

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ШУХАРТА



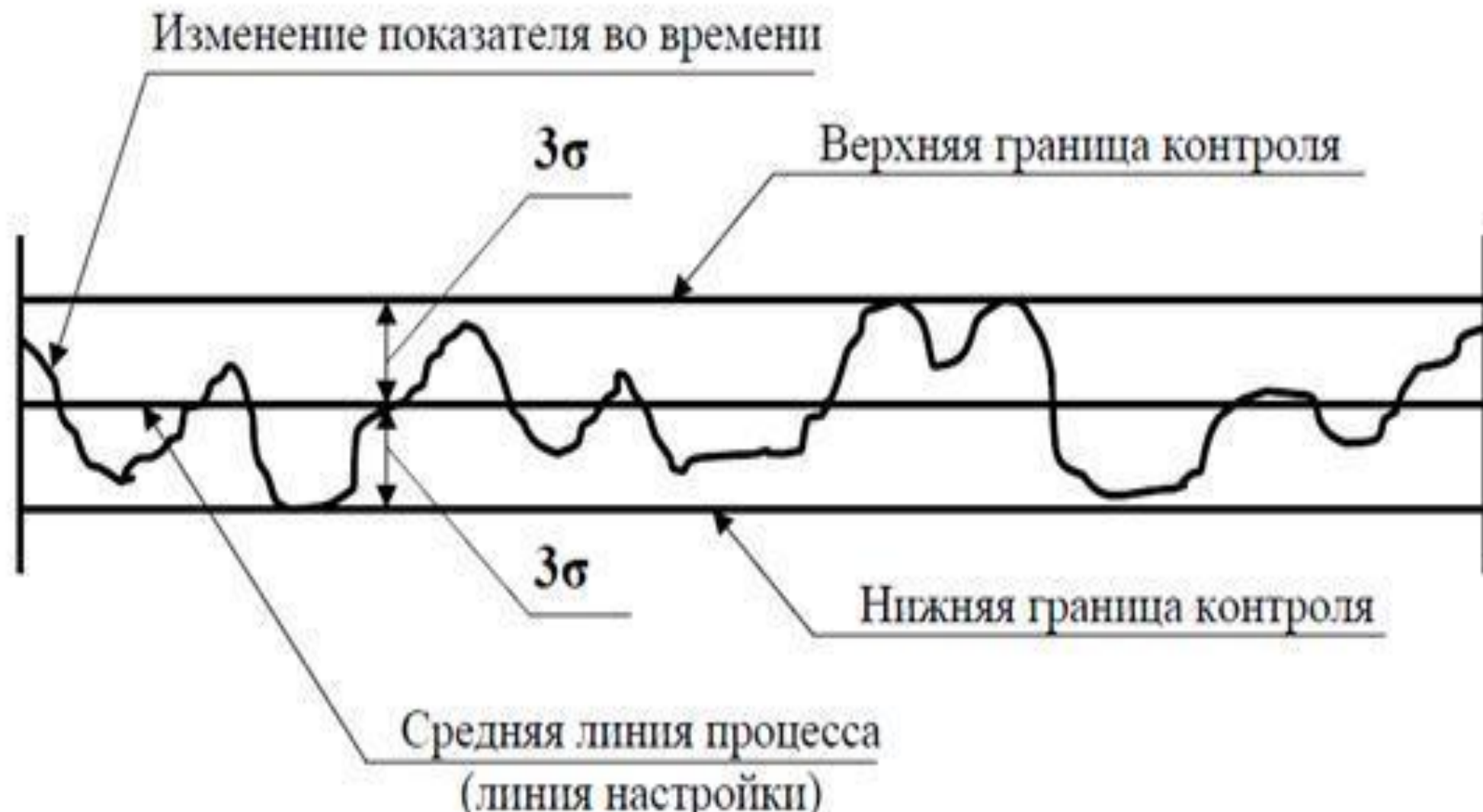
КЛАССИКИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. УОЛТЕР ШУХАРТ



Уолтер Шухарт (1891-1967) - всемирно известный американский учёный и консультант по теории управления качеством, положивший начало статистическому контролю качества. Стал первым почетным членом Американского общества качества (ASQ), и по праву считается "Отцом статистического управления качеством".

КЛАССИКИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. УОЛТЕР ШУХАРТ

Работая в качестве инженера в отделе технического контроля фирмы «Вестерн Электрик», США, **Уолтер Шухарт** разработал *метод построения диаграмм контроля производственного процесса*, позволявших провести его анализ на основании статистической оценки показателя качества. В дальнейшем эти карты получили название *«контрольные карты Шухарта»* и стали применяться относительно многих других процессов.

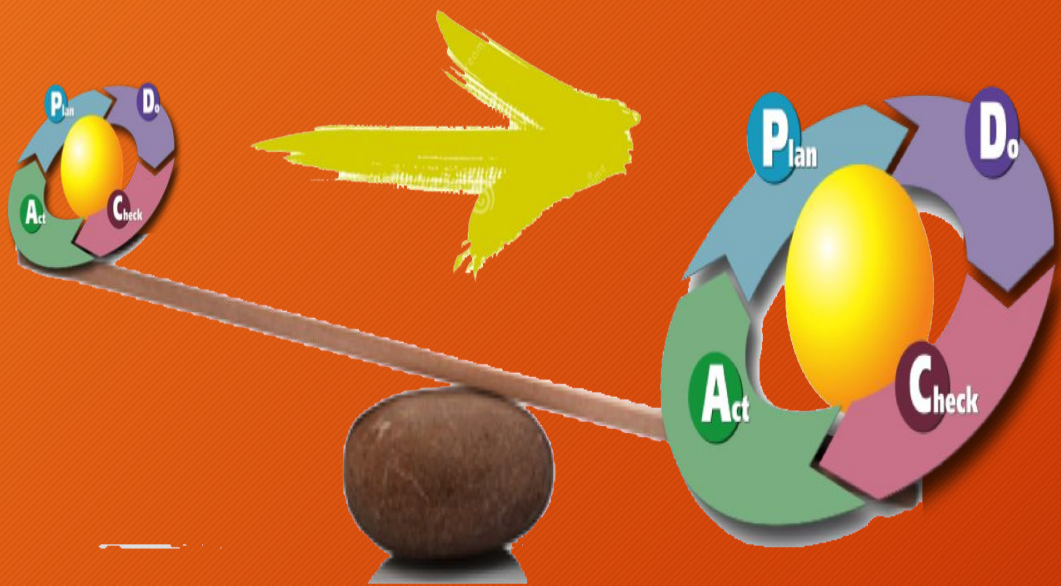


КЛАССИКИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. УОЛТЕР ШУХАРТ

С помощью *контрольных карт* менеджмент качества вошел во вторую фазу своего развития - фазу контроля качества. Здесь основные усилия производителя для достижения качества сосредоточились не на том, как обнаружить и изъять негодные изделия до их отгрузки потребителю, а на том, как увеличить выход годных изделий в процессе производства.

В 1954 году Шухарт стал профессором Рютгерского университета, а в 1947 году Американское общество по контролю качества учредило медаль имени Шухарта, которая вручается ежегодно заслуженному специалисту в области качества.

КОНЦЕПЦИЯ УОЛТЕРА ШУХАРТА

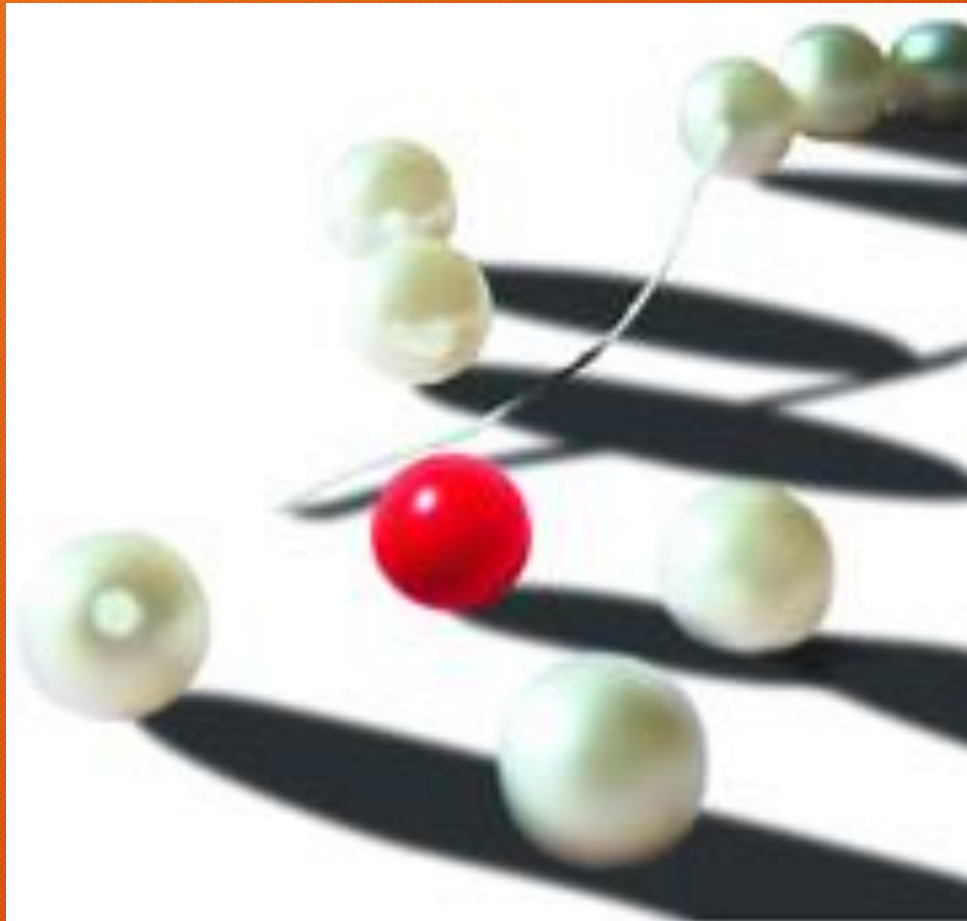


1. Нужно не искать виноватых, а, вовлекая всех причастных, искать причины несоответствий и устранять их.
2. Источниками дефектов и несоответствий становятся вариации процессов.

