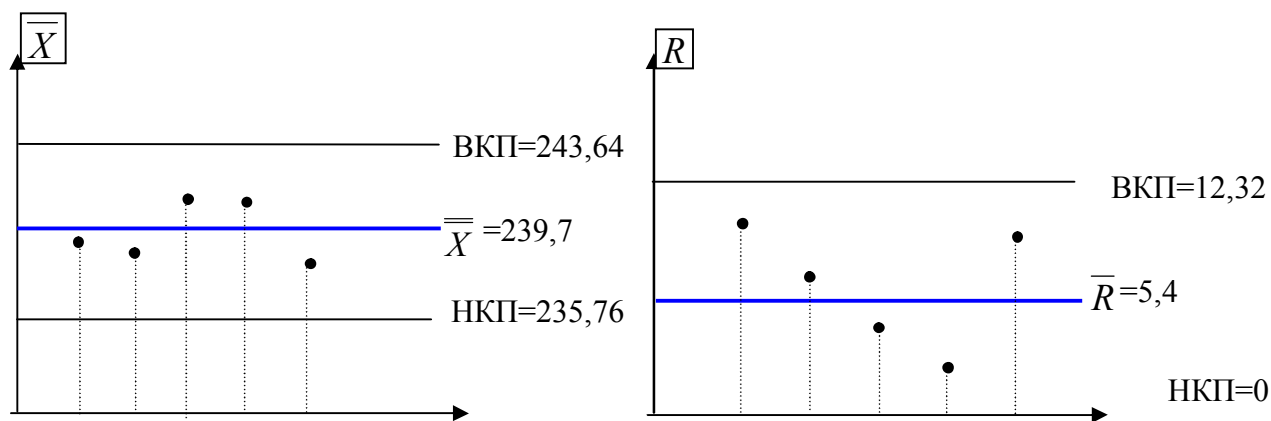


Рисунок 2 - X – R карты

Вывод: процесс находится под статистическим контролем.

## 2.4. Построение контрольных карт в системе MINITAB

Для построения контрольных карт в системе MINITAB необходимо выбрать из меню Stat > Control Charts. Из этого раздела могут быть выбраны контрольные карты различных типов:

- 1) контрольные карты для количественных параметров:
  - а) контрольные карты для выборок:
    - $\bar{X}$ bar – карта средних значений выборки;
    - $R$  – карта размаха;
    - $S$  – карта стандартного отклонения;
    - $\bar{X}$ bar- $R$  – карта средних значений и размахов;
    - $\bar{X}$ bar- $S$  – карта средних значений и стандартных отклонений;
  - б) контрольные карты для индивидуальных наблюдений:
    - Individuals – карта индивидуальных наблюдений;
    - Moving Range – карта скользящего размаха;
    - I-MR - карта индивидуальных наблюдений и скользящего размаха;
  - в) контрольные карты, использующие комбинации выборок:
    - EWMA – карта взвешенного экспоненциального скользящего среднего;
    - Moving Average – карта скользящего среднего;
    - CUSUM – карта накопленных сумм;
    - Zone – зонная контрольная карта;
  - г) контрольные карты для кратковременных процессов:
    - Z-MR – стандартизованная карта для индивидуальных наблюдений и скользящего размаха;
- 2) контрольные карты для качественных параметров:
  - а) контрольные карты для доли дефектов:
    - $P$  – карта доли дефектов;
    - $NP$  – карта числа дефектов;
  - б) контрольные карты для числа дефектов:
    - $C$  – карта числа дефектов;

- U – карта среднего числа дефектов.

В данной контрольной работе необходимо построить контрольную карту  $\bar{X}$ -R.

Контрольная карта  $\bar{X}$ -R позволяет получить две взаимосвязанных карты:

- контрольную карту среднего значения (в верхней части экрана),
- контрольную карту размаха (в нижней части экрана).

Данные вводятся следующим образом:

Single column: вводится название столбца, если данные представлены одним столбцом.

Subgroup size: вводится константа или имя столбца, определяющие размер выборки.

Subgroups across rows of: вводится диапазон столбцов, если данные представлены в нескольких столбцах.

Historical mean: вводится среднее значение, если этот параметр известен для процесса.

Historical sigma: вводится значение стандартного отклонения  $s$ , если этот параметр известен для процесса.

Если значение  $s$  не задано MINITAB может оценить  $s$ , исходя из представленных данных.

Пример построения  $\bar{X}$ - и R-контрольных карт в системе MINITAB.

Компания выпускает особые металлические болты под заказ нескольких крупных корпораций. Диаметр болтов является критическим показателем. Он должен составлять 0,5025 дюйма, а средний разброс – 0,0020 дюйма. Были проверены подряд 5 выборок (по 4 болта в каждой) для контроля производства. Данные контроля приведены в таблице. Определить находится ли процесс под статистическим контролем. Сделать выводы.

Таблица 3 – Исходные данные

| Номер<br>выборки, m | Номер болта в выборке, n |        |        |        |
|---------------------|--------------------------|--------|--------|--------|
|                     | 1                        | 2      | 3      | 4      |
| 1                   | 0,5014                   | 0,5022 | 0,5009 | 0,5027 |
| 2                   | 0,5021                   | 0,5041 | 0,5032 | 0,5020 |
| 3                   | 0,5018                   | 0,5026 | 0,5035 | 0,5023 |
| 4                   | 0,5008                   | 0,5034 | 0,5024 | 0,5015 |
| 5                   | 0,5041                   | 0,5056 | 0,5034 | 0,5039 |

Для построения  $\bar{X}$ - и R-контрольных карт в системе MINITAB открываем следующее окно (рисунок 3).

