

# Контрольная карта

Что это такое?

Когда это применяется?

Как это применяется?

# Что это такое? (нч.)

- Статистический контроль процесса — один из основополагающих принципов метода «шесть сигм» [Моторола, США]. Его ключевые положения были разработаны еще в 20-е годы прошлого века [В. Шухарт, 1931], но не утратили своего значения и поныне.
- *Главная идея такого контроля состоит в том, что улучшить процесс путем ужесточения технических требований невозможно.*

# Что это такое? (пр.)

- Управляющие отвечают за то, чтобы в компании был налажен процесс производства продукции, соответствующей ожиданиям потребителя и техническим требованиям. Далее должен осуществляться мониторинг такого процесса. Если с процессом все в порядке (процесс «под контролем» или в ходе его произошло отклонение по «обычной причине»), то его параметры подчиняются устойчивому статистическому распределению.

# Что это такое? (пр.)

- Сегодня мониторинг *не предполагает больше проверки качества продукции, проверяется только, все ли в порядке с самим процессом, поскольку при надежном отлаженном процессе производится лишь хорошая продукция.* Если в процессе происходит сбой, мониторинг об этом сигнализирует (процесс «вышел из-под контроля» или произошло отклонение по «особой причине»).

# Что это такое? (пр.)

- В случае сбоя необходимо остановить процесс и устранить причину отказа, что вполне логично. Но важно помнить, что **пока процесс еще не вышел из-под контроля, вмешиваться в него не следует.**
- На практике работники, которые пытаются отреагировать на какие-то незначительные отклонения процесса, создают новые проблемы («перерегулирование» недопустимо).

# Что это такое? (пр.)

- *Ненужное вмешательство* в процесс приводит к росту его изменчивости и снижению качества.
- *Контрольная карта* — это метод статистического контроля хода процесса, позволяющий:
  - - оценить процесс,
  - - обеспечить и сохранить его управляемость,
  - - увеличить эффективность, ограничивая избыточные вмешательства в ход процесса.

# Что это такое? (пр.)

- Применение контрольных карт показывает, как может протекать процесс, и помогает ответить на следующие вопросы:
- Можем ли мы выполнять исполняемую работу правильно?
- Выполняем ли мы её правильно?
- Выполнили ли мы её правильно?
- Могли бы мы выполнять эту работу более последовательно и эффективно?

# Что это такое? (пр.)

- Контрольная карта представляет собой статистический инструмент, позволяющий *отделить особую причину отклонения от обычной.*
- Пример простейшей контрольной карты — график динамики какой-либо характеристики. На этом графике отклонение по *обычной* причине используется для расчета «контрольных пределов».



# Что это такое? (пр.)

- Если измеряемая величина *выходит* за контрольные пределы, тому должна быть особая причина.
- График на контрольной карте нужно строить и интерпретировать в режиме реального времени протекания процесса. Обычно с помощью контрольной карты работник сам следит за процессом.

# Что это такое? (ок.)

- Например, сразу после завершения выпуска партии одного вида продукции он наносит на график результаты и смотрит, можно ли приступить к выпуску следующей партии того же вида при тех же условиях.
- Если работник обнаруживает, что процесс вышел из-под контроля (не управляем), он может незамедлительно приступить к решению проблемы, не дожидаясь вмешательства руководства.

# Когда это применяется? (нч.)

- Контрольная карта используется для:
  - - выявления важнейших причин отклонений (дестабилизирующих факторов);
  - - устранения причин отклонений в целях статистического контроля процесса;
  - - управления процессом статистическими методами.

# Когда это применяется? (пр.)

- С помощью контрольной карты предсказуемые показатели (т.е. относящиеся к внутренней производительности процесса) можно отделить от непредсказуемых (т.е. возникающих по особым причинам).
- Метод применяют, чтобы оценить стабильность процесса и решить, когда в него необходимо внести изменения.

# Когда это применяется? (ок.)

- Организация статистического контроля процесса позволяет:
- - постоянно получать сигналы о возникающих в ходе его проблемах;
- - надежно фиксировать полученные результаты.
- - создать основу для работы команды по улучшению процессов и их результатов.
- Усвоение философии контроля процесса можно считать необходимым условием дальнейшего улучшения с использованием метода «шесть сигм» или других

# Как это применяется? (нч.)

- Последовательность шагов при построении контрольной карты такова.
- 1. Выберите характеристики, динамика которых будет отслеживаться с помощью контрольной карты.
- 2. Выберите подходящий вид контрольной карты.
- 3. Соберите данные о величине контролируемой характеристики.

# Как это применяется? (пр.)

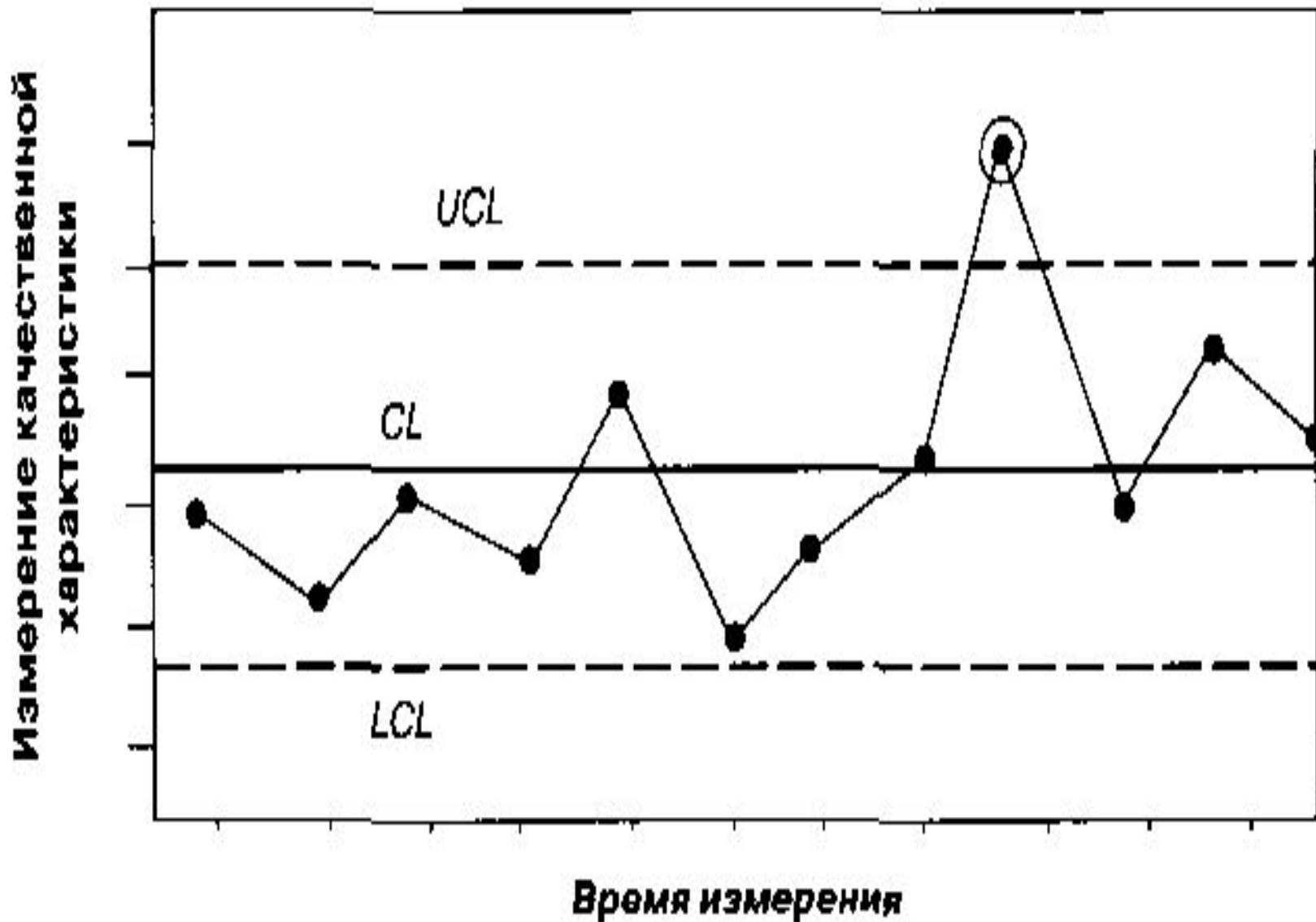
- 4. Нарисуйте вертикальную ось ( $y$ ), по которой вы будете откладывать значения качественной характеристики (например, времени, длины, оценки и т.д.). На этой оси будет показываться положение (разброс) качественных параметров процесса.
- 5. Нарисуйте горизонтальную ось ( $x$ ), по которой вы будете откладывать время или номера произвольных выборок.

## Как это применяется? (пр.)

- 6. Проведите *центральную линию* CL (central line), *линию среднего значения характеристики* или *целевую линию*, если процесс поддается регулированию.
- С каждой стороны центральной линии (см. рис. ниже) проведите:
- *линию нижнего контрольного предела* LCL (lower control line);
- *линию верхнего контрольного предела* UCL (upper control line). ЭТИ ЛИНИИ характеризуют размах естественных колебаний процесса.



# Пример контрольной карты (пр.)



## Как это применяется? (пр.)

- Линии  $CL$ ,  $LCL$ ,  $UCL$  характеризуют размах естественных колебаний процесса.
- 7. Нанесите данные на график.
- 8. Изучите точки, находящиеся выше или ниже соответствующей линии предела.  
Точки, располагающиеся ниже линии  $LCL$  или выше линии  $UCL$ , сигнализируют, что случилось нечто требующее к себе особого внимания.
- Точка, обведенная кружочком, находится выше линии верхнего контрольного предела  $UCL$  и сигнализирует о необходимости

## Как это применяется? (пр.)

- 9. Если обнаруживается, что процесс вышел из-под контроля, следуйте плану действий в случае неуправляемости ОСАР (out of control action plan).