КОНТРОЛЬНАЯ КАРТА УОЛТЕРА ШУХАРТА КАК СРЕДСТВО ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Контрольная карта — это графическое средство применения статистических методов, важность которых для управления производственными процессами была впервые показана доктором **Уолтером Шухартом в 1924 г.** Теория контрольных карт различает два вида изменчивости. Первый вид - *случайная изменчивость*, вызываемая "общими" или "случайными" причинами. Она обусловлена широким набором таких причин, которые присутствуют постоянно, которые нелегко или экономически нецелесообразно в данный момент выявить, и среди которых нет заметно преобладающих.

КОНТРОЛЬНАЯ КАРТА УОЛТЕРА ШУХАРТА КАК СРЕДСТВО ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

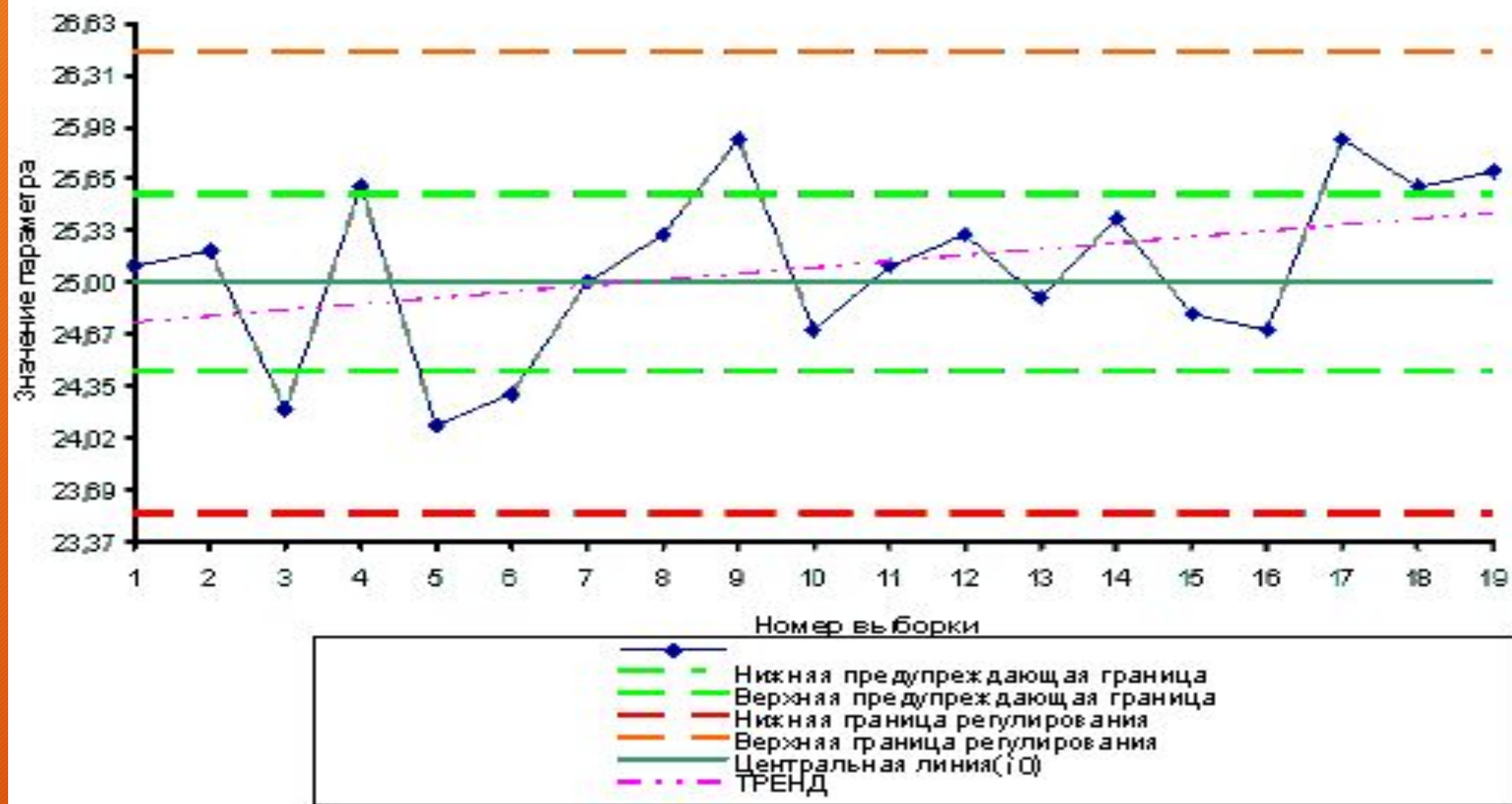


Однако **в целом сумма всех этих причин** создает то, что можно считать **системной изменчивостью (вариабельностью) процесса**. Предотвращение или уменьшение влияния обычных причин требует управленческих решений, направленных в первую очередь на изменение системы.

КОНТРОЛЬНАЯ КАРТА УОЛТЕРА ШУХАРТА КАК СРЕДСТВО ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Второй вид изменчивости представляет собой *случайные вмешательства в процесс таких причин, какие не свойственны процессу внутренне, не принадлежат системе и могут быть обнаружены и устранены, по крайней мере теоретически*. Эти причины принято называть *"специальными" или "особыми" причинами вариабельности*. К ним, например, могут быть отнесены недостаточная однородность материала, поломка инструмента, ошибки персонала, невыполнение процедур, и т.п.

КК для арифметического среднего с предупреждающими границами



Внимание! Процесс вышел из статистически управляемого состояния.

КОНТРОЛЬНАЯ КАРТА УОЛТЕРА ШУХАРТА КАК СРЕДСТВО ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

До тех пор, пока в процессе присутствуют специальные причины вариаций, он, по определению, предложенному Шухартом, является нестабильным, или неуправляемым.

Поэтому **Цель контрольных карт** - определить, стабилен ли процесс. Если нет, то **главная задача** - **приведение процесса в стабильное состояние**, для чего нужно найти коренные причины вмешательства в систему и устранить их. Если в процессе присутствуют только общие причины вариабельности, то он находится в статистически управляемом состоянии.

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ: ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ

Контрольные карты (контрольные карты Шухарта)

– инструмент, позволяющий отслеживать изменение показателя качества во времени

Цель контрольных карт:

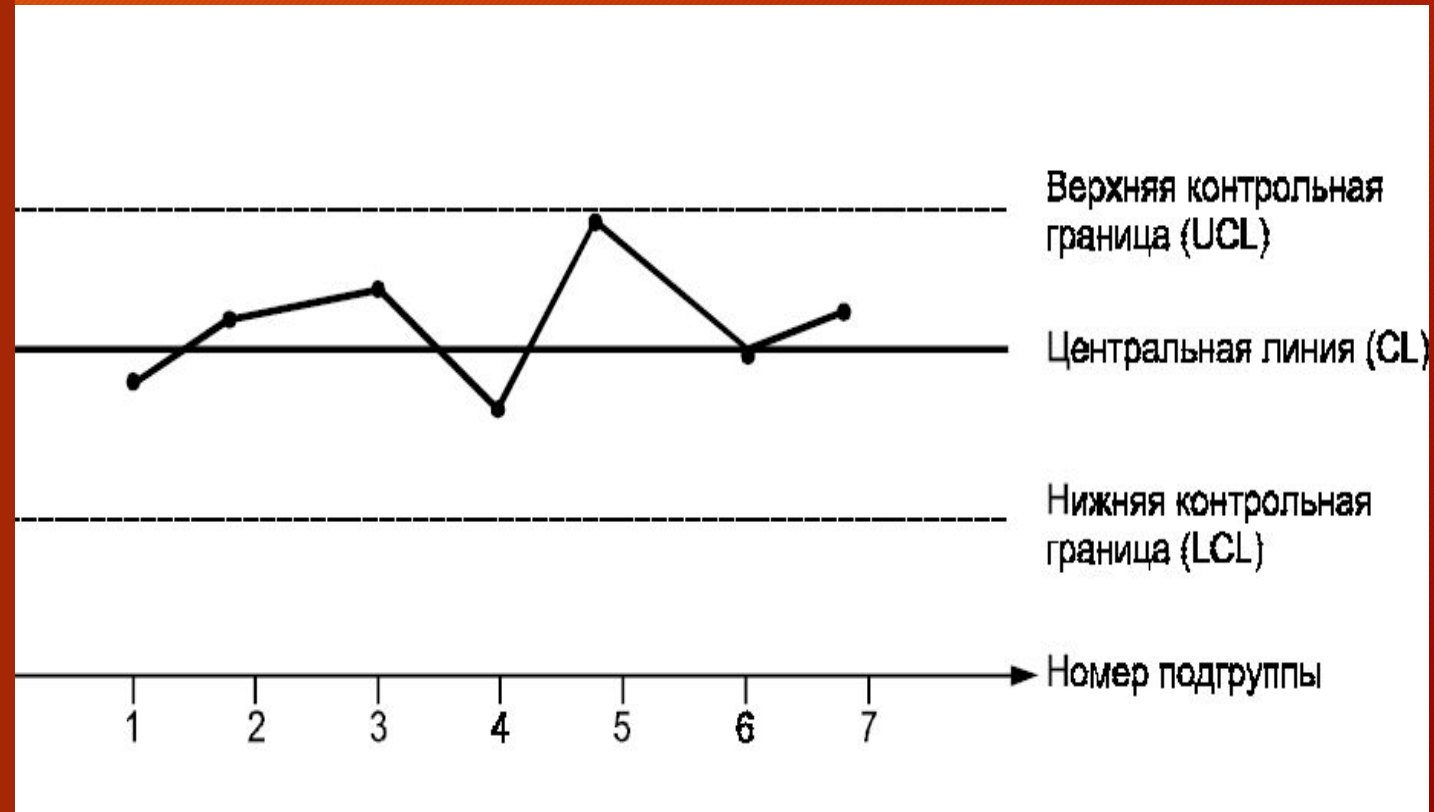
статистическое управление технологическим процессом

Задача статистического управления:

обеспечение и поддержание процесса на приемлемом и стабильном уровнях

ОСНОВА КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА

В основе контрольных карт лежит идея Шухарта о разделении наблюдений на так называемые «рациональные» подгруппы, внутри которых могут возникнуть вариации, обусловленные только случайными причинами, в то время как различия между ними могут быть обусловлены особыми причинами, которые контрольные карты и должны обнаружить





T V

Изображение



Режим : Динамический ▶

Подсветка  10Контраст  100Яркость  45Четкость  75Цвет  55Тон 3 50  К 50

Установки детализац. ▶

▼ Еще

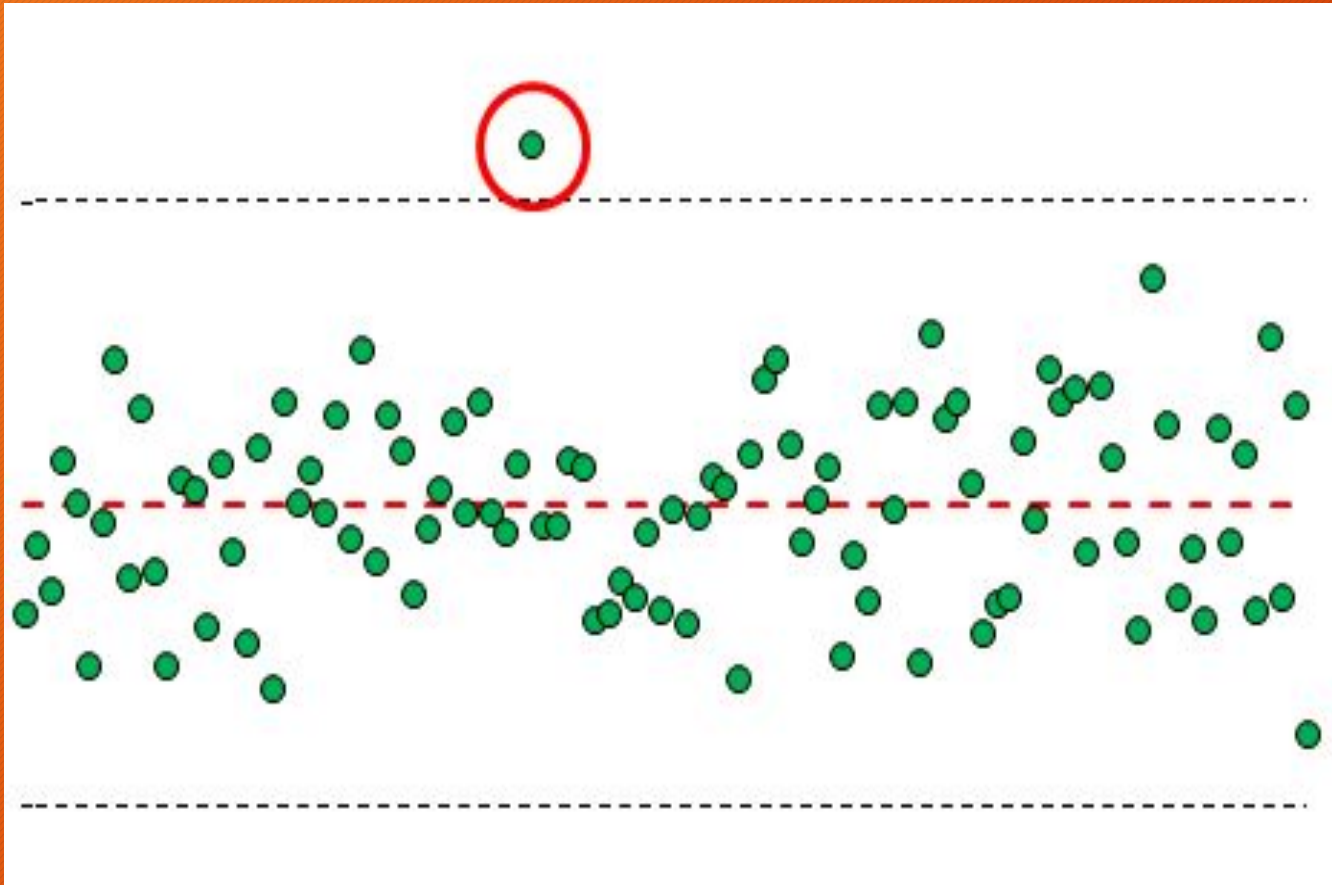


◀ Перем.

⏪ Вход

⏩ Выход

ОСНОВА КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА



Своевременное выявление нестабильности позволяет получить управляемый процесс, без чего никакие улучшения невозможны в принципе.

Контрольные карты впервые введены в 1924 году Уолтером Шухартом с целью снижения вариабельности процессов путем исключения отклонений, вызванных не системными причинами.