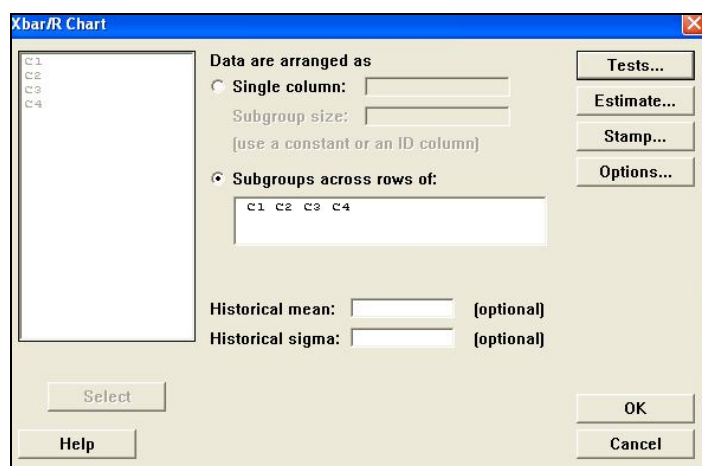


Рисунок 3 – Пример заполнения окна «X bar/R Chart»

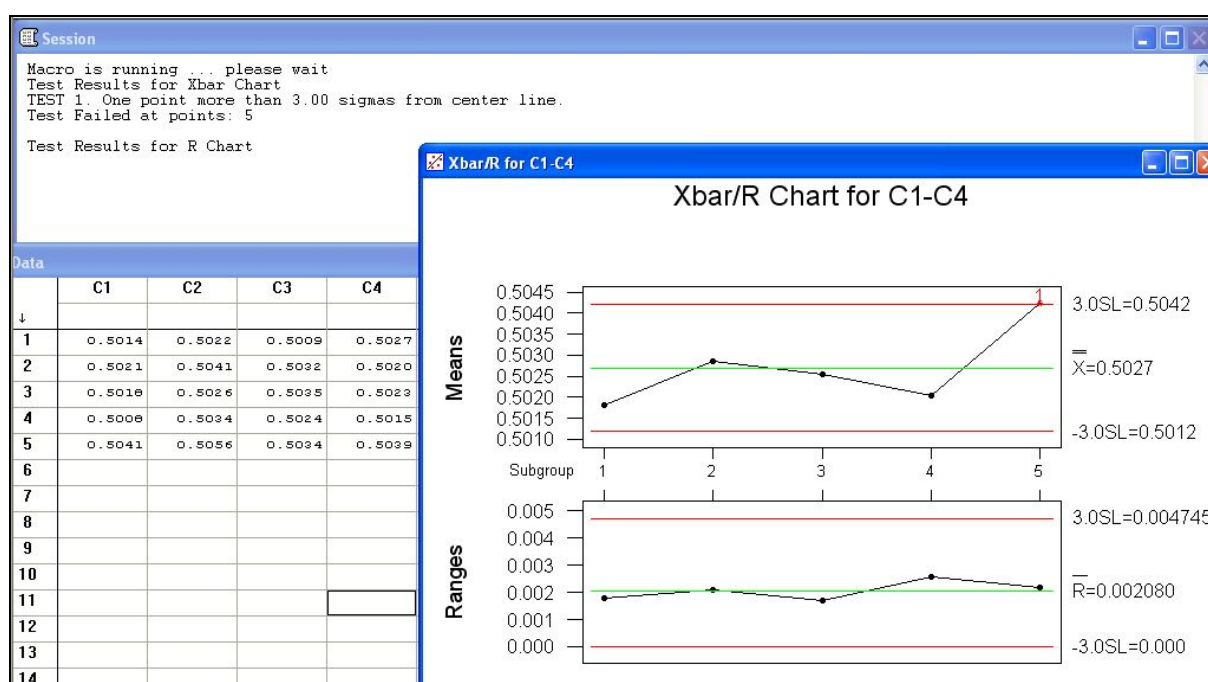


Рисунок 4 – Пример построения X- и R-контрольных карт в системе MINITAB

Вывод: при построении X-карты были обнаружены отклонения по тесту 1 в точке 5. При тестировании R-карты отклонения не обнаружены.

Для дальнейшего анализа выборка, соответствующая точке 5, не используется. Далее исследуются причины всех отклонений.

Результаты построения новых контрольных карт представлены на рисунке 5.

