

**Анализ качества
технологических
процессов с помощью
гистограмм**

Гистограмма

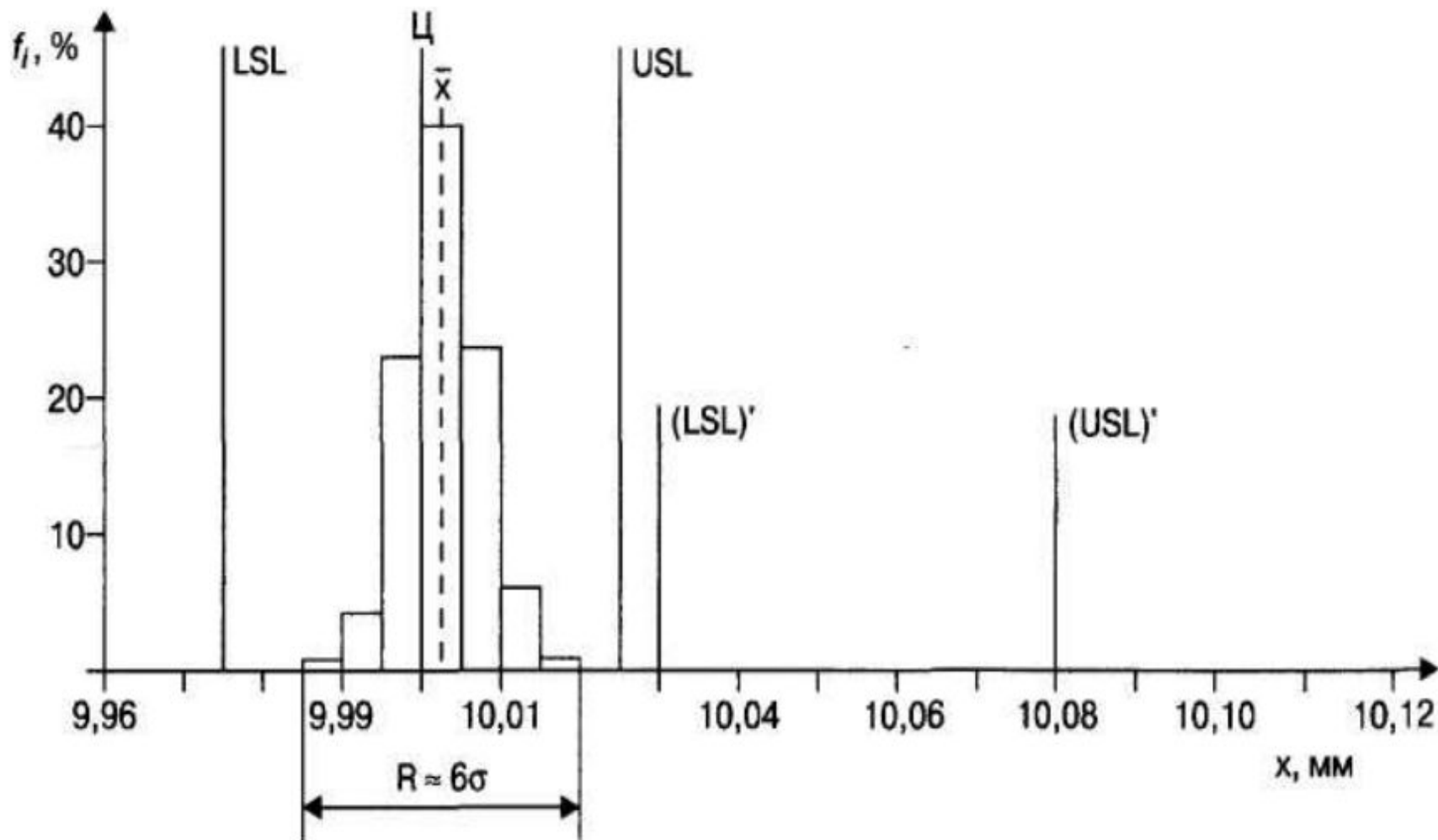
Гистограммы – это разновидность столбчатых диаграмм, показывающая распределение частот исследуемых показателей в различных диапазонах значений.

