

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ТОЧЕЧНОЙ ДИАГРАММЫ

Выполнение лабораторной работы

Методические указания для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составитель
И. Д. Соколова

Санкт-Петербург
2023

Утверждено
на заседании кафедры
материаловедения и технологии
машиностроения
25.11.2023 г., протокол № 2

Рецензент А. А. Таразанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Основы технологии машиностроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Методические указания содержат краткие сведения о точечных и точностных диаграммах и методике анализа точности обработки по кривым распределения.

Методические указания способствуют формированию практических навыков исследования точности заготовок посредством точечных диаграмм и закона нормального распределения.

Утверждены Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве
методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
– Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 19.12.2023 г. Рег. № 5222/23

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	5
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	5
МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ПО КРИВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	9
Закон нормального распределения размеров	9
Построение эмпирической кривой распределения размеров	10
Построение теоретической кривой нормального распределения размеров и оценка точности обработки.....	11
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	17
ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	19

ВВЕДЕНИЕ

При механической обработке заготовок возникает ряд систематических и случайных погрешностей их размерных параметров, источниками которых могут являться станок, приспособление, инструмент, заготовка и условия обработки.

Систематическими называются погрешности, остающиеся неизменными при обработке партии заготовок или изменяющимися по какому-либо закону. Систематические погрешности делятся на постоянные и закономерно изменяющиеся.

Постоянные систематические погрешности остаются неизменными при обработке всей партии заготовок. К ним относятся погрешности, вызываемые геометрическими неточностями станка, установочного приспособления и режущего инструмента.

Закономерно изменяющиеся систематические погрешности изменяются при обработке партии заготовок непрерывно или периодически по какому-либо закону. К ним относятся погрешности, вызываемые размерным износом режущего инструмента, а также тепловыми деформациями станка в период его разогрева после пуска.

Случайными называются погрешности, которые в разные моменты времени имеют различные значения. Случайные величины могут быть дискретными и непрерывными.

Дискретными случайными величинами называются такие, которые в результате испытаний могут принимать лишь отдельные, изолированные, большей частью целочисленные значения, и не могут принимать значения, промежуточные между ними. Например, количество негодных деталей в партии может быть только целым положительным числом (1, 2, 3 и т. д.).

Непрерывными случайными величинами называются такие, которые в результате испытаний могут принимать любые численные значения в границах определенного интервала. Например, действительные размеры деталей, обработанных на станке, являются случайными величинами непрерывного типа, так как они могут принять любое численное значение в некоторых границах.

Заранее определить момент появления и точную величину случайной погрешности для каждой конкретной детали в партии не представляется возможным, так как случайная погрешность возникает в результате действия большого количества независимых факторов.

К случайным погрешностям относятся погрешности положения заготовки на станке и погрешности, вызываемые нестабильностью сил резания и сил закрепления.

Отклонения размерных параметров деталей затрудняют сборку и ремонт машин, приводят к снижению их надежности и долговечности, повышают эксплуатационные расходы.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: формирование навыков исследования точности размера цилиндрических поверхностей заготовок посредством точечных диаграмм и закона нормального распределения.

Задачи выполняемой работы:

- изучить методику построения точечных диаграмм;
- разработать технологический процесс механической обработки детали;
- составить технологическую документацию.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Под точностью обработки детали понимают степень ее приближения или степень ее соответствия заранее установленному прототипу или образцу. Основной целью механической обработки является достижение заданных значений геометрических параметров. Поэтому можно сформулировать понятие точности обработки следующим образом. Точность обработки детали (точность обработки) – степень соответствия действительных геометрических параметров детали заданным значениям.

Количественной характеристикой точности служит погрешность обработки – степень или величина несоответствия действительных значений, полученных при обработке детали, заданным геометрическим параметрам.

Точность обработки определяется следующими размерными параметрами: отклонением размера, отклонением формы (макрогеометрия); отклонением расположения осей или поверхностей; шероховатостью поверхности (микрогеометрия).

С методической точки зрения целесообразно также различать три категории точности: заданную, действительную и ожидаемую. Заданная или требуемая точность регламентируется с помощью допусков, назначаемых конструктором на отдельные параметры детали или машины; действительная точность характеризуется погрешностью, которая может быть выявлена при измерении отдельных деталей, а ожидаемая или расчетная – погрешностью, которую предположительно или на основании расчетов можно ожидать после обработки.