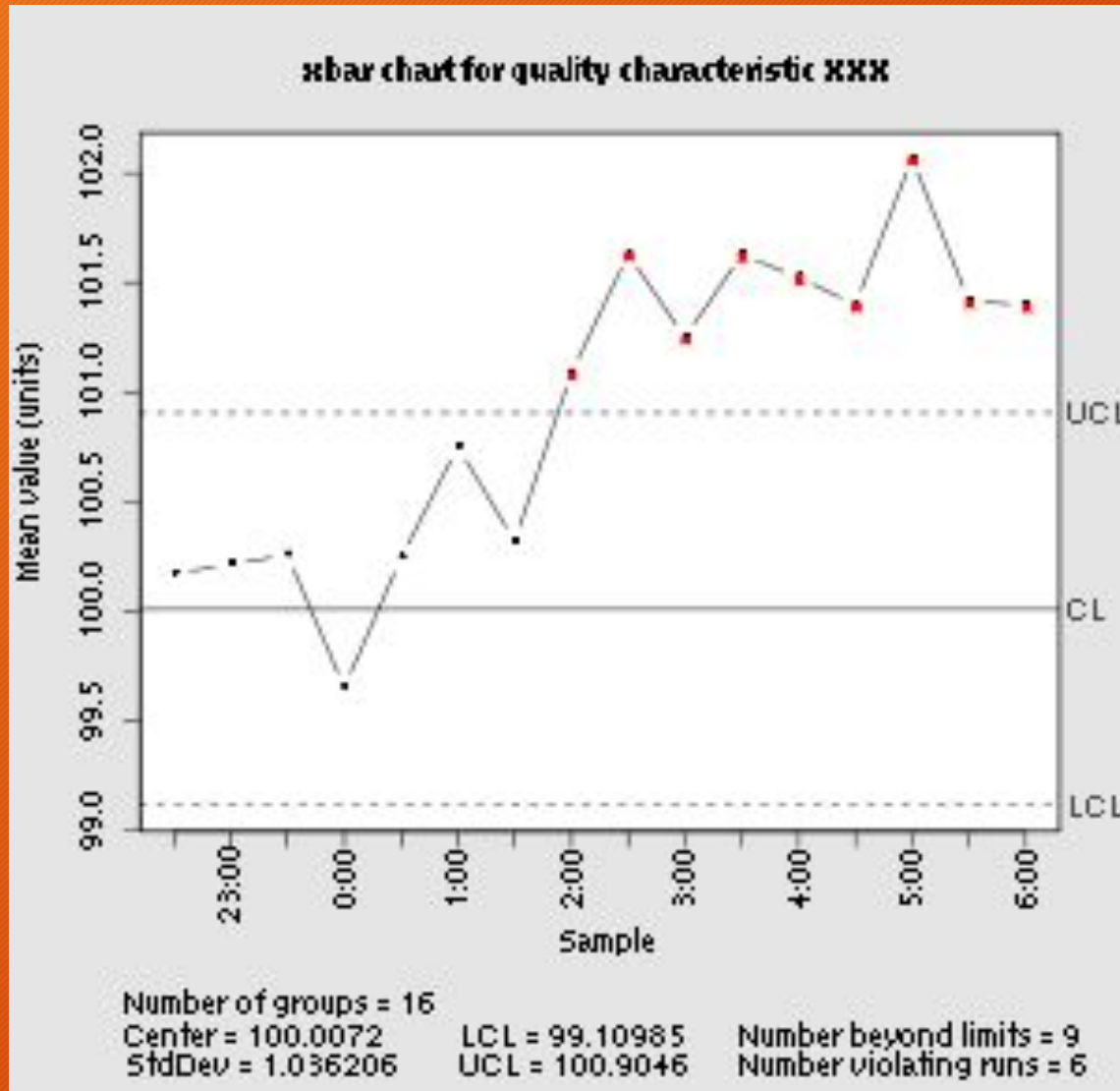
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ШУХАРТА

Цель построения контрольной карты Шухарта — выявление точек выхода процесса из стабильного состояния для последующего установления причин появившегося отклонения и их устранения

Задачи построения контрольной карты Шухарта:

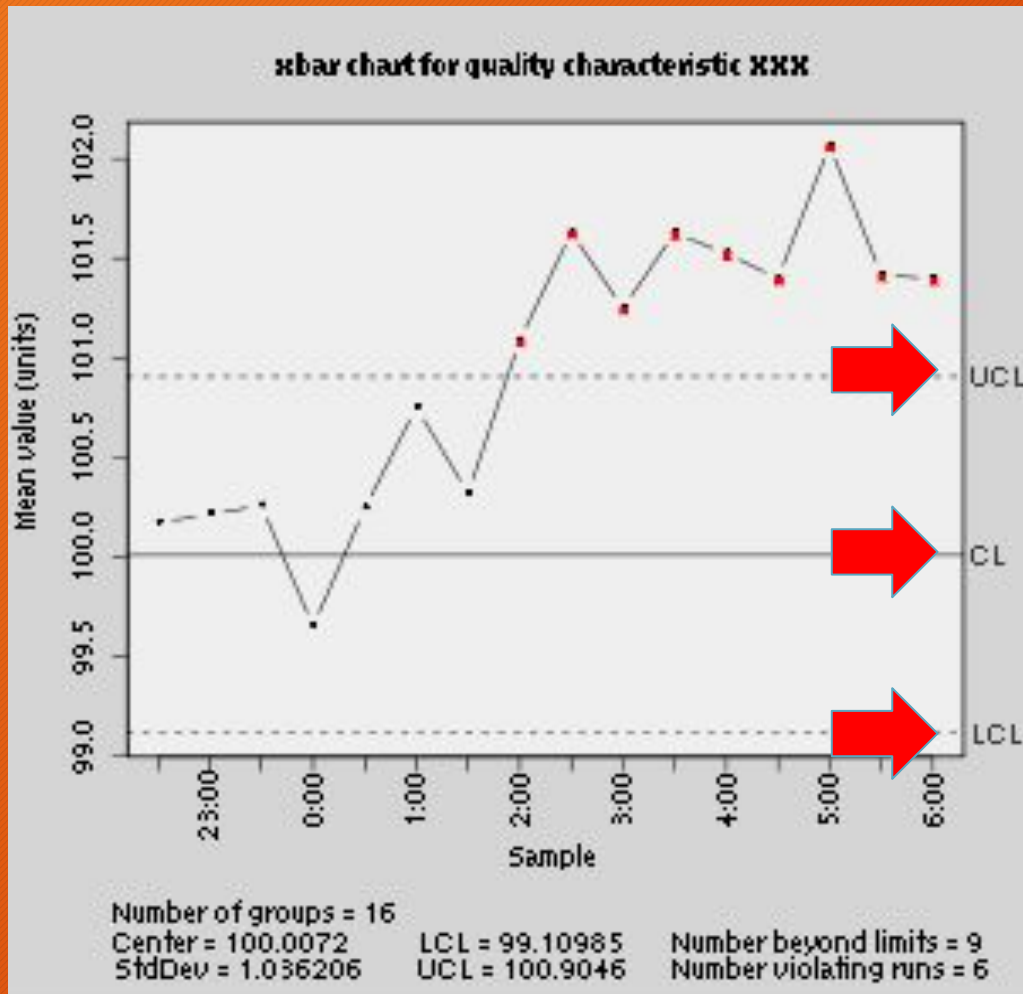
- ❖ определить границы системной вариабельности процесса,
- ❖ спрогнозировать поведение процесса в ближайшем будущем на основе прошлых данных о процессе.

ОСНОВА КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА



Контрольная карта Шухарта, в управлении производством, бизнес-процессами – визуальный инструмент, график изменения параметров процесса во времени. Контрольная карта используется для обеспечения статистического контроля стабильности процесса.

ЭЛЕМЕНТЫ ГРАФИКА КАРТ ШУХАРТА



Контрольные границы - коридор, внутри которого лежат значения при стабильном состоянии процесса. Контрольные границы рассчитываются по формулам, жестко привязанным к типу карты. Эти границы вычисляются по данным о процессе, и никак не связаны с допусками.

CL - центральная линия (обычно среднее значение или медиана по некоторому объему данных)

LCL - нижняя контрольная граница

UCL - верхняя контрольная граница

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ШУХАРТА

Цель построения контрольной карты Шухарта — выявление точек выхода процесса из стабильного состояния для последующего установления причин появившегося отклонения и их устранения

Задачи построения контрольной карты Шухарта:

- ❖ определить границы системной вариабельности процесса,
- ❖ спрогнозировать поведение процесса в ближайшем будущем на основе прошлых данных о процессе.

СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА ПО БОЛЬНИЦЕ

30° C



36° C

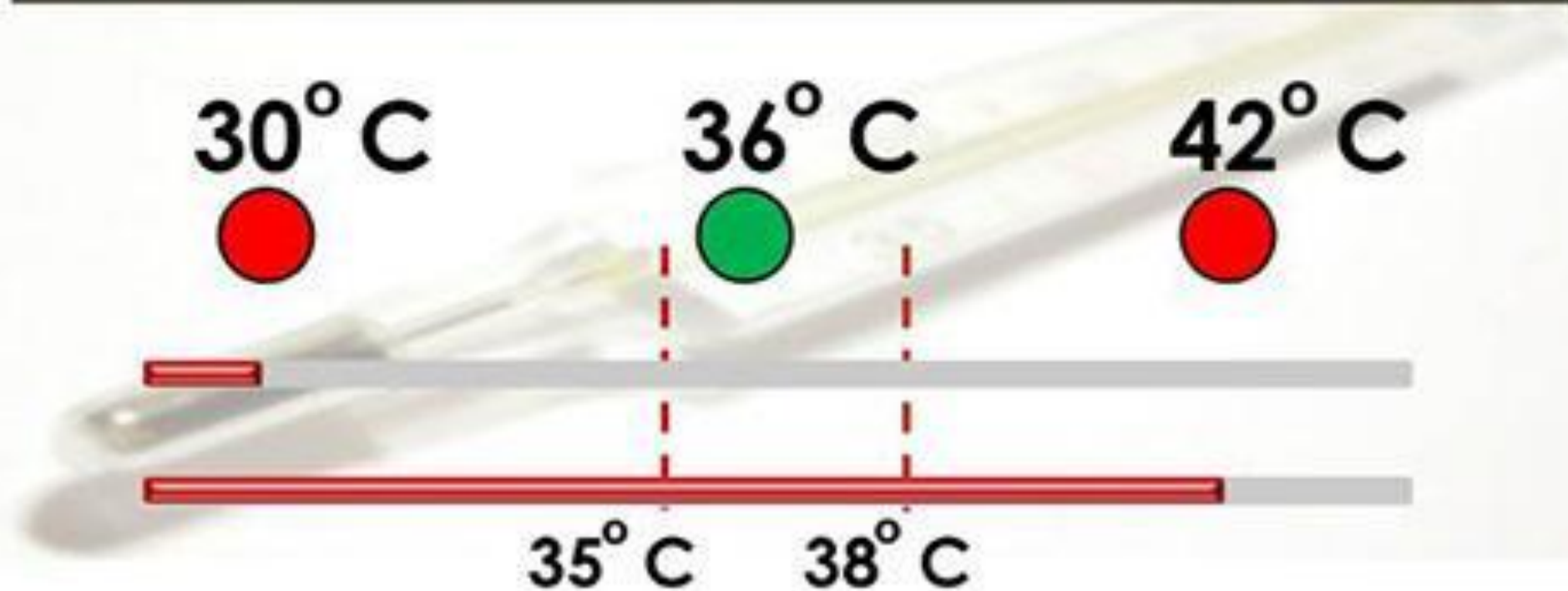


42° C



35° C

38° C



ВИДЫ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Для количественных признаков

