

**ГОУВПО  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации  
по выполнению практических заданий к  
учебной дисциплине вариативной части  
профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа  
ГОС ВПО по направлению подготовки магистра  
27.04.02 «Управление качеством»**

**«Статистические методы диагностики продукции и  
технологических процессов»**

Донецк,

**ГОУВПО  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации  
по выполнению практических заданий к  
учебной дисциплине вариативной части  
профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа  
ГОС ВПО по направлению подготовки магистра  
27.04.02 «Управление качеством»**

**«Статистические методы диагностики продукции и  
технологических процессов»**

Рассмотрено  
на заседании кафедры  
«Управление качеством»  
протокол № 2 от «14» «09» 2016 г.

Утверждено на заседании  
учебно-издательского  
Совета ДонНТУ  
Протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» «\_\_\_\_\_» 20\_\_ г

Донецк, 20\_\_

УДК 65.012 (075.8)

Методические рекомендации по выполнению практических заданий по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» для студентов дневной (заочной) формы обучения по направлению подготовки магистра 27.04.02 «Управление качеством» / Сост. Е.В.Мирошниченко. - Донецк: ДонНТУ, 2016г.- 34 с.

В методических рекомендациях изложены общие положения и тематическое содержание практических занятий по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов», изложены основные теоретические положения для решения практических задач дисциплины в соответствии с рабочей программой курса. Приведены задачи для самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приведен перечень ссылок для успешного усвоения изучаемой дисциплины.

Составители:

к.э.н., доцент Мирошниченко Е.В.

Рецензент:

Ответственный за выпуск

## ВВЕДЕНИЕ

Качество продукции – важнейший показатель конкурентоспособности предприятия. Для уменьшения затрат и достижения уровня качества, удовлетворяющего потребителя, нужны методы, направленные не на устранение дефектов (несоответствий) готовой продукции, а на предупреждение причин их появления в процессе производства.

Применение статистических методов позволяет с заданной точностью и достоверностью судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества; прогнозировать и регулировать возникновение проблем в области качества; вырабатывать оптимальные управленческие решения, не на основе эмоций, ощущений и интуиции, а на основе изучения фактических данных, тенденций и закономерностей.

Контрольные карты Шухарта – это инструмент, позволяющий контролировать состояние процесса во времени. В отличие от рассмотренных в предыдущих практических работах методов, контрольные карты позволяют предупреждать возникновение несоответствий, предпринимать корректирующие действия, прежде всего к процессам, а не к продукции.

Основанием для разработки методических рекомендаций по выполнению практических заданий по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» является ООП подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Методические рекомендации по выполнению практических заданий по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» разработан на основе:

учебного плана подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством»;

рабочей программы учебной дисциплины «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов».

Основными задачами методических рекомендаций по выполнению практических заданий по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» является расширение, углубление и детализация теоретических знаний полученных студентами на лекциях и в процессе самостоятельной работы.

Цель дисциплины – подготовка студентов к решению практических задач, связанных с использованием статистических методов анализа производственных процессов, разработкой и совершенствованием методов обеспечения и управления качеством продукции и услуг. Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов, основанные на теории вероятностей и математической статистики, могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла продукции для оценки и учета степени ее неоднородности или изменчивости ее характеристик относительно требуемых значений или номиналов, а также учета настроенности и изменчивости процессов ее создания.

# 1 ТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЙ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством»  
дневной (заочной) формы обучения

№ п/п	Тема и содержание заданий практических занятий	Объем заданий практических занятий (ак. ч.)	Коэффициент весомости $K_{ij}$ j-того задания практического занятия	Штрафные санкции Ш <sub>ij</sub> за нарушение графика учебного процесса выполнения и защиты j-той задачи практического занятия
1	Статистики пригодности и воспроизводимости процесса	4	0,1	0,1; 0,2; 0,25
2	Построение контрольных карт и оценка технического уровня	4	0,1	
3	Контрольные карты количественных признаков	8	0,2	
4	Контрольные карты числа и долей несоответствующих единиц продукции	4	0,2	
5	Контрольные карты числа несоответствий	4	0,1	
6	Оценка характеристик качества процесса	4	0,1	
7	Использование пакета EXCEL для статистического управления процессами	2	0,1	
8	Подведение итогов	4	0,1	
	<b>Всего</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	-

## ТЕМА 1

### СТАТИСТИКИ ПРИГОДНОСТИ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССА

**Цель работы** – получение студентами навыков оценки соответствия процесса установленным требованиям.

Процедура определения статистик, используемых для оценки характеристик качества процесса, установлена ИСО 21747, и распространяется только на непрерывные характеристики.

Ключевыми понятиями статистического управления процессами являются стабильность процесса и состояние статистической управляемости процесса.

Стабильный процесс, процесс в состоянии статистической управляемости – процесс с постоянным средним, изменчивость которого вызвана только случайными причинами.

Для оценки стабильности и статистической управляемости процесса применяют контрольные карты Шухарта.

Изменчивость процесса характеризуют средним квадратическим отклонением (СКО). Различают собственную и полную изменчивости процесса.

Собственная изменчивость присуща процессам, находящимся в статистически управляемом состоянии, и вызвана случайными причинами. При оценке собственной изменчивости СКО  $S_w$  может определяться по формулам:

$$S_w = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad S_w = \frac{\sum S_i}{mc_4} \quad \text{или} \quad S_w = \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}}, \quad \text{где } \bar{R} - \text{среднее арифметическое значение размаха; } m - \text{количество подгрупп объемом } n; S_i - \text{выборочное СКО } i\text{-й подгруппы;}$$

$d_2, c_4$  – константы, соответствующие значению  $n$  (по ГОСТ Р 50779.42).

Полная изменчивость процесса вызвана как случайными, так и специальными причинами. Для оценки полной изменчивости определяется СКО  $S_t$  (в случае нормального распределения):

$$S_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (X_i - \bar{X}_t)^2}$$

где  $N$  – объем выборки (она может включать  $m$  подгрупп объемом  $n$ );

$$\bar{X}_t = \frac{1}{N} \sum X_i.$$

Для процесса в состоянии статистической управляемости оценки  $S_w$  и  $S_t$  сходятся.

Различают показатели и индексы пригодности и воспроизводимости процесса.

Показатели пригодности и воспроизводимости процесса представляют собой статистические показатели выходной характеристики качества процесса, позволяющие оценить способность процесса поддерживать выходную характеристику на уровне установленных требований.

Показатель воспроизводимости применяют только для процессов, находящихся в состоянии статистической управляемости, если это не подтверждено, то применяют показатель пригодности.

В случае нормального распределения в качестве оценок показателей пригодности и воспроизводимости принимают величину:

$$\mu \pm zS.$$

где  $\mu$  – среднее значение, принимаемое равным  $\bar{X}_i$  или  $\bar{\bar{X}}$  (уровень центральной линии на  $X$ -карте);

$z$  – квантиль функции Лапласа. Выбор значения  $z$  зависит от требуемого значения показателя процесса в несоответствующих единицах продукции на миллион. Обычно  $z$  равно 3, 4 или 5, что соответствует 2700, 64 и 0,6 несоответствующим единицам на миллион.

Индекс пригодности процесса  $P_p$  – индекс отражающий устойчивость процесса, стабильность которого не подтверждена, относительно установленных границ:

$$P_p = \frac{U-L}{6S_t},$$

где  $U$  и  $L$  – верхняя и нижняя границы поля допуска;  $6S_t$  – длина опорного интервала для нормального распределения.

