
ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Технология машиностроения
Лекция 1

Содержание

1. Основные понятия в области точности обработки
2. Статистические методы оценки точности обработки
3. Аналитический метод оценки точности обработки
4. Погрешность настройки станка

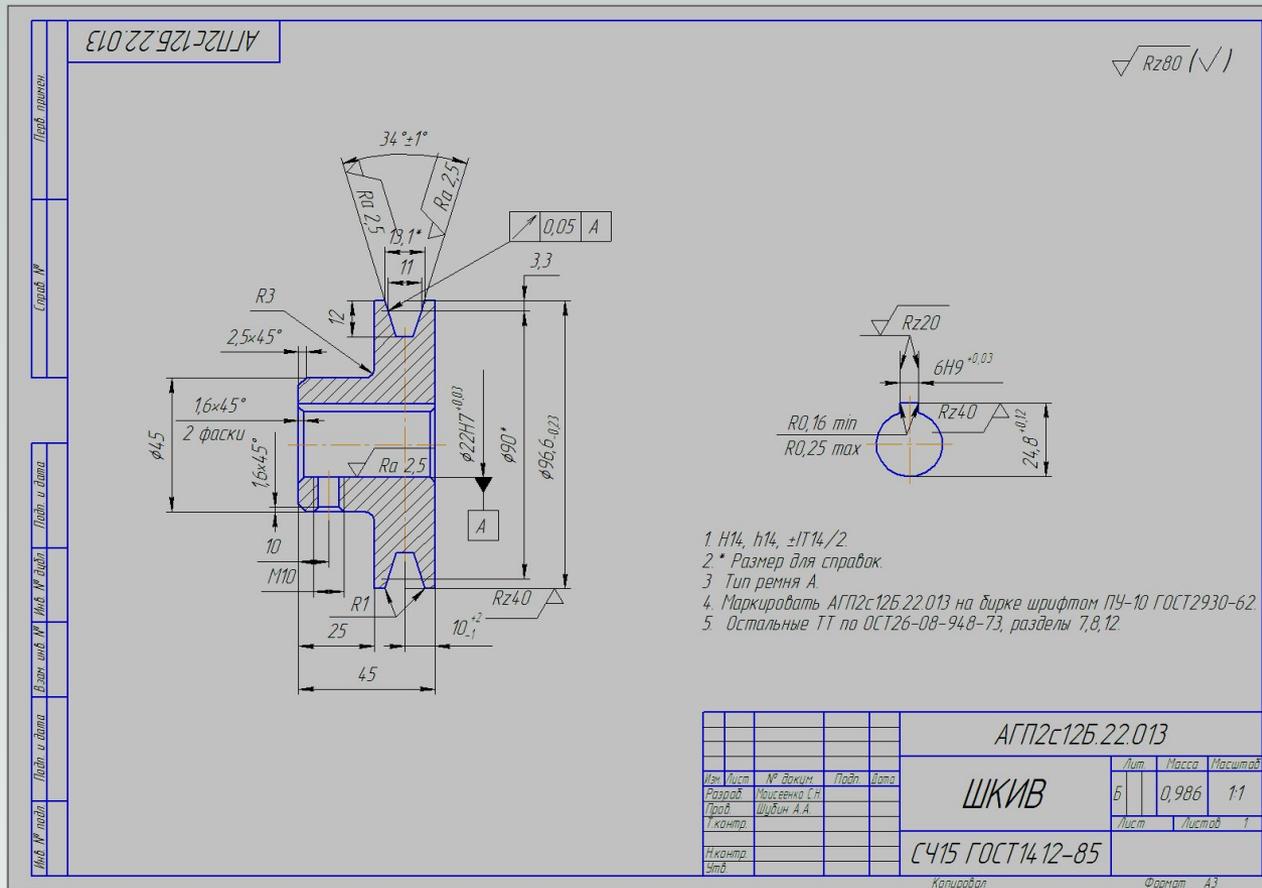
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Определение точности обработки

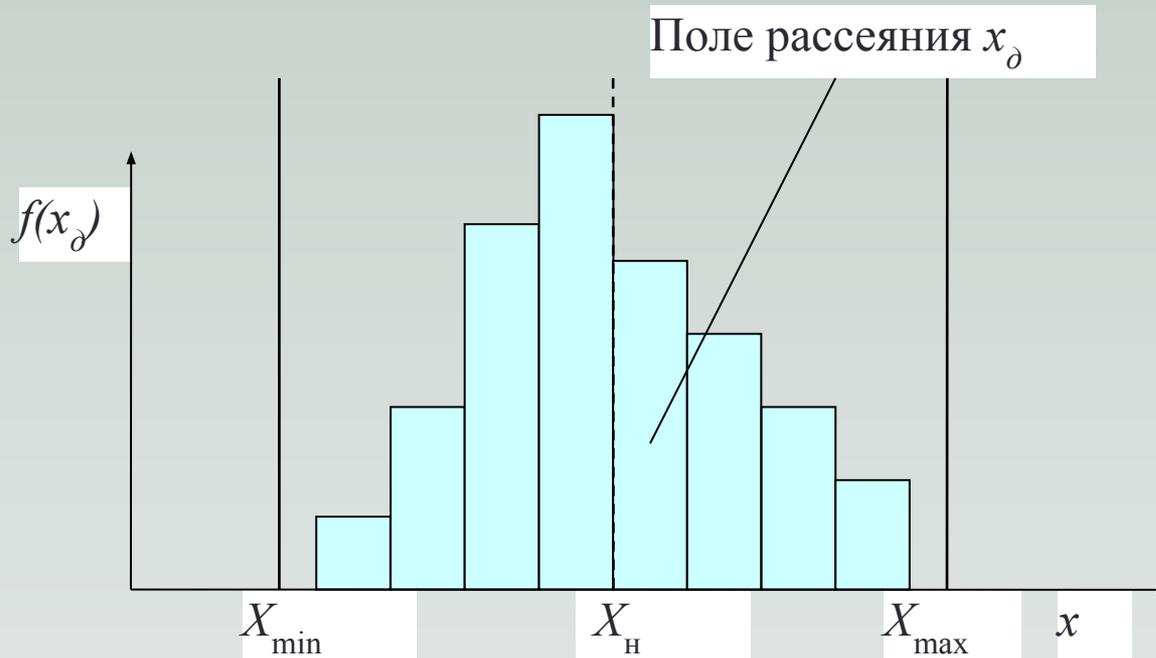
Под точностью обработки в машиностроении понимается степень приближения

- ❑ размеров,
 - ❑ формы,
 - ❑ взаимного расположения,
 - ❑ шероховатости
- поверхностей детали к значениям, заданным по чертежу.