Следовательно, ожидаемая точность – это точность, которую рассчитывают получить у всех деталей, которые будут изготовлены по данному технологическому процессу, на данном приспособлении, данным инструментом.

Она характеризуется величиной поля рассеяния ω заданного размера у некоторой совокупности деталей:

$$\omega = A_{д max} - A_{д min},$$

где $A_{d\max}$ и $A_{d\min}$ – наибольший и наименьший действительные размеры в пределах совокупности детали.

В данной работе используется один вид отклонений: отклонение размера наружной поверхности детали.

В производственных условиях контроль размерных параметров осуществляется, с одной стороны, для определения числа годных и бракованных деталей, с другой – для оценки точности наладки станка и определения необходимости его подналадки. Имеются существенные методические различия в организации общего и текущего контроля размерных параметров заготовок, обработки и использовании результатов контроля.

Определение общего числа годных и бракованных деталей в партии производится вне зависимости от очередности их обработки. Текущий контроль параметров обработки для оценки точности наладки станка должен производиться в строгом соответствии с очередностью их обработки. Причем этот контроль может производиться как приборами активного контроля с автоматической выдачей сигнала на подналадку станка, так и «вручную» при фиксировании последовательности обработки деталей. Последовательная фиксация размерных параметров и оценка качества наладки станка производится методом точечных диаграмм. Фактическое число годных и бракованных деталей определяют при контроле параметров у конкретной партии, построении экспериментальных кривых распределения параметров и сопоставлении результатов замеров с допускаемыми отклонениями контролируемых параметров.

В массовом производстве при значительном числе деталей в партии подобным образом оценивают лишь выборку из всей партии в количестве 50–60 деталей. Затем обрабатывают полученные экспериментальные данные с помощью статистических вероятностных законов, что позволяет получить теоретические кривые распределения параметров и определить вероятный процент годных и бракованных деталей у всей партии. При этом данные об отклонениях размеров деталей обрабатывают и оценивают с помощью закона нормального распределения (Гаусса), а данные об отклонениях расположения осей и поверхностей (от параллельности, перпендикулярности, соосности и т. д.) обрабатывают и оценивают с помощью закона эксцентриситета (Релея).

В данной работе методом точечных диаграмм будет оценено текущее отклонение размера отверстий в деталях. Отклонение размера заготовки при обработке ее по наружному диаметру будет оценено с помощью закона нормального распределения.

В машиностроении существуют понятия точечных и точностных диаграмм. В процессе производства деталей машин точечные и точностные диаграммы используются для анализа и контроля качества продукции. Например, они могут быть использованы для оценки точности измерений размеров деталей или для определения стабильности процесса производства. Это позволяет выявить и исправить проблемы, связанные с отклонениями от заданных параметров и повысить качество продукции.

Точечные и точностные диаграммы – графические представления данных, которые используются в машиностроении для анализа и визуализации различных параметров и характеристик.

Точечные диаграммы представляют собой графики, на которых отображаются отдельные точки, представляющие значения определенных переменных или параметров. Каждая точка на диаграмме соответствует одному наблюдению или измерению. Точечные диаграммы позволяют наглядно представить распределение данных и выявить возможные зависимости или корреляции между переменными.

Точностные диаграммы представляют собой графики, на которых отображаются диапазоны значений переменных или параметров. Вместо отдельных точек на диаграмме используются интервалы или полосы, которые показывают диапазон возможных значений. Точностные диаграммы часто используются для представления погрешностей или неопределенностей в измерениях или моделях.

Для текущего контроля точности выполнения размеров, фиксации различных отклонений в процессе обработки и определения времени подналадки станка, применяются точечные диаграммы. Расточка отверстий в заданный размер производится на настроенном станке при закреплении заготовок (рис. 1) в трехкулачковом патроне (рис. 2). Как обработка, так и измерение размера отверстий производится в строгом соответствии с порядковыми номерами заготовок.

Результаты измерений в виде точек наносятся на рисунке 3 до тех пор, пока размеры отверстий находятся в пределах заданного допуска $T = 0,13$ мм.