Для оценки устойчивости процесса, стабильность которого не подтверждена, относительно нижней и верхней границ поля допуска введены соответственно нижний  $P_{pkL}$  и верхний  $P_{pkU}$  индексы пригодности:

$$P_{pkL} = \frac{\mu-L}{3S_t}, \quad P_{pkU} = \frac{U-\mu}{3S_t}.$$

Индекс воспроизводимости процесса  $C_p$  – индекс, отражающий устойчивость стабильного процесса относительно установленных границ поля допуска:

$$C_p = \frac{U-L}{6S_w}.$$

Для оценки устойчивости стабильного процесса относительно нижней и верхней границ поля допуска введены соответственно нижний  $C_{pkL}$  и верхний  $C_{pkU}$  индексы пригодности:

$$C_{pkL} = \frac{\mu-L}{3S_w}, \quad C_{pkU} = \frac{U-\mu}{3S_w}.$$

Общая доля несоответствующих единиц продукции определяется как сумма верхней  $p_U$  и нижней  $p_L$  долей несоответствующих единиц:

$$p_p = p_U + p_L = \Phi\left(\frac{\mu-U}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right).$$

где  $\Phi$  – функция Лапласа;  $\sigma$  – СКО ( $S_t$  или  $S_w$ ).

Под верхней и нижней долями несоответствующих единиц продукции понимаются части распределения характеристики, которым соответствуют значения больше верхней и меньше нижней границ поля допуска.

Методика анализа состояния процесса и определения индексов пригодности и воспроизводимости

1 По результатам измерений характеристики процесса построить контрольную карту  $\bar{X}-R$  и оценить состояние процесса.

2 Оценить изменчивость процесса:

- если стабильность процесса подтверждена, то определить  $S_w$  ;

- если стабильность процесса не подтверждена, то определить  $S_t$ .

3 Определить показатель пригодности или воспроизводимости процесса.

4 Определить значения индексов пригодности или воспроизводимости процесса:

- для процесса, стабильность которого не подтверждена, определить значения  $P_p, P_{pkL}, P_{pkU}$

- для стабильного процесса определить значения  $C_p, C_{pkL}, C_{pkU}$ .

Если полученные значения индексов меньше 1, то воспроизводимость (пригодность) процесса неудовлетворительна.

5 Оценить ожидаемый уровень несоответствий продукции в несоответствующих единицах на миллион. Для этого необходимо определить долю несоответствующих единиц и умножить полученное значение на 1 млн.

#### ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

По приведенным в таблице 1 данным оценить соответствие процесса установленным требованиям.

Таблица 1 – Исходные данные

Вариант	Размер	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{R}$	Стабильность	$d_2$	$S_t$	ppm
1	5 0,018	15,000	0,0035	Да	2,326	0,0014	700
2	5 0,006 5 0,024	14,996	0,0120	Нет	2,534	0,0110	64
3	5 0,008	14,998	0,0056	Да	2,704	0,0025	700
4	5 0,009 5 0,001	15,001	0,0210	Нет	2,847	0,0270	64
5	5 0,009 5 0,009	14,995	0,0017	Да	2,970	0,0081	700

#### Рекомендуемая литература

1. ИСО 21747-2010 Статистические методы. Статистики пригодности и воспроизводимости процесса для количественных характеристик качества

2. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.



## ТЕМА 2

### ПОСТРОЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

**Цель работы:** закрепление навыков практического использования статистических методов управления качеством.

Методические указания:

#### 1. Построение контрольной карты Шухарта

Контрольная карта – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований. Контрольная карта - графическое представление динамики процесса, состоящее из центральной линии, контрольных границ (границ регулирования) и конкретных значений имеющихся статистических данных, позволяющее оценить степень статистической управляемости процесса.

Последовательность решения задачи:

Определить для каждой подгруппы среднее значение  $\bar{X}$ .

Определить общее среднее значение  $\bar{\bar{X}}$ .

Вычислить размах  $R$  в каждой подгруппе.

Вычислить среднее значение  $\bar{R}$  для размаха  $R$ .

Определить контрольные линии для  $\bar{X}$ -карты и для  $R$ -карты:  
центральную линию –  $CL$ , верхнюю контрольную линию –  $UCL$   
и нижнюю контрольную линию –  $LCL$ .

Построить графики контрольных карт.

Записать на карте необходимую информацию: объем подгруппы ( $n$ ) в верхнем левом углу  $\bar{X}$ -карты, название процесса и продукта, период времени, метод измерения, условия работы.

Провести интерпретацию и анализ контрольных карт.

Таблица 1 – Таблица исходных данных для ( $\bar{X}$ - $R$ )-карты (масса краски в банке) ( $2000 \pm 30$ ) г.

№ подгруппы	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
1	1995	1981	2020	2007	2026	2009
2	1981	1990	1974	2022	1967	1979
3	2004	2011	2008	1974	1996	1983
4	2019	2007	1998	2001	2016	2010
5	2018	2013	2001	2020	1984	2005
6	2026	2009	1990	2025	1990	1986
7	1967	1979	1992	2004	1975	1996
8	1996	1983	2013	2002	1972	2002
9	2016	2010	2012	2028	1985	2008
10	1984	2005	2007	1999	1988	2002
11	1990	1986	2010	1990	1968	1986
12	1975	1996	2024	2014	1991	2028

13	1972	2002	2005	2000	1968	1986
14	1985	2008	2009	2016	2026	2009
15	1988	2002	2028	2007	1967	1979
16	1968	1986	1995	2022	1996	1983
17	1991	2028	2016	1998	2016	2010
18	1994	2007	2002	1986	1988	2002
19	2002	2001	2017	1977	1968	1986
20	1995	2012	1998	1962	1968	1986

№ подгруппы	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
1	1990	2025	1988	2002	2028	2007
2	1992	2004	1968	1986	1995	2022
3	2013	2002	2026	2009	1990	2025
4	2012	2028	1967	1979	1992	2004
5	2007	1999	1996	1983	2013	2002
6	2010	1990	2016	2010	2012	2028
7	2024	2014	1984	2005	2007	1999
8	2005	2000	1990	1986	2010	1990
9	2009	2016	1975	1996	2024	2014
10	2028	2007	1972	2002	2005	2000
11	1995	2022	1985	2008	2009	2016
12	2016	1998	1988	2002	2028	2007
13	1995	2022	1968	1986	1995	2022
14	1990	2025	2020	1984	2005	2007
15	1992	2004	2025	1990	1986	2010
16	2013	2002	2004	1975	1996	2024
17	2012	2028	2002	1972	2002	2005
18	2028	2007	2028	1985	2008	2009
19	1995	2022	1999	1988	2002	2028
20	1995	2022	1990	1968	1986	1995

При решении задачи использовать все подгруппы.

\*) Номер индивидуального задания (варианта) соответствует номеру студента в списке группы.

Варианты к задаче.

№ вар.	Список признаков
1	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>
2	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>
3	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub>
4	X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub>
5	X <sub>5</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub> X <sub>9</sub>
6	X <sub>6</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub> X <sub>9</sub> X <sub>10</sub>
7	X <sub>7</sub> X <sub>8</sub> X <sub>9</sub> X <sub>10</sub> X <sub>11</sub>

8	$X_8 X_9 X_{10} X_{11} X_{12}$
9	$X_1 X_2 X_4 X_5 X_6$
10	$X_1 X_2 X_5 X_6 X_7$
11	$X_1 X_2 X_6 X_7 X_8$
12	$X_1 X_2 X_7 X_8 X_9$
13	$X_1 X_2 X_8 X_9 X_{10}$
14	$X_1 X_2 X_9 X_{10} X_{11}$
15	$X_1 X_2 X_{10} X_{11} X_{12}$
16	$X_2 X_3 X_7 X_8 X_9$
17	$X_2 X_3 X_8 X_9 X_{10}$
18	$X_2 X_3 X_9 X_{10} X_{11}$
19	$X_2 X_3 X_{10} X_{11} X_{12}$
20	$X_3 X_4 X_7 X_8 X_9$
21	$X_3 X_4 X_8 X_9 X_{10}$
22	$X_3 X_4 X_9 X_{10} X_{11}$
23	$X_3 X_4 X_{10} X_{11} X_{12}$
24	$X_5 X_7 X_{10} X_{11} X_{12}$

№ вар.	Список признаков
25	$X_5 X_7 X_8 X_{11} X_{12}$
26	$X_3 X_8 X_{10} X_{11} X_{12}$
27	$X_2 X_7 X_{10} X_{11} X_{12}$
28	$X_2 X_8 X_{10} X_{11} X_{12}$
29	$X_4 X_5 X_6 X_{11} X_{12}$
30	$X_4 X_5 X_9 X_{11} X_{12}$

#### Литература:

- ГОСТ Р 50779.42-99 "Статистические методы. Контрольные карты Шухарта".
- Борисова Л.В., Димитров В.П., Пенязев О.А.. Статистические методы в менеджменте качества предприятия. Ростов-на-Дону, РГАСХМ, 2005.– 140 с.