ОСАР — это заранее разработанная схема последовательности операций по поиску неисправностей, дающая работнику возможность принять меры по регулированию процесса. Она позволяет устранить наиболее часто встречающиеся особые причины отклонений и сохранить ответственность работника за исправление положения дел.

## Пример контрольной карты отдельных значений: формулы (нч.)

Индивидуальные показатели  $x_1, x_2, x_3$  и т.д. создают основу построения контрольной карты *отдельных значений*. Пусть  $x_1$  — значение первого показателя. Центральная линия ( $CL$ ), или средняя из  $k$  показателей, рассчитывается следующим образом:

$$CL = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_k) / k,$$

или  $CL$  соответствует целевому значению, если процесс поддается регулированию.

# Пример контрольной карты (пр.)

Линии верхнего и нижнего контрольных пределов (для более чем 25 показателей) можно рассчитать по формулам:

$$UCL = CL + 2,66MR,$$

$$LCL = CL - 2,66MR,$$

где  $MR = [\sum |x_t - x_{t-1}|] / (k - 1)$  для  $t \geq 2$  и  $k \geq 25$ .

# Пример контрольной карты (ок.)

Здесь *MR* (moving range) – это средний скользящий разброс, показатель размаха для средней произвольной выборки. Константа 2,66 используется для определения расстояния между центральной линией и контрольными границами; 2,66 – это статистическая постоянная, которая превращает среднюю в оценку «трех сигм».

# Как это применяется? (ок.)

- Приведённая «методика контрольных карт» – наиболее проста и применима для ориентировочной оценки динамики контролируемого процесса.

Существуют более точные методы определения всех параметров для разных видов контрольных карт и различных практических случаев.

XXX

Контрольная карта (введение)



# **Контрольные карты**

ПОДРОБНО

# Первоисточники

- ГОСТ Р 50779.40-96 Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.\*
- ГОСТ Р 50779.41-96 (ИСО 7873-93) Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами.
- - ИСО 3534-1-93<sup>1)</sup> Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Вероятность и основные статистические термины;
- - ИСО 3534-2-93<sup>1)</sup> Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Статистический контроль качества;
- - ИСО 7966-93<sup>1)</sup> Приемочные контрольные карты;
- - ИСО 8258-91<sup>1)</sup> Контрольные карты Шухарта.
- <sup>1)</sup>Распространяет ВНИИКИ.

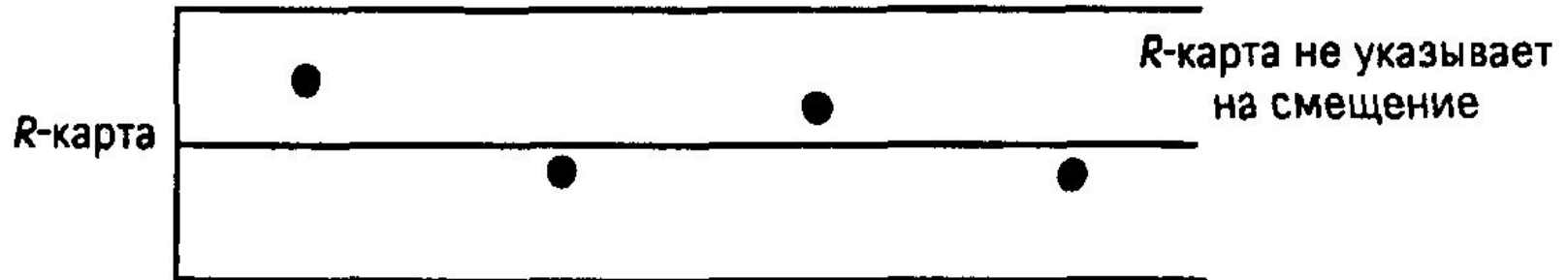
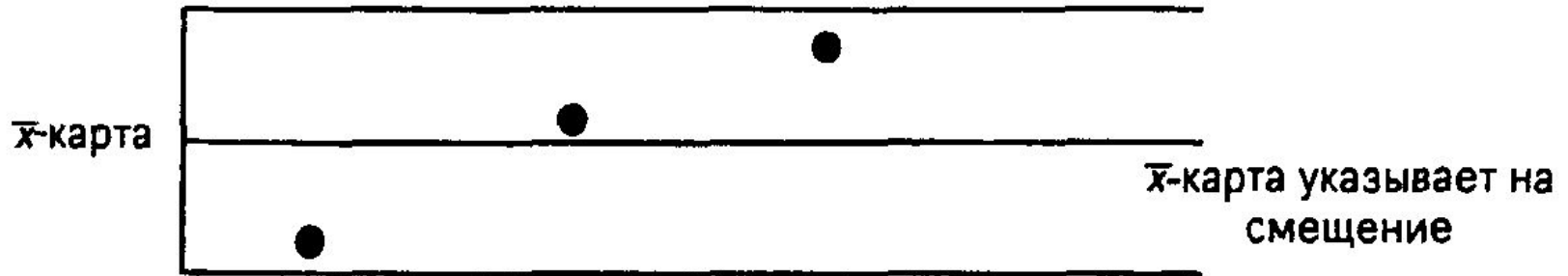
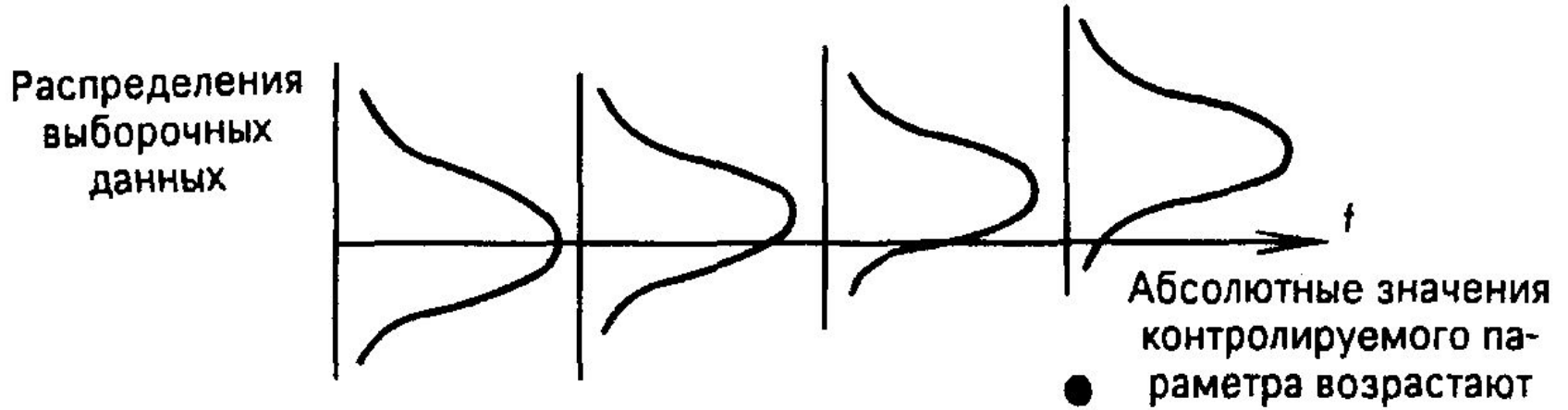
# \* Примечания

- \* ГОСТ Р 50779.40-96, за исключением приложения А, представляет собой полный аутентичный текст ИСО 7870-93 «Контрольные карты. Общее руководство и введение» с дополнительными требованиями, отражающими потребности экономики страны.
- В стандарте не приведены специальные методы статистического управления, использующие КК. Эти методы рассмотрены в ГОСТ Р 50779.41 и ИСО 7966.
- В стандарте применяют термины с соответствующими определениями, данные в ИСО 3534-1 и ИСО 3534-2.

# Контрольные карты (КК)

- 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 станет неуправляем («выйдет из-под контроля»).

# Пример контрольной карты ( $\bar{X}$ - $R$ -карта)



Процесс считается управляемым  
(контролируемым), если:

*- систематические составляющие его погрешности регулярно выявляются и устраняются;*

*- остаются только случайные составляющие погрешностей (которые достаточно часто, но далеко не всегда, распределяются в соответствии с нормальным (гауссовским) законом распределения).*

# Контрольные карты —

— это способ *графического представления результатов технологических и других процессов в порядке их выполнения.*

- КК предназначены для *мониторинга процессов с целью их:*
  - *анализа,*
  - *регулирования,*
  - *контроля.*



**Рис. 4.41.** Классификация контрольных карт.

Обозначения:  $\bar{X}$ ,  $\tilde{X}$ ,  $R$ ,  $S$  — выборочные средние, медианы, размахи, средние квадратичные отклонения;  $mR$ ,  $m\bar{X}$  — скользящие размахи и средние:  $p$  — доля или процент несоответствий,  $c$  — их число,  $np$  — число несоответствующих изделий,  $u=c/n$  — число несоответствий на единицу продукции,  $Q$  — взвешенное качество, оцениваемое с помощью весовых коэффициентов,  $D$  — разновидность  $Q$ -карты



# Виды КК

- Существуют три основных вида КК (включая КК кумулятивных сумм):
- а) КК *Шухарта*, включая ряд непосредственно относящихся к ней разновидностей;
- б) *приемочная* КК;
- в) *адаптивная* КК.
- Используют и другие виды КК (см. рис. \*4.41 далее).

# Рис. \*4.41 Классификация КК



Рис. 4.41. Классификация контрольных карт.

Обозначения:  $\bar{X}$ ,  $\tilde{X}$ , R, S — выборочные средние, медианы, размахи, средние квадратичные отклонения; mR,  $m\bar{X}$  — скользящие размахи и средние: p — доля или процент несоответствий, c — их число, np — число несоответствующих изделий,  $u=c/n$  — число несоответствий на единицу продукции, Q — взвешенное качество, оцениваемое с помощью весовых коэффициентов, D — разновидность Q-карты

# Контрольные карты У.

## Шухарта

были предназначены для повышения стабильности характеристик усилительных ламп при их изготовлении.