Если в результате износа резца либо от действия других факторов размер отверстий начинает выходить за допустимые пределы, обработка заготовок прекращается и выполняется подналадка станка. Если продолжить обработку без подналадки станка, то будет иметь место брак по отверстиям деталей, и в последующем не будет обеспечена заданная посадка деталей на соответствующую оправку H11/h8.

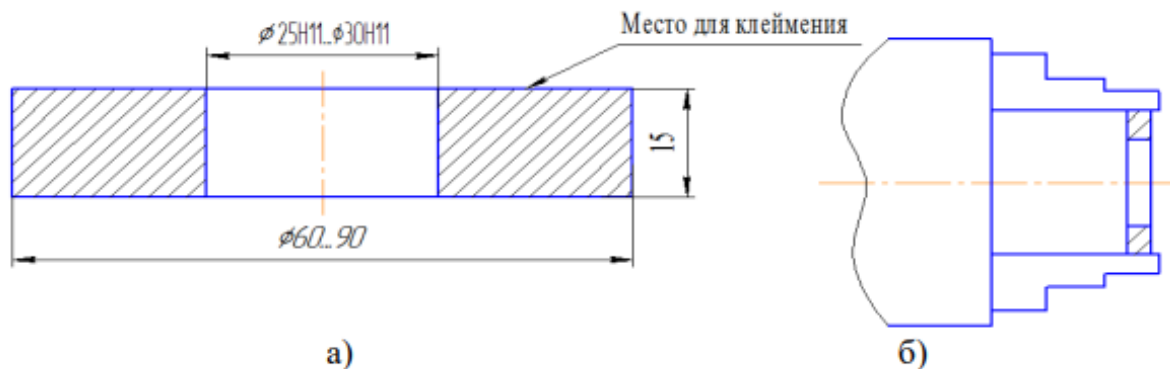


Рисунок 1 – Заготовка (а) и схема закрепления ее в патроне (б)