#### 2. Оценка технического уровня продукции

Последовательность решения задачи:

Постройте иерархию, начиная с вершины, через промежуточные уровни (критерии) к самому нижнему уровню (который обычно является перечнем альтернатив).

Постройте множество матриц попарных сравнений для каждого из нижних уровней - по одной матрице для каждого элемента, примыкающего сверху уровня.

После проведения всех парных сравнений и ввода данных по собственному значению проверить согласованность. Затем, используя отклонение  $\lambda_{\max}$  от  $n$ , проверить индекс согласованности.

Этапы 3 и 4 проводятся для всех уровней и групп в иерархии.

Используя иерархический синтез для взвешивания собственных векторов весами критериев, вычисляется сумма по всем соответствующим взвешенным компонентам собственных векторов уровня иерархии, лежащего ниже.

Проверить согласованность всей иерархии.

Провести интерпретацию и анализ результатов расчета.

Таблица 2 – Значения частных критериев

Модель машины	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
DON_1500	16,25	20,0	3,0	1,25	2,25	81,7	106,0	10,0
DOMINATOR_98SL	11,83	24,0	2,0	2,30	0,40	80,5	120,0	5,0
FIATAGRI_3600	13,40	21,4	2,0	0,80	1,00	84,0	120,0	5,0
M_7720_TITAN11	12,50	25,9	3,0	2,80	6,20	81,0	141,0	5,0
DD_8820	20,60	29,5	3,0	0,30	0,70	81,0	119,0	5,0
DOMINATOR_68	10,30	14,4	1,7	1,00	2,00	88,0	140,0	5,0
KEYS_1660	18,00	27,0	3,0	0,90	3,40	84,0	130,0	5,0
DD_1055	10,80	17,5	2,0	1,20	0,30	79,5	150,0	5,0
E_516B	3,20	17,0	1,7	1,10	0,70	84,0	223,0	13,0

В таблице 2 приняты следующие обозначения: X<sub>1</sub> – производи-тельность, т/ч; X<sub>2</sub> - расход топлива, л/ч; X<sub>3</sub> - потери зерна за молотилкой, %; X<sub>4</sub> - дробле-ние зерна, %; X<sub>5</sub> - сорная примесь, %; X<sub>6</sub> - уровень шума в кабине, дБ; X<sub>7</sub> - нара-ботка, ч; X<sub>8</sub> - число отказов.

Варианты к задаче 3

Вари-ант	№ модели	Параметры
1	1, 2, 3	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub>
2	1, 2, 4	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>
3	1, 2, 5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>6</sub>
4	1, 2, 6	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>7</sub>
5	1, 4, 5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>8</sub>
6	1, 4, 6	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>
7	1, 4, 7	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>6</sub>
8	1, 5, 6	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub>
9	1, 5, 7	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>8</sub>
10	1, 6, 7	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub>
11	1, 5, 8	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub> X <sub>8</sub>
12	1, 5, 9	X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub>
13	3, 4, 5	X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub> X <sub>8</sub>
14	3, 4, 6	X <sub>5</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub>
15	3, 4, 7	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>
16	3, 4, 8	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>7</sub>
17	3, 4, 9	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>8</sub>
18	4, 5, 6	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>
19	4, 5, 7	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>7</sub>
20	4, 5, 9	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>8</sub>
21	4, 5, 8	X <sub>1</sub> X <sub>4</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub>
22	1, 6, 7	X <sub>1</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>8</sub>
23	1, 6, 8	X <sub>1</sub> X <sub>5</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub>
24	1, 8, 9	X <sub>1</sub> X <sub>6</sub> X <sub>7</sub> X <sub>8</sub>
25	3, 5, 6	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>7</sub>
26	3, 5, 9	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>8</sub>

27	3, 5, 6	$X_3 X_4 X_5 X_6$
28	4, 5, 8	$X_3 X_4 X_5 X_7$
29	4, 5, 9	$X_3 X_4 X_5 X_8$
30	6, 7, 8	$X_1 X_4 X_7 X_8$

Литература: Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ.-М.: Радио и связь, 1991.- 224 с.

### ТЕМА 3

## КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

**Цель работы** – получение навыков построения и интерпретации контрольных карт для количественных данных.

Требуемый диаметр отверстий определяется  $0.4037 \pm 0.0013$  дюйма. Результаты подгонки подвергаются затем проверке с помощью специального измерительного оборудования по принципу “годен – не годен”. Эта проверка обычно производится спустя несколько дней после выпуска контролируемого образца. В целях минимизации ошибок проверочной операции производственный отдел стремился добиться как можно большего соответствия среднего значения диаметра изделий номинальной величине 0.4037 дюйма.

Примерно раз в час производится измерение диаметра отверстий на пяти произведенных деталях. Для каждой выборки из пяти деталей вычисляется среднее и размах (разность между наибольшим и наименьшим значением в выборке). Таблица 1 содержит полученные результаты.

Таблица 1. Измерения диаметров отверстий

Номер выборки	Измерение каждой детали (по пять деталей в час)					Среднее	Размах
						$\bar{X}$	$R$
1	36	35	34	33	32	34.0	4
2	31	31	34	32	30	31.6	4
3	30	30	32	30	32	30.8	2
4	32	33	33	32	35	33.0	3
5	32	34	37	37	35	35.0	5
6	32	32	31	33	33	32.2	2
7	33	33	36	32	31	33.0	5
8	23	33	36	35	36	32.6	13
9	43	36	35	24	31	33.8	19
10	36	35	36	41	41	37.8	6
11	34	38	35	34	38	35.8	4
12	36	38	39	39	40	38.4	4
13	36	40	35	26	33	34.0	14
14	36	35	37	34	33	35.0	4
15	30	37	33	34	35	33.8	7
16	28	31	33	33	33	31.6	5
17	33	30	34	33	35	33.0	5
18	27	28	29	27	30	28.2	3
19	35	36	29	27	32	31.8	9
20	33	35	35	39	36	35.6	6
Всего						671.0	124

На Рисунке 1 показаны отдельные измерения, сгруппированные по выборкам. Также показаны номинальное значение и верхняя/нижняя граница довери-

тельного интервала. Все измерения, кроме одного в 8-й выборке, лежат внутри доверительного интервала.

На Рисунке 2 показаны средние этих выборок. Карта такого типа дает лучшее представление о тренде, чем карта на Рисунке 1. Но без границ, устанавливаемых с помощью методики Шухарта, она не может указать на выход процесса из-под контроля в статистическом понимании *контроля*.