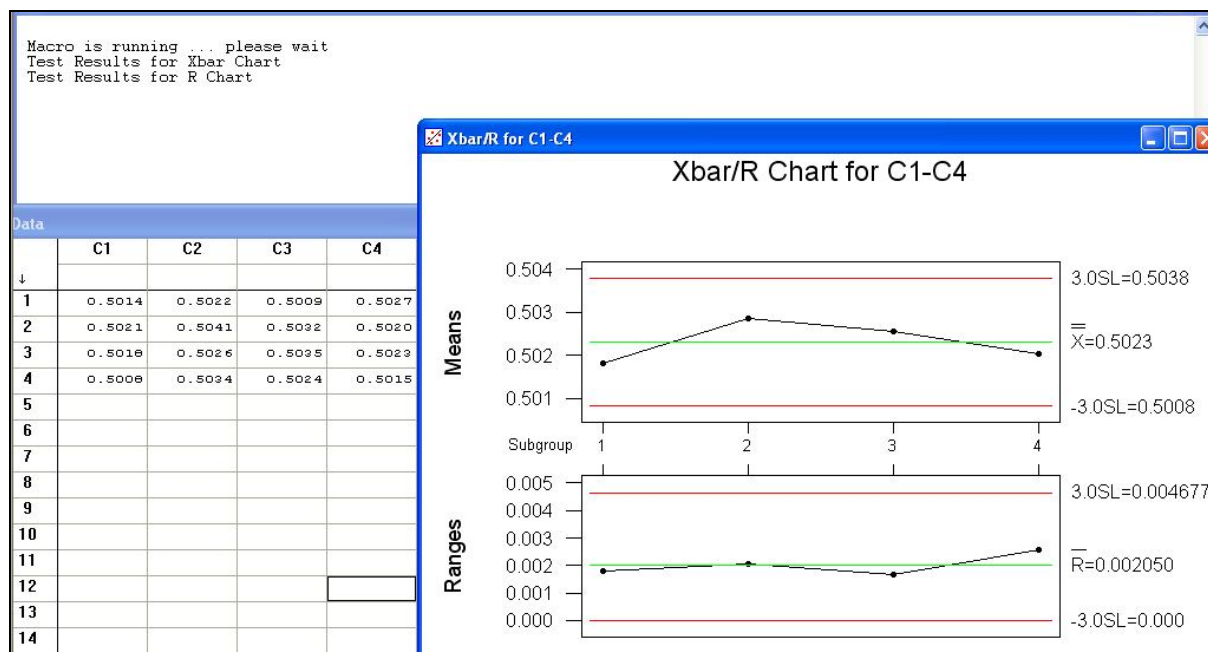


Рисунок 5 – Результаты повторного построения контрольных карт  
Вывод: процесс находится под статистическим контролем.

## 2.5 Анализ производительности процесса

Если гистограмма имеет симметричный (колоколообразный) вид, то можно предполагать гауссовский закон распределения случайной величины. В этом случае среднее значение гистограммы приходится на середину размаха данных. Наивысшая частота оказывается в середине и постепенно снижается в обе стороны.

Когда выяснено, что гистограмма следует гауссовскому (нормальному) закону распределения, становится возможным исследование адекватности процесса, т.е. определяется неизменность основных параметров процесса: среднего значения  $x$  или математического ожидания  $M(x)$  и стандартного отклонения ( $\sigma$ ) во времени. Оно важно при оценке процесса с помощью выборочных данных, когда требуется выяснить вероятность пересечения распределения генеральной совокупности и границ поля допуска, и появления в связи с этим несоответствия требованиям потребителя (пользователя). Если процесс имеет нормальное распределение, то не представляет труда определить возможность выхода распределения генеральной совокупности при заданных значениях  $M(x)$  и  $\sigma$  исходя из сравнения соответствующих трехсигмовых пределов и пределов поля допуска.

Если брать в качестве границ допуска трехсигмовые пределы, то годными будут считаться 99,73 % всех данных генеральной совокупности и только 0,27 % данных будут считаться несоответствующими (non-conformity — NC) требованиям потребителя (пользователя), так как они расположены за границами заданного поля допуска. Таким образом, часть годных данных ( $\leq 0,27$  %) считают несоответствующими требованиям, и в

этом состоит особенность трехсигмовых пределов, которые применяют на практике для сравнения распределения данных с устанавливаемыми границами допуска.

На современных предприятиях все чаще начинает использоваться анализ при помощи шестисигмовых контрольных границ (Six-Sigma Limits), т.е. рассматриваются пределы, соответствующие шести среднеквадратическим отклонениям. Компания Motorola связала такие аспекты, как производственные мощности процесса (Process Capability) и проектирование продукции. При проектировании той или иной детали всегда оговаривается, что её размеры должны оставаться в определенном диапазоне допусков. Соответствующие проектные границы называют верхними и нижними проектными допусками (Upper and Lower Specification Limits) или верхними и нижними пределами спецификации.

Приведем пример. Предположим, мы занимаемся проектированием подшипника для вращающегося вала для оси автомобильного колеса. При этом нам необходимо принимать во внимание целый ряд технических характеристик как подшипника, так и оси: ширину подшипника, размер его роликов, размер оси, её длину, способ её подвески и т.д. Чтобы все комплектующие точно соответствовали друг другу, проектировщик указывает допуски для каждого размера. Предположим, что в законченном проекте указано, что диаметр подшипника должен быть  $1,250 \pm 0,005$  см. Это означает, что качественными будут считаться детали с размером от 1,245 до 1,255 см (что и является верхними и нижними пределами спецификации).

Далее проанализируем производственный процесс выпуска подшипников. Предположим, проведя несколько тестов, мы определили, что объем продукции, выпущенной на станке, характеризуется среднеквадратическим отклонением, равным 0,002 см. Если мы воспользуемся для данного процесса трехсигмовой контрольной границей, то подшипники будут иметь отклонения  $\pm 0,006$  см. Учитывая, что мы производим детали с диаметром 1,250 см, это означает, что мы будем выпускать подшипники, диаметр которых будет изменяться в диапазоне от 1,244 до 1,256 см. Очевидно, что границы процесса шире допустимых границ, установленных проектировщиком. Это приведет к высокой доле брака выпускаемой продукции.

Применяя шестисигмовый критерий, компания Motorola предлагает подход, при котором процесс, используемый для изготовления детали, протекает таким образом, чтобы в проектные допуски вкладывался диапазон отклонений, равный шести сигмам.

Предположив, что процесс производит продукцию в границах  $\pm 3\sigma$  и среднее значение процесса расположено точно по центру между двумя проектными границами, Дэвид Берч (David Birch) вычислили доли продукции, выходящей за пределы различных проектных границ (таблица 4).