Пример рабочего чертежа детали с указанием допусков



Сопоставление поля допуска параметра точности с полем рассеяния



X_n – номинальное значение параметра точности;

X_{\min}, X_{\max} – границы поля допуска;

x_d – действительный размер

Погрешность обработки (Δx) в абсолютном выражении

$$\Delta x = X_n - x_0, \text{ мкм}$$

X_n – номинальное значение параметра точности

x_0 – текущее действительное значение параметра точности

Погрешность обработки имеет систематические и случайную составляющие

- систематические составляющие изменяются по определенному закону, который можно установить, и, при необходимости, вводить соответствующие поправки
- случайная составляющая является результатом воздействия многих факторов и ее величину предсказать нельзя (но можно определить вероятностные характеристики)

Основные систематические погрешности механической обработки

- $\varepsilon_{\text{уст}}$ - погрешность установки заготовки;
- $\Delta_{\text{настр}}$ - погрешность настройки станка;
- $\Delta_{\text{ст}}$ - погрешность станка;
- $\Delta_{\text{у}}$ - погрешность от упругих деформаций технологической системы;
- $\Delta_{\text{и}}$ - погрешность от износа режущего инструмента;
- $\Delta_{\text{т}}$ - температурная погрешность;
- $\Delta_{\text{ост}}$ - погрешность от остаточных напряжений в материале заготовок

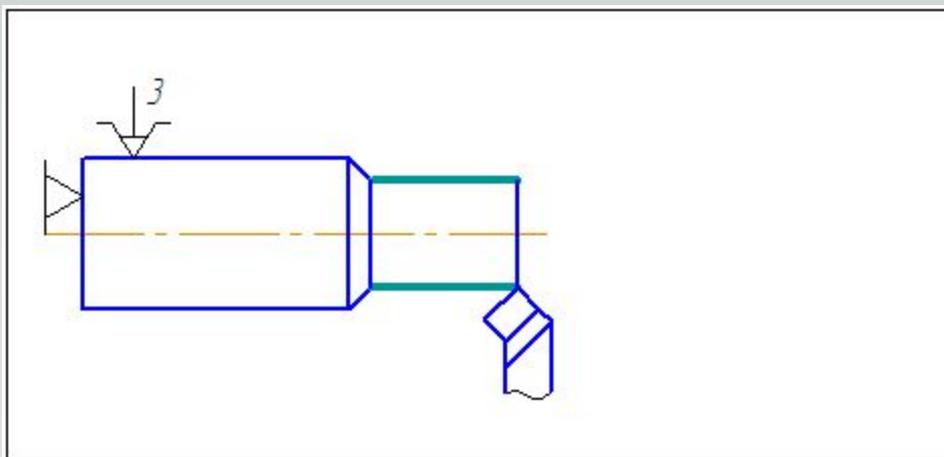
Методы достижения точности

Заданной точности обработки можно достигнуть

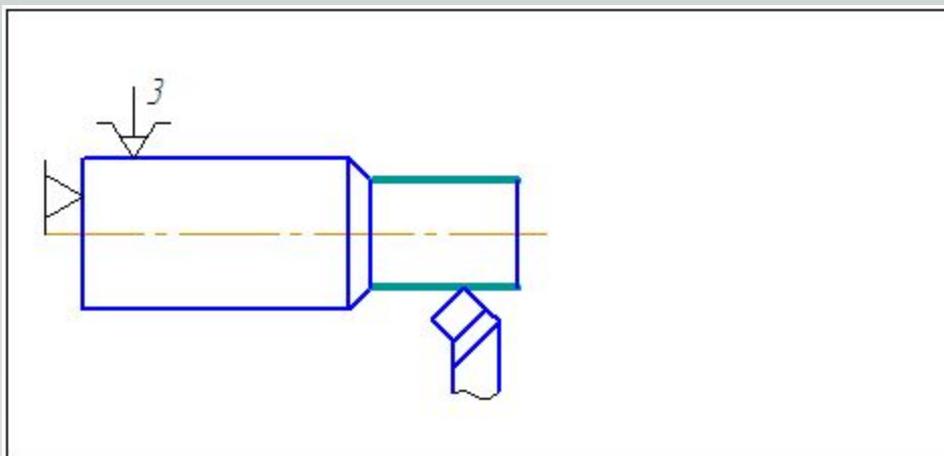
- методом пробных проходов;
- обработкой на настроенных станках.

Степень влияния погрешностей на точность обработки зависит от метода достижения точности.

