

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 ее 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.

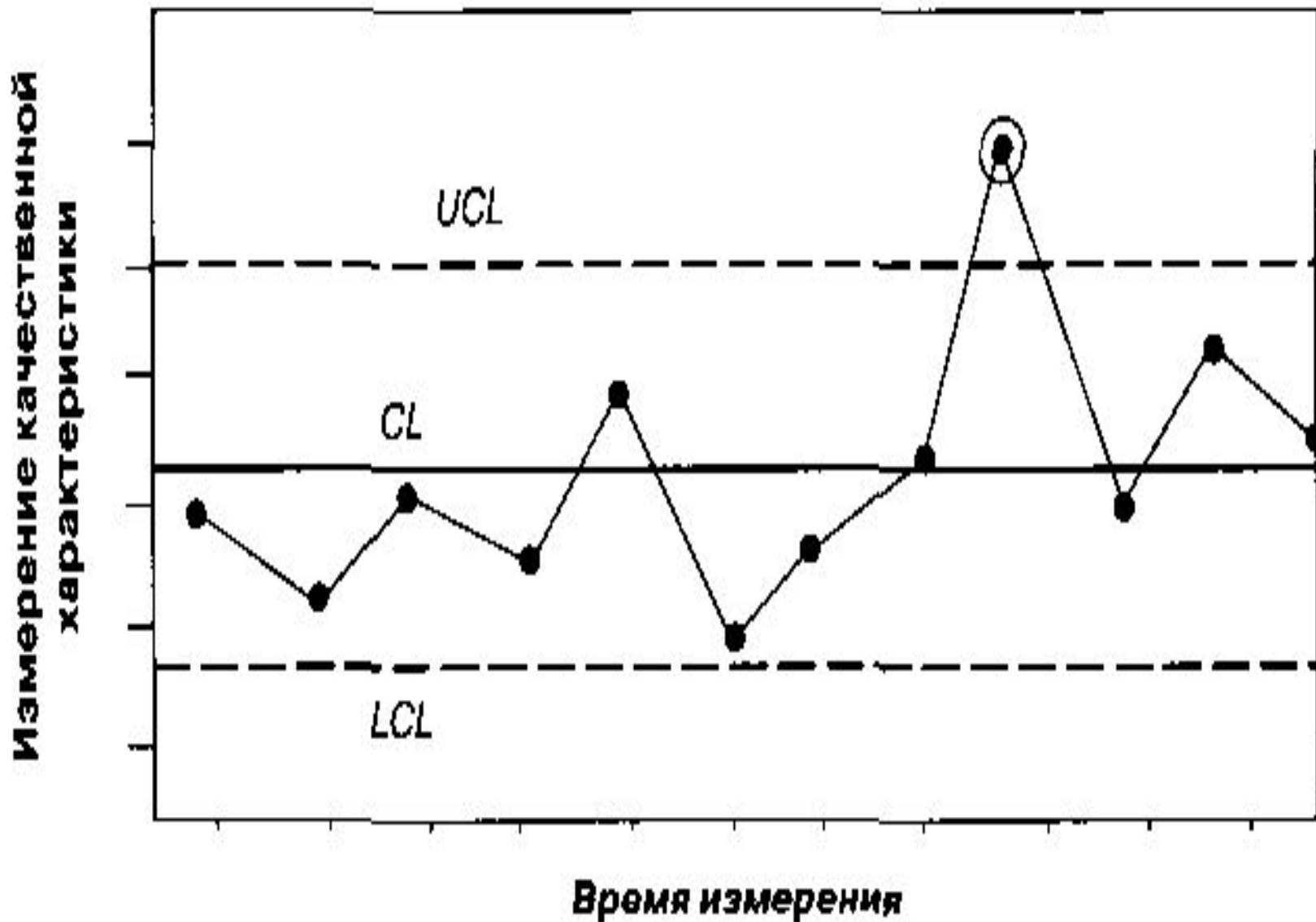
Как это применяется? (пр.)

- 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 3534-1-93¹⁾ Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Вероятность и основные статистические термины;
- - ИСО 3534-2-93¹⁾ Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Статистический контроль качества;
- - ИСО 7966-93¹⁾ Приемочные контрольные карты;
- - ИСО 8258-91¹⁾ Контрольные карты Шухарта.
- ¹⁾Распространяет ВНИИКИ.