Таблица 4 – Определение доли бракованной продукции в зависимости от проектных границ

| Проектные границы | Число забракованных единиц продукции | Доля бракованной продукции |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| $\pm 1\sigma$     | 317 на тысячу                        | 0,3173                     |
| $\pm 2\sigma$     | 45 на тысячу                         | 0,0455                     |
| $\pm 3\sigma$     | 2 на тысячу                          | 0,0027                     |
| $\pm 4\sigma$     | 63 на миллион                        | 0,000063                   |
| $\pm 5\sigma$     | 574 на миллиард                      | 0,000000574                |
| $\pm 6\sigma$     | 2 на миллиард                        | 0,000000002                |
| $\pm 7\sigma$     | 0,3 на миллиард                      | 0,0000000000003            |
| $\pm 8\sigma$     | 0,001 на миллиард                    | 0,0000000000000001         |

С учетом сказанного предполагаемые годные (соответствующие трехсигмовым пределам) данные будем обозначать через  $C$  (conformity) и их количество будет определяться трехсигмовыми пределами, т.е.  $C=6\sigma$ . Для количественной оценки того, сколько из предполагаемых годных данных вошло в поле допуска, используют так называемый коэффициент годности  $C_p$ :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}, \quad (9)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (10)$$

где  $USL$  - верхний предел спецификации,  $LSL$  - нижний предел спецификации;  $\sigma$  – среднееквадратическое отклонение,  $\bar{x}$  - среднее значение выборки,  $x_i$  -  $i$ -ый элемент выборки,  $n$ - количество элементов в выборке .

Однако в подавляющей части зарубежной литературы это отношение принято называть отношением или индексом годности.

Исследование адекватности процесса с помощью  $C_p$  позволяет оценить качество процесса в соответствии с требованиями потребителя. Чем больше величина  $C_p$ , тем выше качество процесса и тем меньше вероятность несоответствия его выхода ожиданиям потребителя.

Часто на практике для оценки смещения среднего значения применяют индекс годности  $C_{pk}$ .

Индекс годности (индекс производственных возможностей процесса) показывает, насколько точно разброс технических характеристик произведенной продукции соответствует допускам, определенным проектными границами. Если проектные границы выше трёх сигм, принятых для процесса, то среднее значение может немного сдвигаться по

отношению к центру, не требуя какое-то время корректировок процесса, и при этом будет продолжаться выпуск большого процента качественных деталей.

Поскольку среднее значение процесса может смещаться в любом направлении, направление сдвига и его расстояние от проектных характеристик определяют предел возможностей процесса, что и отражает индекс годности. С формальной точки зрения  $C_{pk}$  вычисляется как меньшее из двух, определяемых по следующей формуле:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{X - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - X}{3\sigma} \right\} \quad (11)$$

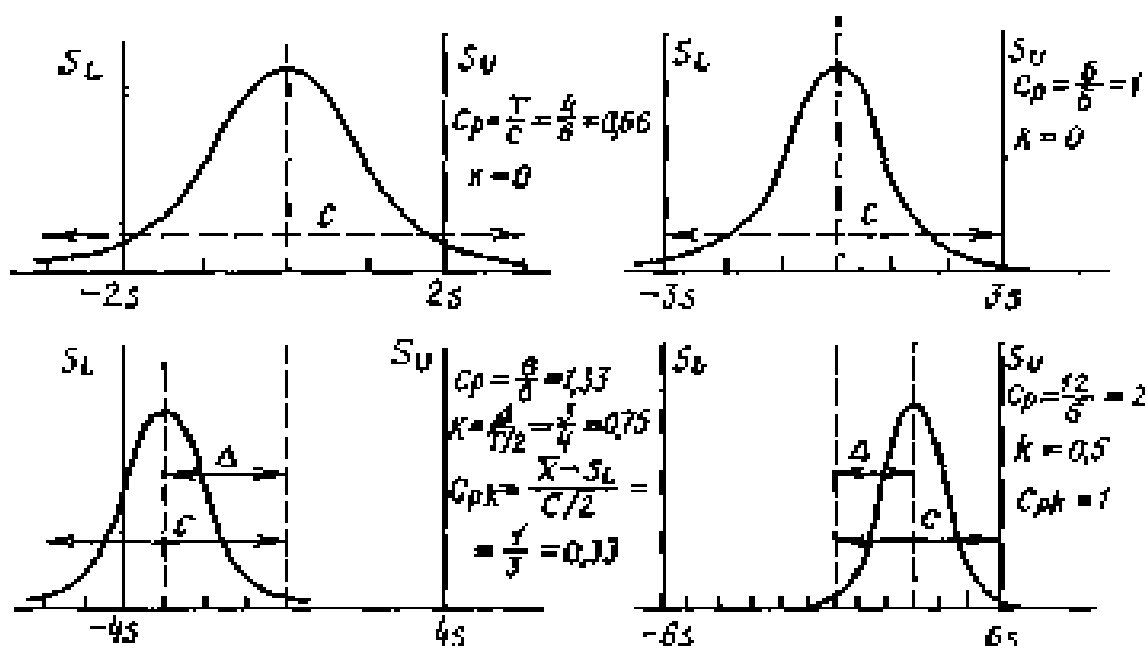


Рисунок 6 - Значения индексов годности в зависимости от параметров  $x$  и гауссовского распределения

Как видно из рисунка 6, для оперативной количественной оценки того, насколько хорошо процесс отвечает предъявляемым требованиям, достаточно применения индекса годности  $C_p$ . Для анализа используется следующее правило:

- $C_p > 1,33$  — процесс в удовлетворительном состоянии;
- $1,00 \leq C_p \leq 1,33$  — процесс отвечает предъявляемым к нему требованиям;
- $C_p < 1,00$  — процесс не отвечает предъявляемым требованиям.

Рассмотрим пример расчета показателей производительности процесса.

