

## СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Паневчик В.В., Некраха С.В., Акулич В.В., Акулич Ю.И.

УО «БГЭУ», г.Минск, Республика Беларусь, e-mail: vpan1948@mail.ru

*В работе рассматривается статистическое регулирование технологических процессов с помощью контрольных карт, которые позволяют отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований. Показан порядок построения и рассмотрен пример расчета контрольной карты с применением программы для ЭВМ «Attestator».*

Прогрессивным направлением контроля качества продукции, получившим в настоящее время широкое распространение во всех промышленно развитых странах мира, является перенесение тяжести контроля с конечной продукции на контроль качества технологического процесса с использованием статистических методов контроля.

Статистический контроль в широком понимании этого слова включает статистический анализ точности и стабильности технологических процессов, статистическое регулирование технологических процессов и статистический приемочный контроль.

Все статистические методы дают возможность зафиксировать состояние процесса в определенный момент времени. В отличие от них 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 (другое названия метода: «Контрольные карты Шухарта) – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Использование контрольных карт преследует следующие цели:

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

Назначение метода – применяются везде, где требуется отслеживать состояние процесса во времени и воздействовать на процесс до того, как он выйдет из-под контроля. Контрольные карты – один из основных инструментов статистического контроля качества. Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил контрольные карты в состав семи методов контроля качества.

Цель метода – осуществлять оценку управляемости действующего процесса. В случае управляемости процесса – оценку его воспроизводимости. В случае статистически неуправляемого процесса осуществлять проведение корректирующего воздействия и проверку эффективности принятых мер.

Суть метода – контрольные карты - инструмент, позволяющий отслеживать ход процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Достоинства метода – указывает на наличие потенциальных проблем до того, как начнется выпуск дефектной продукции. Позволяет улучшить показатели качества и снизить затраты на его обеспечение.

Недостатки метода – грамотное построение контрольной карты представляет собой сложную задачу и требует определенных знаний.

Результат – Получение объективной информации для принятия решений об эффективности процесса.

**Статистическое регулирование технологических процессов** (СРТП) заключается в том, что в определенные моменты времени из совокупности единиц продукции, прошедших данный процесс, делают выборку и измеряют контролируемый параметр. По результатам измерений определяют одну из статистических характеристик, значение которой наносят на контрольную карту, и в зависимости от этого значения принимают решение о корректировке процесса или о продолжении процесса без корректировки.

Контрольная карта представляет собой график, вытянутый вдоль оси абсцисс, по которой откладывают номера проконтролированных выборок. По оси ординат откладывают статистическую характеристику контролируемого параметра. На карту еще наносят среднюю линию —  $C_p$ ; границы регулирования ( $P_v$  — верхняя,  $P_n$  — нижняя) и пределы технического допуска  $T_v$  и  $T_n$  (рис. 1).