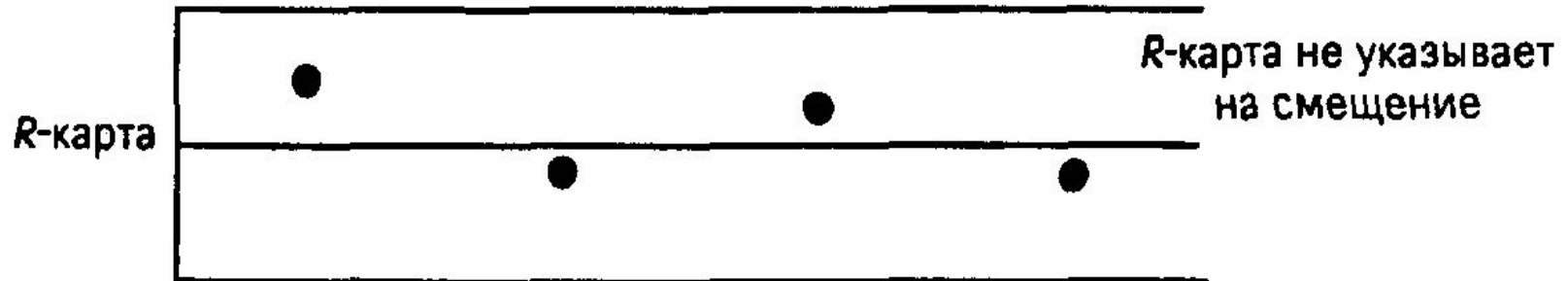
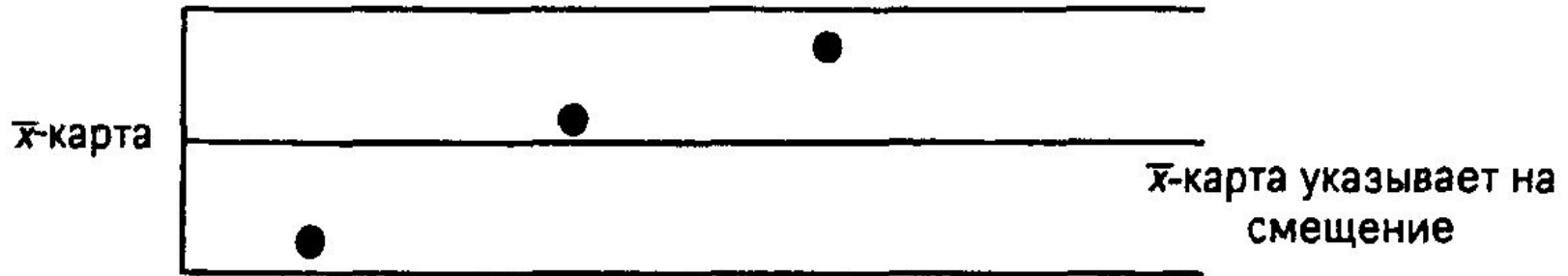
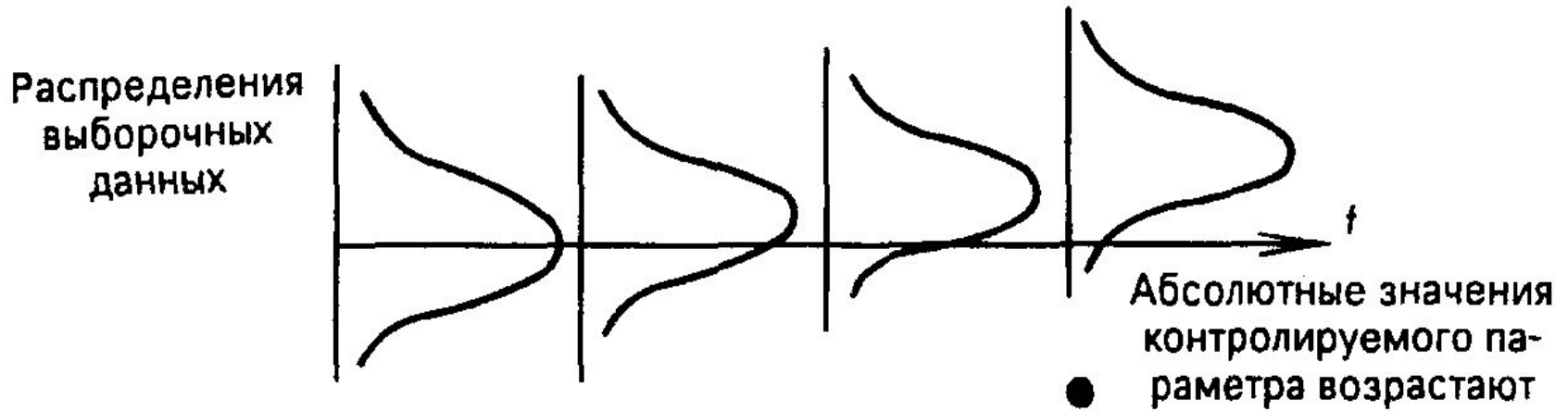
* Примечания

- * 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 μ , σ — 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 μ 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 нестабильного хода процесса, но *ничего не сможем сказать о причинах этой нестабильности* (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 визуально 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