Требуется определить показатели производительности процесса. Исходные данные представлены в таблице.

| №  | 195±10 |
|----|--------|
| 1  | 207    |
| 2  | 204    |
| 3  | 198    |
| 4  | 195    |
| 5  | 199    |
| 6  | 200    |
| 7  | 222    |
| 8  | 215    |
| 9  | 188    |
| 10 | 171    |
| 11 | 200    |
| 12 | 204    |
| 13 | 191    |
| 14 | 201    |
| 15 | 198    |
| 16 | 231    |
| 17 | 202    |
| 18 | 187    |
| 19 | 194    |
| 20 | 196    |

1) определим среднее арифметическое производственного процесса:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4003/20 = 200.15$$

2) определим среднеквадратическое отклонение производственного процесса:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 12.72$$

3) определим отношение производительности производственного процесса:

$$USL = 195 + 10 = 205, LSL = 195 - 10 = 185$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{205 - 185}{6 * 12.72} = 20 / 76.32 = 0.262$$

4) определим индекс годности производственного процесса:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \right\} = \min \left\{ \frac{200.15 - 185}{3 * 12.72}; \frac{205 - 200.15}{3 * 12.72} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{15.15}{38.16}; \frac{4.85}{38.16} \right\} = \min \{0.397; 0.127\} = 0.127$$

Вывод: значение отношения производительности  $C_p = 0.262$ , следовательно,  $C_p < 1,00$  — процесс не отвечает предъявляемым требованиям.  $C_{pk}$  составляет 0,127, а это означает, что среднее значение процесса сдвинуто вправо.

## 2.6 Проведение анализа производительности процесса в системе Minitab

Для проведения анализа адекватности в системе MINITAB необходимо выбрать из меню Stat > Quality Tools > Capability Analysis. В этом случае будет построена гистограмма адекватности и нормальная кривая, сгенерированная по вычисленным значениям среднего и стандартного отклонения. Эта диаграмма также показывает расположение среднего значения процесса и целевого значения, а также пределы спецификации в соотношении с истинным разбросом значений.

Данные вводятся следующим образом.

Single column: Вводится название столбца, если данные представлены одним столбцом.

Subgroup size: Вводится константа или имя столбца, определяющие размер выборки.

Subgroups across rows of: Вводится диапазон столбцов, если данные представлены в нескольких столбцах.

Upper spec: Вводится верхний предел спецификации. Можно использовать Hard limit, чтобы указать, что значения измерений не должны выходить за указанные пределы

Lower spec: Вводится нижний предел спецификации.

Необходимо ввести хотя бы один из пределов.

Historical mean: Вводится среднее значение, если этот параметр известен для процесса.

Historical sigma: Вводится значение стандартного отклонения  $s$ , если этот параметр известен для процесса. Если значение  $s$  не задано, MINITAB может оценить  $s$ , исходя из представленных данных.

Основные обозначения:

$T$  = целевое значение, истинное среднее;  
 $USL$  = верхний предел спецификации;  
 $LSL$  = нижний предел спецификации;  
 $m$  = средняя точка между  $USL$ ,  $LSL$ ;  
 $\mu$  = среднее значение процесса;  
 $s$  = стандартное отклонение для процесса;  
 $Z$  = количество стандартных отклонений;  
 $n_i$  = число наблюдений в подгруппе  $i$ ;  
 $n$  = общее число наблюдений;  
 $sp$  = стандартное отклонение, вычисленное по всем данным.

Коэффициент годности:

$C_p = (USL - LSL) / 6(\sigma)$ .

Индекс годности:

$C_{pu} = (USL - \mu) / 3(\sigma)$ ;

$C_{pl} = (\mu - LSL) / 3(\sigma)$ ;

$C_{pk} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\}$ .

% данных вышедших за пределы спецификации:

% > USL (Expected) =  $P((Z > (USL - \mu) / \sigma))$ ;

% > USL (Observed) =  $100((\text{number of observations} > USL) / n)$ ;

% > LSL (Expected) =  $P((Z < (LSL - \mu) / \sigma))$ ;

% > LSL (Observed) =  $100((\text{number of observations} < LSL) / n)$ .

Пример. Проанализируем данные, рассмотренные в примере (раздел 2.5). Результаты анализа представлены на рисунке 7.

