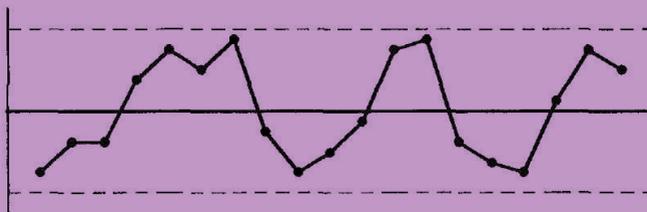
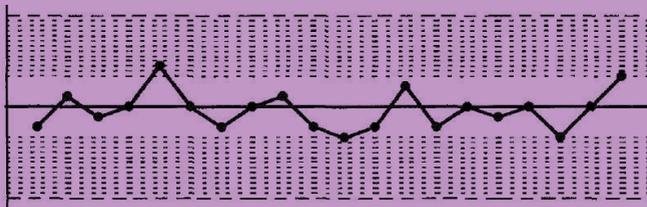
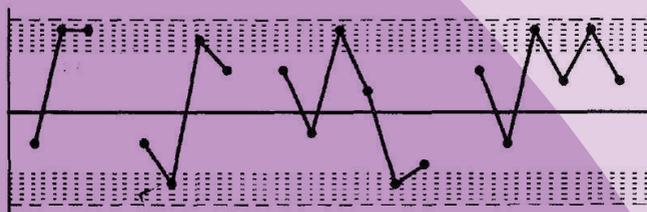


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

Г.В. Нахратова

# ПОСТРОЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Практикум



УДК 378.091  
ББК 74.480.25

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент Поволжского государственного  
университета сервиса *С.М. Бобровский*;  
канд. техн. наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии  
машиностроительного производства» Тольяттинского  
государственного университета *Л.А. Резников*.

Нахратова, Г.В. Построение контрольных карт : практикум /  
Г.В. Нахратова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 1 оптический диск.

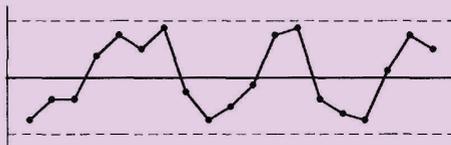
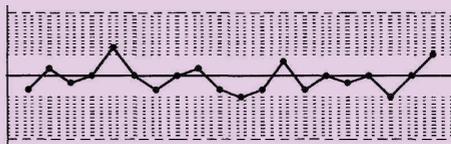
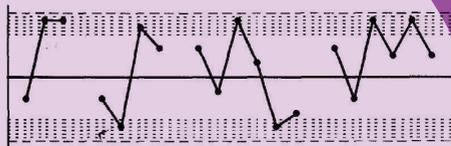
В практикуме рассмотрены основные виды контрольных карт и их применение при оценке стабильности и управляемости технологического процесса. Описывается последовательность проведения процедуры построения контрольных карт. Рассмотрен порядок проведения анализа состояния технологического процесса с помощью контрольных карт.

Практикум предназначен для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Может быть использован при подготовке к практическим занятиям по дисциплине «Экспертиза и сертификация машиностроительной продукции».

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.



Редактор *О.И. Елисева*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева, И.В. Карасев*

Дата подписания к использованию 21.02.2018.

Объем издания 1 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-114-15.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

Введение .....	5
1. Цели и задачи работы .....	6
2. Виды контрольных карт и область их применения .....	7
3. Анализ контрольных карт .....	11
4. Использование контрольных карт для оценки корреляции .....	16
5. Анализ процесса с помощью контрольных карт .....	18
6. Порядок построения контрольных карт .....	22
Контрольные вопросы .....	24
Рекомендуемая литература .....	25

## ВВЕДЕНИЕ

Переход России к рыночной экономике определил новые условия для деятельности отечественных фирм, предприятий и организаций не только на внутреннем рынке, но и на внешнем. Право предприятий на самостоятельность не означает вседозволенность в решениях, а заставляет знать, изучать и применять в своей практике принятые во всем мире «правила игры». Международное сотрудничество по любым направлениям и на любом уровне требует гармонизации этих правил с международными и национальными нормами.

В условиях современных торгово-экономических связей между государствами качество продукции является одним из главных показателей ее конкурентоспособности. Уверенность в высоком качестве продукции подтверждается положительными результатами измерений, контроля и испытаний на всех этапах жизненного цикла. Понятие «качество» включает соответствие требованиям функционирования (назначения) и потребителя, надежности, а также безопасности для жизни и здоровья потребителей и окружающей среды.

Законы «О защите прав потребителей», «О стандартизации», «О сертификации продукции и услуг», «Об обеспечении единства измерений» создали необходимую правовую базу для внесения существенных новшеств в организацию важнейших для экономики областей деятельности.