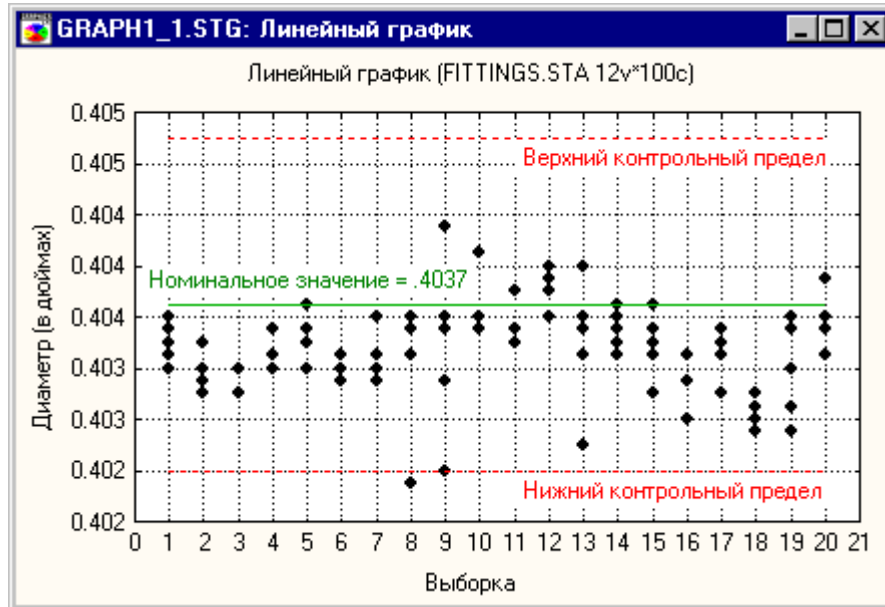


Рис. 1. Диаметры отверстий: исходные измерения

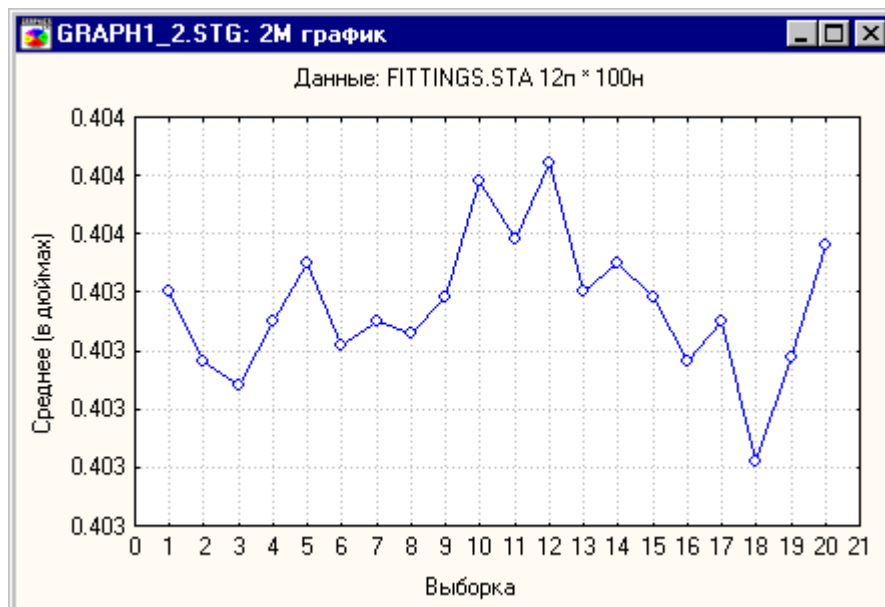


Рис. 2. Диаметры отверстий: средние выборки

На Рисунке 2 показаны средние вместо отдельных значений, и было бы неверным указывать на этом рисунке те же самые границы доверительного интервала. Попадание в доверительный интервал может указываться только для отдельных наблюдений, а не для средних по выборкам. Выборочные средние часто попадают внутрь доверительного интервала даже в том случае, когда некоторые на-

блюдения лежат вне границ допуска. Это верно для 8-й выборки, среднее которой лежит близко к номинальному значению, несмотря на то, что одно наблюдение в этой выборке находится вне границ допуска. Следовательно, карта средних значений с указанными границами допуска вкладывает неверный смысл в утверждение о соблюдении процессом границ доверительного интервала.

На Рисунке 3 показана контрольная  $\bar{X}$ -карта средних. Этот рисунок отличается от Рисунка 2 только указанием контрольных пределов и исключением линии, соединяющей все точки. На Рисунке 4 показана контрольная карта размаха  $\bar{R}$ .

На каждой из этих контрольных карт сплошная линия обозначает среднее значение. Общее среднее  $\bar{\bar{X}}$  (т.е. среднее среднего) равно 33.6 (измеренное, как и данные в таблице 1, в отклонениях в 0.0001 дюйма от величины 0.4000). Это сумма всех средних, 671.0, деленная на число выборок, равное 20. Среднее размахов равно 6.2. Это сумма всех размахов, 124, деленная на число выборок 20.

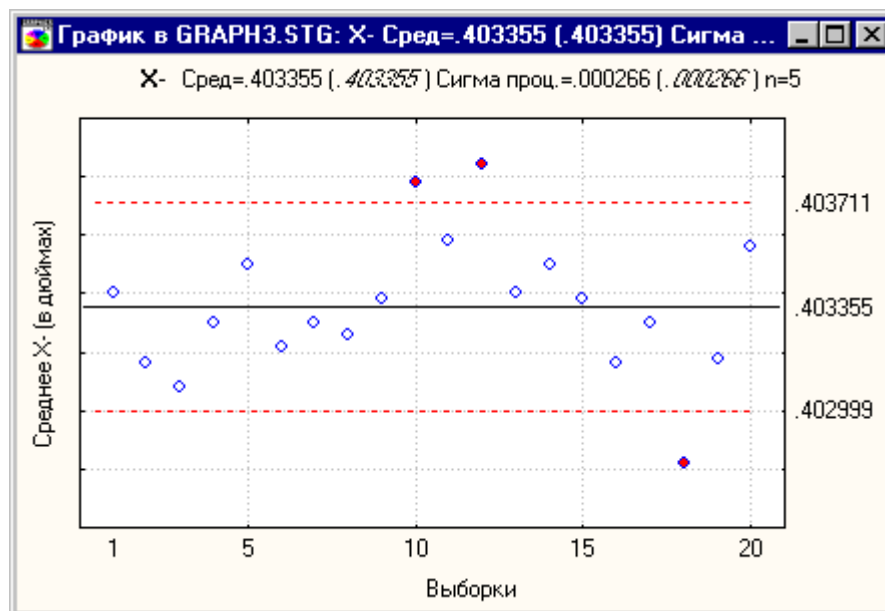
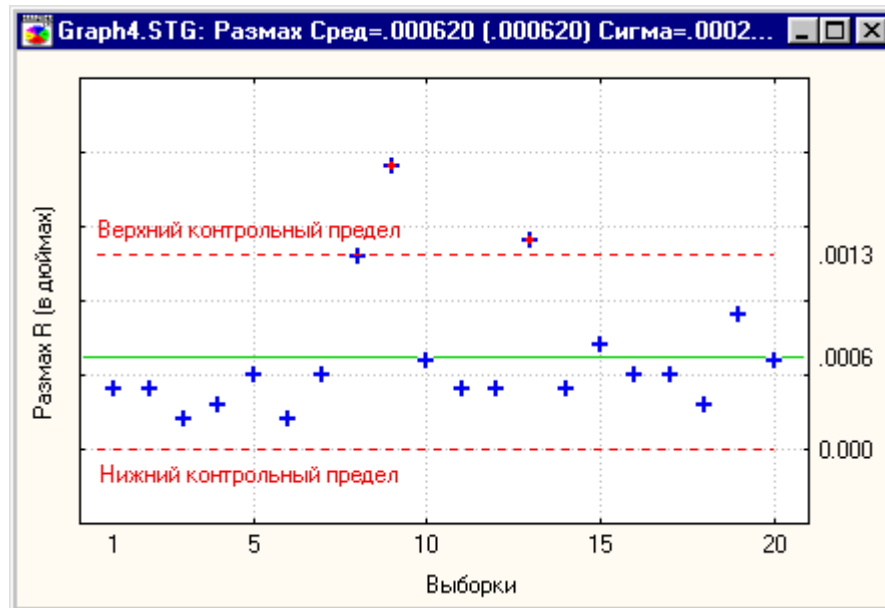


Рис. 3. Диаметры отверстий:  $\bar{X}$ -карта





**Рис. 4. Диаметры отверстий:  $R$ -карта**

На каждой карте также показаны две пунктирные линии, обозначенные как верхний контрольный предел и нижний контрольный предел. Расстояния от контрольных пределов до линии среднего значения зависят от размера выборки и среднего размаха  $\bar{R}$ .