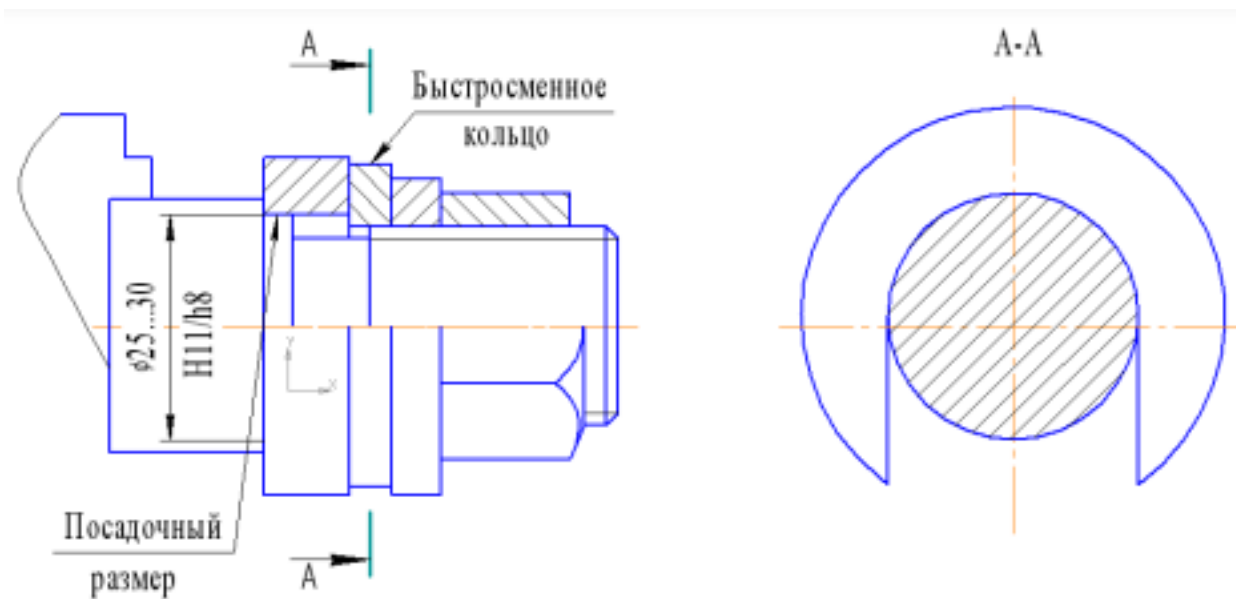


Рисунок 2 – Оправка для закрепления заготовок

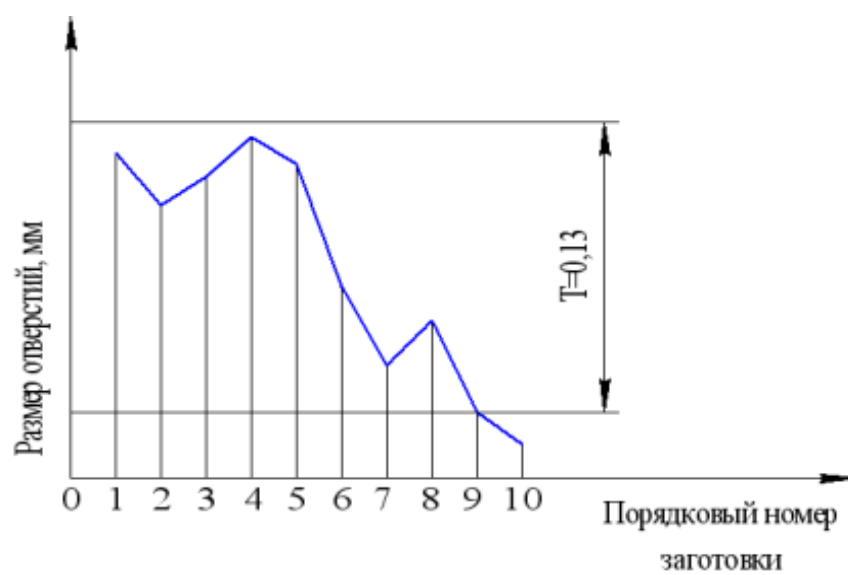


Рисунок 3 – Точечная диаграмма

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ПО КРИВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Закон нормального распределения размеров

В теории погрешностей для анализа экспериментальных данных наиболее часто используется распределение Гаусса (нормальное распределение), распределение Стьюдента и равномерное распределение.

Закон нормального распределения (Гаусса) играет в теории погрешностей особую роль. Это связано, прежде всего, с тем, что в теории вероятностей существует центральная предельная теорема, которая утверждает, что сумма большого количества независимых случайных величин является случайной величиной, которая подчиняется нормальному распределению, даже если складываемые величины подчиняются распределениям, отличным от нормального. Результаты многократных измерений при наличии случайных погрешностей формируются под влиянием большого количества одновременно и независимо действующих физических факторов. Если никакой из этих факторов нельзя считать доминирующим, то полагают, что измеряемая величина подчиняется нормальному распределению (или распределению близкому к нормальному).

Поэтому с помощью указанного распределения будут исследованы отклонения размеров наружных поверхностей заготовок, обработанных на настроенном станке по наружному диаметру. В этом случае измерение размеров производится после обработки всех заготовок без взаимоувязки последовательности обработки и измерения. Для оценки точности размеров у малой выборки заготовок используется эмпирическая кривая, а для оценки точности большой партии заготовок по размерам малой выборки используется теоретическая кривая нормального распределения размеров.

Для того чтобы по данным выборки можно было уверенно судить о точности размеров заготовок в генеральной совокупности, выборка должна быть репрезентативной (представительной). Для этого выборка должна быть случайной и необходимого объема. Если все заготовки генеральной совокупности имеют равную возможность попасть в выборку, то выборка называется случайной. Для обеспечения случайного характера выборки все заготовки генеральной совокупности в таре тщательно перемешивают и из разных мест тары вынимают заготовки в количестве 50 – 100 штук.

Далее производится измерение интересующего размера у заготовок выборки.

Построение эмпирической кривой распределения размеров

В эмпирических распределениях мерой рассеивания полученных в результате измерений размеров является их размах:

$$X = X_{max} - X_{min},$$

где X_{max} и X_{min} – соответственно наибольший и наименьший размеры.

Размах делится на ряд равных интервалов, ширина которых принимается несколько большей погрешности измерения случайной величины. Затем определяют цену интервала:

$$C = \frac{X_{max} - X_{min}}{k},$$

где k – количество интервалов (5 – 8).