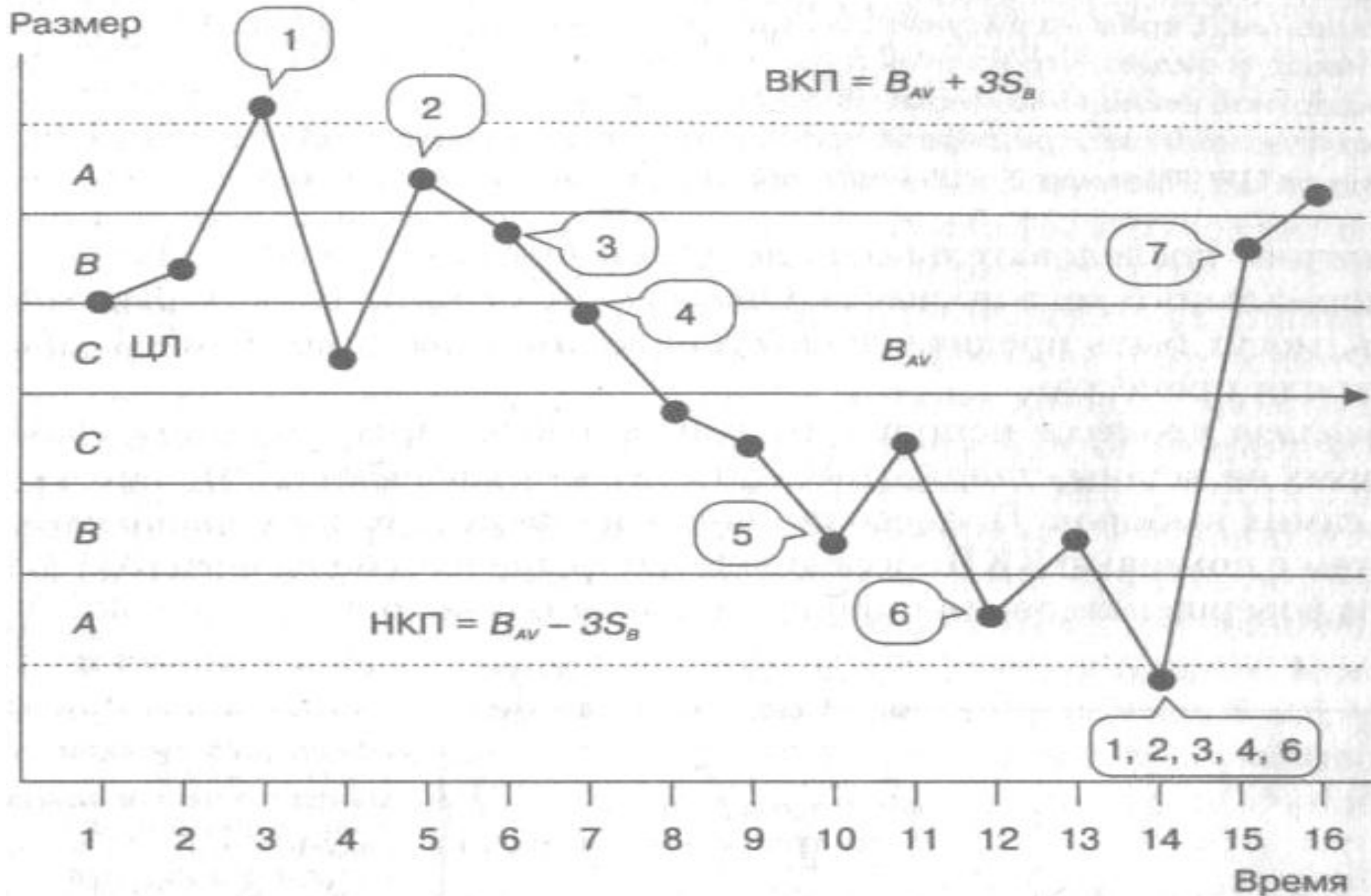


Рис. 4.42. Признаки нарушения стабильности процесса (см. табл. 4.12)

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

Правило	Описание правила
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 μ , 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

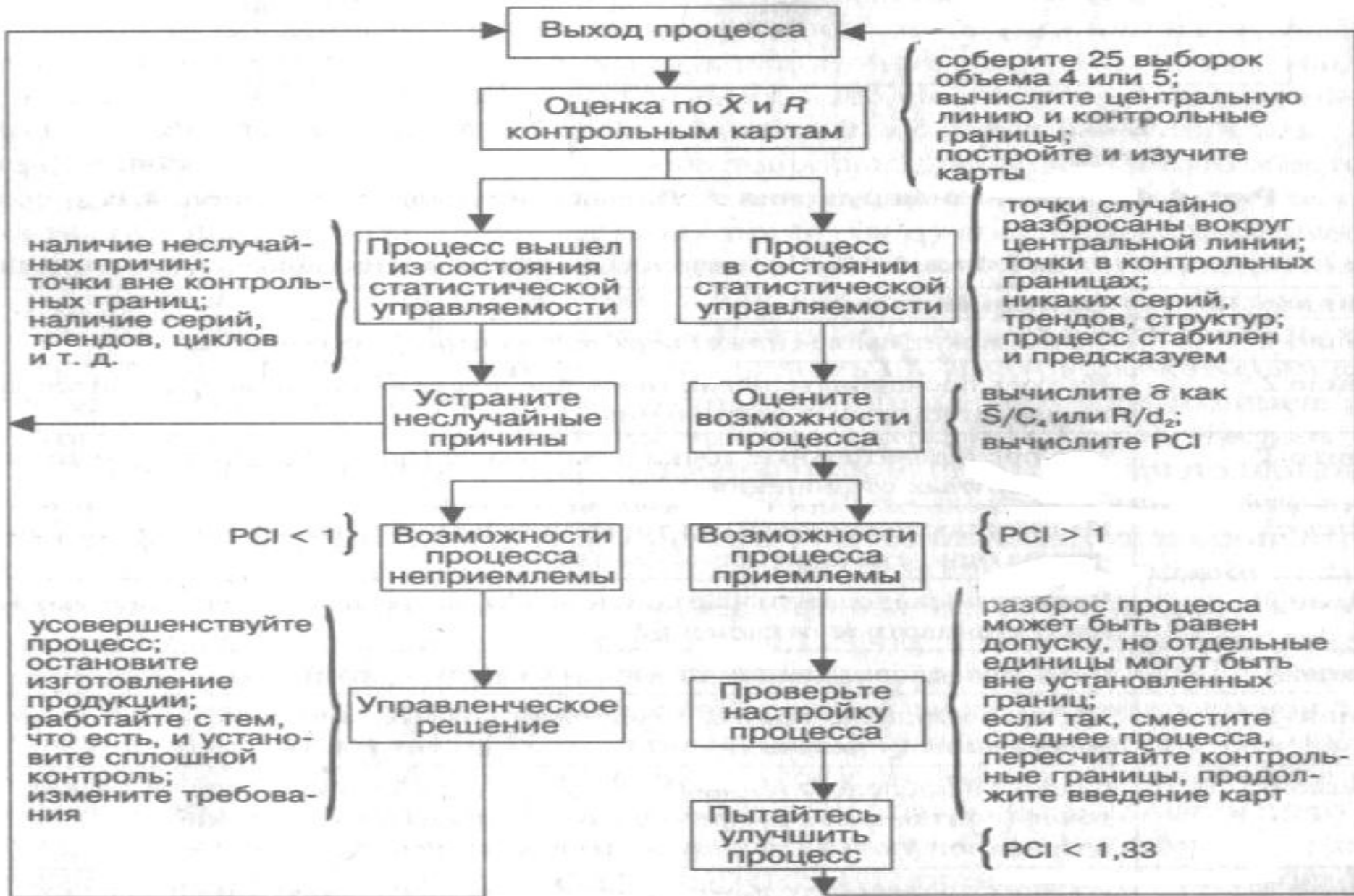


Рис. 4.43. Стратегия анализа и совершенствования процесса

Обозначения:

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

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

- ВГД, НГД — верхняя и нижняя границы поля допуска;
- - σ — 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) α и потребителя (заказчика) β .