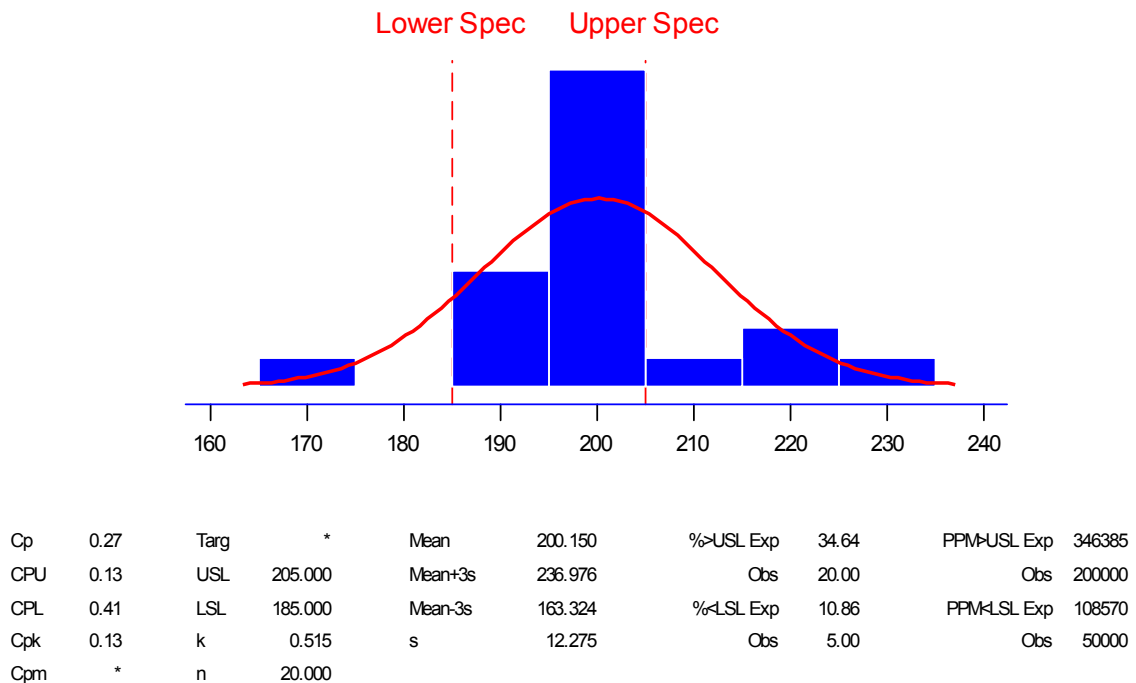


Рисунок 7 – Гистограмма адекватности и нормальная кривая, сгенерированная по вычисленным значениям среднего и стандартного отклонения

Для проведения комплексного анализа процесса используется опция Stat > Quality Tools > Capability Sixpack. Это средство включает шесть диаграмм для проверки адекватности процесса.

Данные вводятся аналогично предыдущему средству.

Пример. Проанализируем данные, рассмотренные в примере (раздел 2.5). Результаты анализа представлены на рисунке 8.

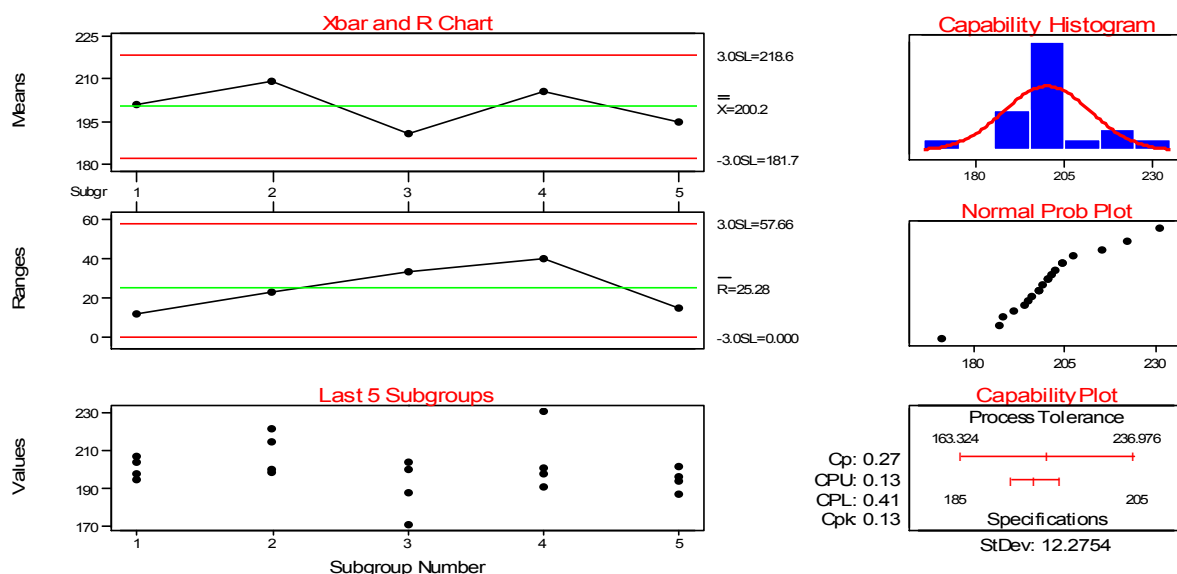


Рисунок 8 – Результаты анализа

Контрольные карты X, R и Run-диаграмма позволяют проверить находится ли процесс под контролем. Гистограмма и график нормальной вероятности позволяют проверить данные на нормальность. Диаграмма адекватности показывает разброс значений относительно спецификации. В совокупности эти средства позволяют комплексно провести анализ данных.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В качестве индивидуального задания студенту следует:

- изложить теоретический вопрос (5-10 листов);
- самостоятельно (без применения ПК) рассчитать параметры, а также построить контрольные карты в соответствии с выбранным вариантом. Рассчитать показатели производительности процесса (отношение производительности и индекс производительности). Сделать выводы;
- построить контрольные карты и провести анализ производительности процесса в системе MINITAB.

Выбор варианта для выполнения индивидуального задания осуществляется при помощи таблицы 5.

Варианты теоретических вопросов представлены в разделе 4, варианты для выполнения задачи находятся в таблице А:1 (приложение А).

Таблица 5 – Варианты для индивидуального задания

| Виды заданий         | Номер варианта |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      | 1              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| Теоретический вопрос | 1              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| Задача               | 1              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|                      | Номер варианта |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                      | 11             | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Теоретический вопрос | 11             | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Задача               | 11             | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|                      | Номер варианта |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                      | 21             | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Теоретический вопрос | 21             | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Задача               | 21             | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |

### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ

- 1) Конкурентоспособность и качество;
- 2) интеллектуальная собственность в управлении качеством;
- 3) экономические проблемы качества;
- 4) управление затратами на качество;
- 5) отечественный опыт управления качеством продукции;