Гистограмма отображается серией столбиков одинаковой ширины, но разной высоты. Ширина столбика представляет интервал в диапазоне измерений. Высота столбика представляет количество измерений, попавших в данный интервал

Гистограмма позволяет зрительно оценить:

- закон распределения статистических данных;
- величину разброса данных;
- принять решение о том, на чем следует сфокусировать внимание для целей улучшения процесса.

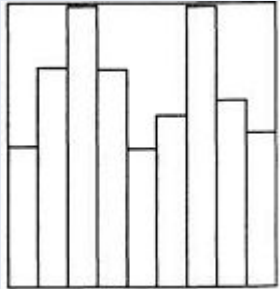
Пример гистограммы



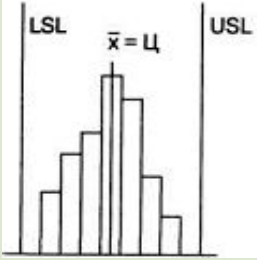
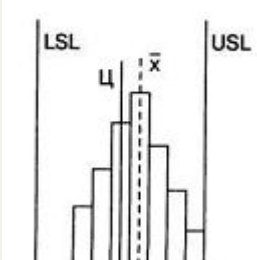
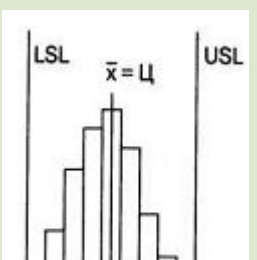
Типовые формы гистограмм

Форма	Описание	Вид	Где встречается
Обычная форма	Среднее значение гистограммы приходится на середину размаха данных. Наивысшая частота оказывается в середине и постепенно снижается к обоим концам. Форма симметрична.		Форма встречается чаще всего
Гребенка	Интервалы через один имеют более низкие (высокие) частоты.		Форма встречается, когда число единичных наблюдений, попадающих в интервал, колеблется от интервала к интервалу или когда действует определенное правило округления данных

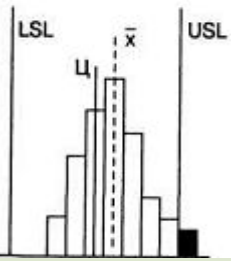
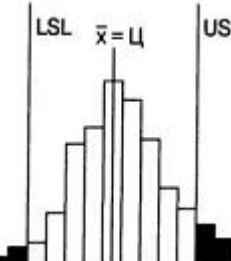
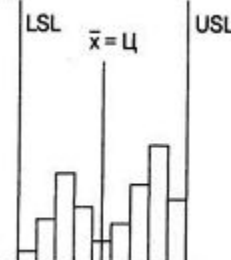
Типовые формы гистограмм

<p>Плато (равномерное или прямоугольное распределение)</p>	<p>Частоты в разных интервалах образуют плато, поскольку все интервалы имеют более или менее одинаковые ожидаемые частоты.</p>		<p>Форма встречается в смеси нескольких распределений, имеющих различные средние значения</p>
<p>Двухпиковый (бимодальный) тип</p>	<p>В окрестностях центра диапазона данных частота низкая, зато есть по пику с каждой стороны</p>		<p>Форма встречается, когда смешиваются два распределения с далеко отстоящими средними значениями</p>

Анализ качества процессов с помощью гистограмм

Форма	Анализ формы
	<p>Левая и правая стороны гистограммы симметричны, форма гистограммы удовлетворительна. Ширина гистограммы составляет $\sim 3/4$ поля допуска (что соответствует $P_p \approx 1,33$), т.е. в поле допуска имеется достаточный запас. Поскольку центр распределения и центр C поля допуска совпадают (что соответствует $k \approx 0$ и $P_{pk} \approx 1,33$), то качество партии деталей находится в удовлетворительном состоянии. Технологическая операция не нуждается в корректировке.</p>
	<p>Гистограмма сдвинута вправо. В связи с этим имеется опасение, что среди деталей могут находиться некондиционные (выходящие за пределы допуска). В этом случае необходимо проверить, не вносят ли систематическую ошибку используемые средства измерения. Если средство измерения находится в удовлетворительном состоянии, следует продолжить изготовление деталей, отрегулировав технологическую операцию так, чтобы центр гистограммы совпадал с центром C поля допуска.</p>
	<p>Центр гистограммы расположен правильно, т.е. совпадает с центром поля допуска. Но, т.к. ширина гистограммы, характеризующая реальный разброс значений контролируемого показателя, совпадает с шириной поля допуска, имеется опасение, что со стороны верхнего и нижнего допуска могут появиться некондиционные детали. Чтобы сузить ширину гистограммы, необходимо принять меры для обследования технологической операции с точки зрения точности оборудования, условий обработки, технологической оснастки и т.д. Если это невозможно, рекомендуется расширить допуск, иначе требования к качеству деталей в данном случае являются трудно выполнимыми.</p>