- Шухарт предложил форму карты с контрольными границами  $\mu \pm 3\sigma$ , на которые следовало наносить параметры малых выборок этих характеристик, измеренных в порядке изготовления ламп. Здесь  $\mu$ ,  $\sigma$  — выборочные средние и средние квадратичные отклонения измеренных характеристик.

# Предполагалось, что:

средние арифметические выборки независимо от характера распределения индивидуальных значений подчиняются нормальному закону распределения, в этих границах должно находиться 99,73 % всех измеренных значений при нормальном ходе процесса.

- Если же значения  $\mu$  попадают на контрольные границы или за их пределы, это свидетельствует о появлении специальных причин увеличения разброса данных.

# КК Шухарта

является средством анализа стабильности процесса, разделения суммарной вариации (разброса) изучаемой характеристики на естественную для данного процесса и вызванную нарушениями в ходе процесса (специальную) составляющие.

При появлении нарушения хода процесса исполнители процесса должны установить его природу и устранить его.

# Вариации

- Уменьшение естественной вариации процесса возможно лишь его радикальным изменением (например, заменой оборудования, качества заготовок и т. п.).
- Эту задачу могут решать не исполнители процесса, а *руководители организации, высшие менеджеры.*

# У. Шухарт предложил КК

для процента брака ( $p$ ), измеряемого ежемесячно.

- С тех пор число характеристик качества, регулируемых с помощью КК, резко увеличилось, изменились и рекомендации по оценке и использованию КК.
- Ниже приведены некоторые рекомендации по выбору КК, объектов анализа и управления, оценке и использованию КК.

# КК используют для анализа

«ключевых показателей продукции и процессов» отражающих:

- степень безопасности (в том числе экологической) данной продукции;
- работоспособность и надежность продукции (функциональные показатели) с точки зрения внутренних и внешних ее потребителей;
- характеристики эффективности и результативности (стоимость, производительность и т. п.) продукции и процессов.



# Необходимо установить:

- требования потребителей к данной продукции (методы маркетинга);
- выделить и документировать ключевые показатели комплектующих изделия (агрегатов, узлов, деталей) и процессов их изготовления, используя методы:
  - структурирования функции качества (см. QFD);
  - анализа последствий и причин отказов (см. FMEA).

# Требования

- Показатели должны быть независимы друг от друга.
- Число показателей должно быть ограниченным, чтобы иметь возможность использовать одномерные КК, которые удобно вести и анализировать.

# Измеряемый показатель должен характеризовать :

- важнейшие свойства продукции или процесса;
- результаты измерений должны быть получены в разумные сроки;
- результаты измерений должны быть получены по разумной цене;
- результаты измерений должны допускать простую интерпретацию.

# «Фокус» на потребителя

- Перечень показателей продукции и процессов, которые планируется регулировать с помощью КК, желательно/обязательно согласовать с корпоративным потребителем.
- Индивидуальные измерения, используемые для вычисления показателя  $X$ , должны быть проведены измерительным инструментом, деление шкалы которого не превышает  $y$ .

# Объем мгновенной выборки

определяется требованиями к стабильности процесса внутри этой выборки, к точности КК, а также к стоимости контроля.

Выборки не должны браться реже изменения влияющих факторов, меняющихся «скачком» (например, партий заготовок или сырья, замены инструмента, рабочих смен и т. п.).

Чем больше объем мгновенной выборки  $n$ , тем точнее:

- результаты анализа КК;
- выше вероятность влияния посторонних факторов на разброс данных внутри выборки;
- дороже измерения.

На практике  $n = 1 \dots 20$ , чаще  $n = 4 \dots 5$ .

Для оценки вариабельности системы нужно не менее 20...25 выборок. Следовательно, для построения КК нужно  $n = 80 \dots 125$  измерений показателя качества.

# Если количественные

## факторы

изменяются плавно (концентрации раствора, износа инструмента и т. п.), то здесь нужно использовать всю известную на данный момент информацию.

- Например, если мы знаем, что «едва заметное» изменение данного показателя из-за износа инструмента получается через 10 минут, то нет смысла брать выборки чаще (конечно, если другие факторы не изменяют выход процесса быстрее).

# Обязательность записей

- Выборку всегда надо сопровождать записями о величине (состоянии, изменении) потенциально влияющих факторов.
- Если мы о них ничего не знаем, то построение КК окажется почти бессмысленным: мы тогда просто констатируем результат неустойчивого хода процесса, но *ничего не сможем сказать о причинах этой неустойчивости* (неуправляемости,



# Основная цель КК —

дать оперативную информацию об изменении состояния процесса, о появлении специальных (внешних, не присущих процессу) источников вариации результатов, то есть выводу процесса из состояния статистической управляемости. Такая информация является условием анализа этих причин и улучшения процесса.

# Каковы признаки потери управляемости процесса?

- У. Шухарт предложил лишь один признак — выход точки на или за контрольные границы на КК.
- В дальнейшем перечень признаков, по которым можно визуальнo оценить статистическую стабильность процесса, был расширен - в него были добавлены:
  - - так называемые неслучайные структуры;
  - - серии,

# *Серия* —

- — это такое состояние, когда точки неизменно оказываются по одну сторону от средней линии, причем число таких точек называется длиной серии.
- Если точки образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую, то говорят, что имеет место *тренд* (*дрейф*).
- Различные признаки нарушения стабильности процесса, выявляемые с помощью КК, приведены на рисунке и в таблице см. ниже.

# Рис.\* Признаки нарушения стабильности процесса

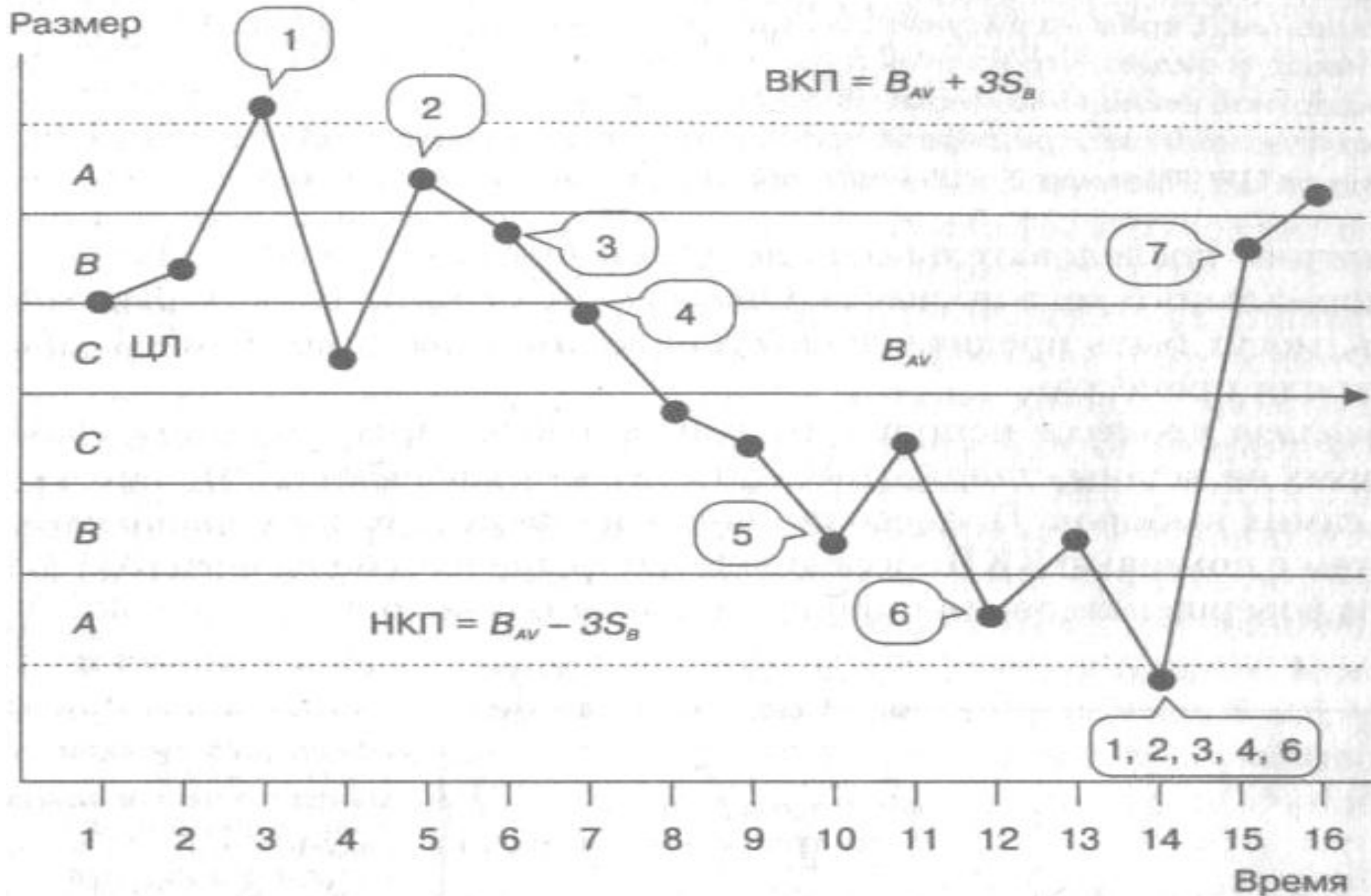


Рис. 4.42. Признаки нарушения стабильности процесса (см. табл. 4.12)

**Табл.\*4.12.Правила для выявления специальных причин  
вариаций**

<b>Правило</b>	<b>Описание правила</b>
Правило 1	Точка лежит выше (ниже) верхнего контрольного предела
Правило 2	Из трех последовательных точек две лежат выше (ниже) ЦЛ более чем на два стандартных отклонения
Правило 2'	Две последовательные точки лежат выше (ниже) ЦЛ более чем на два стандартных отклонения
Правило 3	Из пяти последовательных точек четыре лежат выше (ниже) ЦЛ более чем на одно стандартное отклонение
Правило 3'	Четыре последовательные точки лежат выше (ниже) ЦЛ более чем на одно стандартное отклонение
Правило 4	Семь последовательных точек лежат выше (ниже) ЦЛ
Правило 5	Шесть последовательных точек расположены в порядке монотонного возрастания (убывания)
Правило 6	Среди 10 последовательных точек существует подгруппа из восьми точек (считая слева направо), которая образует монотонно возрастающую (убывающую) последовательность
Правило 7	Из двух последовательных точек вторая лежит по крайней мере на четыре стандартных отклонения выше (ниже) первой

# К рисунку \*

- На рисунке (см. рис.\* выше) зона от центральной линии (ЦЛ), соответствующей  $\mu$ , до верхнего (ВКП) и нижнего (НКП) контрольного пределов разбита на три равные части, соответствующие  $S$ . Эти части от центральной линии обозначают **С, В, А.**

# В стандарте QS-9000 [USA]

предлагается *дополнительно* использовать «правило 2/3»:

- - число точек в средней трети карты (включающей обе зоны **C**) не должны быть существенно больше  $2/3$  от общего числа точек;
- - практически в зоне **C** не должно находиться более 90 % точек для 25 подгрупп.