Знания в области стандартизации, сертификации, экспертизы, управления качеством и метрологии в одинаковой степени важны для специалистов по производству и реализации продукции, менеджеров, маркетологов, которые по-новому, осознанно и цивилизованно могут использовать возможности и преимущества этих знаний в качестве весомых составляющих конкурентоспособности товара.

Стандартизация, сертификация, экспертиза, метрология и управление качеством неразрывно связаны между собой, их взаимозависимость в существенной степени определяет качество продукции. Любая форма стандартизации предполагает необходимость определения соответствия продукции установленным требованиям, что решается в процессе сертификации и экспертизы с обязательным использованием измерений, контроля и испытаний. Можно сказать, что проблема установления соответствия продукции нормативным документам решается только при условии обеспечения единства измерения.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

**Целью** данной практической работы является получение практических знаний по построению контрольных карт и определение протекания технологического процесса. Полученные навыки могут найти применение при написании магистерской диссертации (раздел «Сертификация и экспертиза научно-исследовательской работы»).

### **Задачи**

1. Изучение видов контрольных карт и области их применения.
2. Изучение основных теоретических положений построения контрольных карт.
3. Изучение общих и конкретных функций управления процессом с помощью контрольных карт.
4. Изучение методов построения и приобретения навыков их использования в условиях производства.
5. Приобретение знаний по технологии процесса управления, навыков принятия управленческих решений.

## 2. ВИДЫ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Поскольку всякий процесс испытывает большое число незначительных случайных воздействий, то результаты измерений, полученные в ходе нормального течения процесса, непостоянны, то есть всякий процесс имеет некоторую изменчивость (разброс).

Считается, что процесс находится в статистически управляемом состоянии, если в нем отсутствуют систематические сдвиги. В этом состоянии можно предсказывать ход процесса. Но как только на процесс станут воздействовать неслучайные (особые) причины, он станет статистически неуправляемым, а результат процесса окажется непредсказуем. Если процесс выведен из статистически управляемого состояния, то требуется определенное вмешательство, чтобы сделать его снова статистически управляемым.

Чтобы судить о состоянии процесса, осуществляют отбор единиц продукции и измеряют контролируемые параметры. Совокупность отобранных объектов (наблюдаемых значений) образует выборку.

Для сравнения информации о текущем состоянии процесса, полученной по выборке, с контрольными границами, являющимися пределами собственного разброса, применяют контрольные карты.

*Контрольная карта* — это графическое представление характеристики процесса, состоящее из центральной линии, контрольных границ и конкретных значений имеющихся статистических данных, которое позволяет оценить степень статистической управляемости процесса.

Существует много разных типов контрольных карт в зависимости от природы данных, вида статистической обработки данных и методов принятия решений.

В зависимости от сферы применения выделяют три основных вида контрольных карт (рис. 1):

- *контрольные карты Шухарта и аналогичные им*, позволяющие оценить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии;
- *приемочные контрольные карты*, предназначенные для определения критерия приемки процесса;

- *адаптивные контрольные карты*, с помощью которых регулируют процесс посредством планирования его тренда (тенденции изменения процесса с течением времени) и проведения упреждающей корректировки на основании прогнозов.



Рис. 1. Применение контрольных карт

Данные для контрольных карт разделяют на количественные и альтернативные.

*Количественные данные* – это результаты наблюдений, проводимых с помощью измерения и записи числовых значений данного показателя (при этом используется непрерывная шкала значений).

*Альтернативные данные* – это результаты наблюдений наличия (или отсутствия) определенного признака или атрибута и подсчета числа единиц выборки, имеющих (или не имеющих) данный признак. Иногда подсчитывают число таких признаков, имеющихся в определенном объеме либо в некоторой выборке.

В зависимости от видов данных и методов их статистической обработки выделяют различные типы контрольных карт, основные из которых представлены на рис. 2.