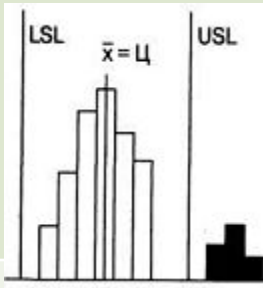
Анализ качества процессов с помощью гистограмм

Форма	Анализ формы
	<p>Центр гистограммы смещен, причем, выход одного интервала гистограммы за верхнюю границу допуска USL свидетельствует о наличии дефектных деталей. Кроме того, поскольку ширина гистограммы и ширина поля допуска почти одинаковы, необходимо срочно отрегулировать технологическую операцию, переместив центр гистограммы в центр поля допуска C, либо уменьшить ширину гистограммы, либо изменить допуск.</p>
	<p>Центр гистограммы совпадает с центром поля допуска, но так как ширина гистограммы превышает ширину поля допуска, то обнаруживаются детали несоответствующего качества, о чем свидетельствует выход гистограммы за обе стороны поля допуска. В этом случае целесообразно реализовать рассмотренные выше меры</p>
	<p>В гистограмме имеются два пика, хотя образцы деталей взяты из одной партии. Возможно, что исходный материал для деталей был двух разных сортов, либо в процессе изготовления деталей была изменена настройка оборудования, либо тем, что в одну партию включили детали, обработанные на двух разных станках. Следует провести расслоение гистограммы, т.е. разбить ее на две.</p>

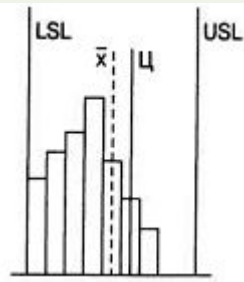
Анализ качества процессов с помощью гистограмм

Форма

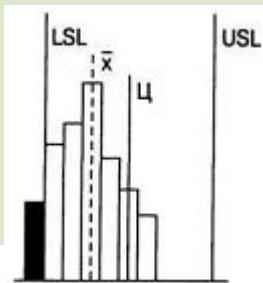
Анализ формы



Значительная часть деталей выходит за верхний предел допуска и, отделяясь, образует обособленный «островок». Детали в этом «островке», возможно, представляют часть тех деталей несоответствующего качества, которые вследствие небрежности были перемешаны с доброкачественными в общем потоке. Следует приняты меры для выяснения различных и внезапно возникающих обстоятельств, объясняющих причину этого явления.



Центр распределения смещен к нижнему пределу допуска. Так как левая сторона гистограммы на границе нижнего предела допуска имеет вид «отвесного берега», можно сделать заключение, что фактически это была партия, которую предварительно рассортировали из-за наличия в ней деталей несоответствующего качества в левой стороне гистограммы (т.е. выходящих за нижний предел допуска), или же детали несоответствующего качества левой стороны при выборочном контроле умышленно распределили как годные для включения в пределы допуска. Нужно выявить причину, которая могла повлечь за собой данное явление.



Случай, аналогичный предыдущему варианту. Возможно, что используемое измерительное средство было неисправно. В связи с этим необходимо обратить внимание на калибровку (поверку) измерительного средства, а также на повторное обучение правилам выполнения измерений.

Этапы построения гистограммы

1. Сбор статистических данных $x_i, i = 1, 2, \dots, N$, характеризующих ход процесса.