# В стандарте QS-9000 [USA]

к признаку нарушения нормального хода процесса относится «любая явно неслучайная структура».

- Это значит, что нельзя излишне формализовать оценку КК, так как вариантов признаков нарушения стабильности процесса на КК очень много и все их предусмотреть невозможно.



Как пользоваться табл.\*4.12 и рис.\*:

например, *правило 3*: из пяти последовательных точек четыре лежат выше (ниже) ЦЛ более чем на одно стандартное отклонение. Берем на рисунке (см. рис.\*) выноску 3, отсчитываем от нее пять точек назад и видим, что из этих пяти точек четыре лежат выше ЦЛ более чем на одно стандартное отклонение (номера точек по порядку слева направо 2, 3, 5, 6), а одна — точка 4 — лежит внутри первой полосы, то есть ниже чем на одно стандартное отклонение от ЦЛ.

# Последовательность действий

при обнаружении указанных выше нарушений нормального хода процесса зависит от типа КК, которые могут быть предназначены для:

- анализа;
- регулирования (управления);
- контроля процесса.

# *Для анализа процесса*

используют контрольные карты Шухарта (ККШ), для которых не заданы стандартные (допустимые) значения.

- Карты строят по данным самих выборок.
- Процесс приводят в статистически управляемое состояние, а затем с помощью ККШ определяют, не вышел ли он из него.
- Стратегия анализа и совершенствования процесса в этом

# Рис.\*\* Стратегия

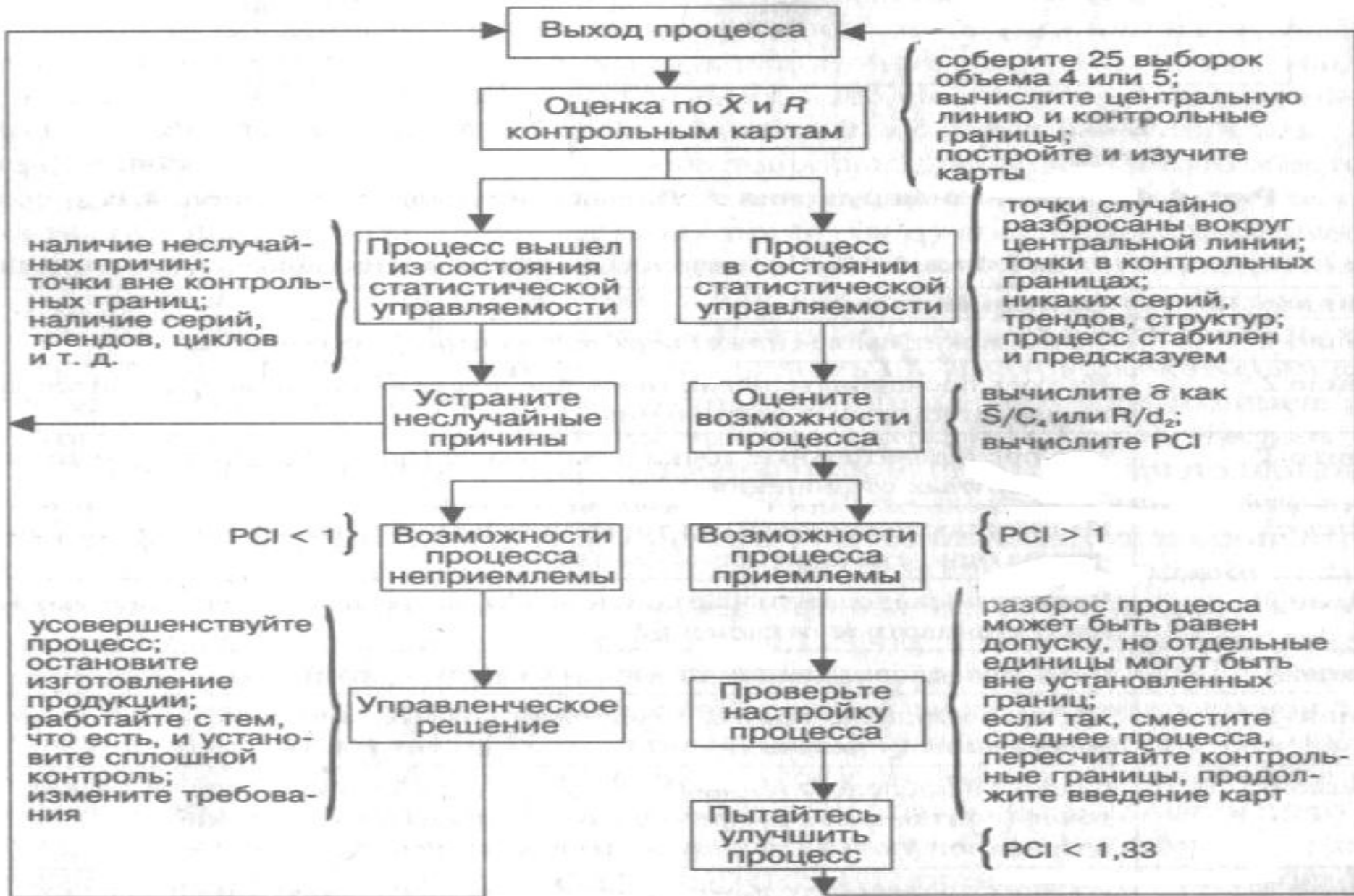


Рис. 4.43. Стратегия анализа и совершенствования процесса

# Обозначения:

- $C_p$  — индекс воспроизводимости без учета центрирования процесса (один нормально распределённый показатель):

$$C_p = \frac{(\text{ВГД} - \text{НГД})}{6\sigma}, \quad \text{где:}$$

- ВГД, НГД — верхняя и нижняя границы поля допуска;
- $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение показателя качества в технологическом процессе;
- $C_4, d_2$  — коэффициенты, приведенные в ГОСТах и справочниках.

# Причины выхода процесса

из статистически управляемого состояния ищут создав временную рабочую группу или команду и действуя по циклу PDCA (Шухарта —Деминга), используя инструменты статистического управления процессами (СУП).

- Действия группы или команды должны быть согласованы с руководством, так как они могут потребовать:
  - - изменений в процессе (вплоть до его останова), для чего нужны полномочия;
  - - ресурсов (иногда - заметных), на

# *Для регулирования процесса*

используют ККШ при наличии заданных стандартных значений.

- Такие ККШ основаны либо на опыте применения контрольных карт для данного процесса, либо на требованиях к параметрам процесса (чаще к уровню настройки  $\mu = C_0$ , соответствующем обычно середине поля допуска контролируемого параметра), найденным с учетом экономических показателей процесса.

# Для регулирования процесса

обычно используют карту  $\bar{X}$ , но при этом учитывают и стабильность процесса по карте  $R$  или  $S$ .

- Для повышения чувствительности КК используют КК с предупреждающими границами или КК кумулятивных сумм.



# При появлении на КК сигнала о нарушении уровня настройки или разброса процесс останавливают и производят его регулировку (поднастраивают, заменяют инструмент, обогащают раствор и т.п.).

- КК, используемые для регулирования, дают информацию и для анализа процесса — следует периодически оценивать вариабельность процесса (СКО —  $S$ ) и его точность (индекс воспроизводимости —  $C_p$ ; индекс работоспособности —  $C_{pk}$  (настроенности, налаженности)).

# *Контроль продукции*

проводится с помощью *приемочных* КК, на которые наносят контрольные границы с учетом рисков производителя (поставщика)  $\alpha$  и потребителя (заказчика)  $\beta$ .

- Приемочная КК гарантирует, что продукция на выходе ТП будет иметь уровень качества не хуже заданного.
- С помощью приемочных КК производят как выборочный контроль, так и управление процессом.

Оперативная характеристика плана выборочного контроля:  
 $\alpha$  — риск поставщика;  $\beta$  — риск заказчика;  $c$  — приемочное число .

Вероятность принятия партии продукции  $P(q)$



# Пока текущие выборки

дают на КК значения  $\bar{X}_i$ , внутри контрольных границ, процесс *не следует регулировать*.

- Если очередное значение  $\bar{X}_i$  *вышло за контрольные границы (ВКГ или НКГ)*, то следует:
  - - остановить процесс,
  - - произвести регулировку уровня настройки,
  - - *подвергнуть сплошному контролю всю продукцию, выпущенную с момента предыдущей выборки.*

# *Приемочные карты*

могут применяться для точных процессов, у которых разброс показателя качества, характеризуемый  $S$ , значительно меньше поля допуска  $\delta \bullet$  ( $\delta \approx (4 \dots 6) \bullet S$ ) [М.М. Кане и др. СМиИ МК, 2008; с. 349] .