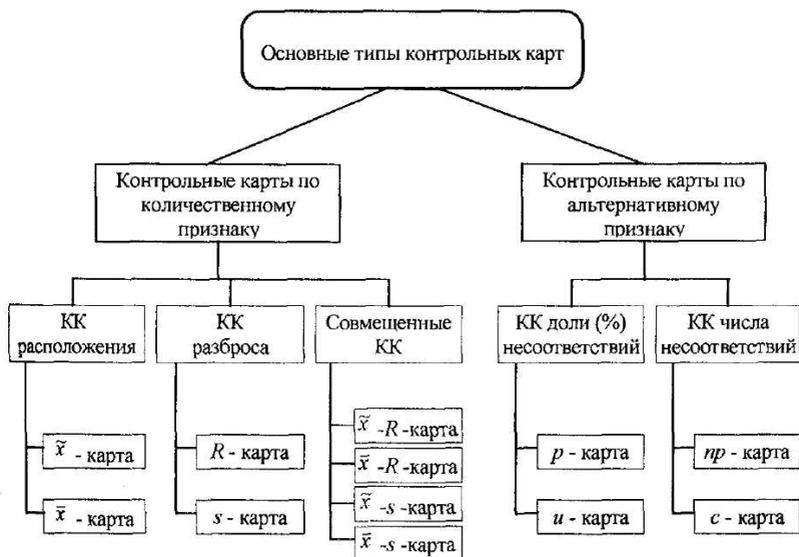


Рис. 2. Основные типы контрольных карт

При использовании количественных данных применяют контрольные карты двух видов:

- *контрольные карты расположения*, характеризующие меру расположения (центр) изучаемых данных, например, выборочное среднее  $\bar{x}$  или медиану  $Me$ ;

- *контрольные карты разброса*, характеризующие меру разброса (рассеяния) отдельных выборочных данных в выборке или подгруппе, например, размах  $R$  или выборочное стандартное отклонение  $s$ .

Для анализа и управления процессами, показатели качества которых являются непрерывными величинами (длина, вес, концентрация, температура и т. п.), обычно используют парные контрольные карты, например, карту для выборочного среднего значения и карту размаха:  $\bar{x}$ -карту и  $R$ -карту.

Контрольные карты по альтернативному признаку используют, когда качество процесса оценивают по количеству несоответствий.

Если учитывается количество несоответствующих единиц продукции в выборке, то применяют  $np$ -карту (для выборок постоянного объема) или  $p$ -карту (для выборок меняющегося объема; в этом случае подсчитывают *долю* несоответствующих единиц). Если учи-

тывается количество несоответствий в исследуемом изделии либо процессе, то обычно применяют  $c$ -карту и  $u$ -карту.

Для выбора подходящей контрольной карты по альтернативному признаку удобно использовать табл. 1.

Таблица 1

	Число на единицу выборки (объем выборки переменный*)	Общее число в выборке (объем выборки постоянный)
Несоответствующие единицы	$p$	$np$
Несоответствия	$u$	$c$

\*Объемы выборок отличаются не более чем в 1,6 раза.

В контрольных картах для количественных данных предполагают, что имеет место нормальное распределение. Параметры этого распределения используют для установления контрольных границ, которые обычно фиксируются на уровне  $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$  от центральной линии (здесь  $\bar{x}$  – выборочное среднее изучаемых данных).

В контрольных картах для альтернативных данных используют либо биномиальное ( $np$ -карты,  $p$ -карты), либо пуассоновское распределение ( $c$ -карты,  $u$ -карты).

### 3. АНАЛИЗ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

*Управляемое состояние процесса* – состояние, когда процесс стабилен, а его среднее и разброс не меняются. Определить, вышел ли процесс из данного состояния, можно по контрольным картам на основании шести критериев.

1. *Выход за контрольные пределы.* На карте есть точки, лежащие вне контрольных границ (рис. 3).

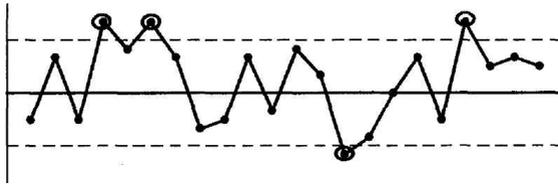


Рис. 3. Выход за контрольные пределы

2. *Серия.* Несколько (7 и более) точек подряд оказываются по одну сторону от центральной линии (число таких точек называется длиной серии); либо 10 из 11 последовательных точек находятся по одну сторону от центра (рис. 4).

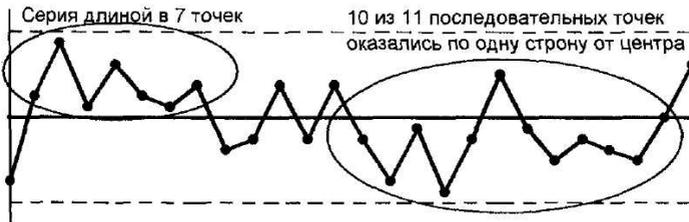


Рис. 4. Серия

3. *Тренд.* Точки образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую (рис. 5).