На  $\bar{x}$ -карте (Рисунок 3) это расстояние равно 3.6 для обоих пределов. Верхний предел равен 37.2, что выше общего среднего 33.6 на 3.6, и нижний предел равен 30.0, что ниже общего среднего на 3.6.

На  $R$ -карте (Рисунок 4) контрольные пределы находятся на разных расстояниях от линии среднего 6.2; верхний предел равен 13.1, а нижний равен 0.

#### ***Карты показывают потерю контроля***

Три точки (выборки 10, 12 и 18) лежат вне контрольных пределов на карте средних.

Две точки (выборки 9 и 13) лежат вне контрольных пределов на карте размаха.

Это свидетельствует о том, что существуют неслучайные причины

**ТЕМА 4**  
**КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ЧИСЛА И ДОЛЕЙ**  
**НЕСООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦ ПРОДУКЦИИ**  
**Контрольные карты альтернативных признаков**

**Цель работы** – получение навыков построения и интерпретации контрольных карт для альтернативных данных.

Контрольная карта — инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая отклонения от предъявляемых к процессу требований. Используются контрольные карты по альтернативным данным: карте числа несоответствующих единиц продукции  $np$  и карте долей несоответствующих единиц продукции  $p$ .

Контрольные карты  $np$  и  $p$  могут быть построены по таким данным, как: количество бракованных карандашей; количество деталей, контролируемый размер которых не удовлетворяет допуску; количество неправильно заполненных форм записей; количество девушек, не накрасивших ресницы тушью.

Ограничения применения той или иной контрольной карты связаны с объемами подгрупп: если число контролируемых единиц в подгруппах постоянно, то могут применяться как  $np$ -карта, так и  $p$ -карта; если объемы подгрупп различны, то применяется только  $p$ -карта.

1 Построение и интерпретация контрольных карт числа и долей несоответствующих единиц продукции

1.1 Сбор и систематизация данных.

1.2 Для каждой подгруппы определяются значения  $p_j$  о количестве несоответствующих единиц  $np_j$  в подгруппах объемом  $n_j$  по формуле:

$$p_j = \frac{np_j}{n_j},$$

1.3 Определяется уровень центральной линии  $CL$ , который соответствует средним значениям статистик  $np$  и  $p$ .

Среднее значение числа несоответствующих единиц  $\overline{np}$  – отношение общего количества выявленных несоответствующих единиц к количеству проверенных подгрупп  $k$ .

Среднее значение доли несоответствующих единиц  $\bar{p}$  – отношение числа несоответствующих единиц во всех подгруппах к общему количеству проверенных единиц.

Формулы для вычисления средних значений:

$$\overline{np} = \frac{\sum_{j=1}^k np_j}{k}, \quad \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^k np_j}{\sum_{j=1}^k n_j}.$$

1.4 Определяются уровни верхней  $UCL$  и нижней  $LCL$  контрольных границ (таблица 1).

Таблица 1 – Формулы для расчета контрольных границ

Тип карты	Центральная линия	Контрольные границы
$np$	$\bar{np}$	$\bar{np} \pm 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$
$p$	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

Для  $p$ -карты уровни контрольных границ изменяются от подгруппы к подгруппе при их непостоянном объеме.

Если рассчитанное значение LCL оказывается отрицательным, то считают, что нижняя контрольная граница отсутствует.

1.5 По имеющимся данным и результатам расчетов строится контрольная карта (рис. 1).

По оси абсцисс на контрольной карте откладываются номера подгрупп.

По оси ординат на  $np$ -карте откладываются числа несоответствующих единиц, а на  $p$ -карте – доли несоответствующих единиц.

Карта, оси и наносимые линии должны быть подписаны, чтобы давать ясное представление о виде контрольной карты, значениях показателя, уровнях контрольных границ.

1.6 Интерпретация контрольной карты.

Контрольные карты используются для того, чтобы определить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии.

При применении контрольных карт критерием нахождения процесса в статистически управляемом состоянии являются контрольные границы.

Если нанесенное на карту значение выходит за любую из контрольных границ, то состояние статистической управляемости подвергается сомнению: необходимо выявить неслучайные (специальные) причины и исключить их.

## 2 Модельный пример

В кондитерском цеху при управлении процессом выпечки контролируется количество недопеченных булочек. Для этого с каждого противня отбирают и проверяют по три булочки. В духовом шкафу одновременно может находиться от 15 до 20 противней, то есть количество проверяемых изделий непостоянно.

В этом случае для статистического управления процессом можно применить карту долей несоответствующих единиц в подгруппе –  $p$ -карту.

Данные, полученные в результате контроля 10 подгрупп приведены в таблице 2.

Все рассчитанные значения уровней контрольных границ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты контроля

№ подгруппы	Объем подгруппы		Число несоответствующих единиц $np$		Доля несоответствующих единиц $p$		UCL	LCL
	$n_j$		$\sum np$		$\bar{p}$			
1	48		3		0,0625		0,2641	-0,0196
2	54		2		0,0370		0,2559	-0,0115
3	54		16		0,2963		0,2559	-0,0115
4	60		4		0,0667		0,2491	-0,0046
5	54		5		0,0926		0,2559	-0,0115
6	57		4		0,0702		0,2524	-0,0079
7	57		8		0,1404		0,2524	-0,0079
8	60		15		0,2500		0,2491	-0,0046
9	45		6		0,1333		0,2687	-0,0243
10	51		3		0,0588		0,2598	-0,0154
	$\sum n_j$	540	$\sum np$	66	$\bar{p}$	0,1222		

Все значения уровней LCL отрицательны, поэтому нижняя контрольная граница отсутствует.

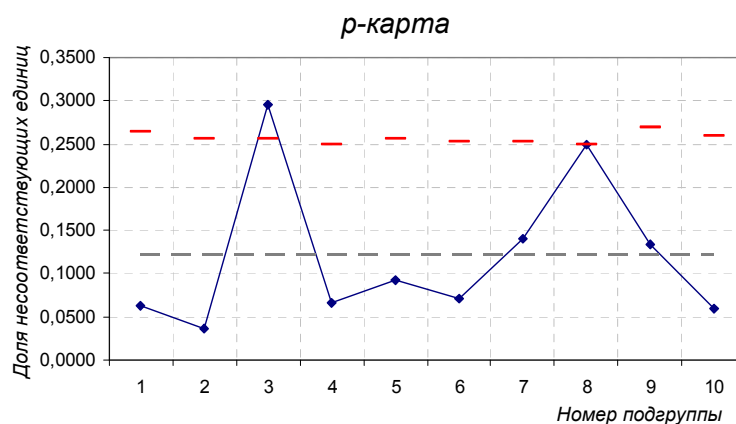


Рисунок 1 – Контрольная карта долей несоответствующих единиц

Интерпретация контрольной карты. На построенной карте две точки (подгруппы 3 и 8) выходят за контрольную границу, поэтому можно сделать вывод о том, что процесс выпечки булочек не находится в состоянии статистической управляемости.

### 3 Индивидуальное задание

Выбрать тип и построить контрольную карту для анализа процесса по числу несоответствующей продукции в следующих ситуациях.