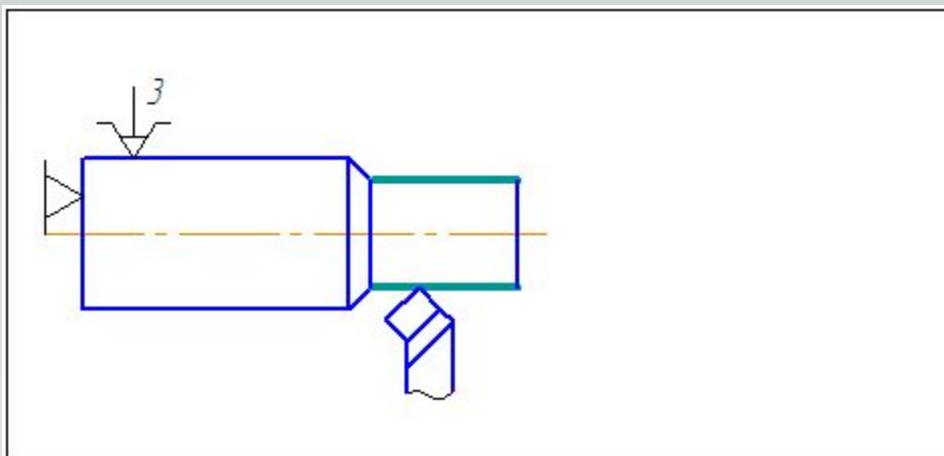
Метод пробных проходов



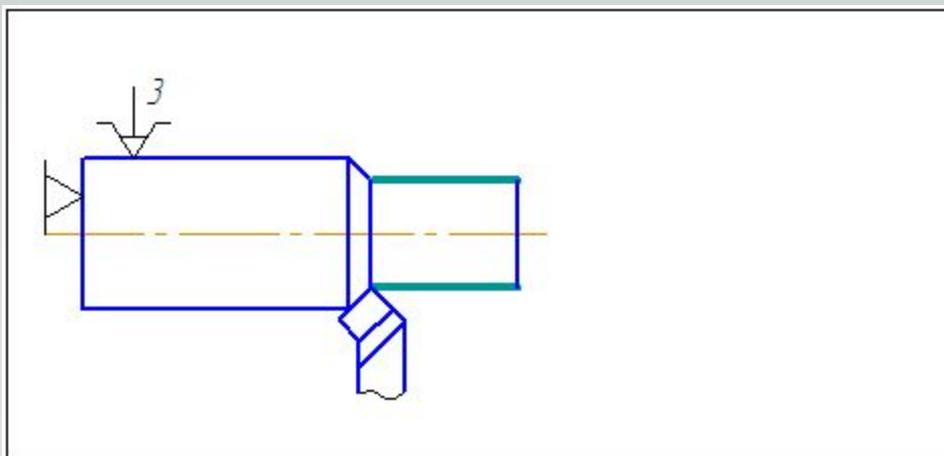
Метод пробных проходов



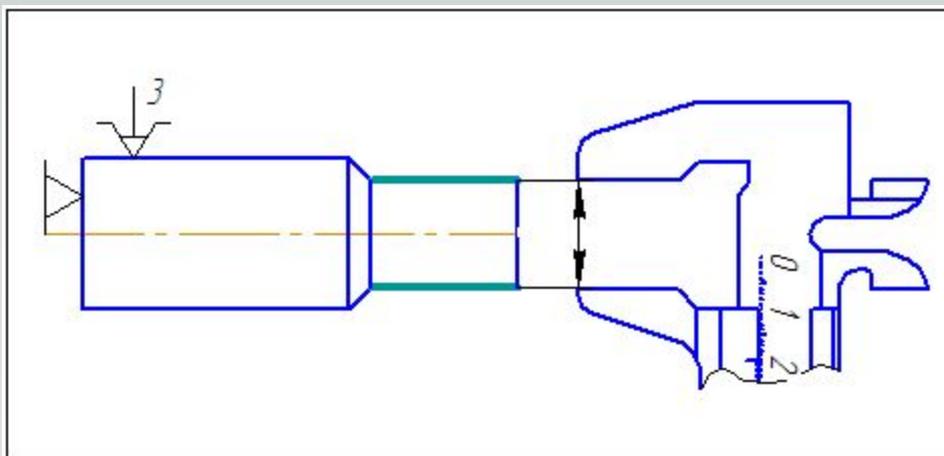
Метод пробных проходов



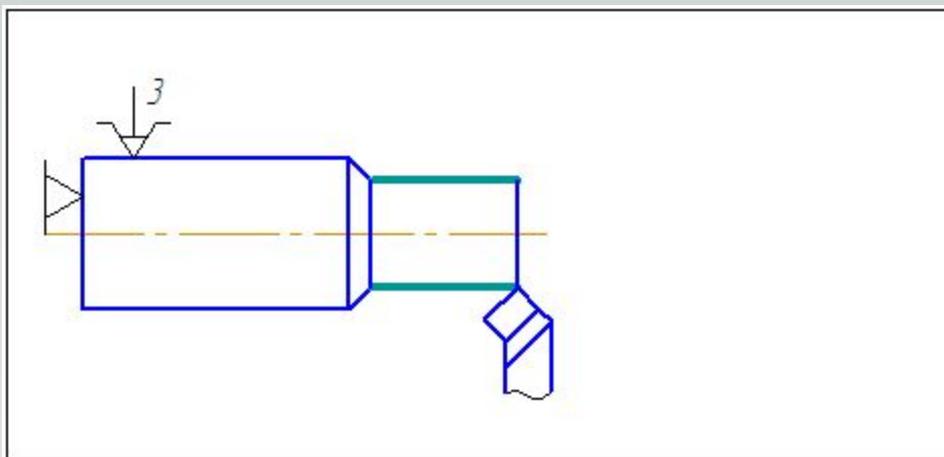
Метод пробных проходов



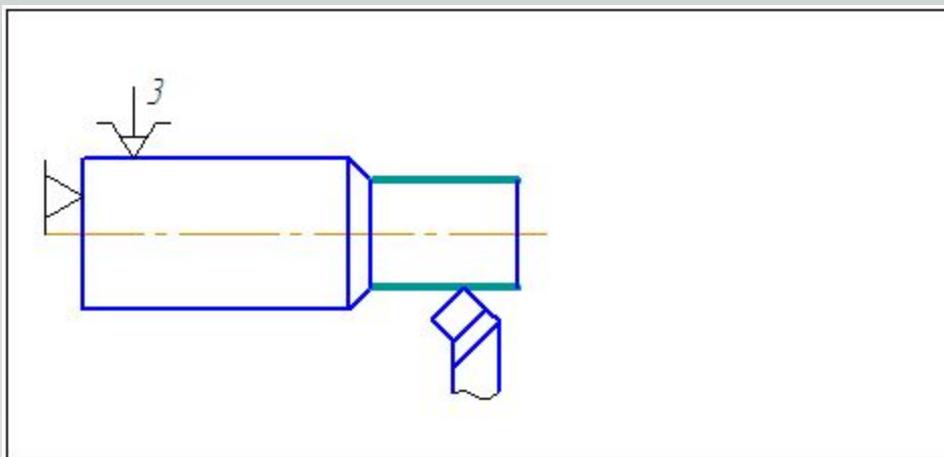
Метод пробных проходов



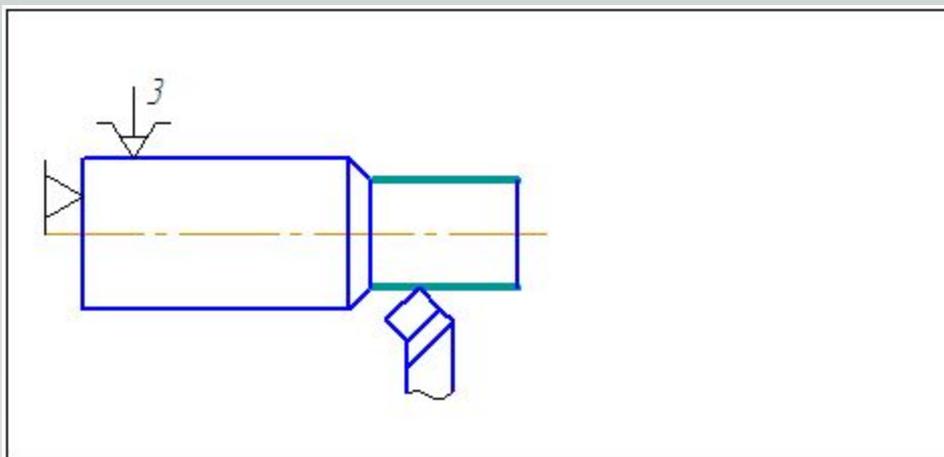