- 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:
 α — риск поставщика; β — 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 —

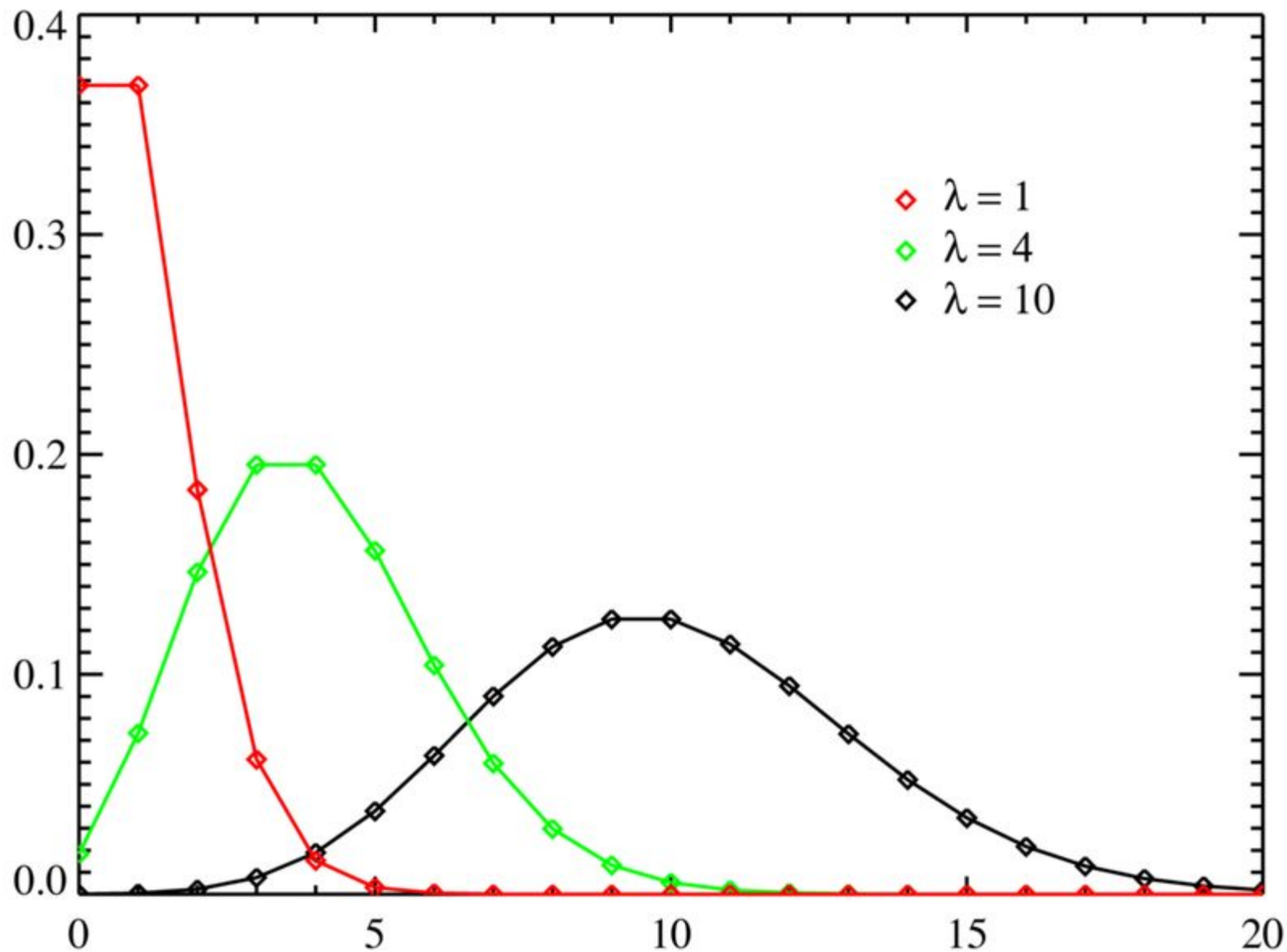
— вероятностное распределение дискретного типа, моделирует случайную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события:

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

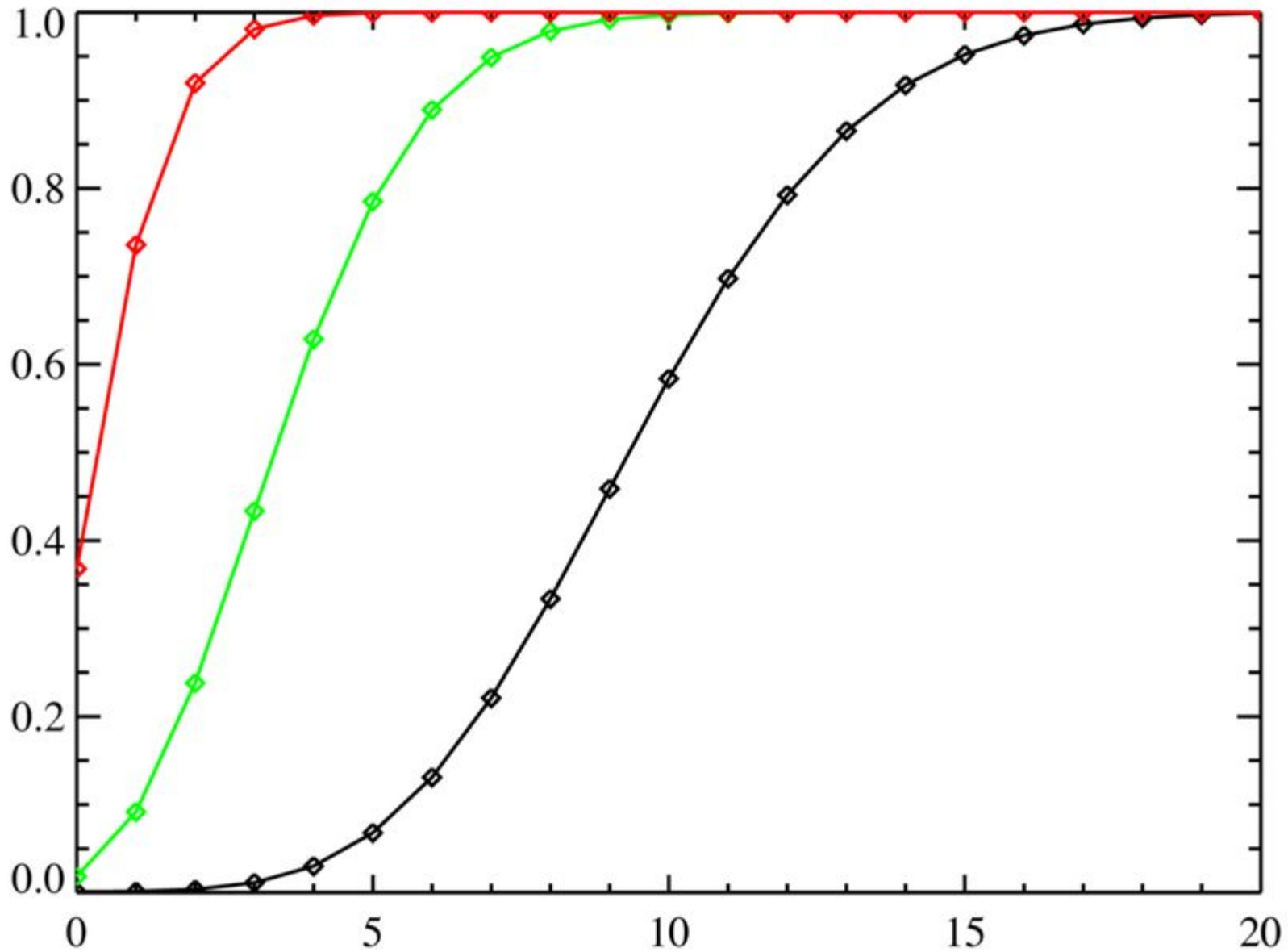
Если случайная величина Y имеет распределение Пуассона с математическим ожиданием λ , то записывается: $Y \sim P(\lambda)$.