1) Контролируется количество негерметичных упаковок сока в  $k$  партиях. В каждой партии проверяется по одной упаковке из каждой пятой коробки. Количество коробок в партиях неизменно.

2) Проверяется количество испорченных клубней картофеля, упакованного в мешки по 10 кг. Контролю подвергается по одному мешку из каждой партии. Количество партий  $k$ .

Данные выбираются по таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

	Варианты									
	1		2		3		4		5	
<i>k</i>	20		19		20		16		17	
№ подгруппы <i>j</i>	<i>n<sub>j</sub></i>	<i>c<sub>j</sub></i>	<i>n<sub>j</sub></i>	<i>c<sub>j</sub></i>	<i>n<sub>j</sub></i>	<i>c<sub>j</sub></i>	<i>n<sub>j</sub></i>	<i>c<sub>j</sub></i>	<i>n<sub>j</sub></i>	<i>c<sub>j</sub></i>
1	56	2	50	3	51	3	50	5	53	6
2	56	2	55	1	52	2	55	2	54	4
3	55	3	55	2	57	2	56	1	56	1
4	56	1	56	8	60	0	57	7	54	0
5	56	7	57	3	55	3	60	2	58	2
6	56	2	57	1	53	4	57	5	56	1
7	59	1	53	1	53	4	55	3	55	4
8	51	4	59	1	52	2	59	2	59	1
9	50	2	53	3	63	4	49	3	54	1
10	61	2	56	6	56	3	60	3	55	1
11	53	4	54	2	53	0	61	3	59	4
12	54	3	57	0	56	4	52	2	54	4
13	52	1	52	3	54	3	52	0	52	0
14	55	1	49	1	59	4	58	3	60	3
15	55	5	57	1	50	4	56	3	49	2
16	60	3	55	2	53	0	57	4	57	7
17	51	1	58	0	55	1	55	1	53	3
18	48	1	54	3	53	1	49	4	52	5
19	50	0	55	3	56	0	50	2	58	3
20	56	3	54	3	56	3	51	3	54	3

## Рекомендуемая литература

1. ГОСТ Р 50779.40-96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
2. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.

## ТЕМА 5

### КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ЧИСЛА НЕСООТВЕТСТВИЙ

**Цель работы** – получение навыков построения и интерпретации контрольных карт для альтернативных данных.

Контрольные карты — инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Используются контрольные карты по альтернативным данным: карте числа несоответствий  $c$  и карте числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции  $u$ .

Примерами данных, по которым могут быть построены карты  $c$  и  $u$ , являются: количество дефектов в линии, проведенной карандашом; количество сколов лакокрасочного покрытия автомобиля; количество ресничек, не окрашенных тушью; количество ошибок в заполненных формах записей; количество экзаменационных вопросов, на которые не ответили студенты.

Ограничения применения той или иной контрольной карты связаны с объемами подгрупп: если число контролируемых единиц в подгруппах постоянно, то могут применяться как  $c$ -карта, так и  $u$ -карта; если объемы подгрупп различны, то может применяться только  $u$ -карта.

1 Построение и интерпретация контрольных карт числа несоответствий

1.1 Сбор и систематизация данных .

1.2 Для  $u$ -карты определяются значения  $u_j$  для каждой подгруппы по полученным в результате контроля данным о количестве несоответствий  $c_j$  в подгруппах объемом  $n_j$  по формуле:

$$u_j = \frac{c_j}{n_j}.$$

1.3 Определяется уровень центральной линии CL, который соответствует средним значениям статистик  $c$  и  $u$ .

Среднее значение числа несоответствий  $\bar{c}$  определяется как отношение общего количества выявленных несоответствий к количеству проверенных подгрупп  $k$ .

Среднее значение числа несоответствий на единицу в подгруппе  $\bar{u}$  – отношение числа несоответствий во всех единицах к общему количеству проверенных единиц.

Формулы для вычисления средних значений:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{k} \qquad \bar{u} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{\sum_{j=1}^k n_j}.$$

1.4 Определяются уровни верхней UCL и нижней LCL контрольных границ .

Таблица 1 – Формулы для расчета контрольных границ

Карта	Центральная линия	Контрольные границы
$c$	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$
$u$	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

Для  $u$ -карты уровни контрольных границ изменяются от подгруппы к подгруппе при их непостоянном объеме.

Если рассчитанное значение LCL оказывается отрицательным, то считают, что нижняя контрольная граница отсутствует.

1.5 По имеющимся данным и результатам расчетов строится контрольная карта .

По оси абсцисс на контрольной карте откладываются номера подгрупп.

По оси ординат на  $c$ -карте откладывается число несоответствий, а на  $u$ -карте – число несоответствий на единицу изделия.

Карта, оси и наносимые линии должны быть подписаны, чтобы давать ясное представление о виде контрольной карты, значениях показателя, уровнях контрольных границ.

1.6 Интерпретация контрольной карты.

Контрольные карты используются для того, чтобы определить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии. При применении контрольных карт критерием нахождения процесса в статистически управляемом состоянии являются контрольные границы.

Если нанесенное на карту значение выходит за любую из контрольных границ, то состояние статистической управляемости подвергается сомнению: необходимо выявить неслучайные (специальные) причины и исключить их.

## 2 Модельный пример

Контролируется количество дефектов (сколов, потеков, царапин и др.) эмалированного покрытия кастрюли. Для этого в течение 20 дней ежедневно проверяют по 50 кастрюль.

В этом случае для статистического управления процессом можно применить карту числа несоответствий в подгруппе –  $c$ -карту.

Рассчитанные значения приведены в таблице 2.

Построенная контрольная карта приведена на рисунке 1.

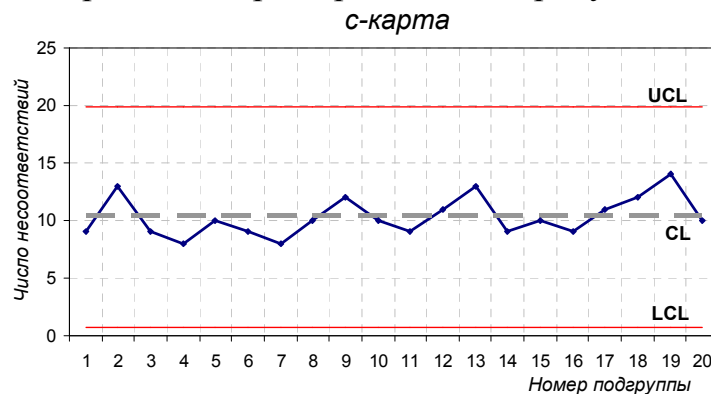


Рисунок 1 – Контрольная карта числа несоответствующих единиц

Таблица 2 – Результаты контроля

№ подгруппы	Объем подгруппы	Число несоответствий $c$		UCL	LCL
1	50	9		19,93	0,67
2	50	13			
3	50	9			
4	50	8			
5	50	10			
6	50	9			
7	50	8			
8	50	10			
9	50	12			
10	50	10			
11	50	9			
12	50	11			
13	50	13			
14	50	9			
15	50	10			
16	50	9			
17	50	11			
18	50	12			
19	50	14			
20	50	10			
		$\bar{c}$	10,3		

Интерпретация контрольной карты. На построенной карте ни одна из точек не выходит за контрольные границы, поэтому можно сделать вывод о том, что процесс находится в состоянии статистической управляемости.

#### 5 Индивидуальное задание

Выбрать вид и построить контрольную карту для статистического управления процессом по числу несоответствий в следующих ситуациях.

1) Деталь имеет 12 резьбовых отверстий. В течение  $k$  дней с помощью резьбового калибра контролируется качество нарезания резьбы. Объемы подгрупп не изменяются.

2) После нанесения на деталь гальванического покрытия контролируется количество допущенных дефектов. В течение  $k$  дней три раза в день отбирают выборку, объем которой составляет 5% от количества обрабатываемых деталей. Объем производства непостоянный.

