

# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки

## Лабораторная работа №3

### Статистический анализ точности

#### обработки деталей на бесцентрово-шлифовальном станке

**Точность обработки детали** – степень соответствия (приближения) действительных геометрических параметров обработанной детали заданным.

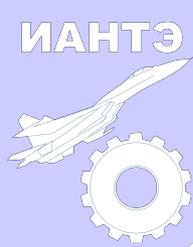
**Погрешность обработки** – значение несоответствия действительных геометрических параметров детали заданным (количественная оценка точности).

**Заданная (требуемая) точность** – это точность, регламентируемая конструктором в рабочей конструкторской документации путём назначения допусков на параметры всего изделия, сборочной единицы или отдельной детали.

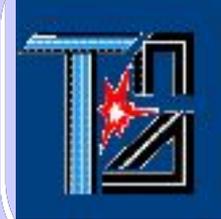
**Действительная точность** – это точность получения параметров каждого изготовленного изделия, которая характеризуется погрешностью, определяемой сравнением действительных значений параметров с заданными.

**Измеренная точность** – это точность познания действительного значения с использованием средств измерения, которая характеризуется погрешностью измерения, определяемой сравнением действительного и измеренного значений.

**Ожидаемая точность** – это точность, которую предполагает получить технолог при проектировании всего технологического процесса или отдельной операции. Она характеризуется расчётным значением погрешности, которую мы ожидаем получить после изготовления изделия.



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки

**Партия** – детали, запускаемые в обработку одновременно и обрабатываемые на одном станке при одной его наладке одним инструментом до его смены

**Генеральная (складская) совокупность** объединяет детали многих партий, обработанных на разных станках, при разных наладках.

**Выборка** – детали, извлекаемые по определённой методике из партии или генеральной совокупности для статистических исследований точности.

**Поле рассеивания  $\omega$**  – это разность наибольшего и наименьшего действительного размеров деталей в пределах анализируемой совокупности  $\omega = A_{d \max} - A_{d \min}$

**Коэффициент точности** – это соотношение между полем рассеивания и допуском  $K_m = \omega/T$ .

Нормативные значения:

**$0,3 < K_m < 0,5$**  – при обработке на оборудовании и использовании оснастки, которые по точности значительно превышают необходимую (повышенный запас точности);

**$0,5 < K_m < 0,75$**  – при обработке на оборудовании и использовании оснастки с нормальным запасом точности;

**$0,75 < K_m < 0,95$**  – при обработке на оборудовании и использовании оснастки с малым запасом точности;

**$0,95 < K_m < 1,05$**  – при обработке на оборудовании и использовании оснастки с отсутствием запаса точности и экономически оправданном уровне брака.



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей

Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки



## ***Классификация и законы распределения погрешностей.***

**Систематически-постоянными** называют погрешности, значение и знак которых неизменны для всех заготовок одной или нескольких партий. К подобным погрешностям, например, относятся:

- геометрическая погрешность станка (для деталей, изготовленных на этом станке);
- погрешность размерного инструмента (для деталей, обработанных этим инструментом);
- погрешность настройки станка (для деталей, обработанных при данной настройке).

В пределах генеральной совокупности эти погрешности не будут постоянными

**Закономерно-изменяющейся** называется погрешность, значение или знак которой изменяются при переходе от одной обрабатываемой заготовки к другой по определённому, заранее известному закону. Это, например, погрешность, вызываемая размерным износом режущего инструмента. При обработке коротких валиков средний размер каждого последующего валика будет отличаться от предыдущего на одну и ту же величину – износ инструмента за время обработки одной детали.