Функция вероятности. λ - 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

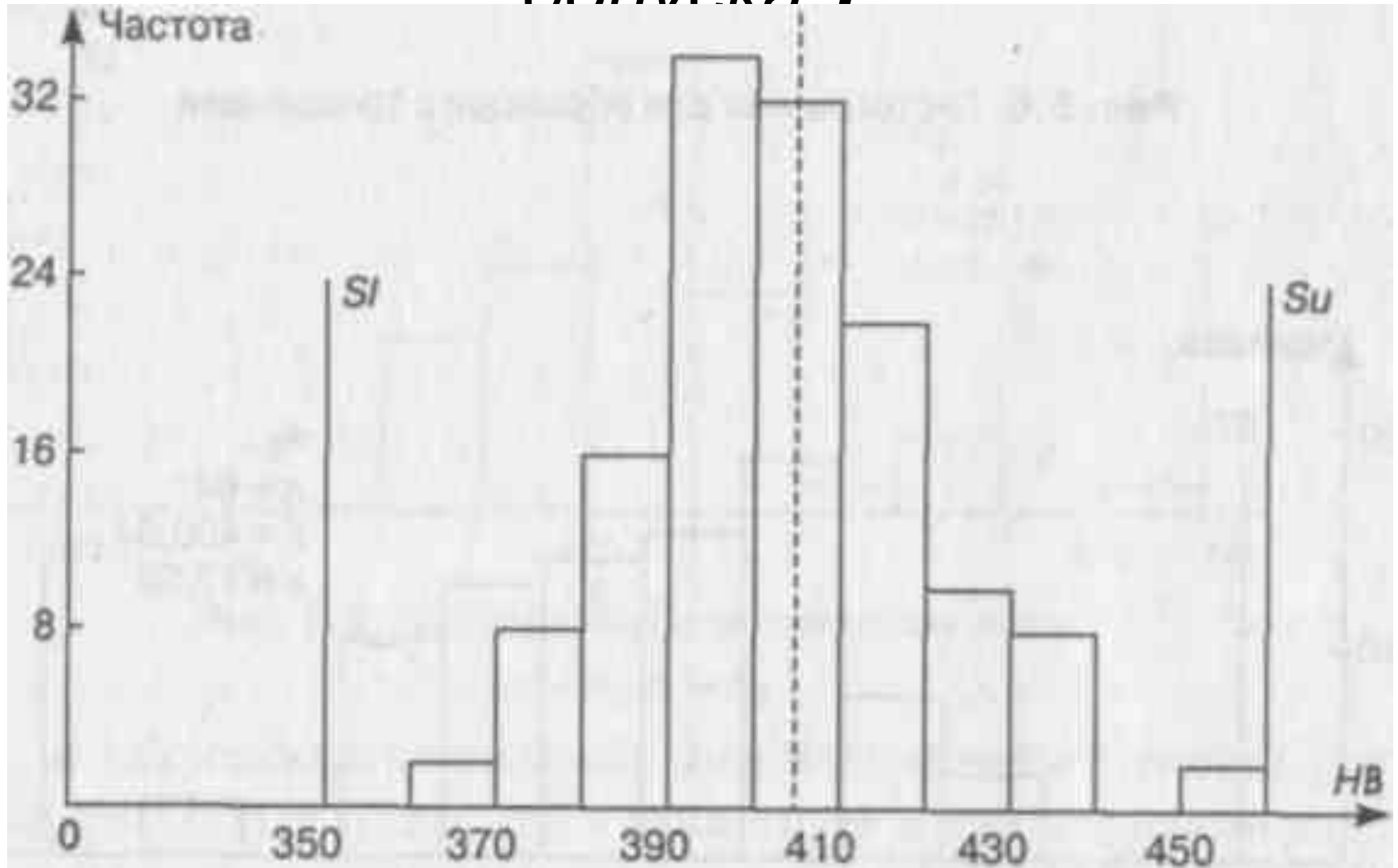
- Одновременно было предложено измерить твердость всех рессор, в которых в течение этих 16 дней были обнаружены трещины (независимо от того, попали ли эти рессоры в эксперимент).
- Результаты экспериментов отражены в табл. *5.3 (фрагмент, полную таблицу смотри в лекции «Гистограмма»).

По результатам всех измерений
твердости

была построена общая гистограмма (рис.
*5.5).