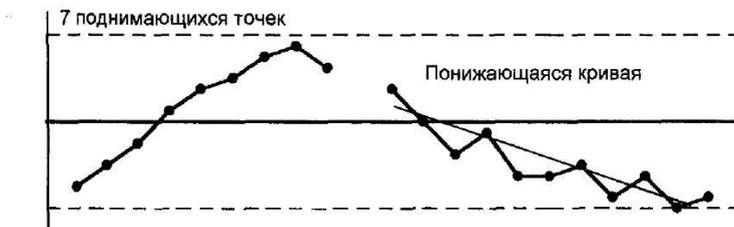


Рис. 5. Тренд

4. *Приближение к контрольным пределам.* Есть точки, которые приближаются к контрольным границам, причем 2 или более точек оказываются в заштрихованной предграницной зоне (рис. 6).

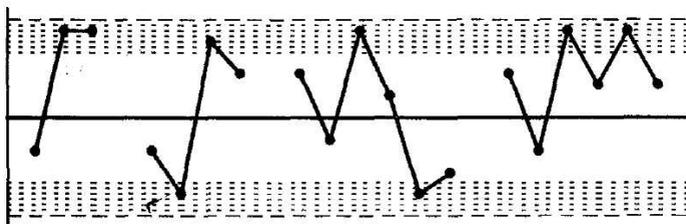


Рис. 6. Приближение к контрольным пределам (2 из 3 точек)

5. *Приближение к центральной линии.* Большинство точек оказывается внутри центральной трети полосы между контрольными границами (рис. 7).

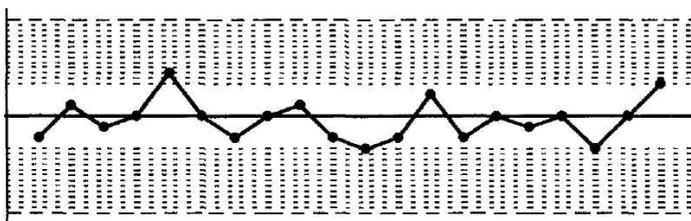


Рис. 7. Приближение к центральной линии

6. *Периодичность.* Кривая повторяет структуру «то подъем, то спад» с примерно одинаковыми интервалами времени (рис. 8).

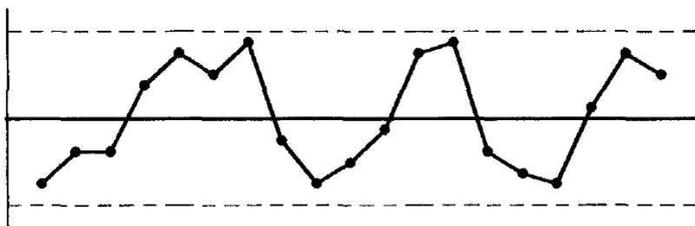


Рис. 8. Периодичность

Порядок исследования контрольных  $\bar{x}$ -карты и  $R$ -карты задается алгоритмом.

Если встретилась одна из ситуаций, которая указывает на опасность выхода процесса из управляемого состояния (рис. 3–8), то необходимо:

- проверить координаты «опасных точек»;
- проверить расчет границ  $i$ ;
- провести анализ измерительной системы;
- проверить достоверность данных измерений;
- приступить к поиску особых причин (то есть каких-либо случайных воздействий на процесс) с целью их устранения.

В ситуациях 4–6 (рис. 6–8) бывает полезно построить гистограмму и провести расслоение процесса на подгруппы.

**Пример.** Для контроля процесса обработки внешнего вала коробки передач (модель Priora) на токарном одношпиндельном станке фирмы Fischer замерялся контрольный параметр (линейный размер) обработанных деталей (см. рис. 9). По спецификации процесс должен иметь следующие характеристики:

- линейный размер  $274,5 \pm 0,1$ ;
- верхний предел допуска 274,6;
- нижний предел допуска 274,4.

По результатам измерений 80 изделий были построены  $\bar{x}$ -карта и  $R$ -карта (рис. 9) со следующими параметрами:

$$\bar{\bar{x}} = 274,464;$$

$$\text{ВКГ}_{\bar{x}} = 274,493;$$

$$\text{НКГ}_{\bar{x}} = 274,435;$$

$R = 0,016$ ;

$ВКФ_R = 0,05$ ;

$НКТ_R$  отрицательна, поэтому на рисунке не указана.