Данные выбираются по таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

	Варианты									
	1		2		3		4		5	
$k$	20		19		20		16		17	
№ подгруппы $j$	$n_j$	$c_j$	$n_j$	$c_j$	$n_j$	$c_j$	$n_j$	$c_j$	$n_j$	$c_j$
1	56	2	50	3	51	3	50	5	53	6
2	56	2	55	1	52	2	55	2	54	4
3	55	3	55	2	57	2	56	1	56	1
4	56	1	56	8	60	0	57	7	54	0
5	56	7	57	3	55	3	60	2	58	2
6	56	2	57	1	53	4	57	5	56	1
7	59	1	53	1	53	4	55	3	55	4
8	51	4	59	1	52	2	59	2	59	1
9	50	2	53	3	63	4	49	3	54	1
10	61	2	56	6	56	3	60	3	55	1
11	53	4	54	2	53	0	61	3	59	4
12	54	3	57	0	56	4	52	2	54	4
13	52	1	52	3	54	3	52	0	52	0



14	55	1	49	1	59	4	58	3	60	3
15	55	5	57	1	50	4	56	3	49	2
16	60	3	55	2	53	0	57	4	57	7
17	51	1	58	0	55	1	55	1	53	3
18	48	1	54	3	53	1	49	4	52	5
19	50	0	55	3	56	0	50	2	58	3
20	56	3	54	3	56	3	51	3	54	3

#### Рекомендуемая литература

1. ГОСТ Р 50779.40-96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
2. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шу-харта.

## ТЕМА 6

### ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА

**Цель работы** – получение студентами навыков оценки соответствия процесса установленным требованиям.

#### 1 Статистики пригодности и воспроизводимости процесса

Процедура определения статистик, используемых для оценки характеристик качества процесса, установлена ИСО 21747, и распространяется только на непрерывные характеристики.

Ключевыми понятиями статистического управления процессами являются стабильность процесса и состояние статистической управляемости процесса.

Стабильный процесс, процесс в состоянии статистической управляемости – процесс с постоянным средним, изменчивость которого вызвана только случайными причинами.

Для оценки стабильности и статистической управляемости процесса применяют контрольные карты Шухарта.

Изменчивость процесса характеризуют средним квадратическим отклонением (СКО). Различают *собственную* и *полную* изменчивости процесса.

Собственная изменчивость присуща процессам, находящимся в статистически управляемом состоянии, и вызвана случайными причинами. При оценке собственной изменчивости СКО  $S_w$  может определяться по формулам:

$$S_w = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad , \quad S_w = \frac{\sum S_i}{mc_4} \quad \text{или} \quad S_w = \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}}$$

где  $\bar{R}$  - среднее арифметическое значение размаха;  $m$  – количество подгрупп объемом  $n$ ;  $S_i$  – выборочное СКО  $i$ -й подгруппы;  $d_2$ ,  $c_4$  – константы, соответствующие значению  $n$  (по ГОСТ Р 50779.42).

Полная изменчивость процесса вызвана как случайными, так и специальными причинами. Для оценки полной изменчивости определяется СКО  $S_t$  (в случае нормального распределения):

$$S_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (X_i - \bar{X}_i)^2}$$

где  $N$  – объем выборки (она может включать  $m$  подгрупп объемом  $n$ );

$$\bar{X}_i = \frac{1}{N} \sum X_i \cdot$$

Для процесса в состоянии статистической управляемости оценки  $S_w$  и  $S_t$  сходятся.

Различают показатели и индексы пригодности и воспроизводимости процесса.

Показатели пригодности и воспроизводимости процесса представляют собой статистические показатели выходной характеристики качества процесса, позволяющие оценить способность процесса поддерживать выходную характеристику на уровне установленных требований.

Показатель воспроизводимости применяют только для процессов, находящихся в состоянии статистической управляемости, если это не подтверждено, то применяют показатель пригодности.

В случае нормального распределения в качестве оценок показателей пригодности и воспроизводимости принимают величину:

$$\mu \pm zS.$$

где  $\mu$  – среднее значение, принимаемое равным  $\bar{X}_i$  или  $\bar{\bar{X}}$  (уровень центральной линии на  $X$ -карте);

$z$  – квантиль функции Лапласа. Выбор значения  $z$  зависит от требуемого значения показателя процесса в несоответствующих единицах продукции на миллион. Обычно  $z$  равно 3, 4 или 5, что соответствует 2700, 64 и 0,6 несоответствующим единицам на миллион.

Индекс пригодности процесса  $P_p$  – индекс отражающий устойчивость процесса, стабильность которого не подтверждена, относительно установленных границ:

$$P_p = \frac{U-L}{6S_i},$$

где  $U$  и  $L$  – верхняя и нижняя границы поля допуска;  $6S_i$  – длина опорного интервала для нормального распределения.

Для оценки устойчивости процесса, стабильность которого не подтверждена, относительно нижней и верхней границ поля допуска введены соответственно нижний  $P_{pkL}$  и верхний  $P_{pkU}$  индексы пригодности:

$$P_{pkL} = \frac{\mu-L}{3S_i}, \quad P_{pkU} = \frac{U-\mu}{3S_i}.$$

Индекс воспроизводимости процесса  $C_p$  – индекс, отражающий устойчивость стабильного процесса относительно установленных границ поля допуска:

$$C_p = \frac{U-L}{6S_w}.$$

Для оценки устойчивости стабильного процесса относительно нижней и верхней границ поля допуска введены соответственно нижний  $C_{pkL}$  и верхний  $C_{pkU}$  индексы пригодности:

$$C_{pkL} = \frac{\mu-L}{3S_w}, \quad C_{pkU} = \frac{U-\mu}{3S_w}$$

Общая доля несоответствующих единиц продукции определяется как сумма верхней  $p_U$  и нижней  $p_L$  долей несоответствующих единиц:

$$p_p = p_U + p_L = \Phi\left(\frac{\mu-U}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right).$$

где  $\Phi$  – функция Лапласа;  $\sigma$  – СКО ( $S_i$  или  $S_w$ ).

Под верхней и нижней долями несоответствующих единиц продукции понимаются части распределения характеристики, которым соответствуют значения больше верхней и меньше нижней границ поля допуска.

## 2 Модельный пример

В течение рабочей недели (5 дней) производились измерения диаметра вала 15h7 после обработки на токарном станке. Ежедневно контролю подвергались по три выборки из 7 деталей каждая. С помощью контрольной карты  $\bar{X}-R$  установлено, что процесс находится в стабильном состоянии. При этом получены следующие данные: центральная линия  $\bar{X}$ -карты  $CL = \bar{\bar{X}} = 14,993$  мм, средний размах  $\bar{R} = 0,0034$  мм. Требуется оценить возможности процесса удовлетворять установленным требованиям:

- границы поля допуска для размера 15h7:  $L=14,982$  (мм) и  $U=15,000$  (мм);
- допустимый уровень несоответствий (ppm): 64 единицы на миллион.

Решение.

Так как стабильность процесса подтверждена, то оценка изменчивости определяется по формуле (1), для  $n=7$  значение коэффициента  $d_2=2,704$ :

$$S_w = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,0034}{2,704} = 0,00126 \text{ (мм)}.$$

При расчете показателя воспроизводимости процесса принимаем  $\mu = \bar{\bar{X}} = 14,993$ ,  $z=4$ , т.к. требуемое значение несоответствующих единиц продукции на миллион равно 64, и  $S=S_w$ :

$$14,993 \pm 4 \cdot 0,00126 \text{ или } 14,993 \pm 0,00504 \text{ (мм)}.$$

Определяем значения индексов воспроизводимости процесса:

$$C_p = \frac{U-L}{6S_w} = \frac{15,000-14,982}{6 \cdot 0,00126} = \frac{0,018}{0,00756} = 2,38,$$

$$C_{pkU} = \frac{U-\bar{\bar{X}}}{3S_w} = \frac{15,000-14,993}{3 \cdot 0,00126} = \frac{0,007}{0,00378} = 1,85.$$

Все полученные значения индексов свидетельствуют о том, что процесс удовлетворяет установленным требованиям. Однако наименьший из  $C_{pkL}$  и  $C_{pkU}$  индекс воспроизводимости – верхний  $C_{pkU}$  свидетельствует о том, что устойчивость процесса относительно верхней границы поля допуска сравнительно низка.