Метод пробных проходов



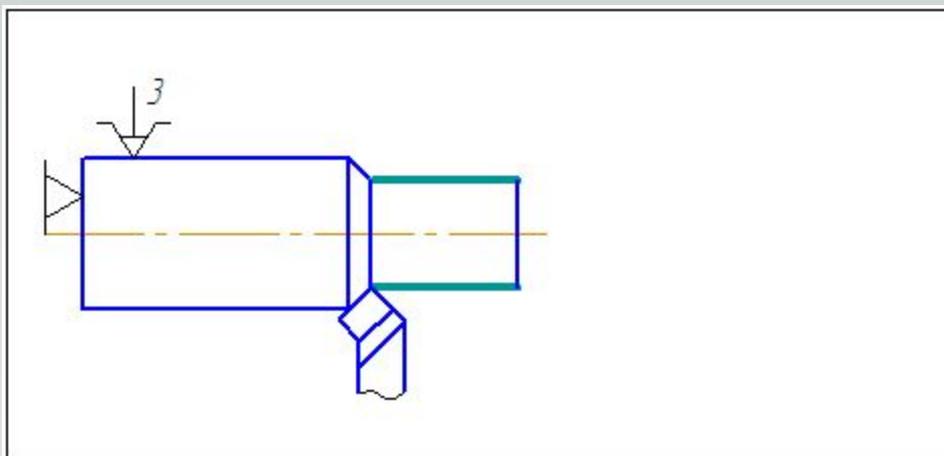
Метод пробных проходов



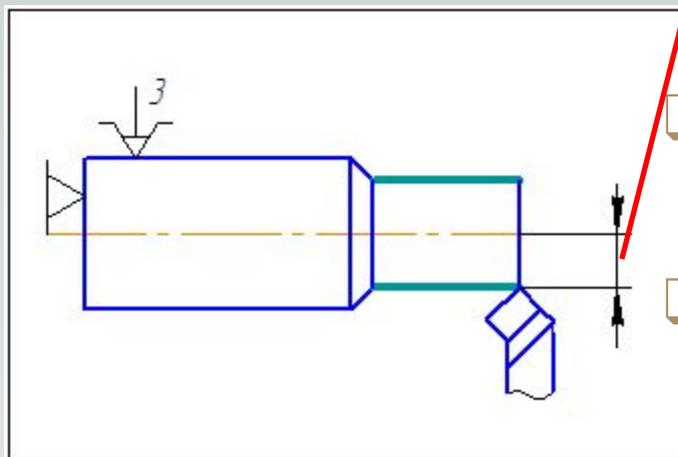
Метод пробных проходов



Метод пробных проходов



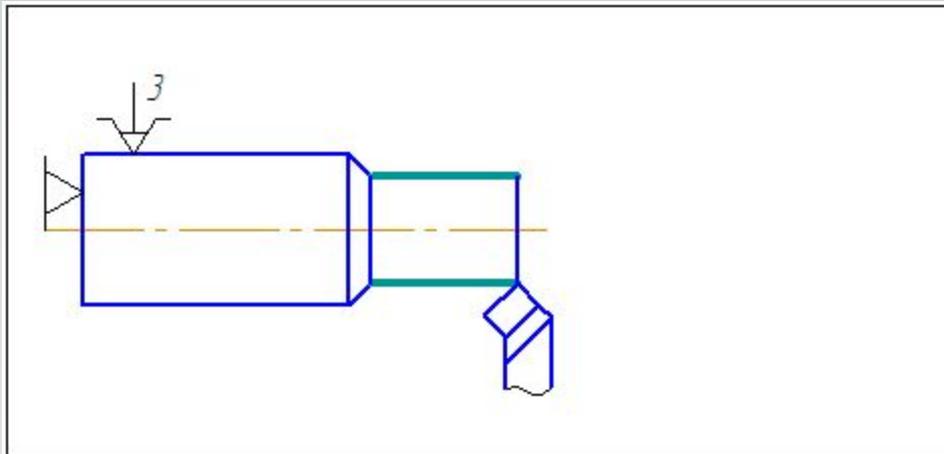
Обработка на настроенных станках



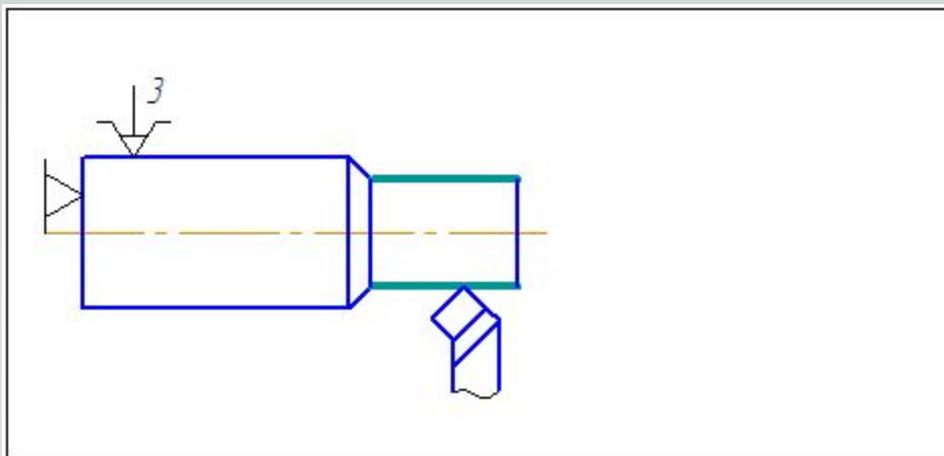
Настройка одним из трех способов:

- методом пробных проходов
- по эталонной детали
- инструмента вне станка

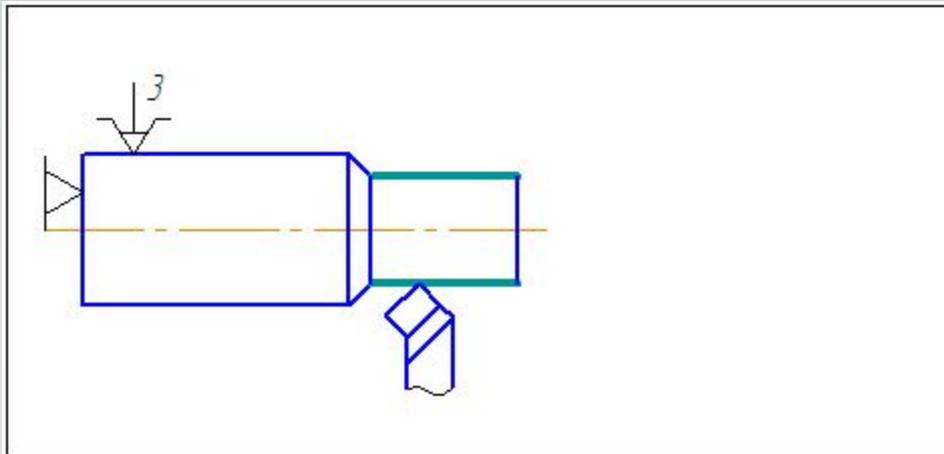
Обработка на настроенных станках



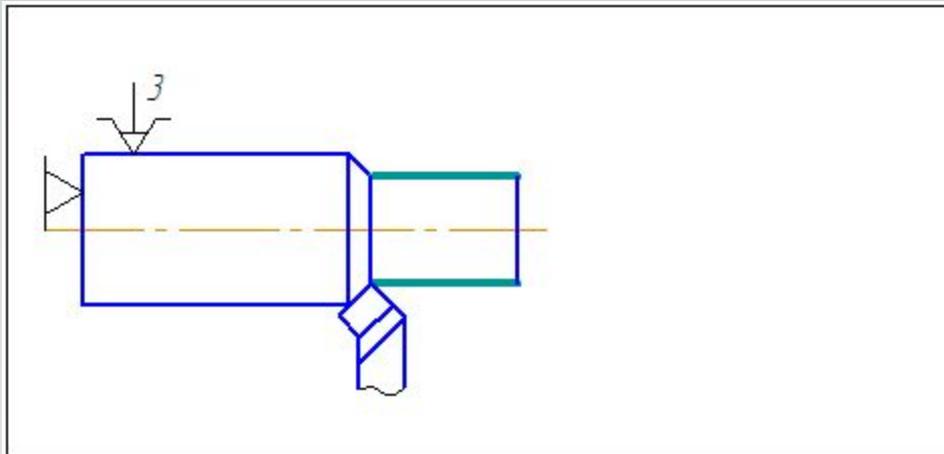
Обработка на настроенных станках



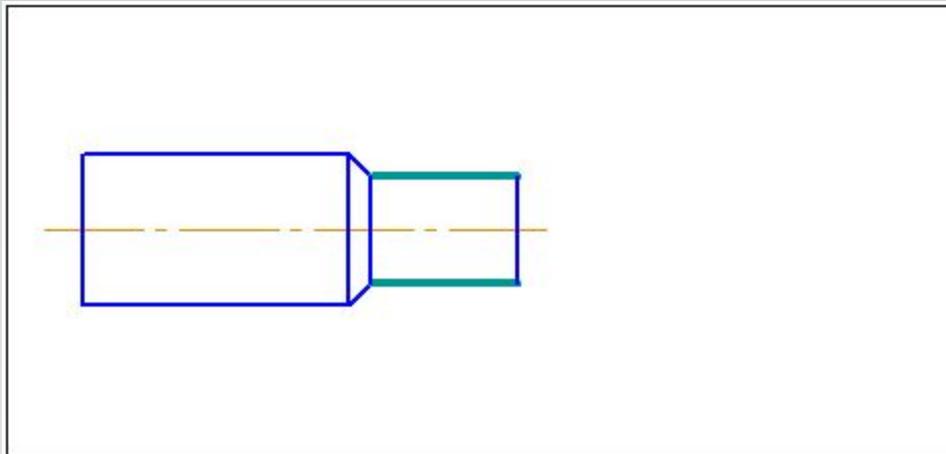
Обработка на настроенных станках



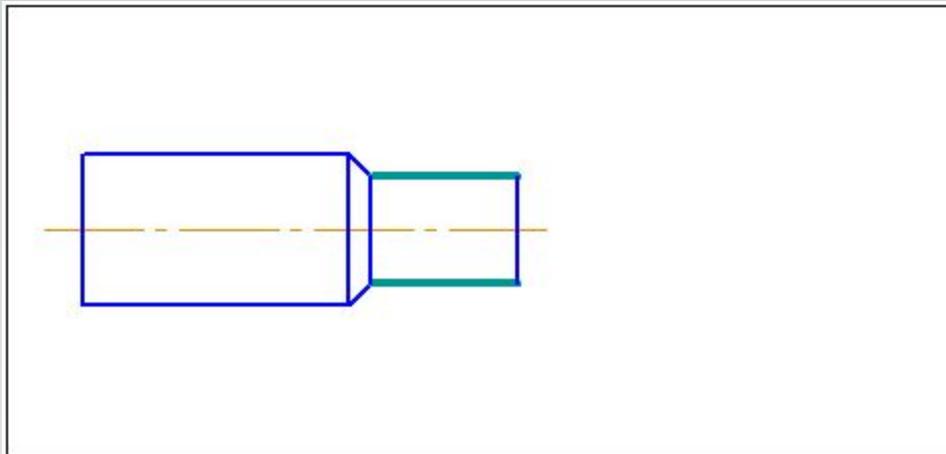
Обработка на настроенных станках



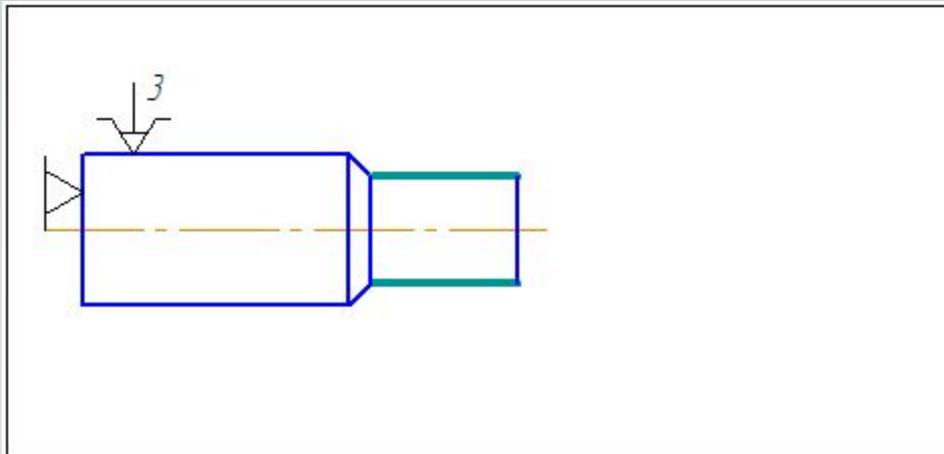
Обработка на настроенных станках