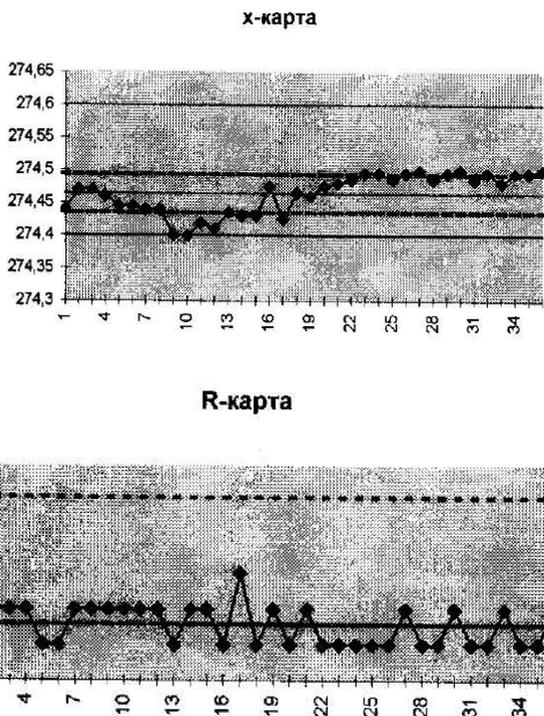


Рис. 9. Вид контрольной карты

При анализе  $\bar{x}$ -карты видно, что на участке 3–9 наблюдается понижающий тренд, на участке 11–24 – повышающий тренд, много точек, вышедших за контрольные границы (9–15, 17, 27, 30, 36), а точки 9–10 находятся на границе поля допуска. Таким образом, во-первых, процесс не является статистически устойчивым. В силу того что границы поля допуска в данном случае шире контрольных границ, может сложиться впечатление, что на участке 25–36 процесс является стабильным, однако выход за контрольные границы свидетельствует о наличии особых (неслучайных) воздействий. Необходимо провести технологический анализ условий протекания

процесса обработки. Например, понижающий тренд может быть обусловлен образованием наклепа на инструменте либо влиянием температурных деформаций в кинематике и гидравлике станка.

Приближение к центральной линии на  $R$ -карте может свидетельствовать о систематическом (неслучайном) торцевом биении базового центра, равном  $R_{\text{ср}} = 0,016$ .

В результате анализа контрольных карт можно сделать вывод о том, что в данном случае технологическая точность не обеспечивается, технологический процесс требует доработки.

#### 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОРРЕЛЯЦИИ

Если требуется установить, имеется ли корреляционная зависимость между двумя исследуемыми параметрами  $X$  и  $Y$ , вместо построения диаграммы рассеивания можно использовать контрольные карты.

Значения параметров  $X$  и  $Y$  замеряют в одни и те же моменты времени и строят  $\tilde{x}$ -карту и  $\tilde{y}$ -карту. Центральная линия на этих картах соответствует значению медианы, т. е.

$$\tilde{x} = \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}; \quad \tilde{y} = \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2}.$$

Количество точек на обеих картах одинаково.

Затем на каждой из этих карт точки, находящиеся выше центральной линии, отмечают знаком «+», точки ниже центральной линии – знаком «-», точки, попавшие на центральную линию, – знаком «0». После этого составляют таблицу знаков, соответствующих каждой паре ( $X$ ,  $Y$ ). К этой таблице добавляют еще одну строку, в которой ставится код пары по следующим правилам:

Таблица 2

$X$	+	-	0	+	-	0	±
$Y$	+	-	0	-	+	±	0
Код ( $X$ , $Y$ )	+	+	+	-	-	0	0

В последней строке таблицы подсчитывают число «+» –  $N(+)$ ; число «-» –  $N(-)$ ; число «0» –  $N(0)$ , а также общее число кодов –  $K$ .

Далее вычисляют  $P = N(+)$  +  $N(0)/2$ ;  $M = N(-)$  +  $N(0)/2$  и выбирают меньшее из чисел  $P$  и  $M$  –  $\min$  ( $\min = \min\{P, M\}$ ). В табл. 3 находят  $K$  и соответствующее ему значение  $k_{\min}$ .

Если  $\min > k_{\min}$ , то корреляционной зависимости *нет*, если  $\min \leq k_{\min}$ , то корреляционная зависимость *есть*, причем

- при  $P > M$  – положительная (прямая) корреляция,
- при  $P < M$  – отрицательная (обратная) корреляция.

Таблица 3

$K$ $k_{\min}$	8 0	9–11 1	12–14 2	15–16 3	17–22 5	23–24 6	25–27 7	28–29 8	30–32 9	33–34 10
$K$ $k_{\min}$	35–36 11	37–39 12	40–41 13	42–43 14	44–46 15	47–48 16	49–50 17	51–53 18	54–55 19	56–57 20
$K$ $k_{\min}$	58–60 21	61–62 22	63–64 23	65–66 24	67–69 25	70–71 26	72–73 27	74–76 28	77–78 29	79–80 30

## 5. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

В данной практической работе используются контрольные карты расположения, которые характеризуют меру расположения исследуемых данных, а именно, выборочное среднее  $\bar{X}$ .

$\bar{X}$ -карта и  $\bar{R}$ -карта используются для анализа и управления процессами, показатели качества которых представляют собой непрерывные величины (длины, веса и т. д.).