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

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

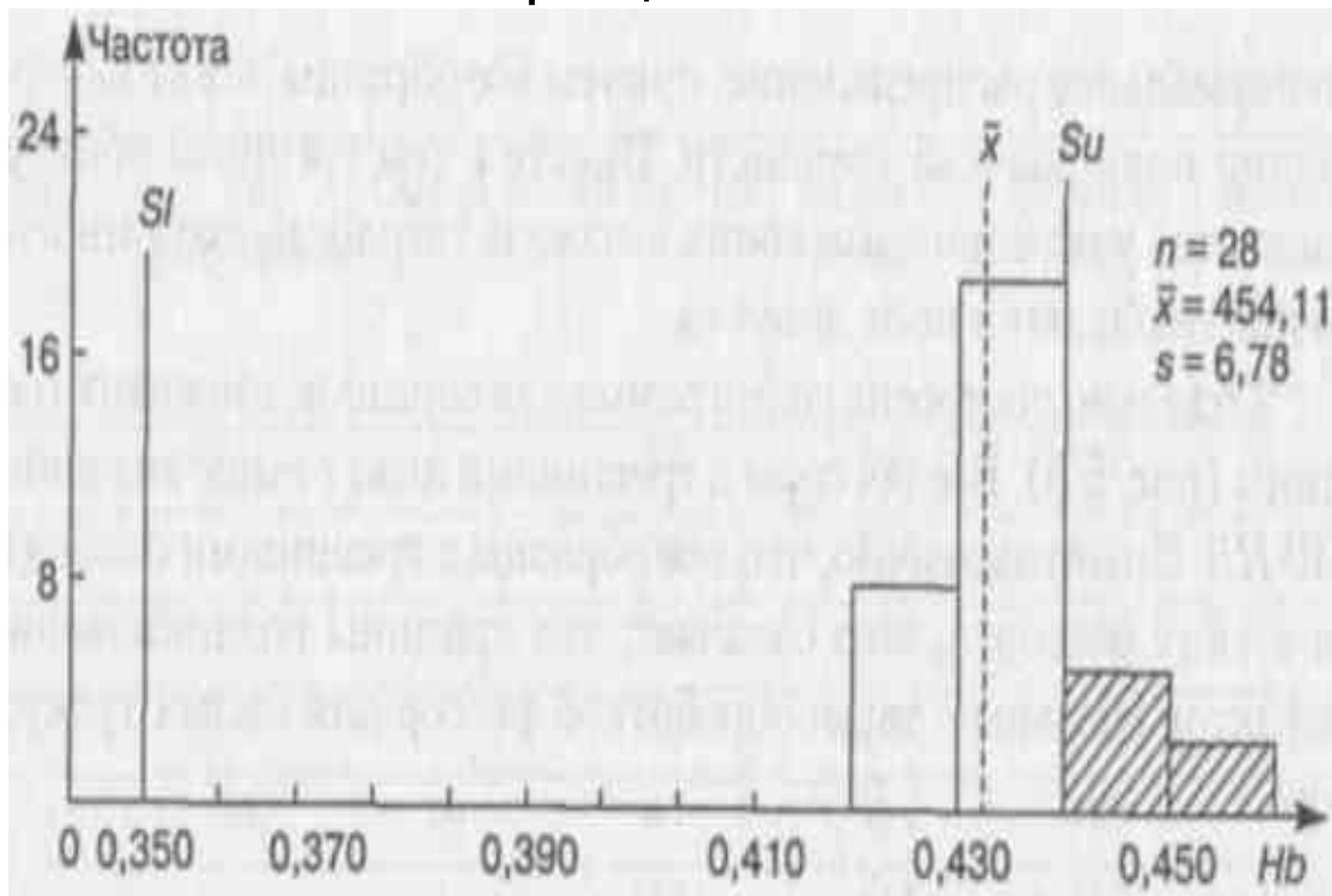


Гистограмма для образцов,

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 .*

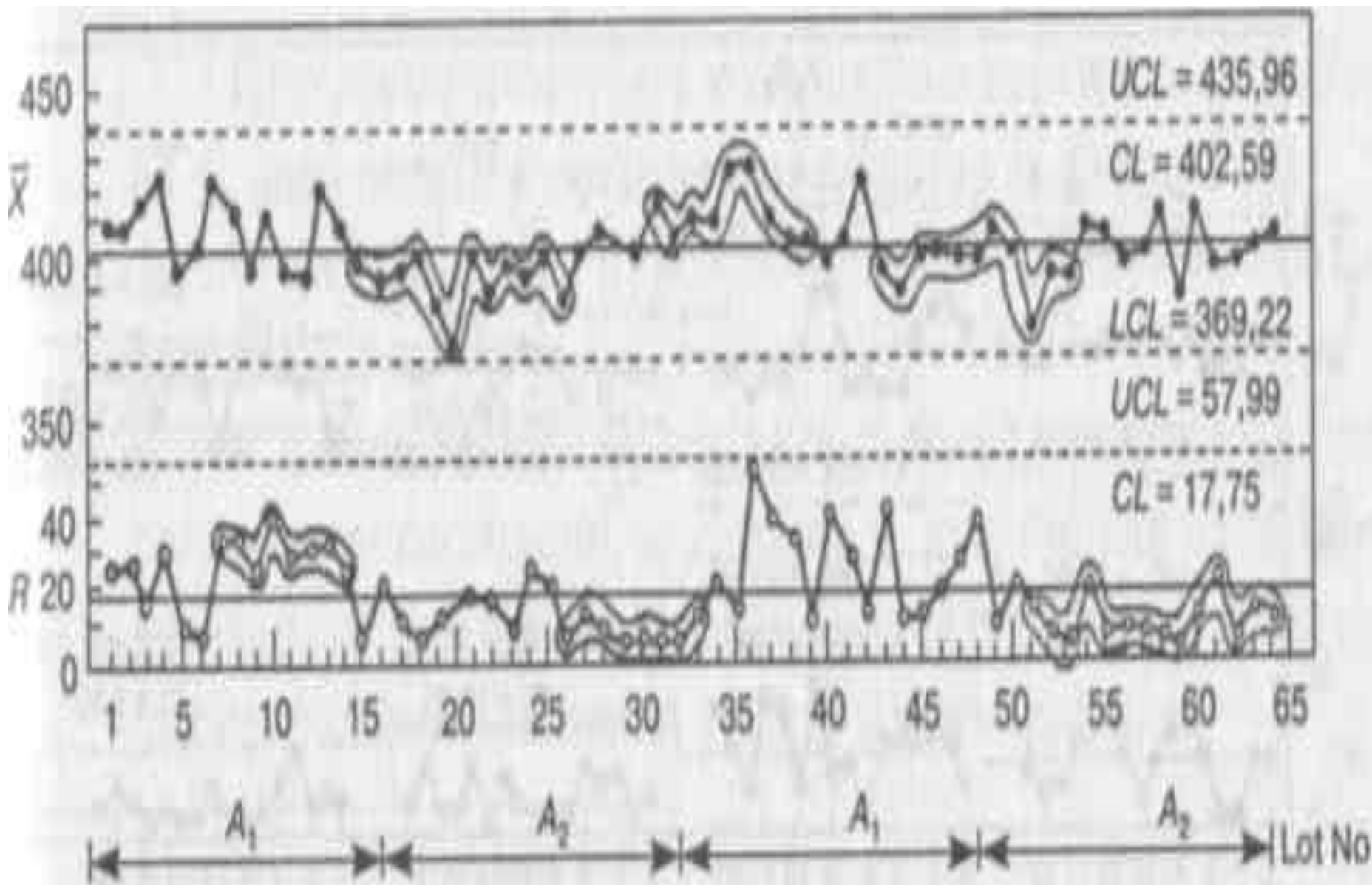
Рис. *5.6. Гистограмма для образцов с трещинами