В каждый интервал включаются размеры, лежащие в пределах от наименьшего до наибольшего значения, исключая его. Далее подсчитываются середины интервалов случайной величины x_{cp} и количество деталей в каждом интервале – частота m .

Результаты измерений заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерения размеров

№ интервала	Интервал	Середина интервала x_{cp}	Частота m
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

По полученным данным строится эмпирическая кривая в координатах x , m (рис. 4). Полученные точки соединяются прямыми.

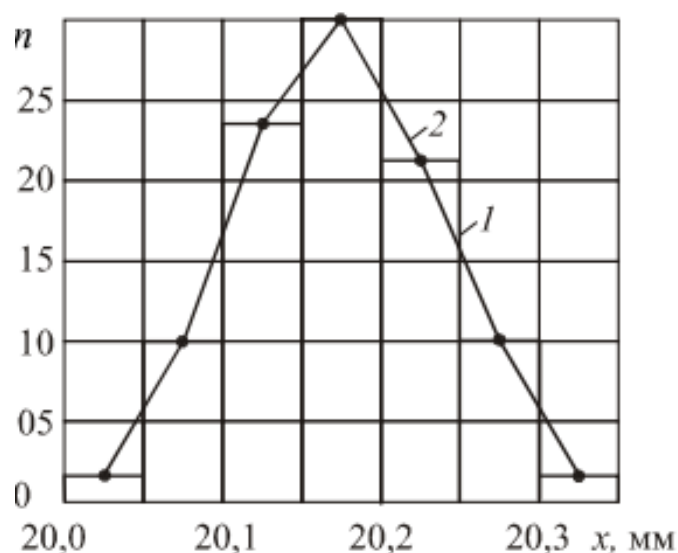


Рисунок 4 – Эмпирическое распределение непрерывной случайной величины:
1 – гистограмма; 2 – полигон

Построение теоретической кривой нормального распределения размеров и оценка точности обработки

При анализе распределений случайных величин используют ряд числовых характеристик, которые определяют положение центра группирования случайной величины и ее рассеивание относительно него. В качестве характеристик центра группирования чаще всего используют математическое ожидание случайной величины и ее среднее арифметическое значение, а в качестве характеристик рассеивания – дисперсию и среднее квадратическое отклонение случайной величины.

Математическое ожидание m_x непрерывной случайной величины вычисляется по формуле:

$$m_x = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx.$$

По результатам измерений величины x определяется ее среднее арифметическое значение:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где x_i – текущий размер i -й детали;

$\bar{x}$ – среднее значение (математическое ожидание) величин;

x_i , n – общее число деталей в выборке.

Дисперсия D_x непрерывной случайной величины:

$$D_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x)(x - m_x)^2 dx,$$

где $\varphi(x)$ – плотность вероятности.

Дисперсия имеет размерность, представляющую собой квадрат размерности самой случайной величины. Так как в практических расчетах неудобно пользоваться дисперсией, то чаще применяется квадратный корень из

нее, взятый со знаком «плюс», называемый средним квадратическим отклонением:

$$\sigma = +\sqrt{D_x} = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x)(x - m_x)^2 dx}.$$

Для эмпирических распределений среднее квадратическое отклонение определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_i^k (x_{cp} - \bar{x})^2 \cdot m}. \quad (2)$$

Дифференциальная функция закона нормального распределения случайной величины имеет вид:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где e – основание натуральных логарифмов, $e = 2,71828 \dots$

Интегральный закон нормального распределения в общем виде может быть представлен как:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{\frac{-(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (4)$$

Кривая закона нормального распределения обладает рядом свойств:

– ветви кривой асимптотически приближаются к оси абсцисс, сливаясь с ней в бесконечности, то есть зона рассеивания случайной величины x лежит в пределах $\pm\infty$;

– максимальное значение величины $Y = \varphi(x)$ будет при $x = \bar{x}$ и составит:

$$Y_{max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}; \quad (5)$$

– точки перегиба кривой расположены на расстоянии $\pm\sigma$ от среднего значения $\bar{x}$, а величина:

$$Y_\sigma = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi e}} \approx \frac{0,24}{\sigma}. \quad (6)$$

Кривая нормального распределения имеет холмообразную форму, симметричную относительно координаты x , равной m_x (рис. 5). Таким образом, равновозможны одинаковые положительные и отрицательные отклонения величины x от значения m_x . При этом меньшие отклонения более вероятны, чем большие.