2. Вычисление диапазона данных

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

3. Определение количества интервалов n на гистограмме по формуле Стерджесса

$$n \approx 1 + 3,322 \lg N.$$

4. Определение ширины интервалов

$$h = R/n.$$

5. Определение границ интервалов.

6. Вычисление частот

$$f_i = (k_i/N)100\%.$$

7. Построение графика гистограммы.

Оценка основных характеристик качества процесса по гистограмме

1. Индекс пригодности процесса удовлетворять технический допуск (без учета положения среднего значения)

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \approx \frac{USL - LSL}{R}$$

LSL, USL – нижняя и верхняя границы поля допуска; μ – середина поля допуска (целевое значение)

$$\mu = (LSL + USL)/2$$

Среднее квадратичное отклонение

$$\sigma = S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Среднее арифметическое значение \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

□

2. Показатель настроенности процесса на целевое значение;

$$k = \frac{|\bar{x} - \mu|}{USL - LSL/2}$$

3. Индекс пригодности процесса удовлетворять технический допуск с учетом положений среднего значения \bar{x}

$$P_{pk} = P_p (1 - k)$$

Пример построения гистограммы

Этап 1

Контрольный листок 3.2

для сбора данных для построения гистограммы, характеризующей управляемость процесса производства валиков

Дата 01.03.99 г. Наименование продукции Валик Пр 21/02-01

Участок 3 Цех 17

Интервалы размеров	Количество деталей, попадающих в интервал	Количество K_j , шт.
9,975... 9,980		0
9,980... 9,985		0
9,985... 9,990	/	1
9,990... 9,995	////	4
9,995... 10,000		20
10,000... 10,005		35
10,005... 10,010		21
10,010... 10,015	/	6
10,015... 10,020	/	1
10,020... 10,025		0
Итого:		88
Рабочий _____	С. С. Сидоров	
(подпись)	(Ф.И.О.)	

Пример построения гистограммы

2. Вычисление выборочного размаха для $x_{\max} = 10,020$ мм,
 $x_{\min} = 9,985$ мм

$$R = x_{\max} - x_{\min} = 10,020 - 9,985 = 0,035 \text{ мм} = 35 \text{ мкм.}$$