- Карты среднего (\bar{X}) и размахов (R) или стандартных отклонений (s)
- Карта индивидуальных значений (\bar{X}) и скользящих размахов (R)
- Карта медиан (Me) и размахов (R)

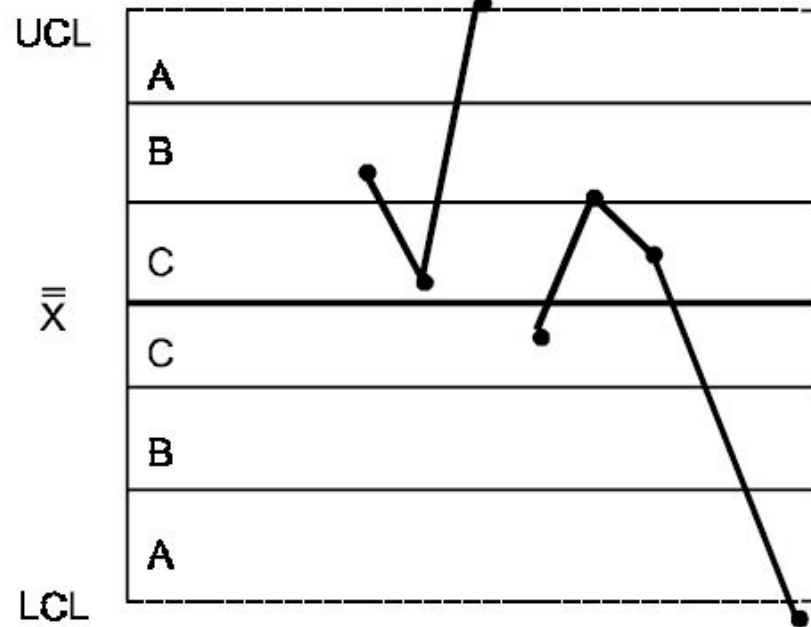
Для качественных признаков

- Карты долей несоответствующих единиц продукции (p) или карта числа несоответствующих единиц (np)
- Карта числа несоответствий (c) или карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u).

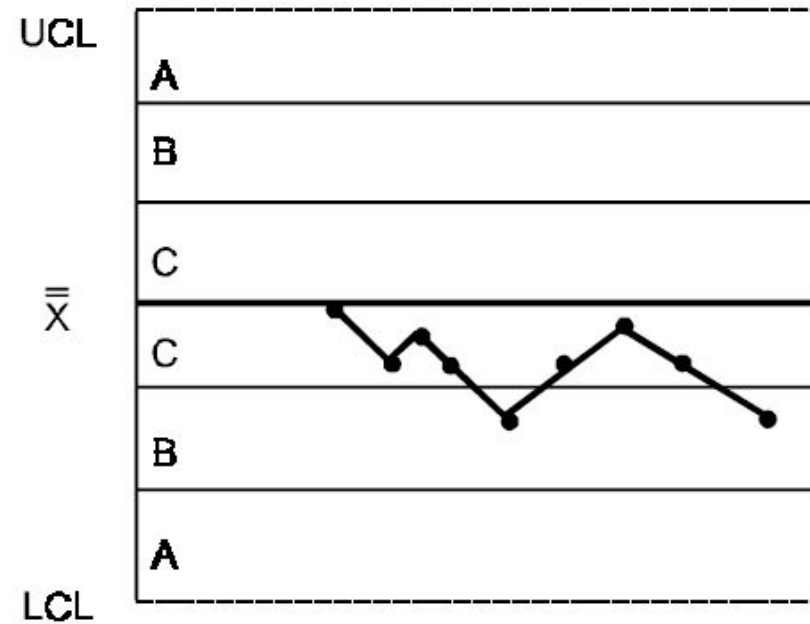
ПРЕИМУЩЕСТВА КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ

- Большинство процессов и их продукция на выходе имеют характеристики, которые могут быть измерены, так что применимость таких карт потенциально широка;
- Измеренное значение содержит больше информации, чем простое утверждение «да- нет»;
- Характеристики процесса могут быть проанализированы безотносительно установленных требований. Карты запускаются вместе с процессом и дают независимую картину того, на что процесс способен. После этого характеристики процесса можно сравнить или нет с установленными требованиями;
- Хотя получение количественных данных дороже, чем альтернативных, объёмы подгрупп для количественных данных почти всегда гораздо меньше и при этом намного эффективнее. Это позволяет снизить общую стоимость контроля и уменьшить временной разрыв между производством продукции и корректирующим воздействием

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ

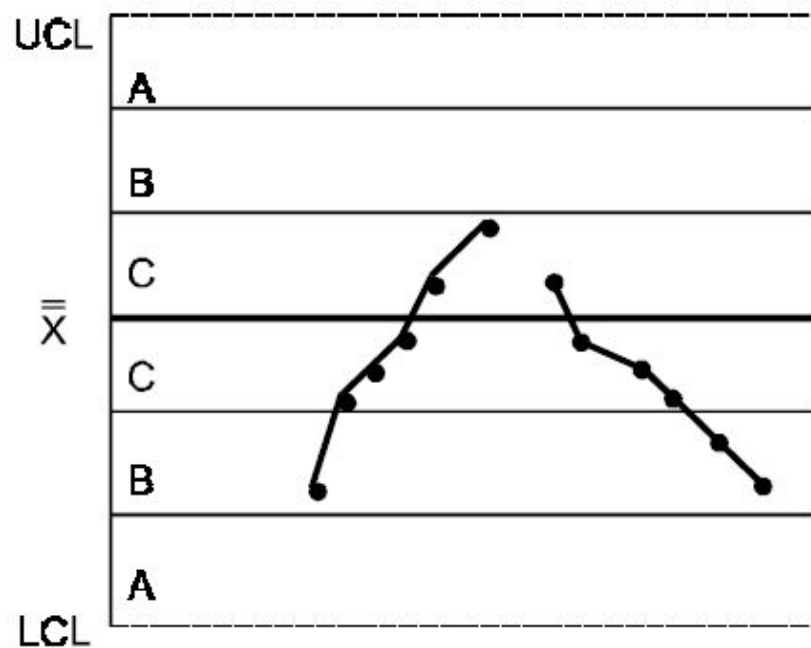


КРИТЕРИЙ 1 — Одна точка вне зоны А

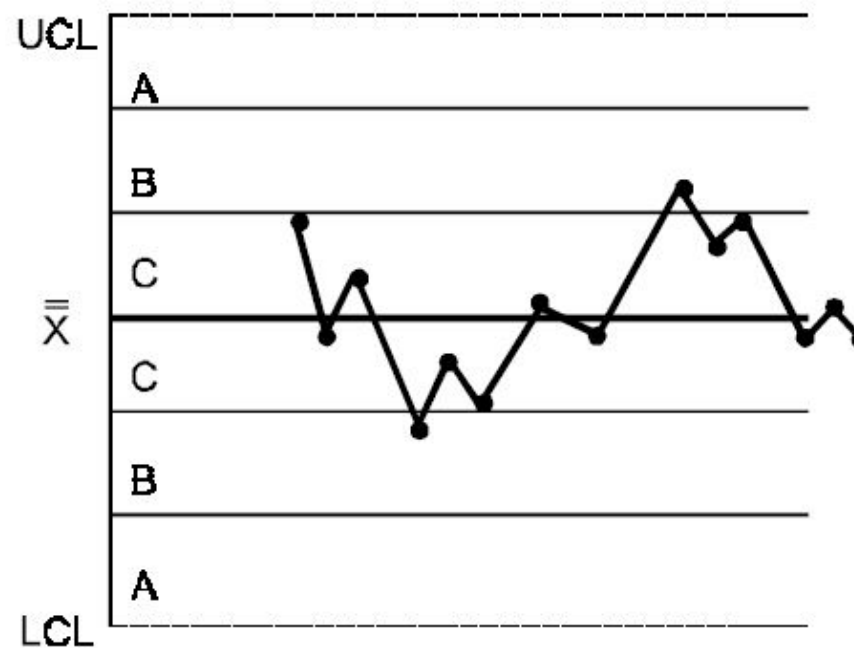


КРИТЕРИЙ 2 — Девять точек подряд в зоне С или по одну сторону от центральной линии