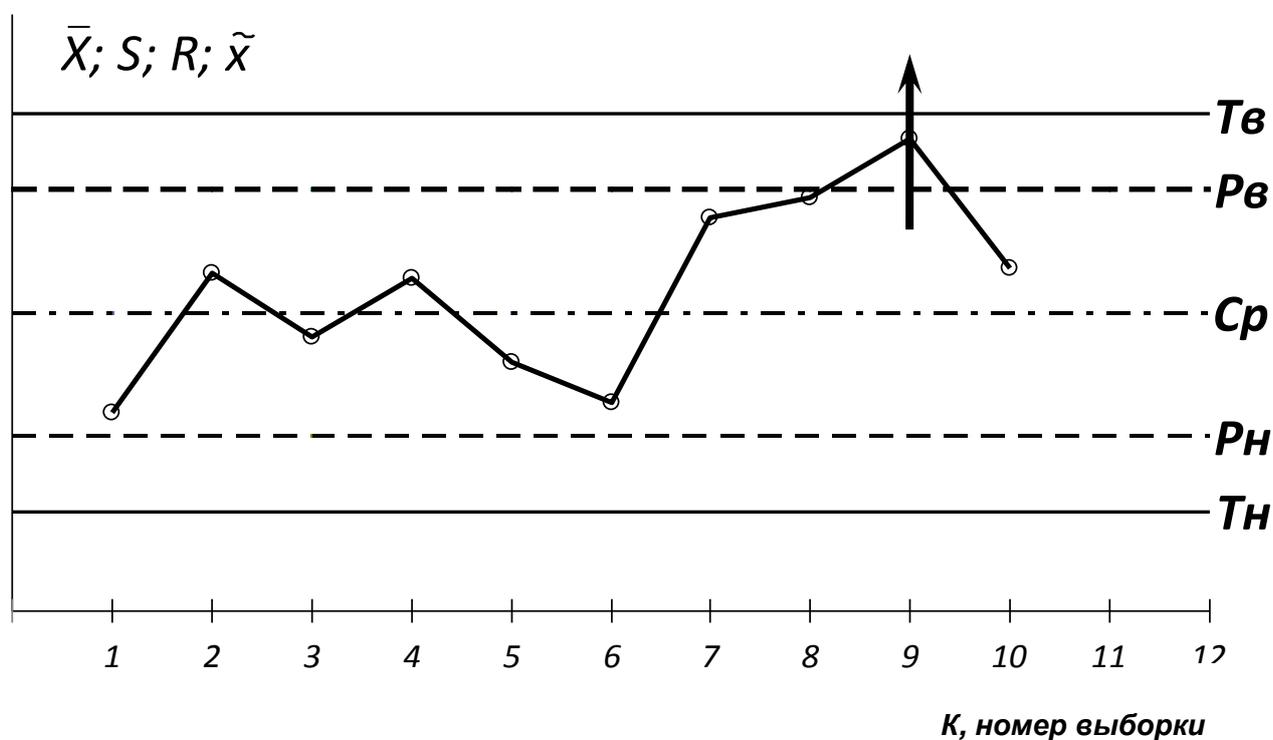


Рисунок 1 - Контрольная карта

Используют следующие статистические характеристики:

1) среднее арифметическое значение ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $X_i$  — индивидуальное значение контролируемого параметра в одной выборке объемом  $n$ ;

2) среднее квадратическое отклонение ( $S$ )

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2};$$

3) размах ( $R$ )

$$R = X_{\max} - X_{\min},$$

где  $X_{\max}$  и  $X_{\min}$  – максимальное и минимальное значения контролируемого параметра в выборке соответственно

4) медиана ( $\tilde{X}$ ).

При четном числе членов вариационного ряда медиану определяют как среднее арифметическое двух значений, расположенных в середине ряда. При нечетном числе членов ряда медианой является число, находящееся в центре ряда.

Применяются контрольные карты двух типов:

- по количественному признаку;
- качественному признаку.

Наибольшее распространение получили контрольные карты по количественному признаку, которые можно разделить на две группы:

– карты для регулирования уровня настройки технологических операций, к ним относятся карта средних арифметических значений ( $\bar{X}$ ) и карта медиан ( $\tilde{X}$ );

– карты для регулирования точности технологических операций, к ним относятся карта индивидуальных значений ( $x_i$ ), средних квадратичных отклонений ( $S$ ) и карта размахов ( $R$ ).

Для статистического регулирования, как правило, используют две контрольные карты: одна для контроля и *регулирования уровня настройки*, а другая — для контроля и *регулирования точности*. Одновременное ведение двух карт называется методом статистического регулирования.

Используют следующие **методы статистического регулирования**:

метод ( $\bar{X} - R$ ); метод ( $\bar{X} - S$ ); метод ( $\tilde{X} - X_i$ ).

*Метод медиан-индивидуальных значений* ( $\tilde{X} - X_i$ ) рекомендуется применять при отсутствии автоматических средств измерения, вычисления и управления процессами по статистическим оценкам хода процесса.

*Метод средних арифметических значений и размахов* ( $\bar{X} - R$ ) применяется для процессов с высокими требованиями точности, экспресс-лабораторных анализов и др.

### Порядок построения контрольной карты

1. Отбирают суммарную выборку, состоящую из мгновенных, за один межнастроечный период (от наладки до наладки), результаты контроля заносят в протокол измерений, представляющий собой таблицу (например, табл.1).

**Мгновенная выборка** — выборка малого объема из потока продукции, составленная из единиц, изготовленных последними к моменту отбора в короткий срок. При этом выборка может быть большой и малой. Малой считается выборка, объем которой не превышает 25 изделий. Большая выборка —  $n \geq 50$ . В протоколе измерений записывают абсолютное значение параметров изделий или их отклонений от начала отсчета.

2. Для каждой выборки рассчитываются необходимые для построения контрольной карты статистические характеристики ( $\bar{X}$ ;  $\tilde{X}$ ;  $S$ ;  $R$ ).

3. Рассчитывают границы регулирования.

4. На контрольную карту наносят вычисленные значения статистических характеристик ( $\bar{X}$ ;  $\tilde{x}$ ;  $R$ ;  $S$ ).