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*:

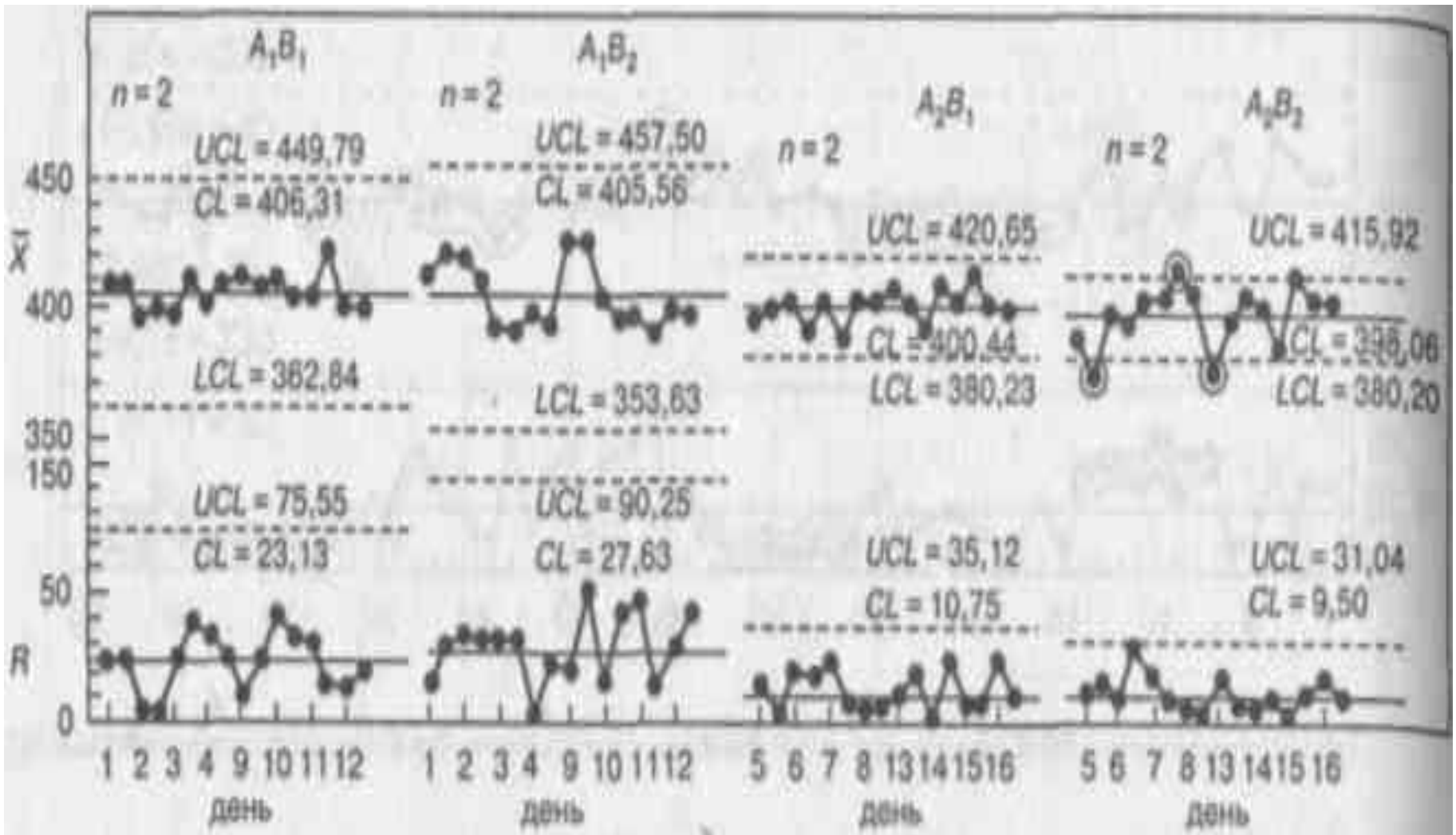
- относительно велика для деталей типа A_1 ;
- относительно мала для деталей типа A_2 .