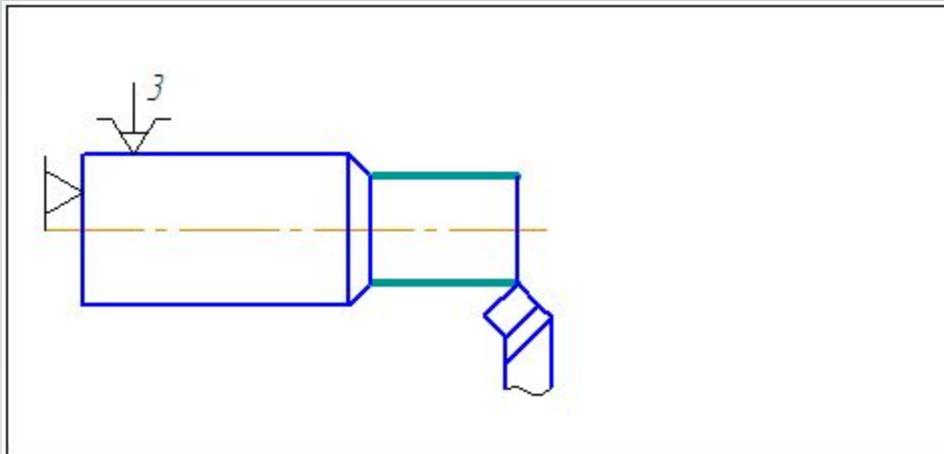
Обработка на настроенных станках



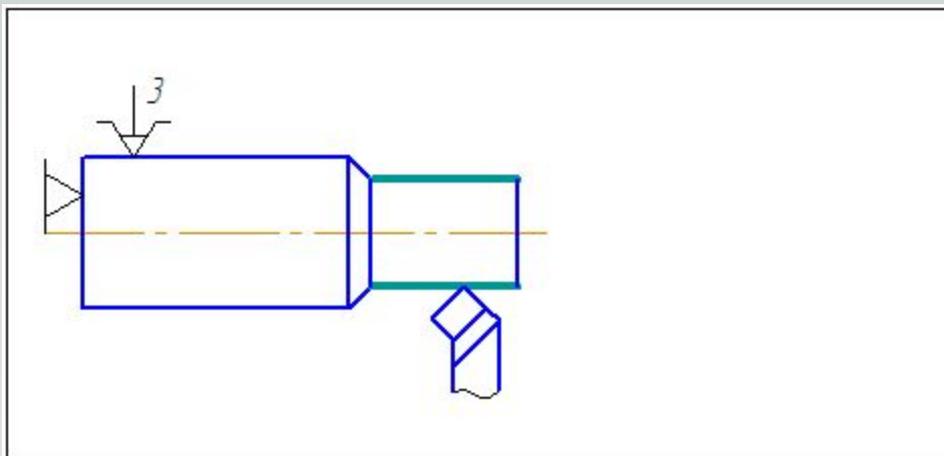
Обработка на настроенных станках



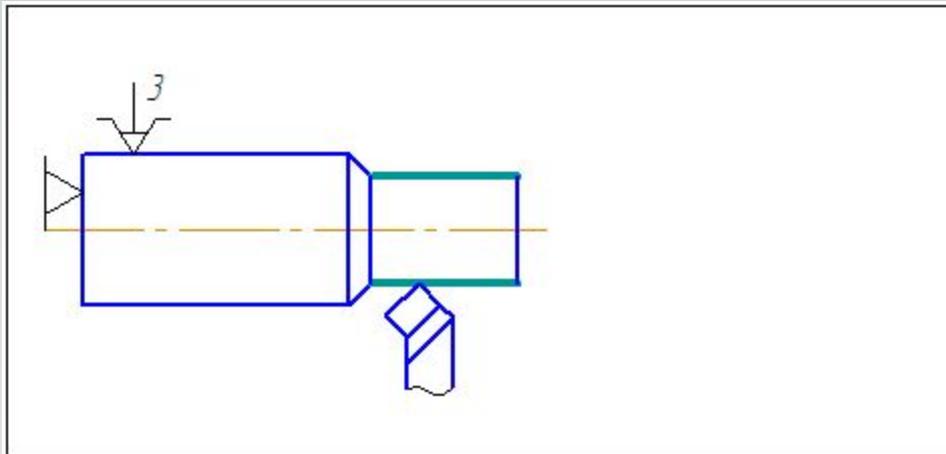
Обработка на настроенных станках



Обработка на настроенных станках



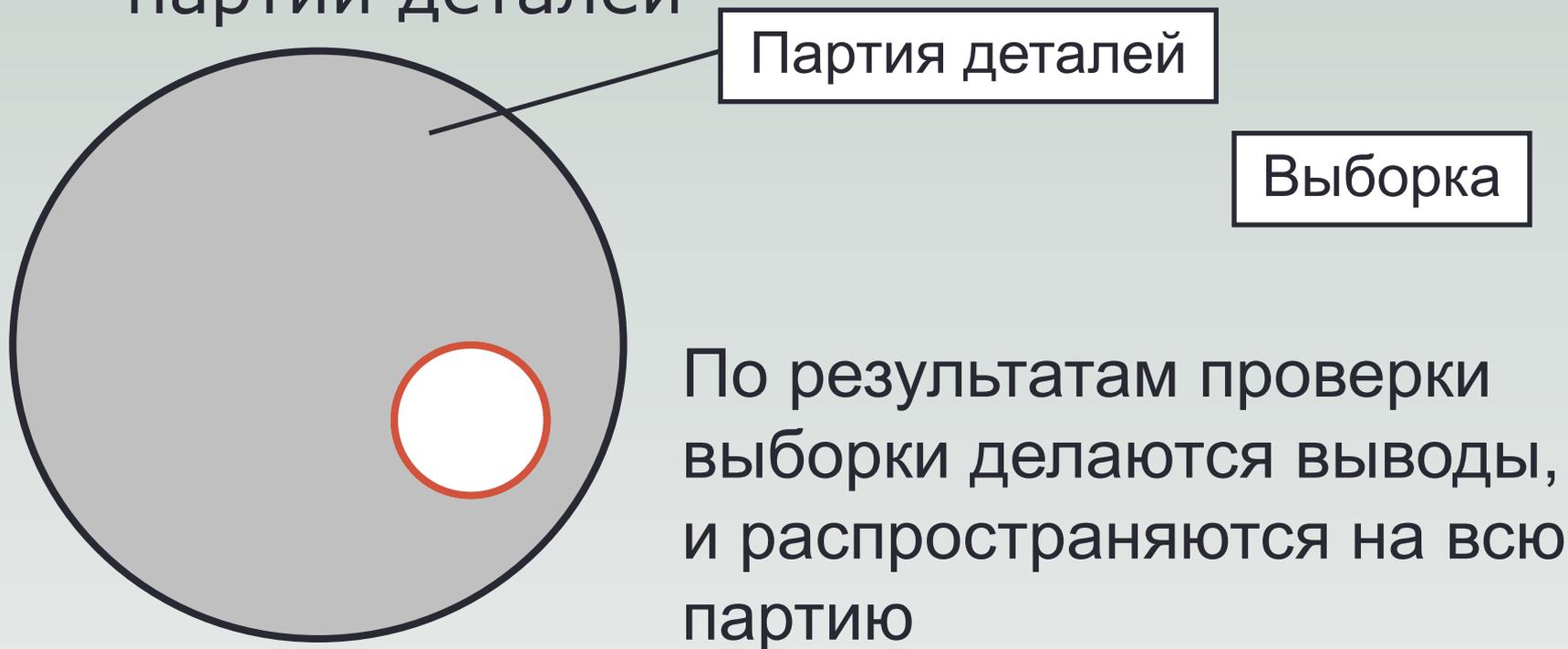
Обработка на настроенных станках



СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Статистические методы оценки точности обработки