- 6) отечественный опыт управления качеством услуг;
- 7) разработка системного подхода и управление качеством продукции на отечественных предприятиях;
- 8) зарубежный опыт управления качеством;
- 9) опыт управления качеством продукции в США;
- 10) опыт управления качеством продукции в Японии;
- 11) европейский опыт управления качеством продукции;
- 12) особенности концепции «всеобщего управления качеством» (TQM);
- 13) основные стратегии TQM;
- 14) статистические методы управления качеством;
- 15) классические методы менеджмента качества;
- 16) новые методы менеджмента качества;
- 17) разработка систем качества в соответствии с требованиями стандартов ИСО 9000;
- 18) национальные и международные премии по качеству и их критерии;
- 19) взаимосвязь систем качества по ИСО 9000 с принципами всеобщего управления качеством;
- 20) методы самооценки и самоконтроля фирм;
- 21) стандартизация в управлении качеством;
- 22) нормативные документы по стандартизации и требования к ним;
- 23) международная стандартизация и развитие международной торговли и сотрудничества;
- 24) международные организации по стандартизации;
- 25) международные стандарты на системы качества серии 9000;
- 26) сертификация продукции и систем качества;
- 27) органы сертификации систем качества;
- 28) процедуры сертификации системы качества;
- 29) аудит системы качества;
- 30) международные стандарты ИСО 10011.

## **5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

- 1) Цель работы;
- 2) постановка задачи;
- 3) ответ на теоретический вопрос (5-10 листов);
- 4) результаты расчетов параметров X-R-карт;
- 5) результаты расчетов в системе MINITAB;
- 6) выводы по выполнению работы.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что включает в себя понятие «контрольная карта»?
- 2) С какой целью используются контрольные карты?
- 3) Какие контрольные карты вам известны и в чем их особенности?
- 4) Какую информацию о качестве процесса можно получить с помощью контрольной карты?
- 5) Из чего состоит контрольная карта?
- 6) Как рассчитываются контрольные пределы?
- 7) Как рассчитывается размах, среднее, стандартное отклонение?
- 8) Какие правила используются при анализе контрольной карты?
- 9) Приведите примеры применения контрольных карт в работе менеджера.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1) Глудкин О.П. Всеобщее управление качеством / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 600с.
- 2) Окрепилов В.В. Управление качеством / В.В. Окрепилов. – М.: ОАО Изд-во «Экономика», 1998. – 639с.
- 3) Фомичев С.К. Основы управления качеством: Уч. Пособие/ С.К. Фомичев, А.А. Старостина, Н.И. Скрябина. – К.: МАУП, 2000. – 196с.
- 4) Ильенкова С.Д. Управление качеством / С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 199с.
- 5) Басовский Л.Е. Управление качеством / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. – М. ИНФРА-М, 2002.-212 с.
- 6) Леонов И.Г. Управление качеством продукции / И.Г. Леонов, О.В. Аристов. - М.: Издательство стандартов, 1990.-223с.
- 7) Химельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах / Д. Химельблау.- Л.: Химия, 1983. - 352с.
- 8) Чейз Р. Производственный и операционный менеджмент / Р. Чейз, Эквилайн Н., Якобс Р. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 704с.
- 9) Krajewski L.J. Operations management: strategy and analysis / L.J. Krajewski, L.P. Ritzman.- Addison-Wesley Publishing Company, 1996. - 878p.
- 10) Oakland S. John Total Quality Management: Text with Cases / S. John Oakland. – Studented. Butterworth – Heinemann, 1998. – 330p.
- 11) Braverman Ierome D. Fundamentals of statistical quality control / Ierome D. Braverman. – USA, Reston Publishing Company, 1981. – 763 p.
- 12) MINITAB. Reference Manual Release 10. - Minitab Inc. -1994.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А:1 – Варианты заданий