# Характеристики и области применения различных КК (нч)

- Ведение карт индивидуальных значений  $X_i$ ,  $\tilde{X}$  и размахов  $R$  практически не требует расчетов, что является их достоинством по сравнению с картами средних арифметических  $\bar{X}$  и стандартных отклонений  $S$ .
- Но более точными, чувствительными и информативными являются:
  - -  $\bar{X}$ -карты по сравнению с  $\tilde{X}$  и  $X_i$  – картами;
  - -  $S$ -карты по сравнению с  $R$ -картами.

# Характеристики и области применения различных КК (пр)

- $X_i$ ,  $\sim X$  и  $\bar{X}$  -карты рассматривают меру расположения (центр) количественных данных, а  $R$ -карты и  $S$ -карты — меру разброса (рассеяния, вариации) выборочных данных.
- Если надо знать обе эти меры, то используют двойные карты ( $\bar{X}-S$ ,  $\sim X-R$  и т. п.).

# Характеристики и области применения различных КК (пр)

- Карты долей несоответствий (*p*-карты) и числа несоответствующих изделий (*pn*-карты) основаны на биномиальном распределении; их используют, если известен весь объем совокупности.
- Например, проверено 100 отливок. Из них 10 отливок оказалось дефектными — надо использовать *p*- или *pn*-карту.



# Карты для качественных признаков используют обычно как одинарные

- Карты числа несоответствий (**c**-карты) или числа несоответствий на единицу продукции (**u** = **c/n**-карта) основаны на *распределении Пуассона* и используют, если полный объем совокупности неизвестен.
- Например: проверено 100 отливок и выявлено в них 5 пузырей. А сколько их могло быть в 1000 отливок? Это неизвестно, поэтому используют **c**- или **u**-карту.

# Распределение Пуассона —

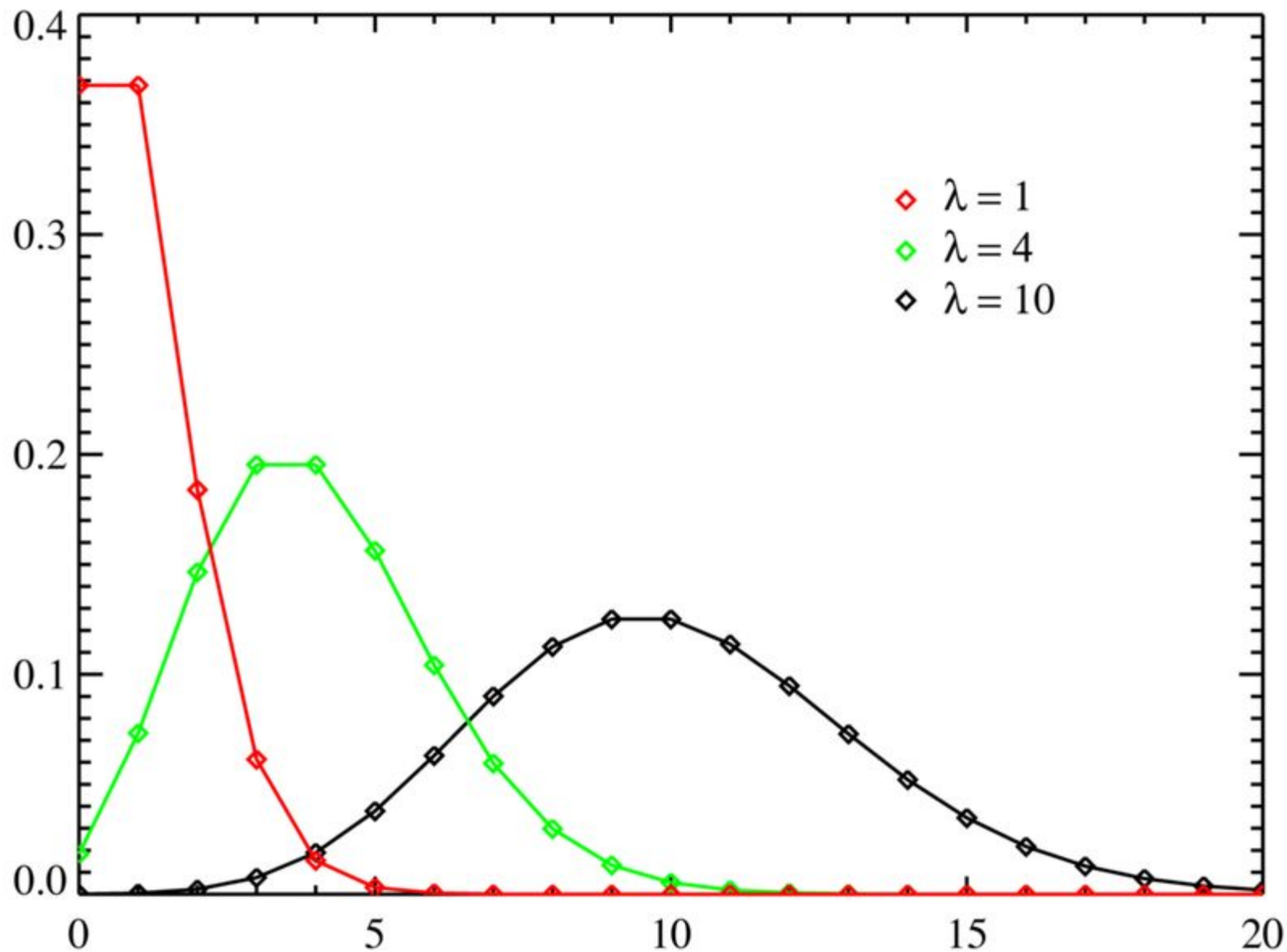
— вероятностное распределение дискретного типа, моделирует случайную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события:

- происходят с некоторой фиксированной средней интенсивностью;
- независимо друг от друга.

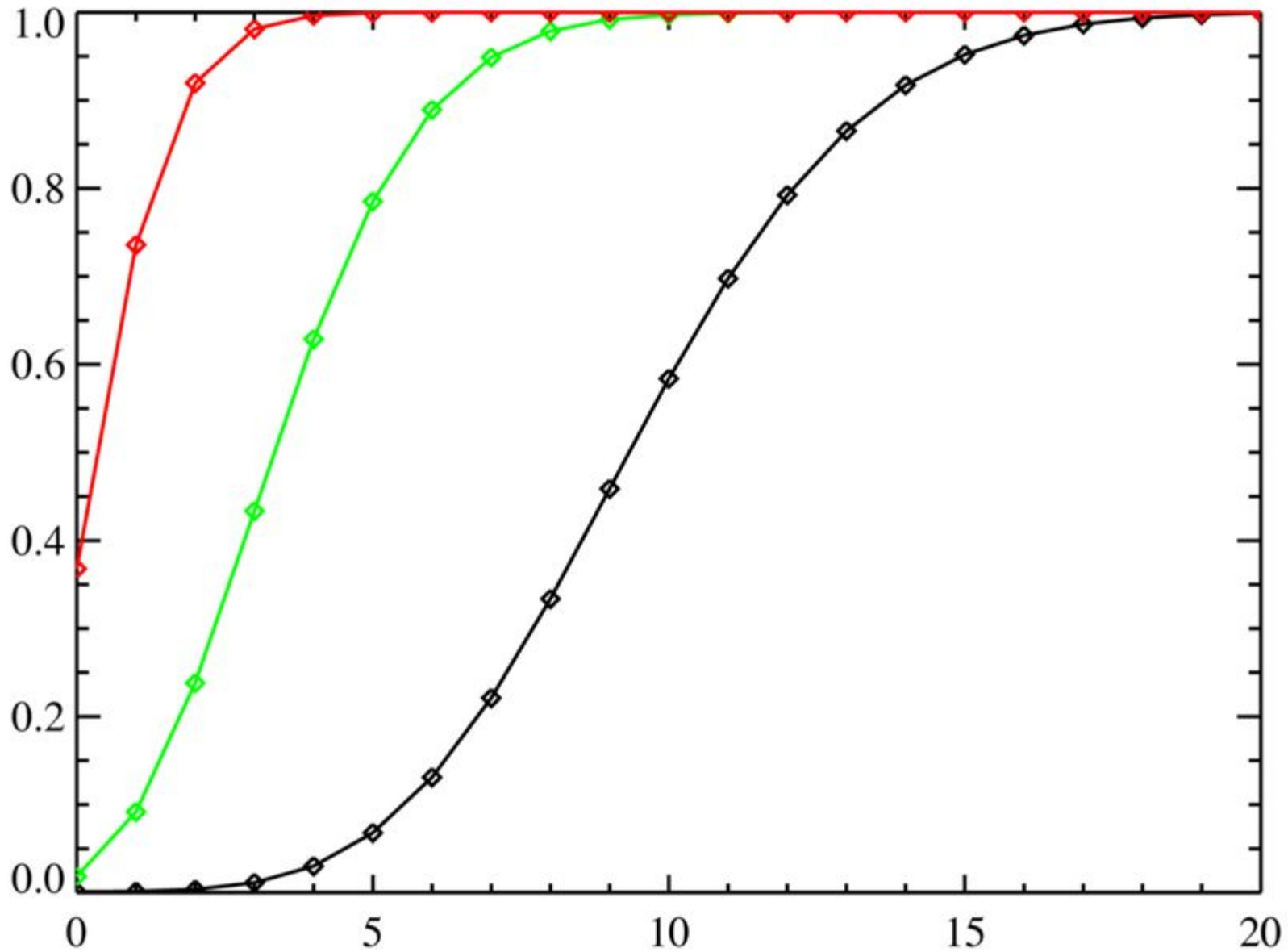
Если случайная величина  $Y$  имеет распределение Пуассона с математическим ожиданием  $\lambda$ , то записывается:  $Y \sim P(\lambda)$ .

Функция вероятности.  $\lambda$  - математическое ожидание

случайной величины  $Y$



# Функция распределения



# Правила выбора ККШ

- На рис. \*4.4 показаны правила выбора ККШ в зависимости от соотношения числа наблюдений и проверенных объектов и объема выборки  $n$ .