3. Определение количества интервалов n по формуле Стерджесса для $N = 88$

$$n \approx 1 + 3,322 \lg N = 1 + 3,322 \lg 88 = 7,46 \approx 7.$$

4. Определение ширины интервалов

$$h = R/n = 0,035 / 7 = 0,005 \text{ мм} = 5 \text{ мкм.}$$

5. Определение границ интервалов

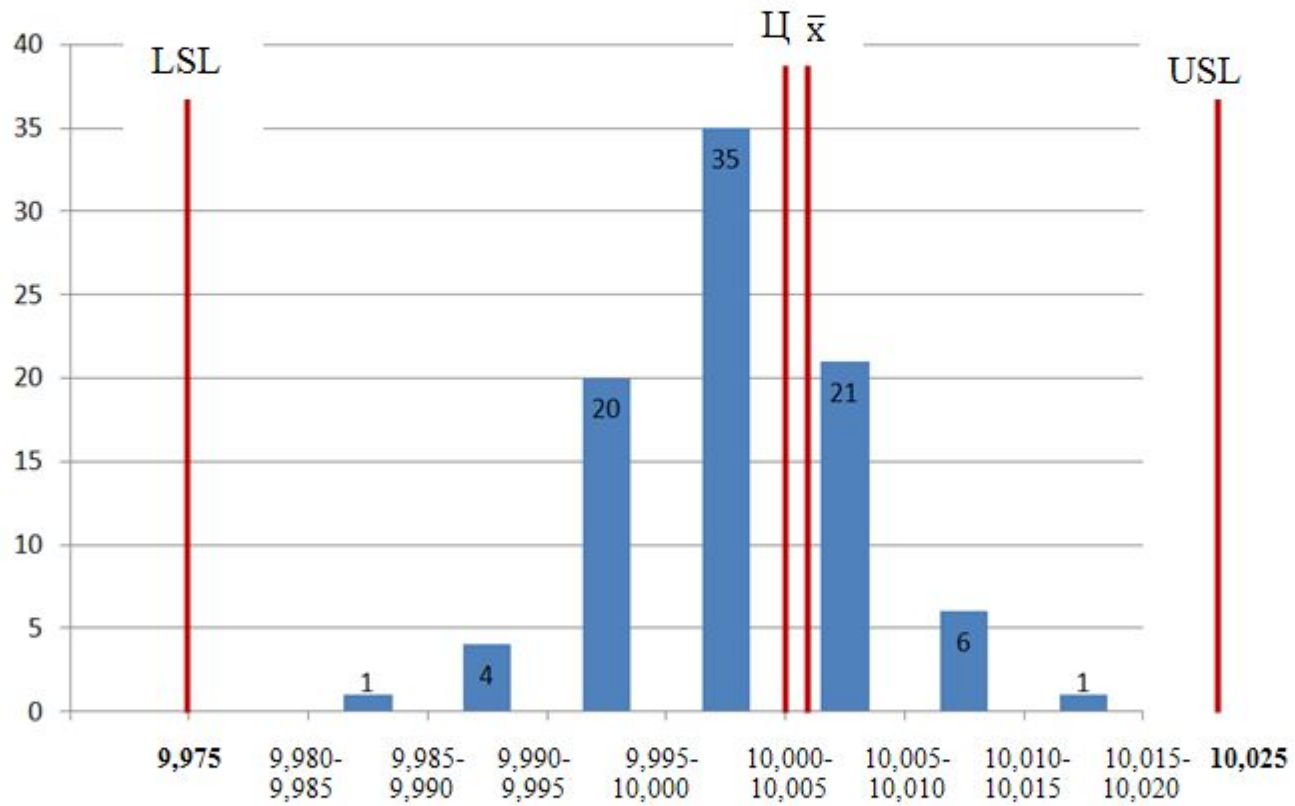
9,985-9,990; 9,990-9,995; 9,995-10,000; 10,000-10,005;
10,005-10,010; 10,010-10,015; 10,015-10,020 (мм)

6. Вычисление частот

$f_i = (k_i/N)100\%$ для $k_1 = 1$; $k_2 = 4$; $k_3 = 20$; $k_4 = 35$; $k_5 = 21$; $k_6 = 6$; $k_7 = 1$;

$f_1 = 1,14$; $f_2 = 4,55$; $f_3 = 22,73$; $f_4 = 33,76$; $f_5 = 23,86$; $f_6 = 6,82$;
 $f_7 = 1,14$

Пример построения гистограммы



Вычисление индекса пригодности процесса удовлетворять технический допуск

$LSL = 9,975$ мм; $USL = 10,025$ мм; $\underline{Ц} = (LSL + USL)/2 = (10,025 + 9,975) / 2 = 10,000$ мм;

Среднее арифметическое значение \bar{x} результатов наблюдений x_i

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = 10,0025 \text{ мм};$$

Размах результатов наблюдений равен ширине основания гистограммы $R \approx 6\sigma = 0,035$ мм.

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \approx \frac{USL - LSL}{R} = \frac{10,025 - 9,975}{0,035} \approx 1,43;$$

Допустим, что $(LSL)' = 10,03$ мм, $(USL)' = 10,08$ мм, тогда

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \approx \frac{(USL)' - (LSL)'}{R} = \frac{10,08 - 10,03}{0,035} \approx 1,43$$

Ни одно изделие не попадает в пределы границ поля допуска.

$P_p \approx 1,43$, что не учитывает смещение центра \bar{x} случайного распределения размеров деталей относительно середины поля допуска $\underline{Ц}$.

Вычисление показателя k и индекса P_{pk}

Показатель настроенности процесса на целевое значение

$$k = \frac{|10,0025 - 10,0000|}{10,025 - 9,975/2} = 0,1.$$

характеризует смещение гистограммы относительно середины поля допуска \bar{x}

Индекс пригодности процесса удовлетворять технический допуск с учетом положения среднего значения \bar{x}

$$P_{pk} = 1,43 \cdot (1 - 0,1) \approx 1,29$$

наиболее полно характеризует качество протекания процесса.