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



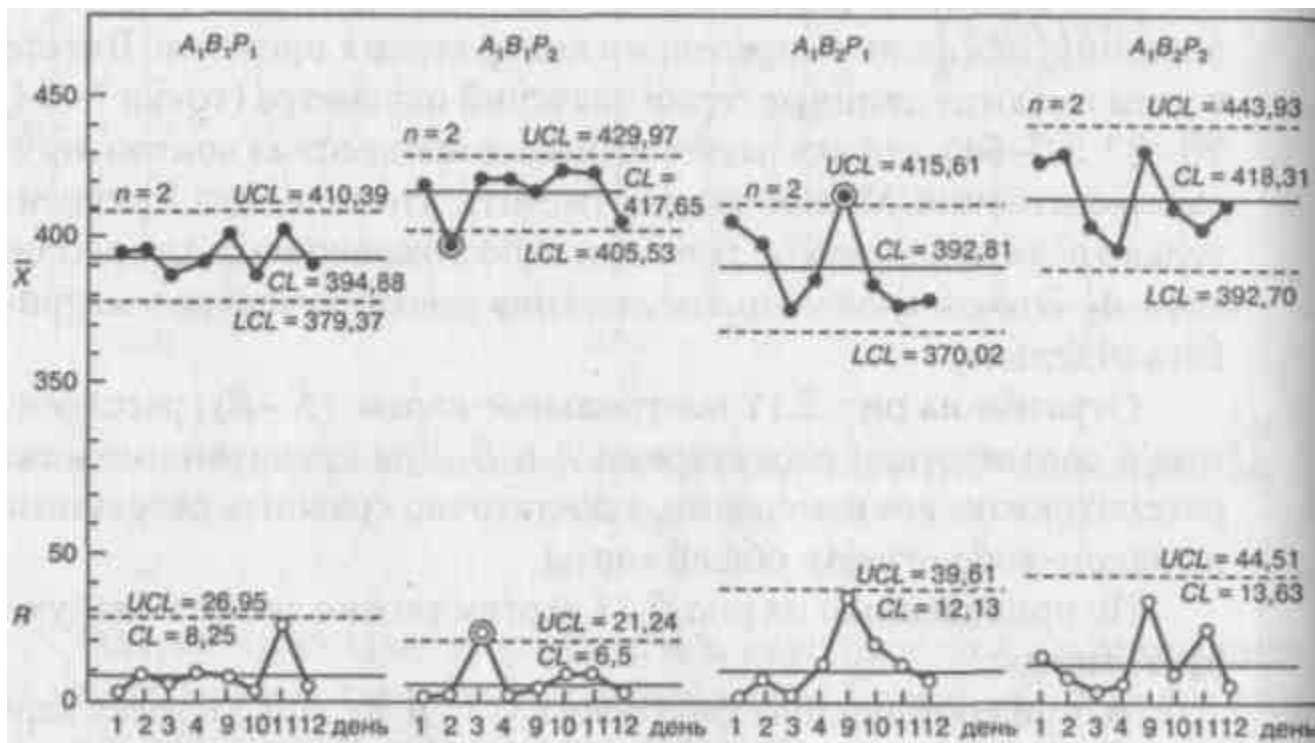
Выводы:

- **■** 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;

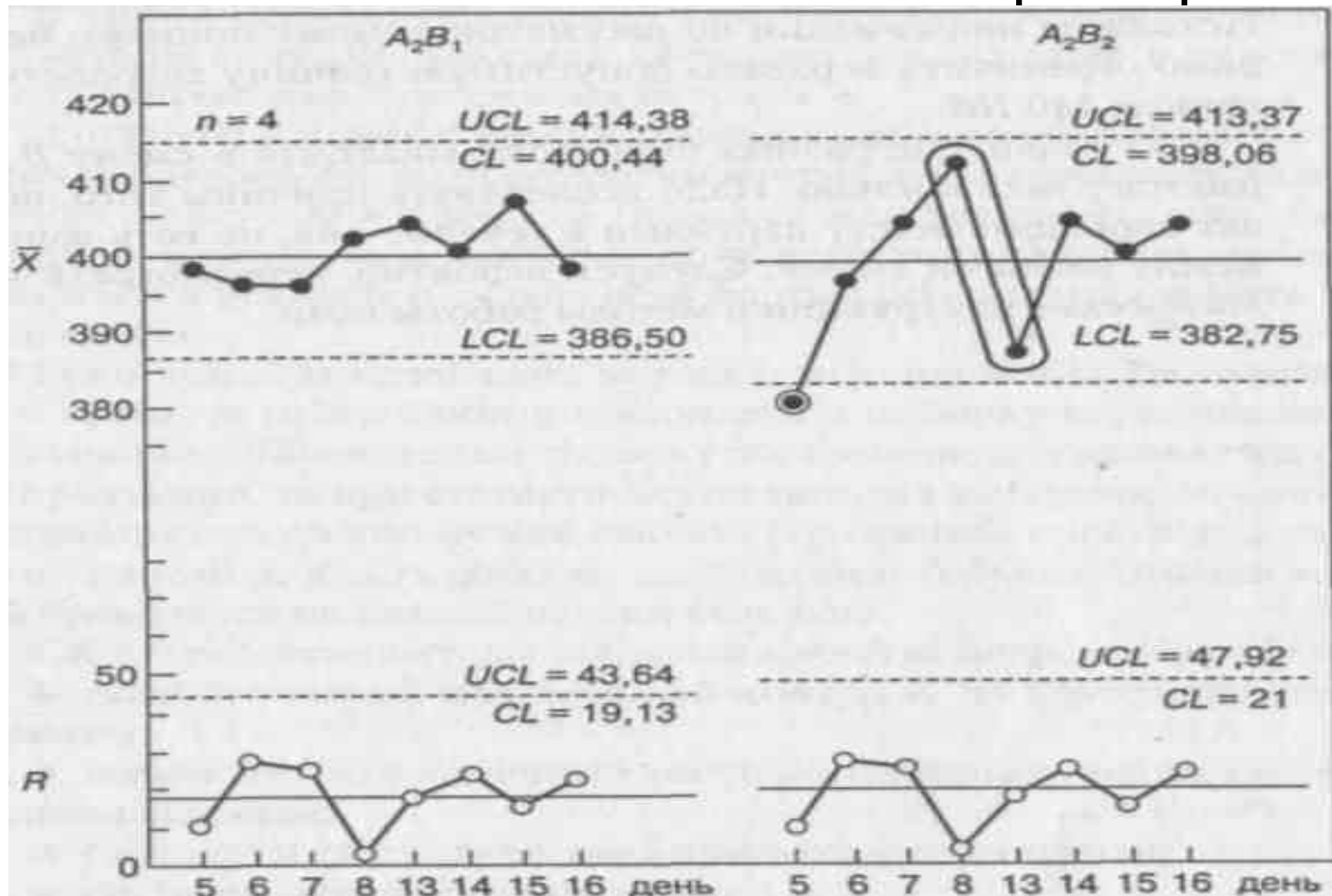
Выводы:

- ■ 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