Определим долю несоответствующих единиц продукции:

$$p_p = p_U + p_L = \Phi\left(\frac{14,993-15,000}{0,00126}\right) + \Phi\left(\frac{14,982-14,993}{0,00126}\right) = \Phi(-5,56) + \Phi(8,73)$$

Значения функции Лапласа можно определить по соответствующей таблице, либо с помощью специальной функции MS Office Excel. В таблицах математической статистики максимальное значение аргумента функции Лапласа равно 5,0, потому что при увеличении значения аргумента значение функции асимптотически приближается к 0,5. Например,  $\Phi(5,0)=0,49999971335$ ,  $\Phi(5,05)=0,49999982097$ , и, как видно, эти значения можно принять равными 0,5.

Это округление практически не окажет влияния на результаты расчетов.

В рассматриваемом случае принимаем

$$\Phi(-5,56) + \Phi(8,73) \approx -0,5 + 0,5 = 0.$$

То есть доля несоответствующих единиц продукции практически равна 0.

С помощью MS Office Excel получено следующее

$$\Phi(-5,56) + \Phi(8,73) \approx -0,5 + 0,5 = -0,499999987 + 0,5 = 0,000000013,$$

Полученное значение соответствует 0,013 несоответствующим единицам продукции на миллион, что меньше допустимого значения 64.

Вывод: процесс соответствует установленным требованиям.

#### Рекомендуемая литература

1. ISO 21747-2010 Статистические методы. Статистики пригодности и воспроизводимости процесса для количественных характеристик качества

2. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса:

- 1) диаграмма Исикавы;
- 2) диаграмма Парето;
- 3) гистограмма;
- 4) контрольная карта.

2. На контрольную карту обычно не наносят:

- 1) центральную линию;
- 2) верхнюю контрольную границу;
- 3) нижнюю контрольную границу;
- 4) границы поля допуска.

3. Карта долей несоответствующих единиц продукции:

- 1) R-карта;
- 2) с-карта;
- 3) S-карта;
- 4) p-карта.

4. u-карта:

- 1) карта выборочных средних;
- 2) карта скользящих размахов;
- 3) карта выборочных размахов;
- 4) карта числа несоответствий на единицу продукции.

5. Индекс отражающий устойчивость процесса, стабильность которого НЕ подтверждена, относительно установленных границ:

- 1) индекс воспроизводимости;
- 2) индекс пригодности;
- 3) индекс устойчивости;
- 4) индекс управляемости.

6. Индекс, отражающий устойчивость стабильного процесса относительно установленных границ поля допуска:

- 1) индекс воспроизводимости;
- 2) индекс пригодности;
- 3) индекс устойчивости;
- 4) индекс управляемости.

7. Выборочный контроль, после проведения которого принимают решение о приемке или отклонении партии – это:

- 1) статистическое управление процессами;
- 2) статистический приемочный контроль;
- 3) квалиметрическая оценка;

4) экспертная оценка.

8. Правила переключения обычно задаются через:

- 1) количество бракованных изделий в выборке;
- 2) количество принятых или забракованных партий;
- 3) процент бракованных изделий в партии;
- 4) процент годных изделий в партии.

9. Приемочное число используется при контроле:

- 1) по количественному признаку;
- 2) по альтернативному признаку;
- 3) как по количественному, так и по качественному признаку;
- 4) не используется при приемочном контроле.

10. Приемлемый уровень дефектности обозначается:

- 1) LCL;
- 2) UCL;
- 3) AQL;
- 4) RQL.

11. Браковочный уровень дефектности обозначается:

- 1) LCL;
- 2) IQL;
- 3) AQL;
- 4) RQL.

12. Нормативное значение группового показателя качества обозначается:

- 1) LCL;
- 2) NQL;
- 3) AQL;
- 4) RQL.

13. Статистическое регулирование технологических процессов по альтернативному признаку осуществляют с помощью:

- 1)  $\bar{X}$  - и  $R$  -карты
- 2)  $\bar{X}$  - и  $s$  -карты
- 3) карты медиан
- 4)  $np$  -карты

14. Назовите серию стандартов на статистические методы:

- 1) ГОСТ Р ИСО 9000
- 2) ГОСТ Р 1.5
- 3) ГОСТ Р 50779
- 4) нет правильного ответа

15. Статистическое регулирование технологических процессов по альтернативному признаку осуществляют с помощью:

- 1)  $\bar{X}$  - и  $R$  -карты
- 2)  $\bar{X}$  - и  $s$  -карты
- 3) карты медиан
- 4)  $np$  -карты

16. Назовите серию стандартов на статистические методы:

- 1) ГОСТ Р ИСО 9000
- 2) ГОСТ Р 1.5
- 3) ГОСТ Р 50779
- 4) нет правильного ответа

17. Количество несоответствующих единиц продукции на миллион обозначается:

- 1) ppt;
- 2) ppm;
- 3) кнм;
- 4) мнк.

18. Карта числа несоответствий:

- 1) R-карта;
- 2) с-карта;
- 3) S-карта;
- 4) p-карта.



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Момот А.И. Менеджмент качества и элементы систем качества. Учебник, 2-е изд., доп. и расш. – Донецк: Норд-Пресс, 2005.
2. Захожай В.Б., Чорний А.Ю. Статистичне забезпечення управління якістю. Навчальний посібник.-Київ. Центр навчальної літератури, 2005.-340с.
3. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии: учеб. пособие / Клячкин В.Н.-М.: Финансы и статистика, 2007. - 304 с. : ил.
4. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие / В.В.Ефимов, Т.В. Барт. – М.:КНОРУС, 2006.-240с.
5. Статистические методы контроля качества продукции / Ноулер Л. И др. / Пер. с англ. – 2-е руссе. Изд. – М. Ихдательство стандартов. 1989 – 99с.
6. Федюкин В.К. Управление качеством процессов.- СПб.: Питер, 2004.- 208с.
7. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.-600с.
8. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с.
9. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества».-М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.- 208 с.

### Дополнительная:

10. ДСТУ 3514-97 Статистичні методи контролю та регулювання. Терміни та визначення.
11. ГОСТ 18242-72 Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля.
12. ГОСТ 20736-75 Статистический приемочный контроль по количественному признаку. Планы контроля.
13. РД 50-605-86 Методические указания по применению стандартов на статистический приемочный контроль.
14. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Тематическое содержание заданий практических занятий по учебной дисциплине калавра по направлению 27.04.02 «Управление качеством» дневной формы обучения	5
Тема 1. Статистики пригодности и воспроизводимости процесса	6
Тема 2. Построение контрольных карт и оценка технического уровня	9
Тема 3. Контрольные карты количественных признаков	14
Тема 4. Контрольные карты числа и долей несоответствующих единиц продукции	18
Тема 5. Контрольные карты числа несоответствий	22
Тема 6. Оценка характеристик качества процесса	26
Контрольные вопросы	30
Литература	33

Учебное издание

Министерство образования и науки ДНР  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

Методические указания

по выполнению практических заданий по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» для студентов дневной (заочной) формы обучения по направлению подготовки магистра 27.04.02 «Управление качеством» / Сост. Е.В.Мирошниченко. - Донецк: ДонНТУ, 2016г.- 34 с.

Составитель: Мирошниченко Е.В.