Основаны на применении выборок из партии деталей



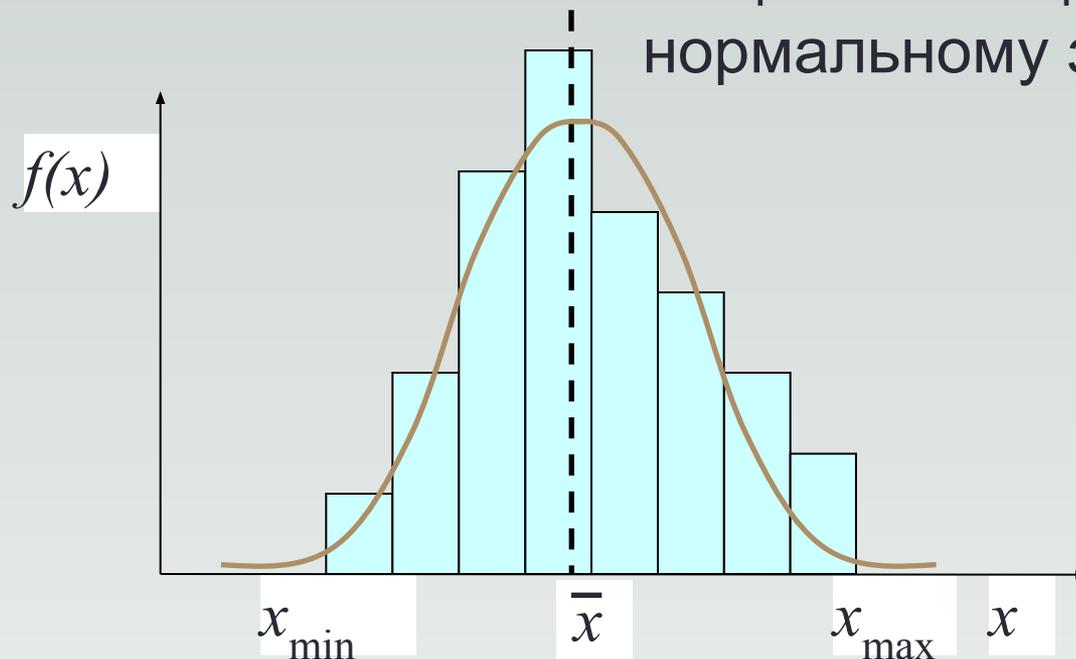
Объем выборки:

- 50...250 – позволяет определить закон распределения
- 15...30 – позволяет определить параметры известного закона распределения
- до 10 – применяется для построения диаграмм для управления процессами

Закон распределения размеров обработанных заготовок

Экспериментально установлено, что размеры обработанных заготовок (x)

чаще всего подчиняются нормальному закону распределения

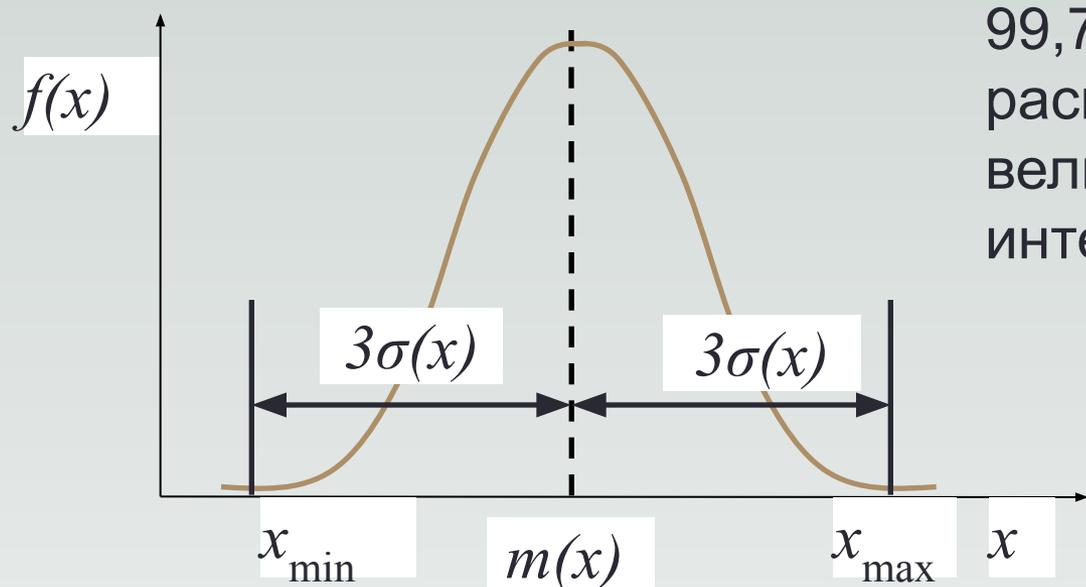


Свойства нормального закона распределения

Нормальный закон распределения имеет параметры:

$m(x)$ – математическое ожидание (МО);

$\sigma(x)$ – среднее квадратическое отклонение (СКО)



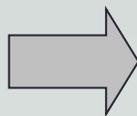
99,7% значений нормально распределенной случайной величины находятся в интервале:

$$m(x) \pm 3\sigma$$

Статистические оценки параметров нормального закона распределения

На практике вместо параметров нормального закона распределения используются их статистические оценки:

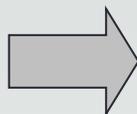
$m(x)$ – (МО)



среднее арифметическое

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

$\sigma(x)$ – (СКО)



оценка СКО

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

Статистическая оценка точности обработки

Для статистической оценки точности обработки может применяться

индекс воспроизводимости процесса:

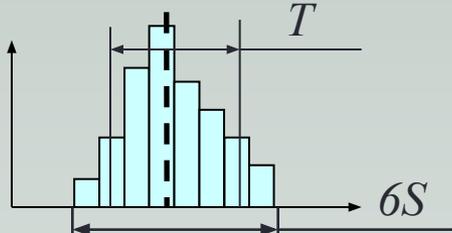
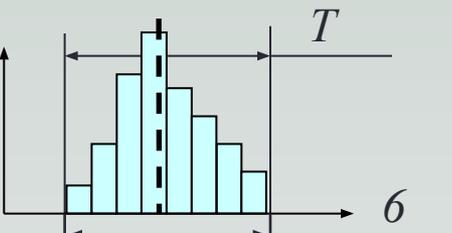
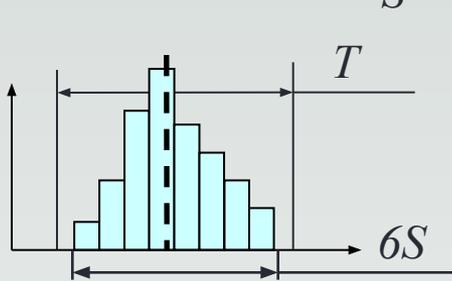
$$C_p = \frac{T}{k \sigma}$$

где T – допуск на оцениваемый параметр;

σ – оценка СКО процесса;

k – числовой коэффициент, зависящий от закона распределения параметра (для нормального закона $k = 6$)

Индекс воспроизводимости может быть равен:

$C_p < 1$		Процесс непригоден для использования
$1 \leq C_p \leq 1,33$		Процесс пригоден, но запас точности недостаточен
$C_p > 1,33$		Процесс пригоден, с достаточным запасом точности

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Аналитический метод оценки точности обработки

- Аналитический метод расчета суммарной погрешности обработки необходим при проектировании операций чистовой обработки, выполняемой по 6...11 квалитетам.
- Он основан на учете суммарного влияния частных погрешностей и требует предварительной оценки их величины.