5. Если все точки оказались в пределах границ регулирования, технологическая операция находится в подконтрольном состоянии, нарушений нет, изделия получаются годные.

6. Через заданный промежуток времени вновь отбирают выборку того же объема и рассчитанную характеристику наносят на карту. До тех пор пока точки находятся в пределах границ, брака нет, изделия могут приниматься без приемочного контроля.

### Пример расчета контрольных карт

Для анализа технологической операции шлифования диаметра цапфы вала были отобраны 20 мгновенных выборок по пять изделий каждая. Данные контроля (измеряли отклонения от номинала) сведены в табл.1. Требуется рассчитать и построить контрольные карты средних арифметических ( $\bar{X}$ ), размахов ( $R$ ), средних квадратичных ( $S$ ) и медиан  $\tilde{x}$ .

Таблица 1 - Данные контроля технологической операции шлифования

Выборки ( $K$ )	Измеренные значения					Вычисленные значения			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\bar{X}$	$R$	$S$	$\tilde{x}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	13	15	24	20	18,4	11	4,39	20
2	12	24	18	23	21	19,6	12	4,83	21
3	22	22	23	18	20	21,0	5	2,00	22
4	22	24	17	21	19	20,6	7	2,70	21
5	20	21	19	25	17	20,4	8	2,97	20
6	21	22	21	24	22	22,0	3	1,23	22
7	25	21	24	18	13	20,2	12	4,87	21

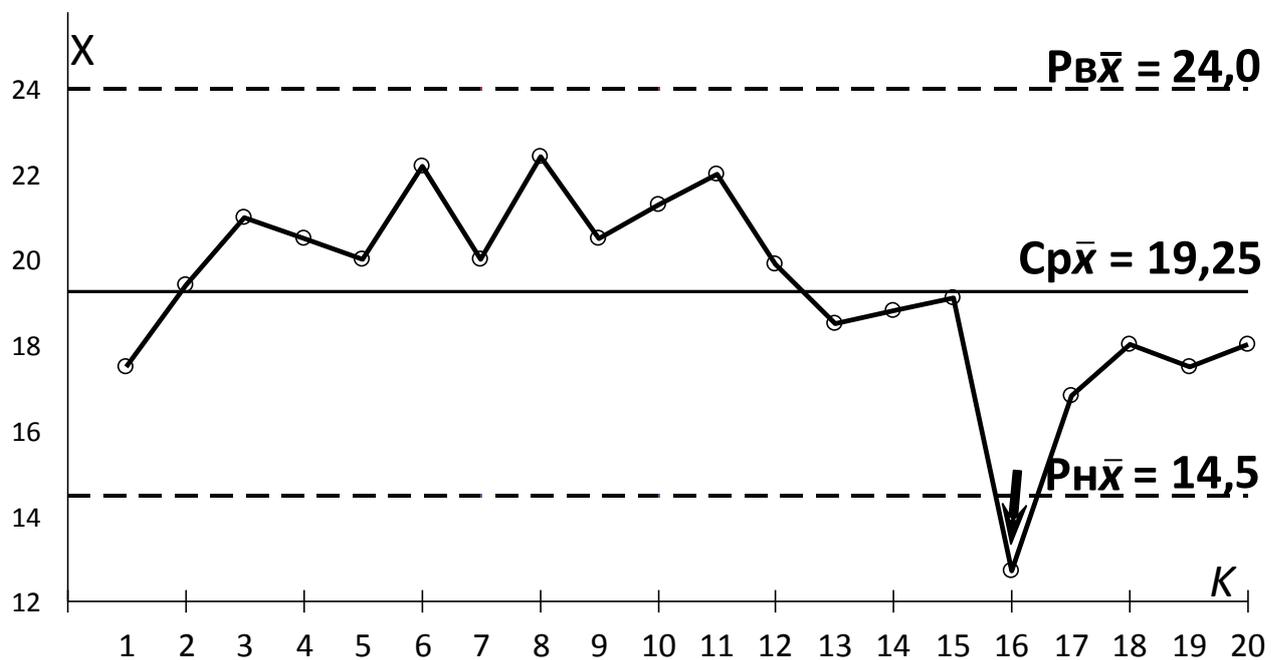
8	22	24	22	21	21	22,0	3	1,23	22
9	21	17	21	24	19	20,0	6	2,28	21
10	24	20	19	22	18	20,6	6	2,41	20
11	19	21	24	20	23	21,4	5	2,07	21
12	23	23	16	14	23	19,8	9	4,44	23
13	18	15	16	19	23	18,2	8	3,11	18
14	14	22	20	16	20	18,4	8	3,29	20
15	20	16	23	20	15	18,8	8	3,27	20
16	15	18	13	13	14	14,6	5	2,07	14
17	18	14	19	15	18	16,8	5	2,17	18
18	17	19	22	11	17	17,2	11	4,02	17
19	14	17	16	19	22	17,2	8	2,95	17
20	20	20	16	19	13	17,6	7	3,05	19