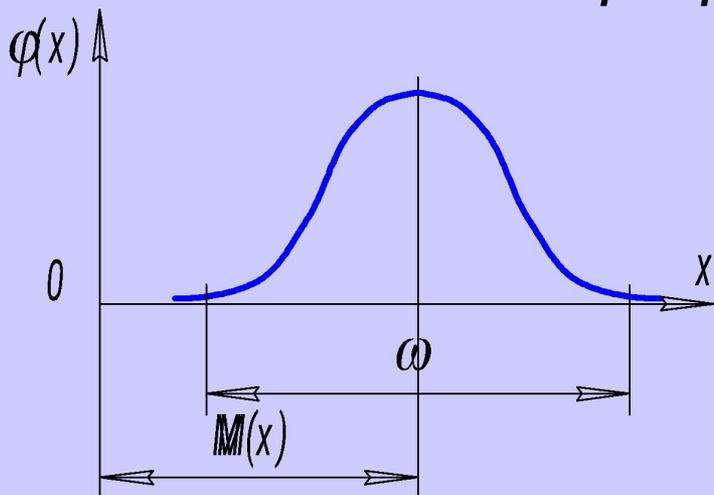
**Случайной** называется погрешность, величина которой не постоянна и меняется без видимой закономерности.

**Операционная погрешность** является результатом суммирования, наложения этих первичных погрешностей и у годных деталей должна находиться в пределах поля допуска данного параметра.

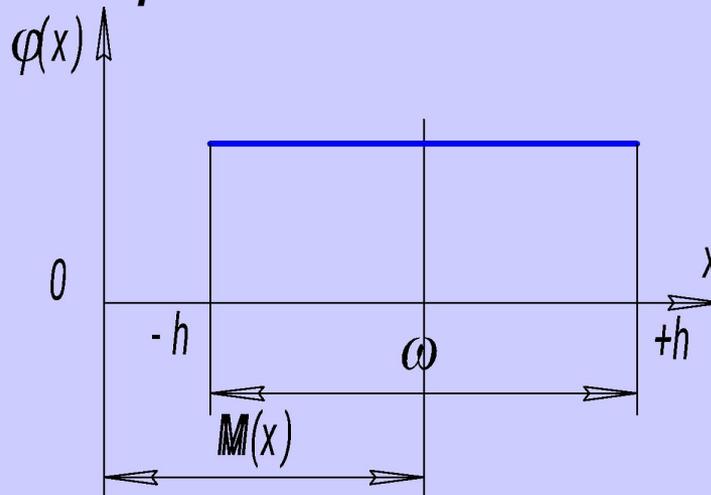
# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



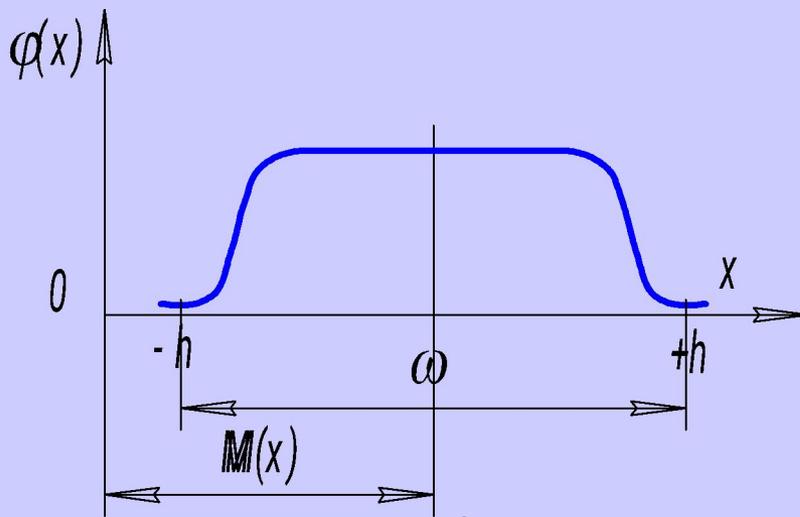
Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки  
**Законы распределения погрешностей**

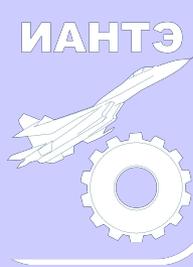


а – закон нормального распределения



б – закон равной вероятности





# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей

Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки



## Основные характеристики закона Гаусса

• **математическое ожидание** (среднее арифметическое значение параметра):

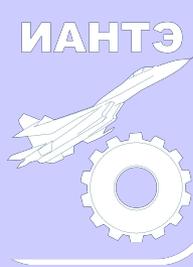
$$M(\Delta x) = \sum_{i=1}^N \Delta x_i \frac{n_i}{N}$$

среднеквадратическое отклонение :

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

Плотность вероятности при нормальном законе распределения

$$f(\Delta x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{[\Delta x - M(\Delta x)]^2}{2\sigma^2}}$$