Величина  $\bar{X}$  – среднее значение подгруппы.

$\bar{R}$  – средний размах подгруппы. В контрольных картах расположения предполагают, что имеет место нормальное распределение, контрольные границы при котором обычно фиксируются на уровне  $\pm 3\sigma$  от центральной линии.

### Варианты значений для построения контрольных карт

#### Вариант 1

29,89	30,42	30,15	30,41	29,98	30,16	30,14	30,41	30,31
30,17	30,38	30,45	30,13	30,24	30,19	29,99	30,16	30,52
29,95	30,02	30,17	30,19	29,94	30,01	30,24	30,27	30,06

#### Вариант 2

35,98	36,50	36,19	36,55	35,98	36,19	36,17	36,49	36,61
36,20	36,46	36,16	36,49	36,29	36,23	35,99	36,19	36,62
35,98	36,02	36,20	36,23	35,93	36,03	36,29	36,32	36,07

#### Вариант 3

33,48	34,07	33,78	34,06	33,58	33,78	34,06	34,17	34,06
33,79	34,03	34,12	33,75	33,87	33,59	33,78	33,87	33,78
33,58	33,62	33,79	33,81	33,53	33,87	33,79	33,79	33,67

#### Вариант 4

30,42	30,16	29,92	29,98	30,41	30,41	30,51	30,16	30,14
30,38	30,46	30,17	30,24	30,13	30,16	30,52	30,19	29,98
30,02	30,17	29,98	29,94	30,19	30,27	30,16	30,02	30,24

Вариант 5

36,50	36,19	35,88	35,98	36,17	36,46	36,61	36,19	36,17
36,46	36,55	36,20	36,29	36,16	36,19	36,62	36,23	36,16
36,02	36,20	35,98	35,88	36,23	36,39	36,07	36,02	36,98

Вариант 6

34,07	33,62	33,48	33,58	34,06	34,06	34,17	33,78	33,76
34,03	33,58	33,79	33,87	33,75	33,78	34,18	33,87	33,59
34,02	34,12	33,58	33,53	33,81	33,87	34,12	33,61	33,87

Вариант 7

29,92	30,41	30,46	30,42	30,16	29,98	30,52	30,19	29,98
30,24	30,13	30,16	30,38	30,46	30,17	30,06	30,02	30,24
29,98	29,94	30,02	30,17	30,19	30,37	30,16	30,16	30,14

Вариант 8

35,98	36,49	36,49	36,49	36,20	35,87	36,62	36,23	35,98
36,29	36,16	36,19	36,48	36,50	36,20	36,07	36,02	36,29
35,98	35,93	36,02	36,20	36,23	36,32	36,61	36,19	36,17

Вариант 9

33,58	34,06	34,06	34,07	33,78	33,48	34,18	33,81	33,59
33,87	33,54	33,78	34,03	34,12	33,79	33,67	33,61	33,87
33,58	33,53	33,62	33,78	33,81	33,90	34,17	33,78	33,76

Вариант 10

32,38	32,84	32,84	32,85	32,57	32,28	32,96	32,61	32,39
32,66	32,54	32,57	32,90	32,90	32,58	32,46	32,41	32,66
32,38	32,34	32,42	32,61	32,61	32,69	32,96	32,57	32,55

Вариант 11

29,98	30,16	30,14	30,41	30,52	29,89	30,42	30,16	30,41
30,24	30,19	29,99	30,16	30,52	30,17	30,38	30,46	30,13
29,96	30,01	30,24	30,27	30,06	29,98	30,02	30,17	30,19

Вариант 12

35,98	36,19	36,17	36,49	36,61	35,87	36,50	36,19	36,49
36,29	36,23	35,99	36,19	36,62	36,20	36,46	36,55	36,16
35,98	36,01	36,29	36,32	36,07	35,98	36,02	36,20	36,23

Вариант 13

29,89	30,42	30,15	30,41	29,98	30,16	30,14	30,41	30,31
30,17	30,38	30,45	30,13	30,24	30,19	29,99	30,16	30,52
29,95	30,02	30,17	30,19	29,94	30,01	30,24	30,27	30,06

Вариант 14

30,41	30,41	30,50	30,16	30,14	30,42	29,89	29,98	30,16
30,13	30,19	30,52	30,19	29,99	30,38	30,17	30,24	30,46
30,19	30,27	30,06	30,01	30,24	30,02	29,89	29,96	30,17

Вариант 15

36,49	36,49	36,61	36,19	36,17	36,50	36,19	35,98	35,98
36,16	36,19	36,62	36,23	35,99	36,46	36,54	36,20	36,29
36,23	36,32	36,07	36,01	36,29	36,02	36,20	35,98	35,98