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ

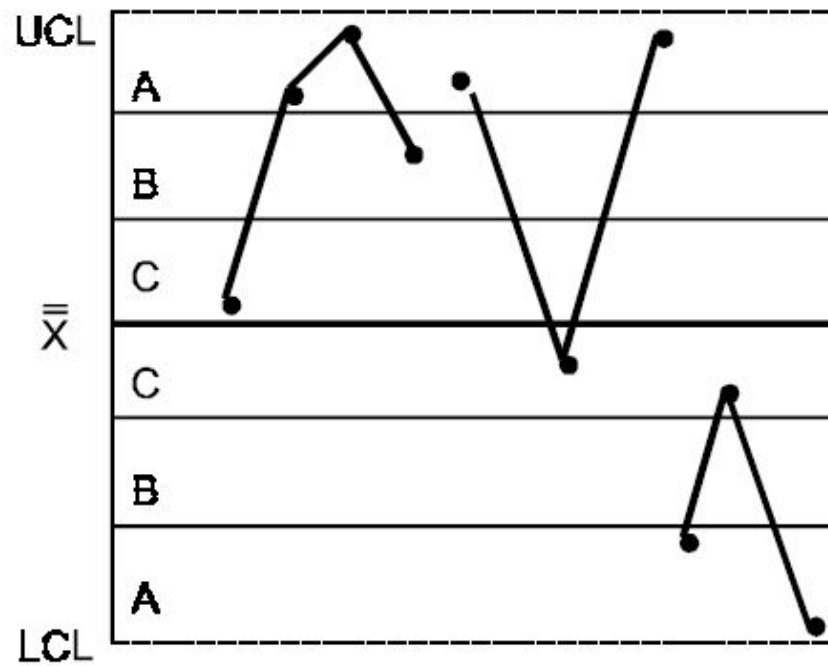


КРИТЕРИЙ 3 — Шесть возрастающих или убывающих точек подряд

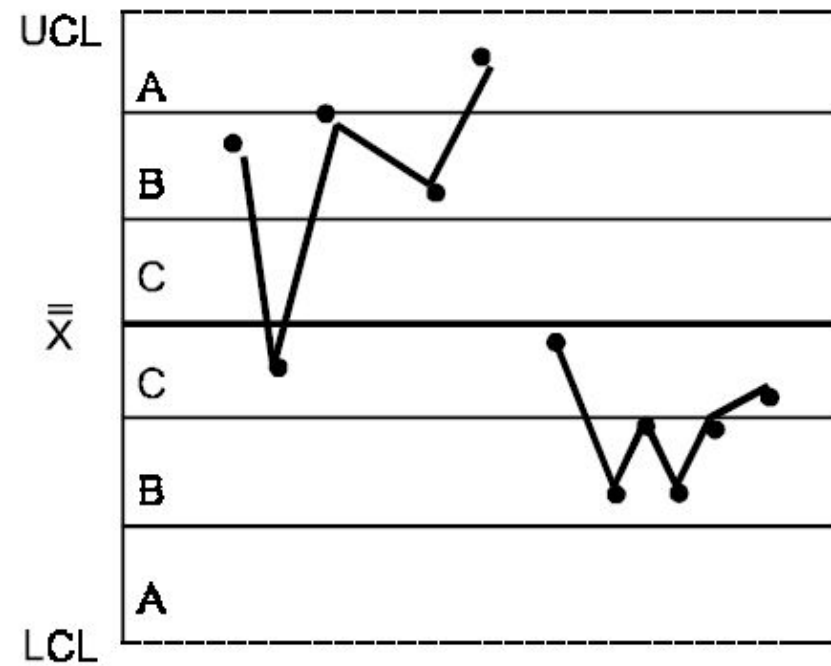


КРИТЕРИЙ 4 — Четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ

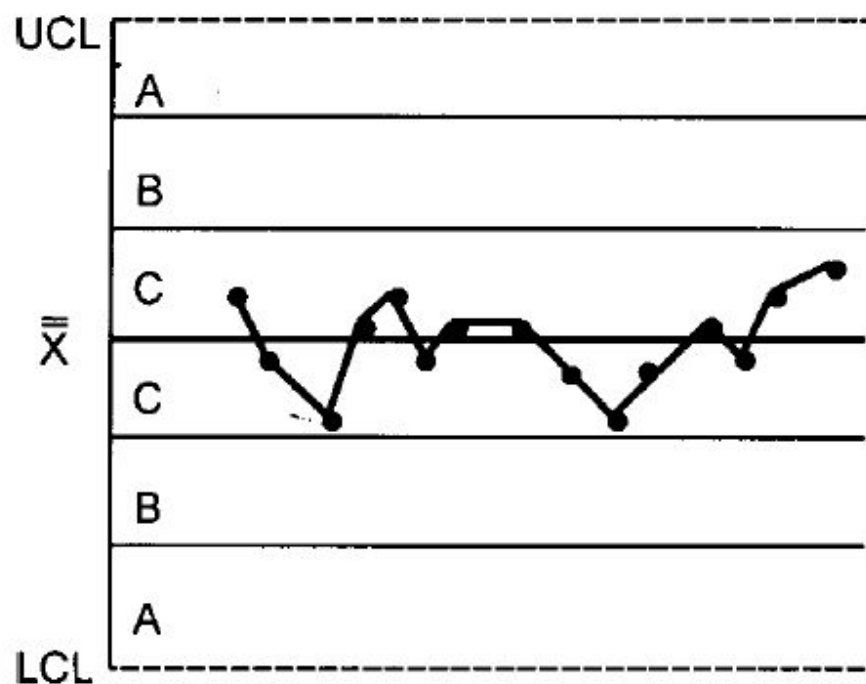


КРИТЕРИЙ 5 — Две из трех последовательных точек в зоне *A* или вне ее

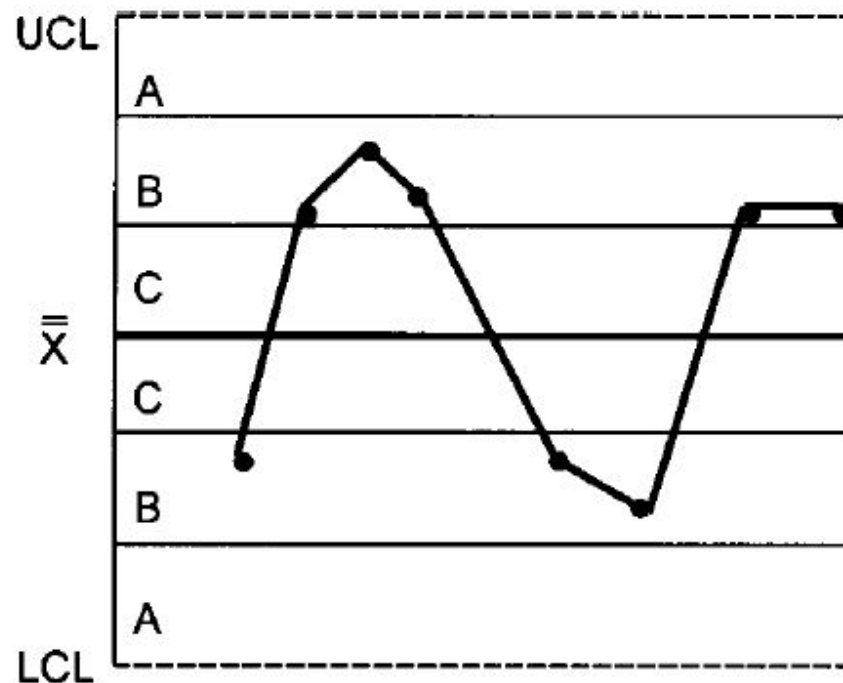


КРИТЕРИЙ 6 — Четыре из пяти последовательных точек в зоне *B* или вне ее

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ



КРИТЕРИЙ 7 — Пятнадцать последовательных точек в зоне С выше и ниже центральной линии



КРИТЕРИЙ 8 — Восемь последовательных точек по обеим сторонам центральной линии и ни одной в зоне С

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

- n — объем подгруппы, число выборочных наблюдений в подгруппе;
- k — число подгрупп;
- X — измеряемая характеристика качества (индивидуальные значения записываются как $(X_1, X_2, X_3 \dots)$). Иногда вместо X используют Y ;
- \bar{X} — среднее значение для подгруппы, $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$;
- $\bar{\bar{X}}$ — среднее средних значений подгрупп;
- μ — истинное среднее процесса;
- Me — медиана подгруппы. Для выборки объема n , значения X_1, X_2, X_n которой упорядочены по возрастанию или по убыванию, медиана есть центральное значение, если n нечетно, и среднее двух центральных значений, если n четно;
- \bar{Me} — среднее значение медиан подгрупп;
- R — размах подгруппы (разность наибольшего и наименьшего значений в подгруппе);

Примечание — В случае контрольной карты индивидуальных наблюдений R представляет собой скользящий размах, то есть абсолютную разность двух последовательных значений $|X_1 - X_2|$, $|X_2 - X_3|$ и т. д.