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей

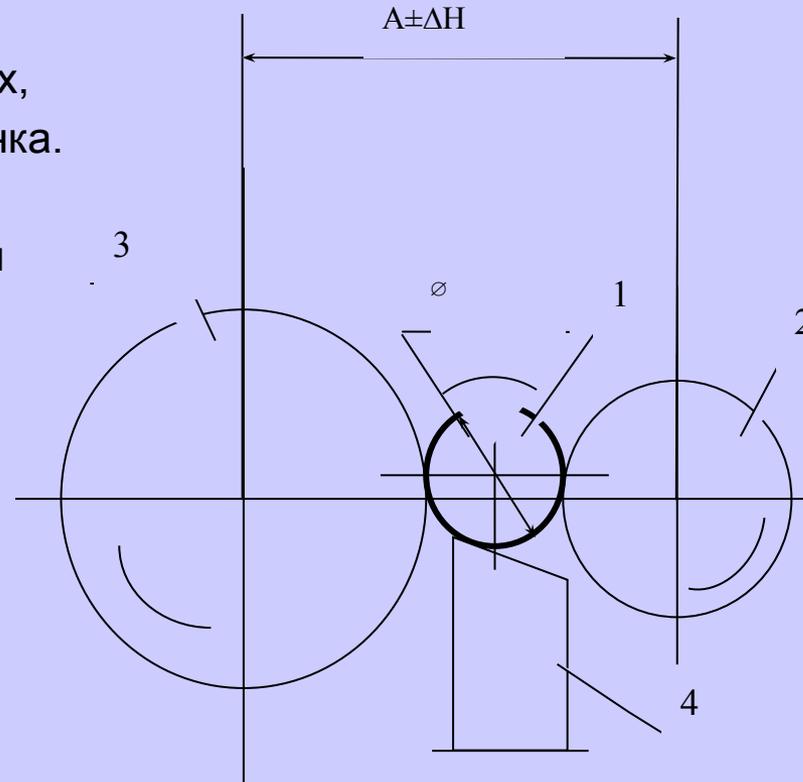


Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.**

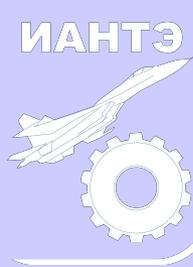
Задачи эксперимента:

1. Провести статистическую обработку результатов измерения диаметров партии деталей, обработанных на бесцентрово-шлифовальном станке, настроенном на размер  $20_{-0,021}$ .
2. Основываясь на полученных данных, дать рекомендации по настройке станка.

Цилиндрическая деталь 1 приводится во вращение при помощи ролика 2 и обрабатывается шлифовальным кругом 3. Деталь свободно лежит на ноже 4, который может перемещаться в вертикальном направлении при настройке станка на размер.



$A$  - межцентровое расстояние,  
 $\Delta H$  – значение поднастройки.



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей

Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки



## Порядок выполнения работы

- **Измерить** с помощью оптиметра отклонения размеров деталей, обработанных соответственно заданному варианту:
  1. D22js5( $\pm 0,0045$ );
  2. D 22js6( $\pm 0,0065$ );
  3. D 22js7( $\pm 0,01$ );
  4. D 20js7( $\pm 0,01$ );
  5. D 20js9( $\pm 0,02$ );
  6. D 20js10(0.042).
- Учитывая, что в целях достоверности статистического анализа измерение деталей должно выполняться средством измерения с ценой деления, не превышающей 10%...15% допуска измеряемой детали, **выбираем** для измерения головку измерительную пружинную (**микрокатор**) с ценой деления 1 мкм (для вариантов 1,2,3) и 2 мкм (для вариантов 4,5,6) с установочной стойкой С-II по ГОСТ 10197-70.
- Используя концевые меры соответствующего класса (выбранными по рекомендациям РД 50-98-86 /1/ в соответствии с предельной погрешностью используемого средства измерения) **настраиваем измерительный прибор** (микрокатор в стойке С-II) на номинальный размер концевой меры длины, равный среднему размеру измеряемой детали (соответственно 20 мм и 22 мм).