Вариант 16

35,98	36,49	36,49	36,49	36,20	35,87	36,62	36,23	35,98
36,29	36,16	36,19	36,48	36,50	36,20	36,07	36,02	36,29
35,98	35,93	36,02	36,20	36,23	36,32	36,61	36,19	36,17

Вариант 17

33,58	34,06	34,06	34,07	33,78	33,48	34,18	33,81	33,59
33,87	33,54	33,78	34,03	34,12	33,79	33,67	33,61	33,87
33,58	33,53	33,62	33,78	33,81	33,90	34,17	33,78	33,76

Вариант 18

35,87	36,50	36,19	36,49	35,98	36,19	36,17	36,49	36,61
36,20	36,46	36,55	36,16	36,29	36,23	35,99	36,19	36,62
35,98	36,02	36,20	36,23	35,98	36,01	36,29	36,32	36,07

Вариант 19

32,28	32,96	32,61	32,39	32,38	32,84	32,84	32,85	32,57
32,58	32,46	32,41	32,66	32,66	32,54	32,57	32,90	32,90
32,69	32,96	32,57	32,55	32,38	32,34	32,42	32,61	32,61

Вариант 20

35,87	36,62	36,23	35,98	35,98	36,49	36,49	36,49	36,20
36,20	36,07	36,02	36,29	36,29	36,16	36,19	36,48	36,50
36,32	36,61	36,19	36,17	35,98	35,93	36,02	36,20	36,23

Вариант 21

30,41	30,41	30,51	30,16	30,14	30,42	30,16	29,92	29,98
30,13	30,16	30,52	30,19	29,98	30,38	30,46	30,17	30,24
30,19	30,27	30,16	30,02	30,24	30,02	30,17	29,98	29,94

Вариант 22

30,52	29,89	30,42	30,16	30,41	29,98	30,16	30,14	30,41
30,52	30,17	30,38	30,46	30,13	30,24	30,19	29,99	30,16
30,06	29,98	30,02	30,17	30,19	29,96	30,01	30,24	30,27

Вариант 23

35,98	36,19	36,17	36,49	36,61	35,98	36,50	36,19	36,55
36,29	36,23	35,99	36,19	36,62	36,20	36,46	36,16	36,49
35,93	36,03	36,29	36,32	36,07	35,98	36,02	36,20	36,23

Вариант 24

29,89	30,42	30,15	30,41	29,98	30,16	30,14	30,41	30,31
30,17	30,38	30,45	30,13	30,24	30,19	29,99	30,16	30,52
29,95	30,02	30,17	30,19	29,94	30,01	30,24	30,27	30,06

## 6. ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

*Этап 1. Сбор данных.*

Соберите приблизительно 30 данных. Разделите их на подгруппы объемом по 3 в каждой.

Заполните таблицу.

№ под- группы	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\Sigma x$	$\bar{X}$	$R$
1...						
				итого		
Среднее $\bar{X} = \dots$ $\bar{R} \dots$						

Варианты данных возьмите у преподавателя.

*Этап 2. Вычисление средних  $\bar{X}$ .*

Вычислите среднее значение для каждой подгруппы:

$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n,$$

где  $n$  – объем подгруппы.

*Этап 3. Вычисление  $\bar{X}$ .*

Вычислите общее среднее значение  $\bar{\tilde{X}}$ , деля итог столбца для каждой из подгрупп на их число  $k$ :

$$\bar{X} = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k)/k.$$

*Этап 4. Вычисление  $R$ .*

Вычислите размах  $R$  в каждой подгруппе, вычитая минимальное значение в подгруппе из максимального:

$$R = x_{\max} - x_{\min}.$$

*Этап 5. Вычисление  $\bar{R}$ .*

Вычислите среднее  $\bar{R}$  для размаха  $R$ , деля итог столбца размахов для всех подгрупп на их число  $k$ .

$$\bar{R} = (R_1 + R_2 + \dots + R_k)/k.$$

*Этап 6. Вычисление контрольных линий.*

Вычислить каждую контрольную линию для  $\bar{X}$ -карты и для  $\bar{R}$ -карты по следующим формулам:

$\bar{X}$ -карта.

1. Центральная линия: ЦЛ =  $\bar{X}$ .

2. Верхний контрольный предел:

$$\text{ВКГ} = \bar{X} + A_2\bar{R}.$$

3. Нижний контрольный предел:

$$\text{НКГ} = \bar{X} - A_2\bar{R}.$$

$\bar{R}$ -карта.

1. Центральная линия: ЦЛ =  $\bar{R}$ .

2. ВКГ =  $D_4\bar{R}$ .