# Правила выбора ККШ (рис. \*4.4)



Рис. 4.44. Правила выбора контрольных карт Шухарта

# (Нч) Карты по качественным

## признакам

бывают двух подвидов — в зависимости от соотношения числа наблюдений и объектов:

### *1 подвид*

- Если число наблюдений превышает число объектов (в каждом объекте возможно несколько дефектов или несоответствий), то при:
  - - постоянном объеме подгруппы рекомендуется использовать карту **c**- или **u**-типа;
  - - при непостоянном объеме подгруппы

# (Ок) Карты по качественным признакам:

- *2 подвида*
- Если число наблюдений не превышает числа объектов, то:
  - - при постоянном объеме подгрупп можно использовать либо карту ***p***-типа, либо карту ***pn***-типа,
  - - при непостоянном объеме подгрупп рекомендуется использовать только карту ***p***-типа.



# Применение ККШ —

— обязательное условие эффективного современного производства в развитых странах (вместе с другими методами СУП).

- (В 2002 году представители компании **Ford** обследовали десятки предприятий в России и Восточной Европе в поисках поставщика комплектующих для своих машин, но не нашли такое предприятие. Главная причина—инженеры на обследованных предприятиях не понимали и не применяли статистические методы без чего обеспечить стабильное качество невозможно).

# Пример использования КК (\*5.3.Е, Б) Проблема.

- На предприятии, производящем детали из листовых заготовок, после термообработки были обнаружены трещины на отдельных изготовленных деталях.

Требуется.

Быстро выяснить причину дефекта и предотвратить его появление в дальнейшем.

Из ведущих специалистов предприятия была создана команда экспертов, которая пришла к выводу:

- *главными причинами* возникновения дефекта могут быть:
  - - режим термообработки (отжиг),
  - - упрочнение деталей (закалка),
  - - неправильный контроль качества;
- *второстепенными причинами* дефекта могут быть:
  - - тип садки,
  - - номер смены,
  - - тип детали (рессоры),
  - - неравномерность температуры в печи.

Построена диаграмма причин и результатов (рис. \*5.4)



# Разработаны мероприятия по

## выявлению

причин дефекта (расслоение):

- - намечалось проведение ежедневно (в течение 16 рабочих дней) термообработки четырех партий (по две в каждой партии, отличающиеся способом садки) деталей с измерением их твердости;
- - планирование экспериментов производилось таким образом, чтобы имело место варьирование вариантов термообработки по параметрам  $A_1, A_2, A_l$  (при необходимости),  $\dots; B_1, B_2, B_3, \dots$

# Сбор данных

- Одновременно было предложено измерить твердость всех рессор, в которых в течение этих 16 дней были обнаружены трещины (независимо от того, попали ли эти рессоры в эксперимент).
- Результаты экспериментов отражены в табл. \*5.3 (фрагмент, полную таблицу смотри в лекции «Гистограмма»).



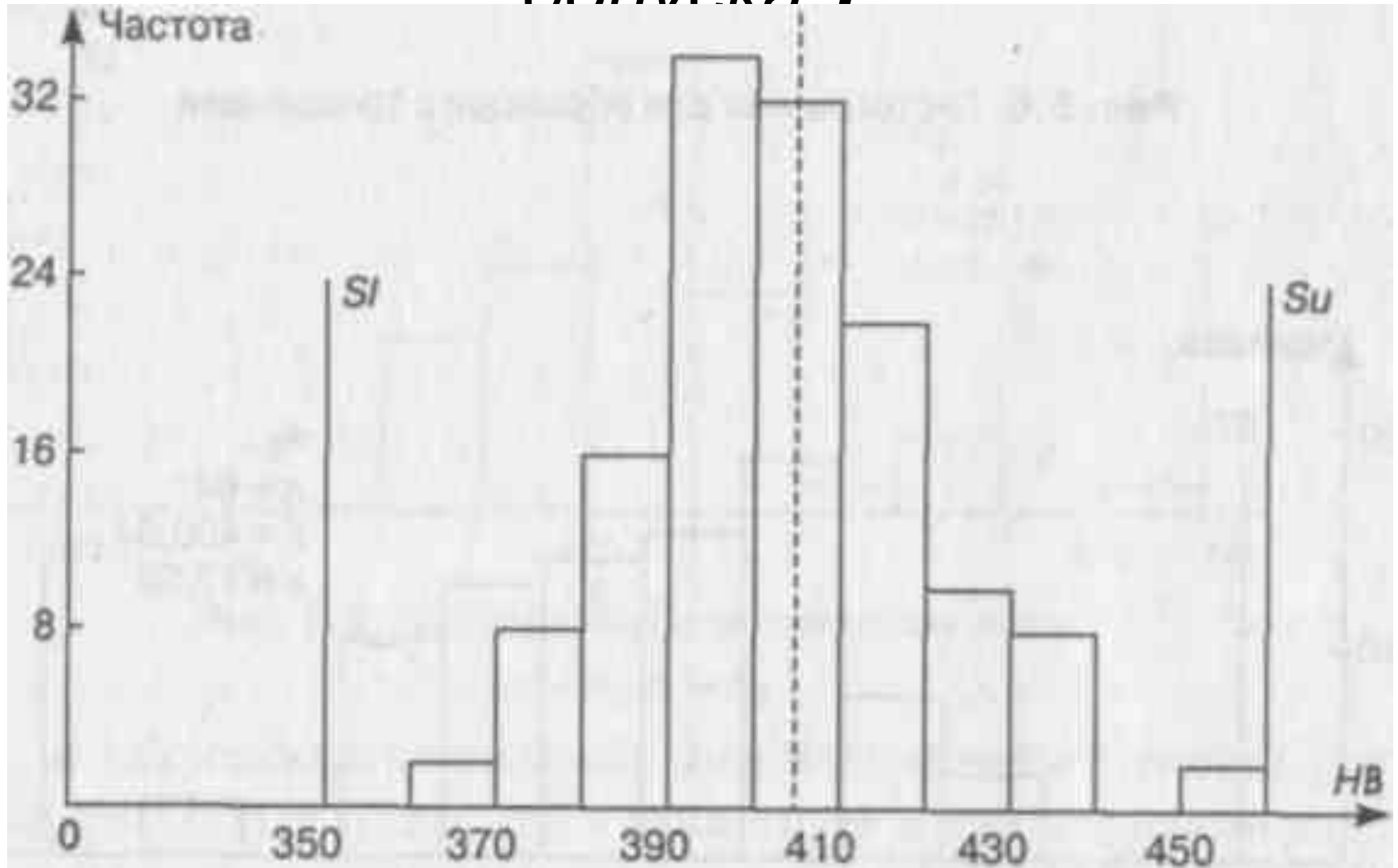
По результатам всех измерений  
твёрдости

была построена общая гистограмма (рис.  
\*5.5).

- Гистограмма демонстрирует приблизительно нормальное распределение, причем все образцы лежат внутри границ поля допуска твёрдости. Вместе с тем трещины обнаруживаются у образцов, имеющих высокую твёрдость, хотя многие из них попадают в поле допуска.



Рис. \*5.5. Общая гистограмма  
распределения твердости ( $S_i - S_u$ ) поля  
допуска  $T$

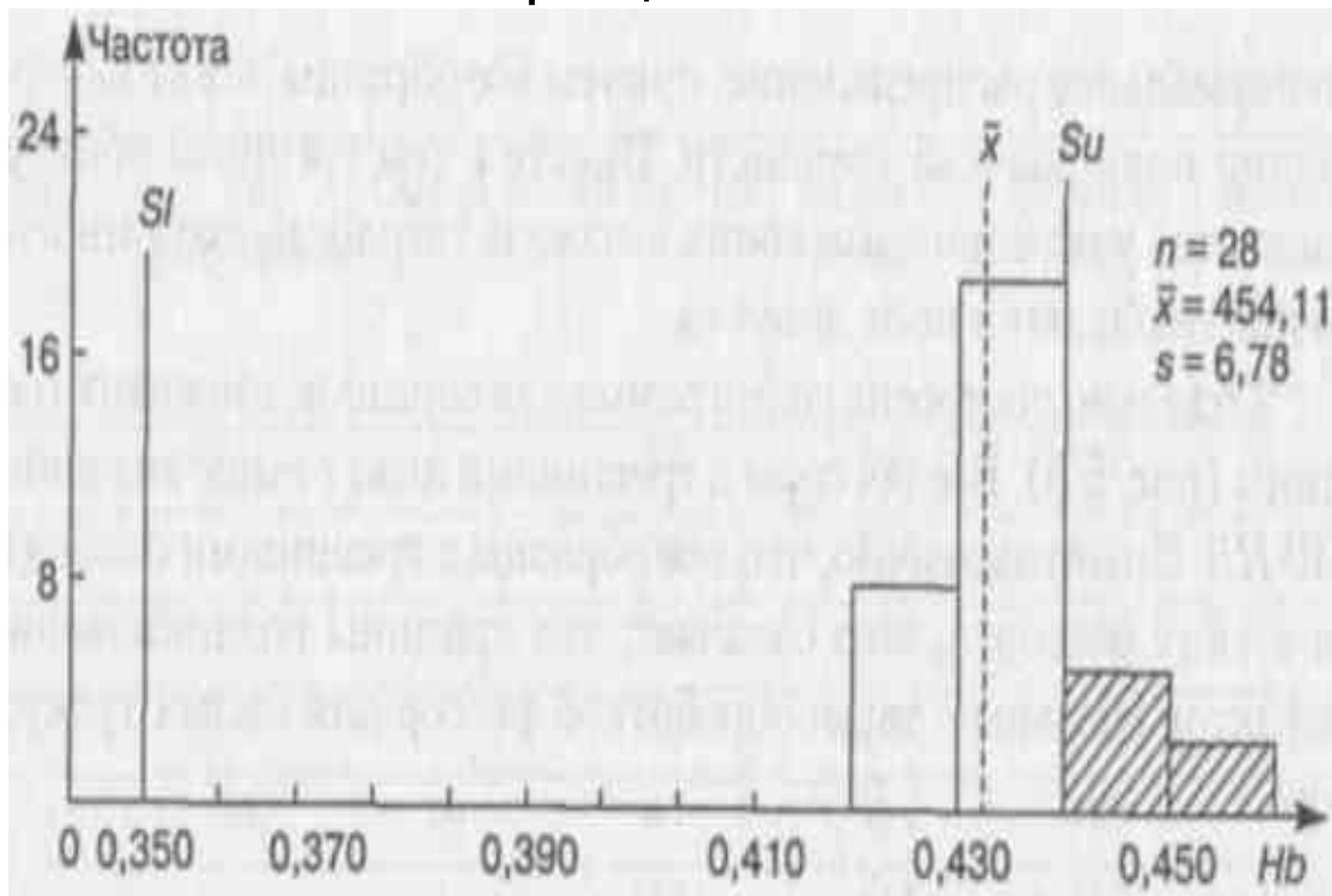


# Гистограмма для образцов,

имеющих трещины (рис.\*5.6) построена отдельно. Все детали с трещинами лежат выше значений 440 *HV*.