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки

4. У каждой детали **измеряем отклонение  $\Delta X$**  и заносим в протокол измерений с соответствующим знаком. Измерение рекомендуется проводить в середине образца в двух взаимно перпендикулярных сечениях и заносить в протокол их среднее значение. После проведения контроля каждых 10 деталей рекомендуется проверять настройку средства измерения с использованием концевой меры длины. Если настройка сбилась, то прибор поднастраивается (по пункту 3) и последние 10 деталей измеряются заново.

5. Определяем **практическое поле рассеивания**:  $V = \Delta X_{\max} - \Delta X_{\min}$

6. По формуле Стерджеса в зависимости от объёма выборки N **определяем количество интервалов  $k$** , на которое разбивается практическое поле рассеивания, :

$k = 1 + 3,32 \lg N$  и округляем в большую или меньшую сторону до целого числа.

Объём выборки, N, шт.	Рекомендуемое число интервалов, k
25-40	5-6
40-60	6-8
60-100	7-10
100-200	8-12
Более 200	10-15



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки

7. **Ширину интервала** определяем по формуле  $h = V/k$  и округляем до третьего знака после запятой.

8. Начиная с нижней границы с шагом, равным ширине интервала, определяем границы каждого из интервалов в пределах практического поля рассеивания (от  $X_1$  до  $X_n$ ), рассчитываем середину каждого интервала, подсчитываем в табл. 1 количество деталей, находящихся в границах этого интервала. Результаты заносим в таблицу 3:

№ интервала	Границы интервала	Координата середины интервала, $X_{ср}$	Абсолютное количество деталей в интервале, $n_i$	Относительное количество деталей в интервале, $n_i/N$
1				
...				
K				
...				



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки

9. Строим **практическую кривую распределения**. По оси абсцисс откладываем координаты середин интервалов в мкм, по оси ординат – относительное количество деталей, действительные погрешности размеров которых находятся в данном интервале (рис.3).

10. Определяем **какому теоретическому закону распределения** случайных величин подчиняется практическое распределение. Рассчитываем главные характеристики нормального распределения: математическое ожидание  $M(x)$  (координату статистического центра группирования) и среднеквадратичное отклонение по уравнениям 1 и 2 соответственно.

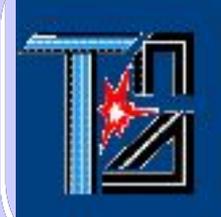
11. Строим **теоретическую кривую распределения**.

В первом приближении кривую нормального распределения можно построить по семи точкам (таблица 4). Для нанесения этих ординат на график необходимо их привести к тому же масштабу, в котором построена кривая практического распределения. Для этого следует использовать масштабный коэффициент. Им является величина интервала  $\Delta X$ . Ордината в принятом масштабе:

$$\overline{y}_k = \gamma_k \cdot \overline{\Delta X}$$



# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей



Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки

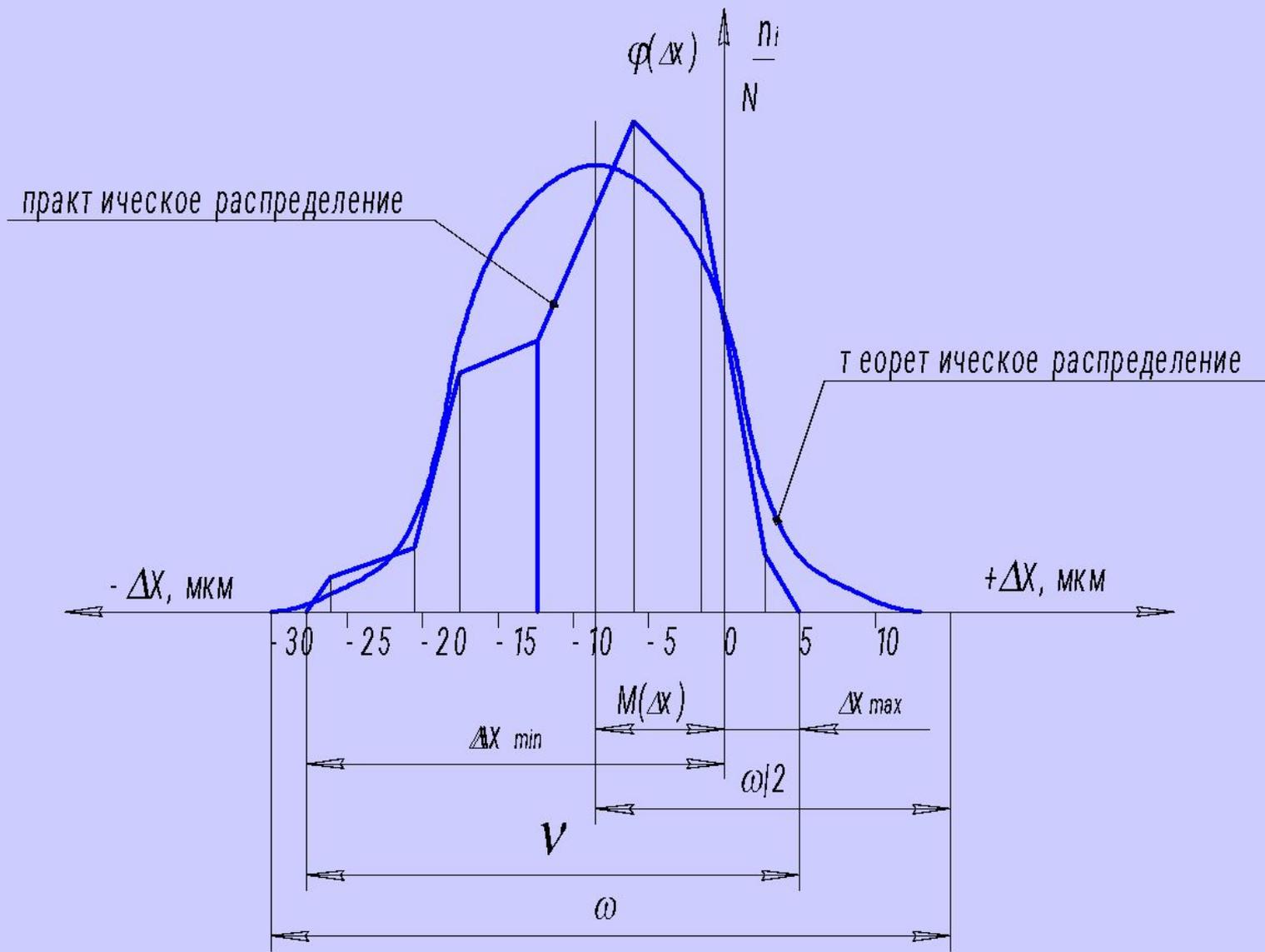
**Таблица для построения теоретической кривой распределения**

№ точки	Значение X		Значение Y	
	формула	число	формула после преобразования	число
1	$\Delta X_1 = M(\Delta X)$		$y_1 = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}$	
2	$\Delta X_1 = M(\Delta X) + \sigma$		$y_2 \approx \frac{0,0242}{\sigma}$	
3	$\Delta X_1 = M(\Delta X) - \sigma$		$y_3 \approx \frac{0,0242}{\sigma}$	
4	$\Delta X_1 = M(\Delta X) + 2\sigma$		$y_4 \approx \frac{0,054}{\sigma}$	
5	$\Delta X_1 = M(\Delta X) - 2\sigma$		$y_5 \approx \frac{0,054}{\sigma}$	
6	$\Delta X_1 = M(\Delta X) + 3\sigma$		$y_6 = 0$	0
7	$\Delta X_1 = M(\Delta X) - 3\sigma$		$y_7 = 0$	0