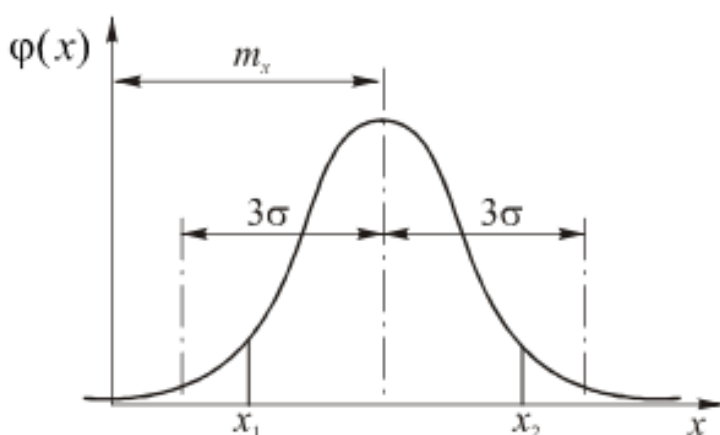


Рисунок 5 – Кривая закона нормального распределения

Положение кривой относительно начала координат и ее форма определяются двумя параметрами x и m_x . С изменением m_x форма кривой не изменяется, но смещается ее положение относительно начала координат (рис. 6).

Величина среднего квадратического отклонения, в отличие от значения математического ожидания, оказывает влияние на форму кривой закона нормального распределения: при увеличении σ кривая «сплющивается», а при уменьшении «вытягивается» вверх (рис. 7).

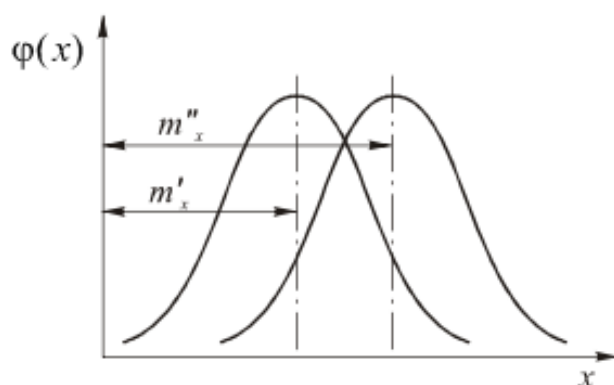


Рисунок 6 – Влияние m_x на положение кривой нормального распределения относительно начала координат

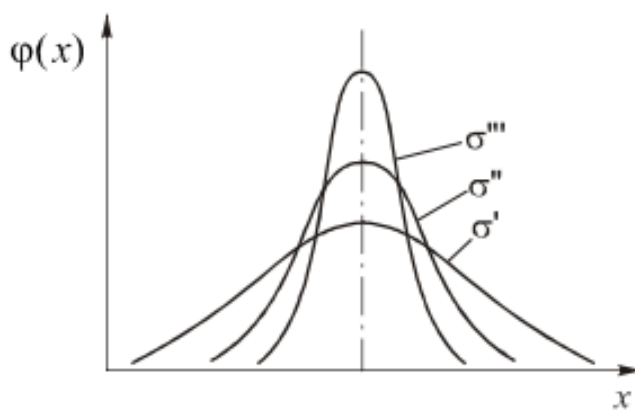


Рисунок 7 – Влияние величины σ на форму кривой закона нормального распределения ($\sigma' > \sigma'' > \sigma'''$)

Теоретическая кривая Гаусса строится в аналогичных координатах, что и эмпирическая. Для вычисления функции распределения случайной величины x необходимо по формуле (2) определить параметр σ . По оси абсцисс

откладывают точку с координатами $\bar{x}$ и Y_{max} , вычисленными по формулам (1) и (5).

Для построения на одном графике эмпирической и теоретической кривых должно быть выдержано равенство площадей под кривыми. Для этого ордината теоретической кривой умножается на масштабный коэффициент Cn :

$$Y_{max} = \frac{0,4Cn}{\sigma},$$

где C – цена интервала.