- \bar{R} — среднее значение R для всех подгрупп;

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

s — выборочное стандартное (среднее квадратическое) отклонение $s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$;

\bar{s} — среднее выборочных стандартных (средних квадратических) отклонений подгрупп;

σ — истинное внутригрупповое стандартное отклонение;

σ — оцененное внутригрупповое стандартное отклонение процесса;

np — число несоответствующих единиц в подгруппе;

p — доля несоответствующих единиц в подгруппе

$$p = \frac{\text{число несоответствующих единиц в подгруппе}}{\text{объем подгруппы}} ;$$

\bar{p} — среднее значение доли несоответствующих единиц

$$\bar{p} = \frac{\text{число несоответствующих единиц во всех подгруппах}}{\text{общее число проверенных единиц}} ;$$

c — число несоответствий в подгруппе;

\bar{c} — среднее значений c для всех подгрупп;

u — число несоответствий на единицу в подгруппе;

\bar{u} — среднее значение u

$$\bar{u} = \frac{\text{число несоответствий во всех единицах}}{\text{общее число проверенных единиц}} ;$$

КАРТА СРЕДНИХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ (**X**-КАРТА) И РАЗМАХОВ (**R**) ИЛИ СТАНДАРТНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ (**S**)

Т а б л и ц а 1 — Формулы контрольных границ для карт Шухарта с использованием количественных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	UCL и LCL	Центральная линия	UCL и LCL
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	X_0 или μ	$X_0 \pm A \sigma_0$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$
s	\bar{s}	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$	s_0 или $C_4 \sigma_0$	$B_5 \sigma_0, B_6 \sigma_0$

П р и м е ч а н и е — Заданы стандартные значения X_0 или μ , R_0 , S_0 или σ_0 .

КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЛИНИЙ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Т а б л и ц а 2 — Коэффициенты для вычисления линий контрольных карт

Число наблюдений в подгруппе n	Коэффициенты для вычисления контрольных границ											Коэффициенты для вычисления центральной линии			
	A_1	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$1/C_4$	d_2	$1/d_2$
2	2,121	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	2,606	0,000	3,686	0,000	3,267	0,7979	1,2533	1,128	0,8865
3	1,732	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,276	0,000	4,358	0,000	2,574	0,8886	1,1284	1,693	0,5907
4	1,500	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,088	0,000	4,696	0,000	2,282	0,9213	1,0854	2,059	0,4857
5	1,342	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	1,964	0,000	4,918	0,000	2,114	0,9400	1,0638	2,326	0,4299
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	0,000	5,078	0,000	2,004	0,9515	1,0510	2,534	0,3946
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,204	5,204	0,076	1,924	0,9594	1,0423	2,704	0,3698
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,306	0,136	1,864	0,9650	1,0363	2,847	0,3512
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,393	0,184	1,816	0,9693	1,0317	2,970	0,3367
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,669	0,687	5,469	0,223	1,777	0,9727	1,0281	3,078	0,3249

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ X

Т а б л и ц а 3 — Формулы контрольных границ для карт индивидуальных значений

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	UCL и LCL	Центральная линия	UCL и LCL
Индивидуальное значение X	\bar{X}	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}$	X_0 или μ	$X_0 \pm 3 \sigma_0$
Скользющий размах R	\bar{R}	$D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_2 \sigma_0, D_1 \sigma_0$

П р и м е ч а н и я

- 1 Заданы стандартные значения X_0 и R_0 или μ и σ_0 .
- 2 \bar{R} обозначает среднее скользящего размаха из двух наблюдений ($n = 2$).
- 3 Значения коэффициентов d_2, D_1, D_2, D_3, D_4 и косвенно $E_2 = 3/d_2$ можно получить из таблицы 2 при $n = 2$.

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ МЕДИАН Me

5.3.1 Карта медиан

Центральная линия равна \overline{Me} (среднему от медиан подгрупп),

$$UCL_{Me} = \overline{Me} + A_4 \overline{R},$$

$$LCL_{Me} = \overline{Me} - A_4 \overline{R}.$$

Карту медиан строят таким же образом, как и \overline{X} - и R -карты (5.1). Коэффициент A_4 приведен в таблице 4.

Таблица 4 — Значения коэффициента A_4

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_4	1,88	1,19	0,80	0,69	0,55	0,51	0,43	0,41	0,36

Следует отметить, что карта медиан с границами 3σ более медленно реагирует на выход процесса из состояния статистической управляемости, чем \overline{X} -карта.

5.3.2 Карта размахов

Центральная линия равна \overline{R} (среднему размахов R для всех подгрупп),

$$UCL_R = D_4 \overline{R},$$

$$LCL_R = D_3 \overline{R}.$$

Значения постоянных D_3 и D_4 приведены в таблице 2.

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ДАННЫХ

Альтернативные данные представляют собой наблюдения, фиксирующие наличие или отсутствие некоторых характеристик (или признаков) у каждой единицы рассматриваемой подгруппы. На основе этих данных производится подсчет числа единиц, обладающих или не обладающих данным признаком, или число таких событий в единице продукции, группе или области. Альтернативные данные в общем случае могут быть получены быстро и дешево, для сбора их не требуется специального обучения. В таблице 5 приведены формулы контрольных границ для контрольных карт, использующих альтернативные данные.

Т а б л и ц а 5 — Формулы контрольных границ карт Шухарта для альтернативных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	3σ-е контрольные границы	Центральная линия	3σ-е контрольные границы
p	\bar{p}	$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	p_0	$p_0 \pm 3 \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$
np	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	np_0	$np_0 \pm 3 \sqrt{np_0(1-p_0)}$
c	\bar{c}	$\bar{c} \pm 3 \sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 \pm 3 \sqrt{c_0}$
u	\bar{u}	$\bar{u} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	u_0	$u_0 \pm 3 \sqrt{\frac{u_0}{n}}$

П р и м е ч а н и е — p_0, np_0, c_0, u_0 — заданные стандартные значения.

Биномиальное
распределение

Распределение
Пуассона

ПРИМЕР КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ

Менеджер по качеству импортера чая на основании подобных процессов предъявляет требования к процессу упаковки такие, чтобы средний вес упаковки был 100,6 г и предполагаемое стандартное отклонение процесса равно 1,4 г. — получено на основе аналогичных упаковочных процессов.

Поскольку стандартные значения даны ($X_0 = 100,6$; $\sigma_0 = 1,4$), контрольную карту средних и карту размахов можно построить с использованием формул, приведенных в таблице 1 и коэффициентов A , d_2 , D_2 и D_1 , приведенных в таблице 2 для $n = 5$.

\bar{X} -КАРТА:

центральная линия: $X_0 = 100,6$ г

$$UCL = X_0 + A\sigma_0 = 100,6 + (1,342 \cdot 1,4) = 102,5 \text{ г}$$

$$LCL = X_0 - A\sigma_0 = 100,6 - (1,342 \cdot 1,4) = 98,7 \text{ г}$$

R-КАРТА:

центральная линия: $d_2\sigma_0 = 2,326 \cdot 1,4 = 3,3$ г

$$UCL = D_2 \sigma_0 = 4,918 \cdot 1,4 = 6,9 \text{ г}$$

$$LCL = D_1 \sigma_0 = 0 \cdot 1,4 = 0$$

(т. к. $n < 7$, то LCL отсутствует)

ПРИМЕР КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ

Для контроля следует взять 25 выборок объема 5. Значения их средних и размахов приведены в таблице 6. На рисунке 5 они нанесены вместе с контрольными границами.