3. НКГ =  $D_3\bar{R}$ .

Константы  $A_2$ ,  $D_4$  и  $D_3$  – это коэффициенты, определяемые объемом подгрупп ( $n$ ). Они приведены в табл. 4.

Таблица 4

Объем под- группы $n$	$\bar{X}$ -карта	$\bar{R}$ -карта		
	$A_2$	$D_3$	$D_4$	$\delta_2$
2	1,880	—	3,287	1,128
3	1,023	—	2,575	1,693
4	0,729	—	2,282	2,059
5	0,577	—	2,115	2,326
6	0,483	—	2,004	2,534

*Этап 7. Нанесение контрольных линий.*

Приготовьте лист бумаги в клеточку, затем нанесите слева вертикальную ось со значениями  $\bar{X}$  и  $\bar{R}$  и горизонтальные оси с номерами подгрупп. Разметьте верхний и нижний пределы так, чтобы между ними оказалось 20–30 мм. Центральную линию сделайте сплошной, контрольные пределы – пунктирными линиями.

*Этап 8. Нанесение точек.*

Разметьте  $\bar{X}$  и  $\bar{R}$  для каждой подгруппы на одной и той же вертикальной оси напротив соответствующего номера подгруппы.

Нанесите номера подгрупп на горизонтальную ось с интервалом 2–5 мм. Чтобы легче различать  $\bar{X}$  и  $R$  возьмем для  $\bar{X}$  знак (·) – точка, для  $R$  (×) – крестик, а для тех значений, которые выходят за пределы – кружочки.

*Этап 9. Запишите необходимую информацию.*

Выпишите объем подгруппы ( $n$ ) в верхнем левом углу  $\bar{X}$ -карты. Запишите также и другие необходимые сведения, имеющие отношение к изучаемому объекту.

### **Контрольные вопросы**

1. Основные типы контрольных карт.
2. С какой целью применяются контрольные карты?
3. Назовите контрольные карты для количественных данных, которые наиболее часто используются.
4. Что такое изменчивость процесса?
5. Что такое стабильность процесса?
6. Что такое контрольные карты?
7. Что понимают под статистическим управлением процессом?
8. Что такое статистически управляемое состояние процесса?
9. Что такое коэффициент точности, и как его определить?
10. Коэффициент смещения и способ его определения.
11. Что такое воспроизводимость процесса?

## Рекомендуемая литература

1. Нахратова, Г.В. Основы метрологии, стандартизации и сертификации : электрон. учеб.-метод. пособие / Г.В. Нахратова, А.Г. Схиртладзе. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 опт. диск.
2. Всеобщее качество в российских компаниях / Гос. ун-т управления. – М. : Новости, 2000. – 432 с.

### *Дополнительная литература*

3. Статистические методы анализа качества : учеб. пособие / под ред. Н.П. Лаченкова. – Тольятти – Самара, 1998. – 103 с.
4. Статистические методы анализа качества : учеб. пособие / Совместная разработка Дирекции по качеству АО «АВТОВАЗ» и Поволжского отделения Российской инженерной академии ; под ред. В.Е. Годлевского, В.Я. Кокотова. – Тольятти – Самара, 1997. – 106 с.
5. Адлер, Ю.П. Управление качеством. Ч. 1. Семь простых методов : учеб. пособие для вузов / Ю.П. Адлер, Т.М. Полховская, П.А. Нестеренко. – М. : МИСИС, 1999. – 163 с.
6. Статистические методы повышения качества : [пер. с англ.] / под ред. Х. Кумэ. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 304 с.
7. Миттаг, Х.-Й. Статистические методы обеспечения качества / Х.-Й. Миттаг, Х. Ринне. – М. : Машиностроение, 1995. – 616 с.
8. Философия качества по Тагути. Сер. Все о качестве. Зарубежный опыт : [пер. с англ.]. – М. : Трек, 1997. – Вып. 6. – 17 с.
9. VDA QMC Rus Nr. 4 Обеспечение качества перед переходом к серийному производству [Электронный ресурс]. – URL: [ru.vda-qmc.de](http://ru.vda-qmc.de)

### *Официальные документы*

10. Закон РФ «О защите прав потребителя».
11. Закон РФ «О сертификации продукции и услуг».
12. Закон Российской Федерации «О стандартизации».

*Государственные стандарты*

13. ГОСТ Р 50779.40–96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
14. ГОСТ Р 50779.42–99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
15. Р 50–601–20–91. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования).
16. ГОСТ 25346–82. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
17. ИСО 9000–ИСО 9004, ИСО 8402. Управление качеством продукции : [пер. с англ.]. – М., Изд-во стандартов, 1988. – 96 с.