Далее проставляются точки перегиба на расстоянии $\pm\sigma$ от $\bar{x}$ с ординатами $Y_{\sigma} = \frac{0,24Cn}{\sigma}$ и точки $\pm 3\sigma$ с ординатами $Y = 0$. Полученные точки соединяются плавными кривыми. Для построения теоретической кривой нормального распределения размеров по данным таблицы 1 и формулам (1) и (2) следует определить значения $\bar{x}$ и σ . Полученные значения следует привести в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения размеров для построения теоретической кривой нормального распределения размеров

Интервалы	Середина интервала x_{cp}	Частота m	$(x_{cp} - \bar{x})^2 m$
Сумма			
σ			

С учетом масштабного коэффициента по формулам (5) и (6) следует определить Y_{max} и Y_{σ} :

$$Y_{max} = \frac{0,4 \cdot Cn}{\sigma}; \quad Y_{\sigma} = \frac{0,24 \cdot Cn}{\sigma}.$$

Полученные 5 точек нужно нанести на рисунок и, соединив плавной кривой, получить теоретическую кривую закона нормального распределения размеров (рис. 8). Соотнеся ее с полем допуска T , можно установить, что часть размеров оказалась за его пределами.

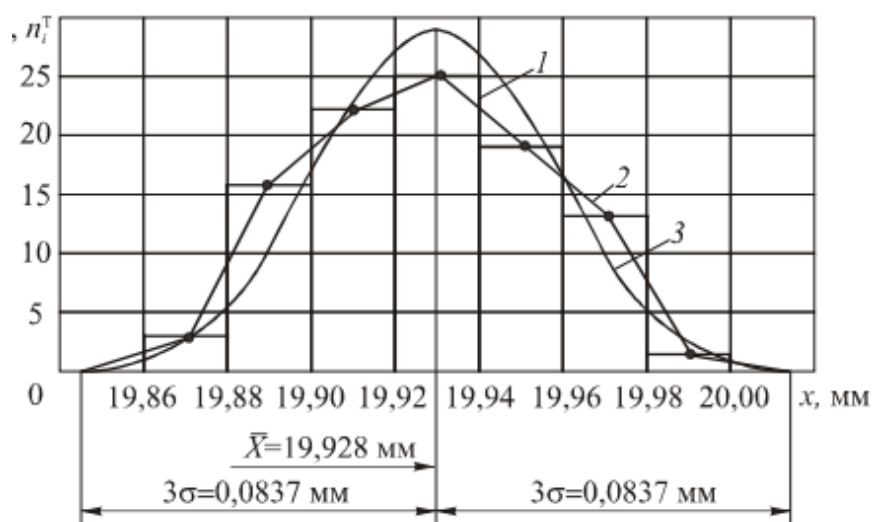


Рисунок 8 – Пример построения на одном графике эмпирической и теоретической кривых:
1 – гистограмма; 2 – эмпирическая кривая; 3 – теоретическая кривая нормального распределения размеров

Для определения вероятного процента брака большой партии заготовок по результатам измерения малой выборки используют следующее положение.

Принято, что для практики достаточными являются пределы, равные $\pm 3\sigma$ от значения $\bar{x}$, так как в эти пределы попадает 99,73 % всех значений случайной величины x . Тогда:

$$F(3\sigma < x_i < 6\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\bar{x}-3\sigma}^{\bar{x}+3\sigma} e^{-\frac{(x_i-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx = 0,9973 \approx 1. \quad (7)$$

Вероятность попадания значений величины x_i в любой другой интервал может быть найдена по формуле:

$$F(x_1 < x_i < x_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{(x_i-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (8)$$

Произведя замену x путем подстановки:

$$t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}, \quad (9)$$

получим:

$$F(x_1 < x_i < x_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (10)$$

Интеграл:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (11)$$

носит название нормированной функции Лапласа и его значение для различных $t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ приведены в таблице 3.

Эта функция четная, следовательно $\Phi(-t) = \Phi(t)$. Вероятность того, что случайная величина, подчиняющаяся закону нормального распределения,

находится в пределах $x_1 \dots x_2$, может быть записана через $\Phi(t)$ следующим образом:

$$P(x_1 < x_i < x_2) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi\left(\frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma}\right). \quad (12)$$

При хорошей точности процесса обработки должно выполняться следующее условие:

$$\Delta x \leq T, \quad (13)$$

где Δx – зона практического рассеивания, равная 6σ ;

T – допуск по чертежу.