| Номер варианта |               |               |             |               |             |              |               |               |               |
|----------------|---------------|---------------|-------------|---------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 1              | 2             | 3             | 4           | 5             | 6           | 7            | 8             | 9             | 10            |
| $240 \pm 2.4$  | $190 \pm 3.5$ | $150 \pm 3.5$ | $130 \pm 4$ | $110 \pm 4$   | $90 \pm 4$  | $70 \pm 3.5$ | $55 \pm 3$    | $30 \pm 3$    | $25 \pm 3$    |
| 237            | 194           | 152           | 135         | 108           | 89          | 65           | 56            | 32            | 25            |
| 237            | 183           | 148           | 136         | 110           | 86          | 72           | 57            | 30            | 24            |
| 239            | 191           | 151           | 130         | 107           | 95          | 71           | 56            | 36            | 27            |
| 240            | 192           | 146           | 137         | 117           | 89          | 62           | 59            | 32            | 23            |
| 235            | 185           | 147           | 131         | 102           | 89          | 67           | 54            | 29            | 22            |
| 245            | 188           | 150           | 124         | 115           | 87          | 72           | 56            | 33            | 22            |
| 243            | 192           | 143           | 133         | 108           | 92          | 70           | 60            | 32            | 27            |
| 241            | 191           | 155           | 136         | 109           | 89          | 67           | 54            | 30            | 25            |
| 242            | 186           | 147           | 131         | 111           | 87          | 74           | 51            | 29            | 27            |
| 236            | 182           | 148           | 134         | 105           | 93          | 63           | 53            | 26            | 22            |
| 237            | 188           | 154           | 130         | 106           | 90          | 73           | 56            | 32            | 24            |
| 237            | 192           | 148           | 135         | 116           | 91          | 73           | 56            | 27            | 23            |
| 243            | 199           | 151           | 130         | 106           | 90          | 64           | 52            | 30            | 22            |
| 241            | 189           | 150           | 128         | 115           | 93          | 71           | 54            | 31            | 23            |
| 242            | 186           | 150           | 132         | 113           | 97          | 71           | 47            | 32            | 25            |
| 238            | 186           | 144           | 136         | 110           | 87          | 71           | 54            | 34            | 23            |
| 239            | 189           | 145           | 135         | 113           | 92          | 77           | 51            | 33            | 28            |
| 241            | 188           | 146           | 129         | 111           | 84          | 69           | 59            | 27            | 27            |
| 241            | 182           | 154           | 130         | 116           | 97          | 64           | 55            | 27            | 22            |
| 240            | 189           | 142           | 124         | 112           | 86          | 73           | 53            | 26            | 25            |
| Номер варианта |               |               |             |               |             |              |               |               |               |
| 11             | 12            | 13            | 14          | 15            | 16          | 17           | 18            | 19            | 20            |
| $255 \pm 4$    | $175 \pm 4$   | $165 \pm 4$   | $145 \pm 4$ | $125 \pm 3.5$ | $220 \pm 5$ | $250 \pm 5$  | $260 \pm 4.5$ | $270 \pm 4.5$ | $280 \pm 4.5$ |
| 251            | 178           | 170           | 148         | 128           | 223         | 249          | 255           | 272           | 277           |
| 263            | 175           | 162           | 149         | 121           | 219         | 253          | 242           | 273           | 281           |
| 256            | 177           | 168           | 139         | 117           | 226         | 255          | 254           | 272           | 283           |
| 255            | 175           | 169           | 142         | 125           | 222         | 240          | 252           | 263           | 281           |
| 257            | 173           | 167           | 152         | 124           | 228         | 237          | 247           | 265           | 281           |
| 261            | 176           | 162           | 148         | 124           | 224         | 255          | 256           | 271           | 277           |
| 259            | 179           | 169           | 144         | 122           | 216         | 245          | 249           | 271           | 275           |
| 255            | 180           | 169           | 148         | 119           | 227         | 256          | 245           | 274           | 287           |
| 255            | 169           | 161           | 148         | 129           | 218         | 248          | 248           | 270           | 273           |
| 259            | 171           | 162           | 144         | 119           | 220         | 241          | 244           | 268           | 276           |
| 264            | 171           | 162           | 148         | 120           | 218         | 249          | 255           | 266           | 281           |
| 250            | 177           | 169           | 147         | 126           | 217         | 248          | 257           | 261           | 280           |
| 259            | 170           | 160           | 138         | 125           | 219         | 248          | 250           | 269           | 272           |
| 257            | 173           | 161           | 139         | 121           | 226         | 251          | 252           | 278           | 276           |
| 254            | 172           | 166           | 142         | 122           | 217         | 254          | 254           | 270           | 278           |
| 247            | 175           | 169           | 143         | 132           | 215         | 250          | 244           | 275           | 280           |
| 252            | 172           | 160           | 149         | 118           | 214         | 252          | 247           | 273           | 284           |
| 258            | 175           | 161           | 142         | 127           | 211         | 255          | 247           | 275           | 285           |
| 256            | 168           | 167           | 140         | 119           | 218         | 252          | 248           | 268           | 290           |
| 252            | 177           | 172           | 143         | 125           | 225         | 254          | 253           | 275           | 283           |

## Продолжение таблицы А:1

| Номер варианта |               |              |              |              |            |            |            |              |              |
|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| 21             | 22            | 23           | 24           | 25           | 26         | 27         | 28         | 29           | 30           |
| $290 \pm 4.5$  | $300 \pm 4.5$ | $20 \pm 4.5$ | $24 \pm 4.5$ | $26 \pm 4.5$ | $32 \pm 2$ | $35 \pm 2$ | $42 \pm 4$ | $45 \pm 1.5$ | $12 \pm 4.5$ |
| 289            | 297           | 22           | 25           | 26           | 32         | 35         | 48         | 45           | 12           |
| 290            | 293           | 11           | 34           | 26           | 32         | 32         | 45         | 45           | 18           |
| 286            | 302           | 12           | 34           | 18           | 31         | 32         | 44         | 45           | 11           |
| 292            | 305           | 18           | 24           | 29           | 30         | 34         | 42         | 44           | 19           |
| 285            | 297           | 20           | 16           | 25           | 28         | 34         | 41         | 44           | 20           |
| 284            | 304           | 15           | 26           | 20           | 30         | 37         | 40         | 44           | 11           |
| 289            | 301           | 21           | 20           | 29           | 31         | 37         | 42         | 44           | 12           |
| 290            | 299           | 26           | 29           | 37           | 31         | 34         | 42         | 46           | 13           |
| 296            | 286           | 25           | 27           | 37           | 34         | 38         | 43         | 45           | 9            |
| 289            | 299           | 18           | 21           | 29           | 34         | 35         | 37         | 47           | 14           |
| 289            | 305           | 24           | 22           | 31           | 31         | 40         | 43         | 45           | 14           |
| 288            | 297           | 17           | 21           | 33           | 29         | 35         | 43         | 46           | 16           |
| 290            | 303           | 19           | 21           | 21           | 34         | 32         | 44         | 47           | 8            |
| 301            | 295           | 17           | 19           | 23           | 31         | 37         | 41         | 46           | 12           |
| 291            | 298           | 24           | 20           | 25           | 33         | 34         | 45         | 42           | 14           |
| 286            | 294           | 17           | 27           | 31           | 29         | 34         | 42         | 46           | 15           |
| 293            | 311           | 15           | 27           | 26           | 32         | 36         | 41         | 41           | 11           |
| 289            | 296           | 20           | 28           | 21           | 31         | 39         | 43         | 44           | 8            |
| 290            | 306           | 23           | 23           | 26           | 32         | 36         | 41         | 47           | 4            |
| 293            | 305           | 26           | 42           | 28           | 34         | 33         | 43         | 45           | 12           |

Заказ № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007. Тираж \_\_\_\_\_ экз.

Изд-во СевНТУ