Расчет суммарной погрешности обработки проводится по следующей формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = t_p \sqrt{\sum_{i=1}^6 \lambda_i \Delta_i^2}$$

где Δ_i – частные погрешности;

λ_i – коэффициенты, зависящие от вида закона распределения соответствующей погрешности;

t_p – коэффициент риска, который определяет допустимый процент брака при обработке

В качестве частных погрешностей Δ_i принимаются:

$\varepsilon_{\text{уст}}$ – погрешность установки заготовки;

$\Delta_{\text{настр}}$ – погрешность настройки станка;

$\Delta_{\text{ст}}$ – погрешность станка;

Δ_y – погрешность от упругих деформаций технологической системы;

$\Delta_{\text{и}}$ – погрешность от износа режущего инструмента;

$\Delta_{\text{т}}$ – температурная погрешность.

Коэффициенты λ_i составляют:

- для нормального закона распределения

$$\lambda = \frac{1}{9} (\varepsilon_{уст}, \Delta_{настр}, \Delta_y);$$

- для равномерного закона распределения

$$\lambda = \frac{1}{3} (\Delta_{и}, \Delta_{ст}, \Delta_{т}).$$

Коэффициент риска может принимать следующие значения:

$$t_p = 1$$



$$C_p = 0,33$$

$$t_p = 2$$



$$C_p = 0,67$$

$$t_p = 3$$



$$C_p = 1$$

Обычно принимается

Подставляем в исходную формулу обозначения погрешностей и значения коэффициентов:

$$\begin{aligned}\Delta_{\Sigma} &= 3\sqrt{\frac{1}{9}\varepsilon_{\text{ус}_T}^2 + \frac{1}{9}\Delta_y^2 + \frac{1}{9}\Delta_{\text{наст}_p}^2 + \frac{1}{3}\Delta_{\text{и}}^2 + \frac{1}{3}\Delta_{\text{с}_T}^2 + \frac{1}{3}\Delta_{\text{т}}^2} = \\ &= \sqrt{\frac{9}{9}\varepsilon_{\text{ус}_T}^2 + \frac{9}{9}\Delta_y^2 + \frac{9}{9}\Delta_{\text{наст}_p}^2 + \frac{9}{3}\Delta_{\text{и}}^2 + \frac{9}{3}\Delta_{\text{с}_T}^2 + \frac{9}{3}\Delta_{\text{т}}^2} = \\ &= \sqrt{\varepsilon_{\text{ус}_T}^2 + \Delta_y^2 + \Delta_{\text{наст}_p}^2 + 3\Delta_{\text{и}}^2 + 3\Delta_{\text{с}_T}^2 + 3\Delta_{\text{т}}^2}\end{aligned}$$

Расчетные формулы:

для диаметральных размеров:

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_{\text{настр}}^2 + 3\Delta_{\text{И}}^2 + 3\Delta_{\text{СТ}}^2 + 3\Delta_{\text{T}}^2}$$

для линейных размеров:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\text{уст}}^2 + \Delta_y^2 + \Delta_{\text{настр}}^2 + 3\Delta_{\text{И}}^2 + 3\Delta_{\text{СТ}}^2 + 3\Delta_{\text{T}}^2}$$

Проверка возможности обработки без брака

$$\Delta_{\Sigma} \leq J \cdot T ,$$

где T – допуск на операционный размер

ПОГРЕШНОСТЬ НАСТРОЙКИ СТАНКА

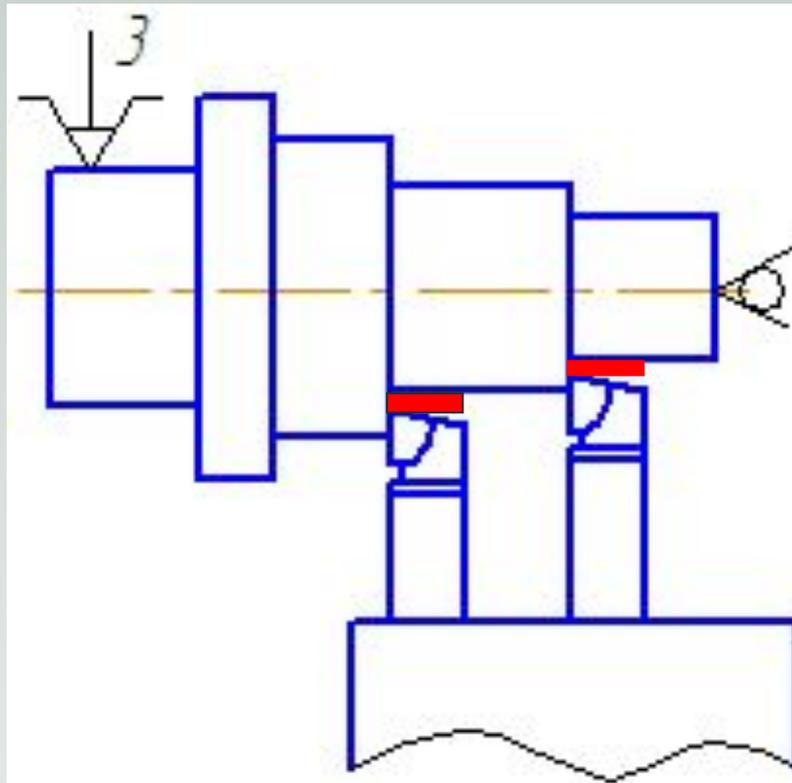
Погрешность настройки станка :

- возникает при обработке партии заготовок после замены изношенного инструмента

Установка инструмента на заданный размер может производиться тремя способами:

- по лимбу;
- по эталонной детали;
- вне станка.

Настройка станка по эталонной детали



Погрешность настройки станка определяется по следующим формулам:

для поверхностей вращения

$$\Delta_{\text{наст } p} = \sqrt{\left(K_p \Delta_p\right)^2 + \frac{ж\Delta_{\text{и}}}{3} \frac{\frac{Ц}{Ч}}{и 2^3 \frac{Ш}}{Ш}},$$

для плоских поверхностей

$$\Delta_{\text{наст}} = \sqrt{\left(K_p \Delta_p\right)^2 + \Delta_{\text{и}}^2},$$

где Δ_p – погрешность регулирования;

$\Delta_{\text{из}}$ – погрешность измерения;

K_p – коэффициент, который учитывает отклонение величины Δ_p от нормального закона распределения ($K_p=1,14 \dots 1,73$)

Пример расчета погрешности настройки станка

- Принимаем диаметр заготовки при обработке точением 40 мм, тогда при настройке можно использовать микрометр МК50 (пределы измерения 25-50 мм) с $\Delta_{из} = 4$ мкм;
- Цена деления лимба поперечной подачи станка 1К62 – 0,05 мм на диаметр, тогда $\Delta_p = 25$ мкм;
- Принимаем $K_p = 1,73$, тогда

- $$\Delta_{настр} = \sqrt{(1,73 \cdot 25)^2 + \left(\frac{4}{2}\right)^2} = 43 \text{ мкм.}$$