- *Симптоматично, что все образцы с трещинами относятся к типу деталей  $A_1$ . Это означает, что причины возникновения дефектов связаны с термообработкой деталей для малых объектов, где устанавливают детали  $A_1$ .*

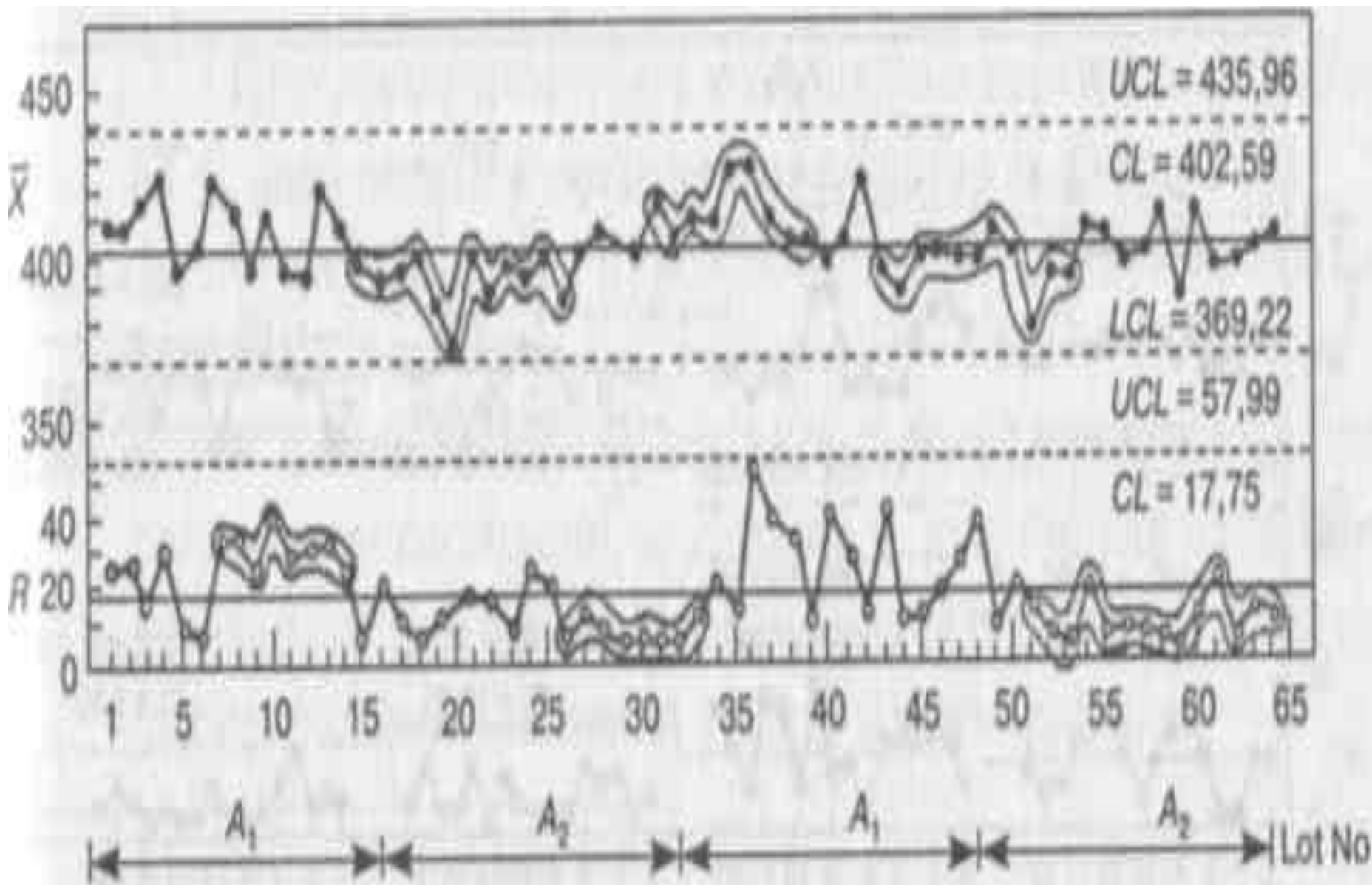
Рис. \*5.6. Гистограмма для образцов с трещинами



# Построим

- общую для всех контрольных образцов контрольную ( $\bar{X}-R$ )-карту,
- где:  $\bar{X}_i$  — среднее арифметическое значений твердости в  $i$ -й партии (всего 64) образцов;
- $R_i$  — размах между максимальным и минимальным значениями твердости в  $i$ -й партии (рис. \*5.10).

(Пр) Пример. Общая ( $\bar{X}$ — $R$ )-карта. Рис.\*5.10



## Анализ X-карты:

*- отсутствуют точки, лежащие за контрольными границами UCL и LCL;*

*- имеется несколько длинных серий значений твердости (точки 15...36, 31...39, 43...53), что ненормально и указывает на неконтролируемое состояние процесса.*

## Анализ $R$ -карты:

- отсутствуют значения, лежащие за границей контрольных пределов;
- имеются длинные серии значений параметра (точки 7—14, 26—33, 51—64), что указывает на выход процесса из контролируемого состояния.

### Величина $R$ :

- относительно велика для деталей типа  $A_1$ ;
- относительно мала для деталей типа  $A_2$ .

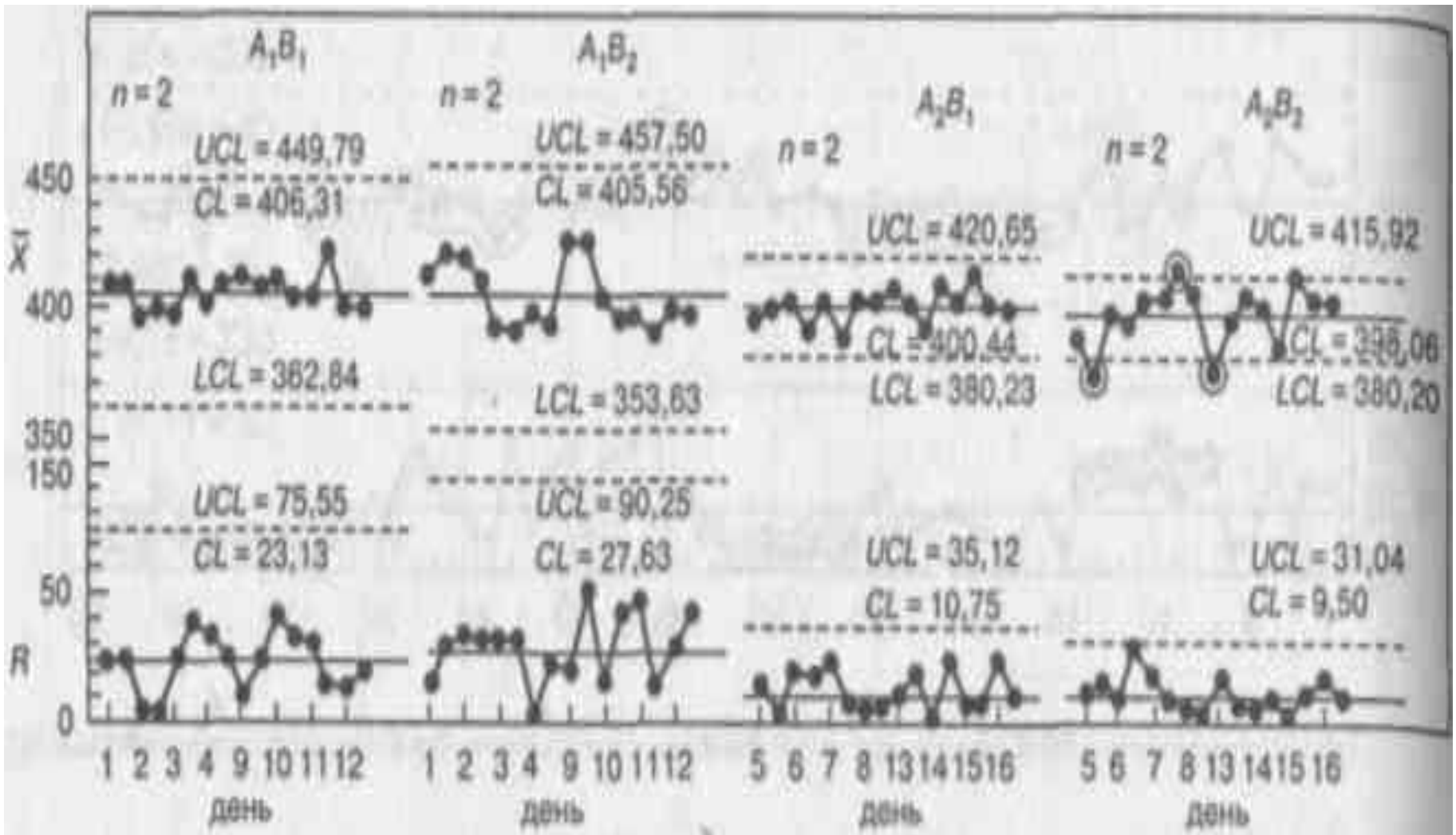
Значит детали  $A_1$  и  $A_2$  надо исследовать отдельно.