### Решение

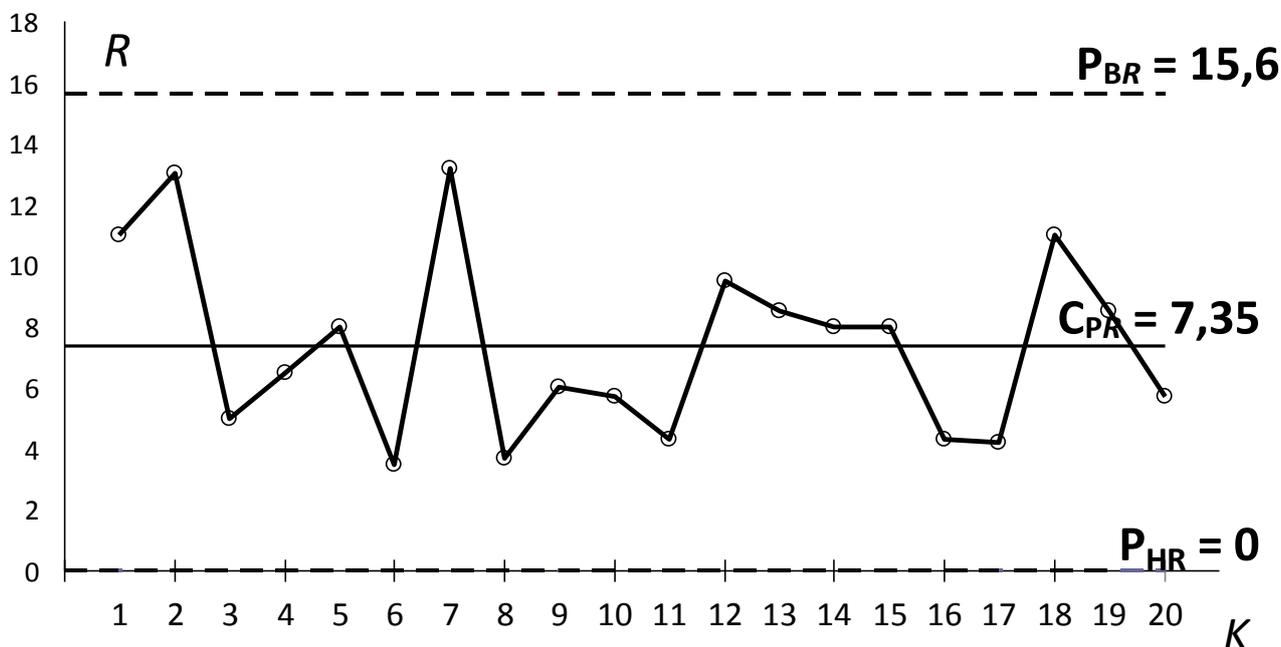
Для построения контрольных карт средних арифметических ( $\bar{X}$ ) и размахов ( $R$ ) применяли программу для ЭВМ «Attestator».

Анализ контрольной карты средних арифметического (рис. 2, а) показал, что все точки находятся в пределах границ регулирования за исключением выборки номер 16, в которой значение среднего арифметического незначительно превысило нижнюю границу регулирования 14,5 и составило 14,6. Следовательно, рекомендуется отрегулировать уровень настройки.

Анализ контрольной карты размахов (рис. 2, б) показал, что все точки находятся в пределах границ регулирования, следовательно, карту  $R$  можно считать окончательной и рекомендовать для контроля точности технологической операции.



*a*



*б*

Рисунок 2 - Контрольные карты средних арифметических значений (*a*) и размахов (*б*)

### Список литературы

1. Бендерский, А.М., Богатырев, А.А., Баумгартен, Д.В. Стандартизация статистических методов управления качеством. - М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. Ноугер, Л.А.. Статистические методы контроля качества продукции. -М.: Изд-во стандартов,1984.
3. Артес, А.Э. Контроль качества продукции в машиностроении. - М.: Изд-во стандартов, 1980.
4. Ефимов, В.В., Барт, Т.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие./ В. В. Ефимов, Т. В. Барт. – М. : КНОРУС, 2006.