Таблица 3 – Значения функции Лапласа

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,0	0,0000	1,3	0,4032	2,6	0,4953
0,1	0,0398	1,4	0,4192	2,7	0,4965
0,2	0,0793	1,5	0,4332	2,8	0,4974
0,3	0,1179	1,6	0,4452	2,9	0,4981
0,4	0,1554	1,7	0,4554	3,0	0,4986
0,5	0,1915	1,8	0,4641	3,1	0,4990
0,6	0,2257	1,9	0,4713	3,2	0,4993
0,7	0,2580	2,0	0,4772	3,3	0,4995
0,8	0,2881	2,1	0,4821	3,4	0,4996
0,9	0,3159	2,2	0,4861	3,5	0,4997
1,0	0,3413	2,3	0,4893	3,6	0,4998
1,1	0,3643	2,4	0,4913	3,7	0,4999
1,2	0,3849	2,5	0,4938	3,8	0,4999

Если это условие не выполняется, то определяется вероятный процент брака:

$$P(T_H < x_i < T_B) = \Phi(t_1) + \Phi(t_2), \quad (14)$$

где T_H и T_B – нижнее и верхнее допустимые отклонения;

$\Phi(t_1)$ и $\Phi(t_2)$ определяются по таблице 3 в зависимости от параметра t :

$$t_1 = \frac{T_H - \bar{x}}{\sigma}; \quad t_2 = \frac{T_B - \bar{x}}{\sigma}.$$

Процент неисправимого брака:

$$P(x < T_H) = 0,5 - \Phi(t_1).$$

Процент исправимого брака:

$$P(x < T_B) = 0,5 - \Phi(t_2).$$

Определить:

$$t_1 = \frac{T_H - \bar{x}}{\sigma}; \quad t_2 = \frac{T_B - \bar{x}}{\sigma}.$$

Найдя по таблице 3 значения $\Phi(t_1)$ и $\Phi(t_2)$, определите соответственно процент неисправимого и исправимого брака:

$$\begin{aligned} P(x < T_H) &= 0,5 - &= & \cdot 100\% = & \% \\ P(x < T_B) &= 0,5 - &= & \cdot 100\% = & \%. \end{aligned}$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите разделы «Теоретические сведения» и «Методика построения точечных диаграмм» данной работы.
2. Произведите измерения размеров деталей и результаты занесите в таблицу.
3. Выполните вычисления, необходимые для построения теоретических кривых распределения.
4. Выполните построения эмпирических и теоретических кривых распределения.
5. Постройте эмпирическую кривую распределения размеров или расположения поверхностей и определите фактический брак деталей.
6. Проведите вычисления и постройте теоретическую кривую распределения и определите вероятностный процент брака.
7. Произведите анализ полученных данных.
8. Составьте отчет по работе.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- название лабораторной работы;
- цель и задачи работы;
- таблицу результатов измерения размеров деталей или расположения поверхностей после обтачивания заготовок;
- вычисления, необходимые для построения теоретических кривых распределения;
- построение эмпирических и теоретических кривых распределения;
- определение фактического и вероятностного брака деталей;
- анализ полученных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов, Г. В. Основы повышения точности при изготовлении деталей ДЛА: учеб. пособие / Г. В. Смирнов и др.; под ред. проф. Г. В. Смирнова. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 132 с. – Текст: непосредственный.
2. Степанова, Е. А. Основы обработки результатов измерений: учеб. пособие / Е. А. Степанова, Н. А. Скулкина, А. С. Волегов; под общ. ред. Е. А. Степановой; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 95 с. – Текст: непосредственный.
3. Тотай, А. В. Основы технологии машиностроения: учебник и практикум для вузов / А. В. Тотай и др.; под общей редакцией А. В. Тотая. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 300 с. – Текст: непосредственный.
4. Холодкова, А. Г. Общие основы технологии металлообработки и работ на металлорежущих станках: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А. Г. Холодкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 256 с. – Текст: непосредственный.