# Пример (пр)

- Отразим на рис. \*5.11 контрольные карты ( $X-R$ ), расслоенные в соответствии с факторами  $A$  и  $B$ .
- Для сравнения не надо рассматривать все измерения, а достаточно сравнить результаты на каком-либо отрезке общей карты.



Рис. \*5.11. Контрольные карты, расслоенные по двум факторам  $A$  и  $B$



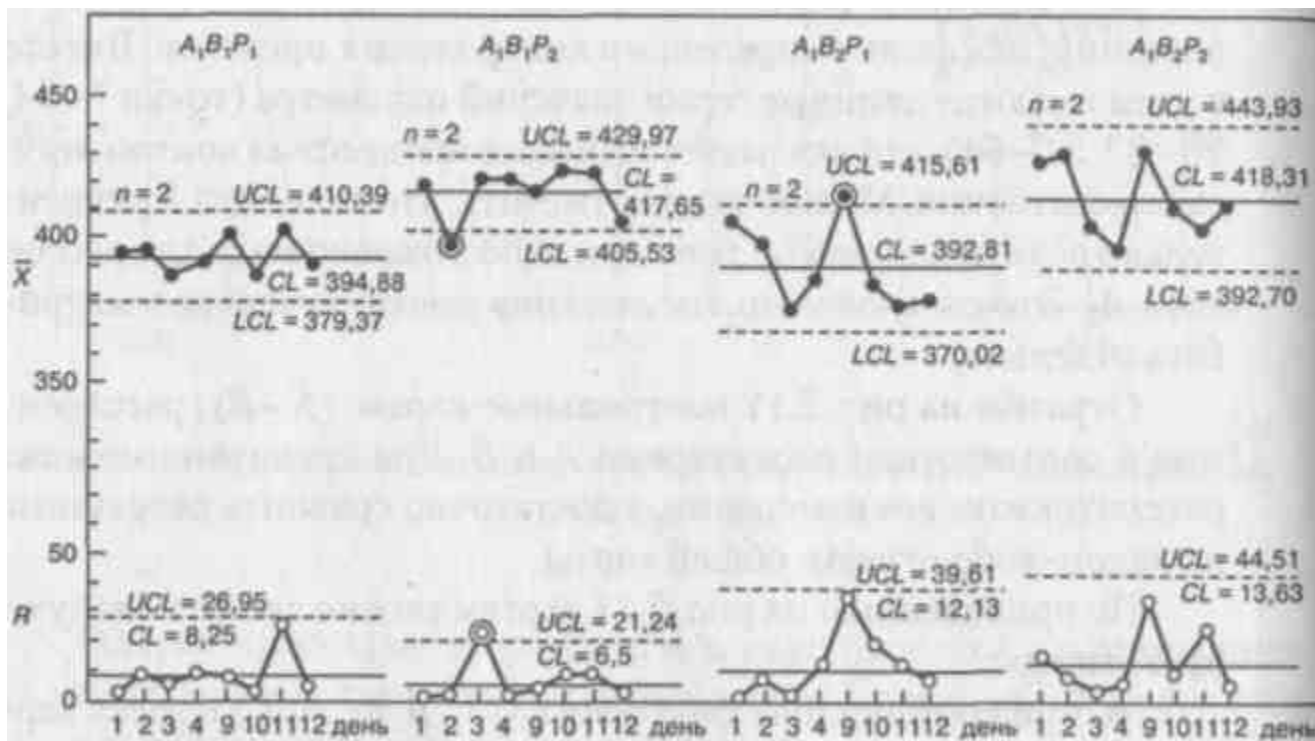
## Выводы:

- **■** при комбинациях факторов ( $A_1 B_1$ ;  $A_1 B_2$ ;  $A_2 B_1$ ) на всех картах ( $X-R$ ) демонстрируется стремление к группированию значений к  $CL$ . Вместе с этим заметно, что среднее значение  $R$  на первых двух картах выше, чем на третьей.
- Процесс при этих комбинациях достаточно стабилен, хотя каждая подгруппа сформирована из данных о деталях, взятых как из центра печи, так и возле стенок;

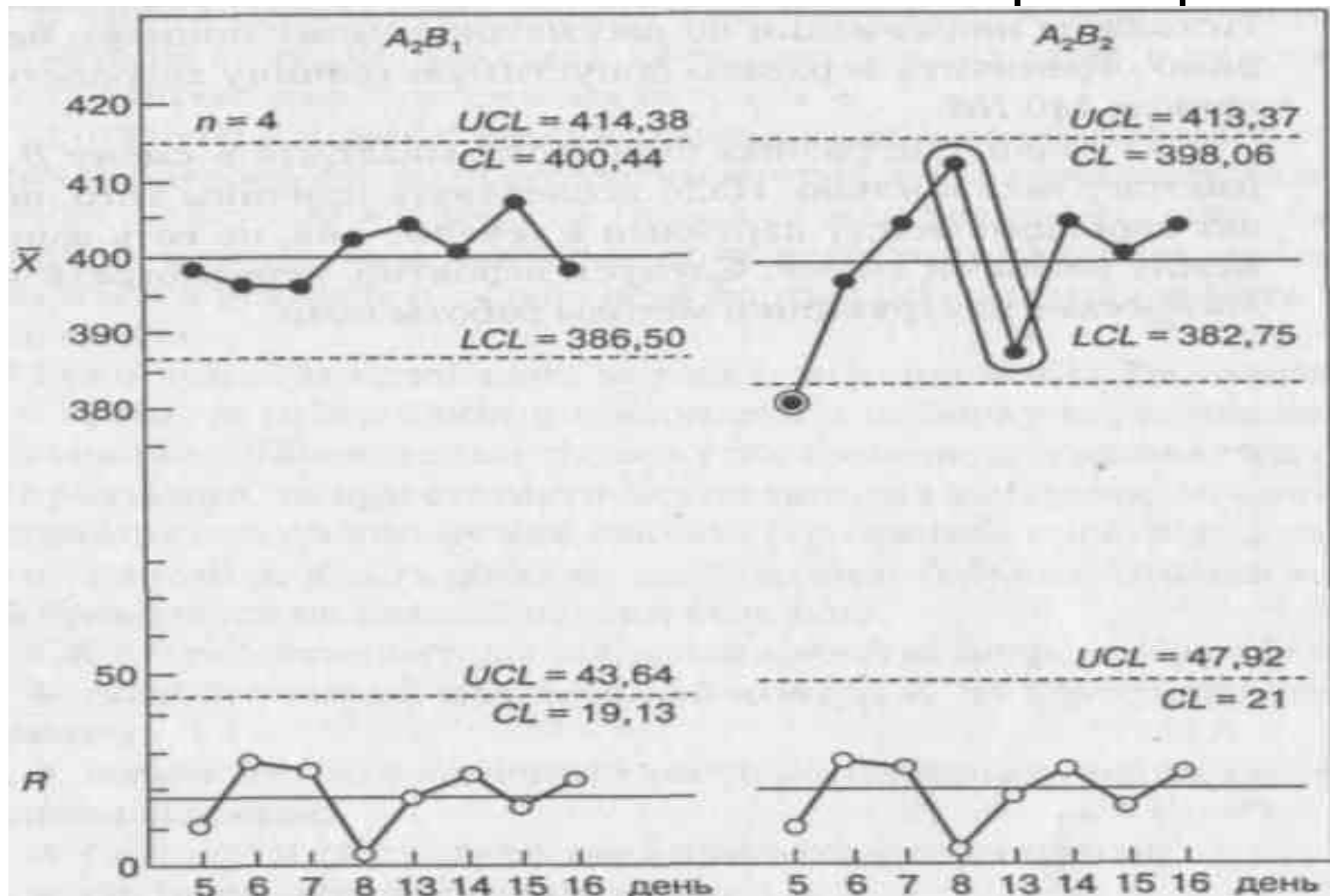
# Выводы:

- ■ на карте *A2B2* можно отметить стабильность процесса по вариации (карта *R*).
- В то же время на карте *X* выявлено три точки, лежащие за пределами контрольных границ, что указывает на неконтролируемое состояние процесса. Можно предположить влияние на процесс фактора смены.
- Подобным образом продолжают дальнейшее расслоение данных (при необходимости)

# Контрольные карты для деталей типа *A1*, расслоенные по двум факторам *B* и *P*



# Контрольные карты для рессор типа А2, слоенные в соответствии с фактором В



# Выводы по примеру (нч)

- 1) трещины наблюдаются в деталях типа А1 (для малых объектов).  
*Представляется, что они обусловлены методом садки деталей в печи. При термообработке малых деталей возникает градиент температуры между центром печи и ее стенками. Это ведет к увеличению твердости деталей, что приводит к росту образования трещин.*

# Выводы по примеру (пр)

- Чтобы избежать перегрева деталей в печи, надо так изменить методы садок для обеспечения температурного градиента, который бы не превышал градиента, возникающего в печи при термообработке деталей типа А2;

# Выводы по примеру (пр)

- 2) видимо следует пересмотреть допуски на твердость деталей:
- - надо установить зависимость между твердостью деталей и их склонностью к образованию трещин;
- - ввести новые стандарты на твердость деталей ограничив верхнюю допустимую границу твердости значением 440 *HV* (исходя из всей информации по рассматриваемому примеру).



# Выводы по примеру (ок)

- 3) сравнение разных смен показывает, что в смену *B2* печь работает нестабильно — надо исследовать причины:
  - - *почему нет вариации между партиями в течение дня,*
  - - *есть вариации между разными днями.*
- Видимо следует пересмотреть технологические инструкции и методы работы печи.

# Эффективность КК

- Эффект от применения КК можно оценить уменьшением стоимости ущерба от брака, затрат на анализ, регулирование и контроль ТП.
- Эффект возрастает по мере накопления опыта применения КК — совершенствуются все аспекты управления и производства на предприятии.

Z  
XXX  
KK