Т а б л и ц а 6 — Процесс упаковки чая

Номер подгруппы	Среднее подгруппы \bar{X}	Размах подгруппы R	Номер подгруппы	Среднее подгруппы \bar{X}	Размах подгруппы R
1	100,6	3,4	6	99,5	3,8
2	101,3	4,0	7	100,4	4,1
3	99,6	2,2	8	100,5	1,7
4	100,5	4,5	9	101,1	2,2
5	99,9	4,8	10	100,3	4,6

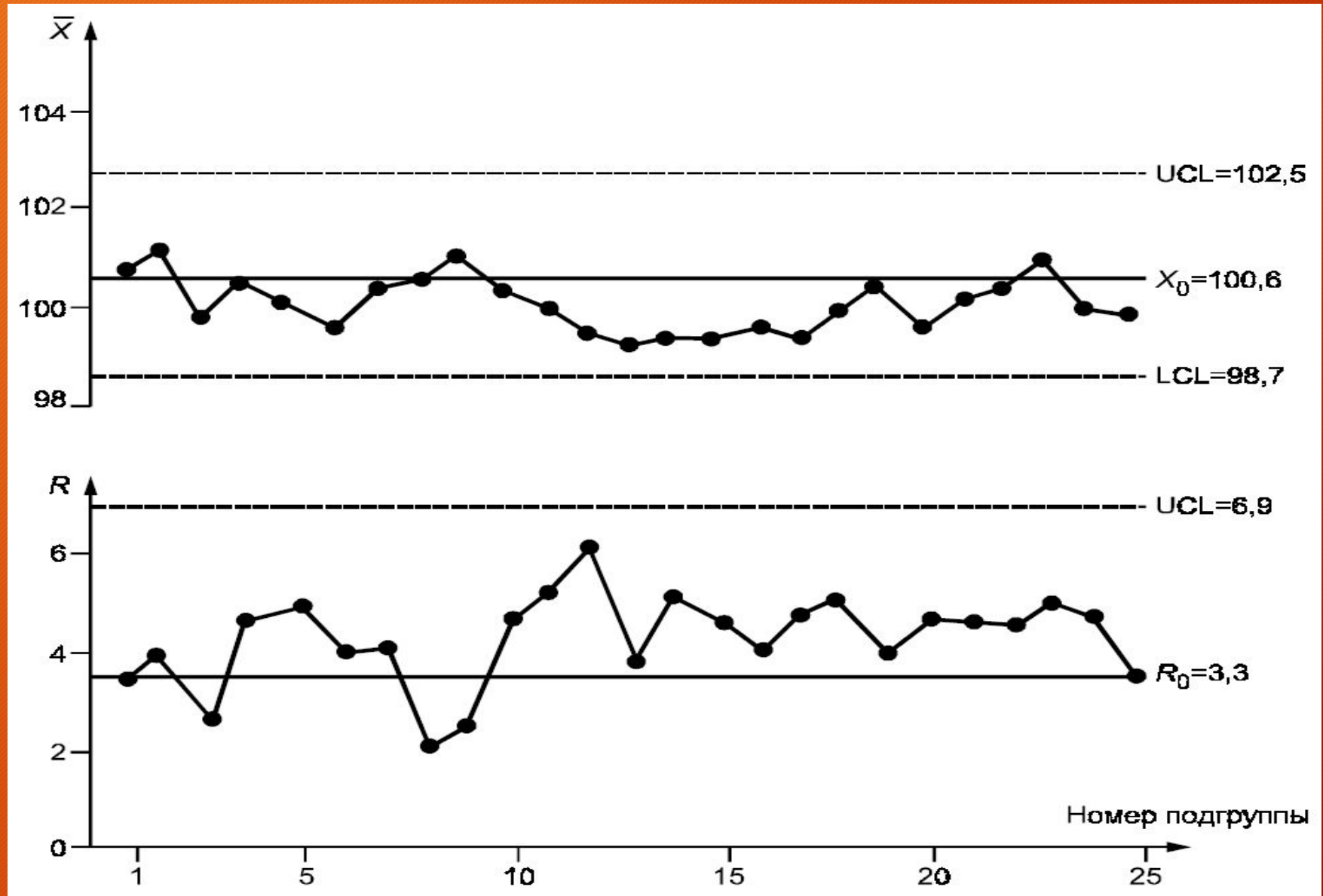
ПРИМЕР КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ

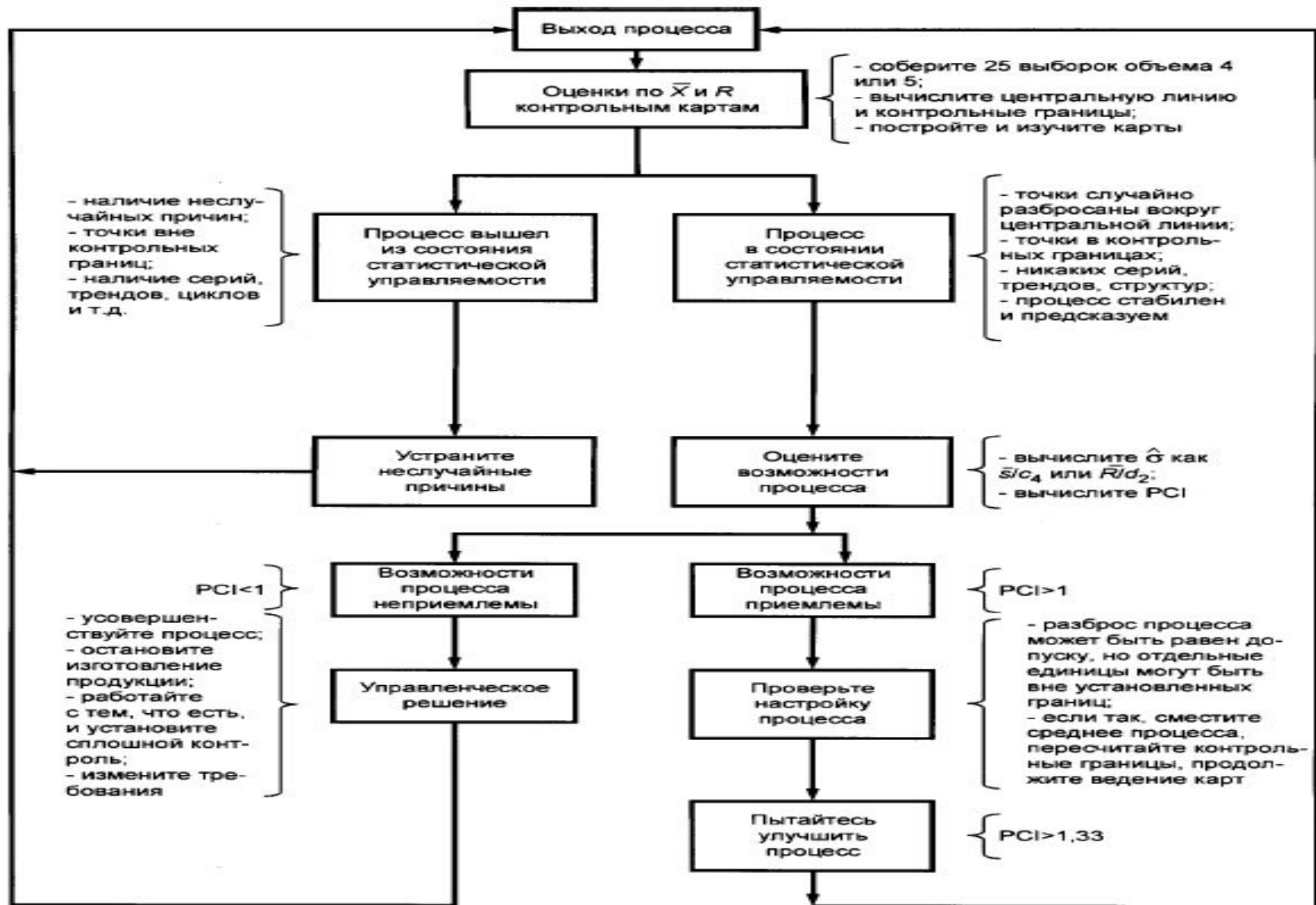
Для контроля следует взять 25 выборок объема 5. Значения их средних и размахов приведены в таблице 6. На рисунке 5 они нанесены вместе с контрольными границами.

Т а б л и ц а 6 — Процесс упаковки чая

Номер подгруппы	Среднее подгруппы \bar{X}	Размах подгруппы R	Номер подгруппы	Среднее подгруппы \bar{X}	Размах подгруппы R
1	100,6	3,4	6	99,5	3,8
2	101,3	4,0	7	100,4	4,1
3	99,6	2,2	8	100,5	1,7
4	100,5	4,5	9	101,1	2,2
5	99,9	4,8	10	100,3	4,6
11	100,1	5,0	19	100,5	3,9
12	99,6	6,1	20	99,5	4,7
13	99,2	3,5			
14	99,4	5,1	21	100,1	4,6
15	99,4	4,5	22	100,4	4,4
			23	101,1	4,9
16	99,6	4,1	24	99,9	4,7
17	99,3	4,7	25	99,7	3,4
18	99,9	5,0			

ПРИМЕР КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ





ПРЕИМУЩЕСТВА КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ

- Большинство процессов и их продукция на выходе имеют характеристики, которые могут быть измерены, так что применимость таких карт потенциально широка;
- Измеренное значение содержит больше информации, чем простое утверждение «да- нет»;
- Характеристики процесса могут быть проанализированы безотносительно установленных требований. Карты запускаются вместе с процессом и дают независимую картину того, на что процесс способен. После этого характеристики процесса можно сравнить или нет с установленными требованиями;
- Хотя получение количественных данных дороже, чем альтернативных, объёмы подгрупп для количественных данных почти всегда гораздо меньше и при этом намного эффективнее. Это позволяет снизить общую стоимость контроля и уменьшить временной разрыв между производством продукции и корректирующим воздействием