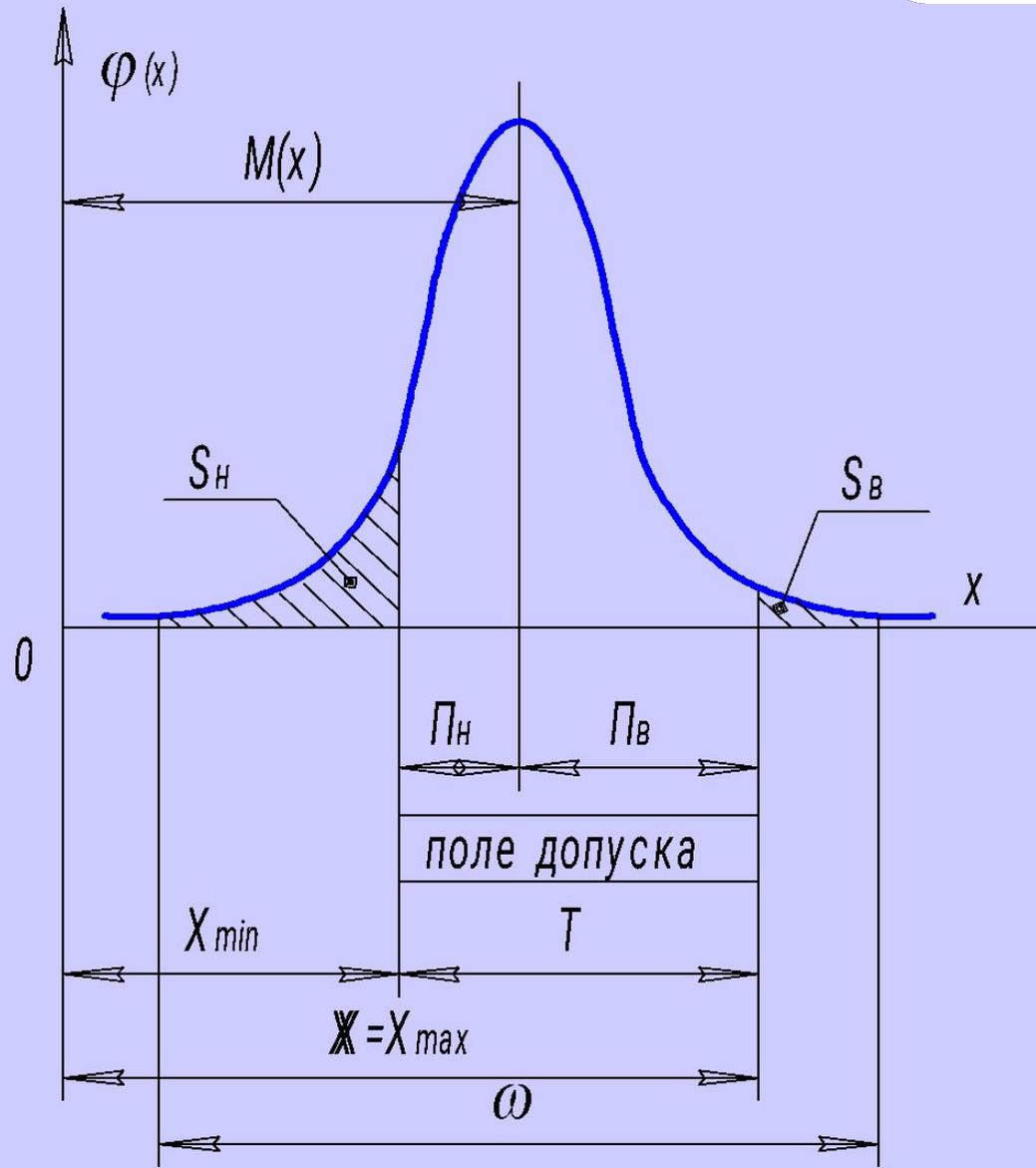


# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей

Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки  
Практическая и теоретическая кривые распределения



12. Проверяем степень совпадения принятого теоретического закона распределения с экспериментально полученным распределением по суммарной площади несовпадающих участков (допускается до 15% от всей площади).
13. Наносим на полученный график теоретической кривой поле допуска детали. Получаемые по краям участки определяет вероятность исправимого ( $S_{испр}$ ) и неисправимого ( $S_{неиспр}$ ) брака.





# Теоретические основы проектирования технологических процессов авиационных двигателей

Специальность 160301 – авиационные двигатели и энергетические установки



**14. Выводы по работе** должны содержать заключение:

- о точности обработки деталей на бесцентрово-шлифованном станке;
- о возможности работы без брака;
- о возможном количестве получения исправимого и неисправимого брака.
- о качестве настройки станка и путях ее улучшения (графической интерпретацией).

**15. В отчете по работе** должны быть приведены расчетные формулы, результаты расчетов, необходимые графические построения, подробные ответы по всем разделам заключения по работе.