

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Воронежский государственный технический университет"

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

**ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению контрольных работ  
для студентов направления подготовки бакалавров  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(профили «Технология машиностроения»,  
«Металлообрабатывающие станки и комплексы»)  
заочной формы обучения

Воронеж 2022

УДК 621.01 (07)  
ББК 34.5я7

**Составитель**

д-р техн. наук, профессор С. Ю. Жачкин

**Процессы и операции формообразования:** методические указания к выполнению контрольных работ для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы») заочной формы обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет; сост. С. Ю. Жачкин. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. –16 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению контрольной работы, рассматриваются математические методы обеспечения точности размерных параметров изделий при выполнении механических операций их формообразования, приводятся алгоритмы расчётов.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_КР\_ПиОФ.pdf.

Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

**УДК 621.01(07)**  
**ББК 34.5 я7**

Рецензент – С. Н. Яценко, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета

## 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Познакомить студентов с математическими методами анализа точности размерных параметров детали при выполнении механической операции ее формообразования.

## 2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Стремление к постоянному совершенствованию качества продукции и процессов требует последовательной работы персонала предприятия, направленной на анализ производства, разработку системы сбора и обработки данных, создание методик выявления источников дефектов и проектирование процедур по их устранению с наименьшими затратами. Одним из инструментов, позволяющим решать этот круг задач является статистика.

В конце 17 века в Западной Европе математическая статистика зародилась как раздел математики, посвященный математическим методам систематизации, обработки и использования статистических данных для научных и практических выводов. Статистическими данными являются сведения об объектах входящих в какую-либо совокупность, обладающую теми или иными общими признаками. В основе статистических методов контроля лежит учет либо самих наблюдаемых объектов, либо их отдельных признаков, характеристик, свойств.

Инженерное применение математической статистики невозможно без теории вероятностей – раздела математики, позволяющего, в частности, определять вероятность появления случайных событий либо по вероятности одних случайных событий находить вероятности других случайных событий, если они функционально связаны между собой.

Использование теоретико-вероятностных моделей позволяет обеспечить планирование и сбор данных их систематизацию, представление, анализ, и, как результат, формирование основанных на этих данных выводов относительно наблюдаемого явления.

Теория вероятностей изучает, главным образом, такие случайные события, распределения которых подчиняются в большей или меньшей степени теоретическим законам распределения случайных величин.

Теория вероятностей также широко применяется и при статистическом изучении массовых явлений, которые могут не относиться к категории вероятностно случайных. В этих случаях вероятностным закономерностям подчинены не сами изучаемые явления, а приемы их исследования.

Статистические методы в настоящее время широко используются на различных этапах контроля и управления качеством продукции, способствуя созданию условий для принятия рациональных управленческих решений с использованием накопленной информации для повышения результативности деятельности организации, их эффективного взаимодействия с внешней средой.

Роль статистических методов на различных этапах менеджмента качества в процессе производства постоянно возрастает, а культура производства во многом определяется масштабом обоснованного внедрения этих методов, системностью их применения и степенью квалификации персонала.

Контроль качества – это деятельность, включающая проведение измерений, экспертиз, испытаний или оценки одной или нескольких характеристик объекта контроля и сравнение полученных результатов с установленными требованиями для того, чтобы определить, достигнуто ли соответствие по каждой из этих характеристик.

Контроль качества позволяет решать следующие основные задачи:

- 1) исключить брак при производстве продукции;
- 2) создать механизм подтверждения качества продукции в процессе ее изготовления, как для производителя, так и для потребителя.

Определенной разновидностью контроля качества является технический контроль, под которым понимается проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям.

Существуют различные подходы к классификации видов технического контроля. Наиболее употребляемая классификация предполагает дифференциацию видов технического контроля по следующим классификационным признакам: объект контроля, метод контроля, стадия создания продукции, этап процесса производства, полнота охвата контролем, связь с объектом контроля во времени, применяемые средства контроля, степень автоматизации, место размещения средств контроля, обязательность проведения, тип контролируемых признаков.

Существенным, при проектировании контрольных операций, является выбор метода контроля по способу его осуществления. Различают органолептический и измерительный контроль.

Органолептический контроль – это контроль продукции, выполняемый с помощью органов чувств человека без применения специальных технических средств. Данный вид контроля пригоден для решения узкого круга задач. Его, как правило, осуществляют методом экспертного оценивания. Оценки, по определению, носят субъективный характер и, в значительной степени, определяются квалификацией контролера и его психофизиологическими возможностями.

Измерительный контроль – это контроль, осуществляемый с применением средств измерений (СИ). Развитие новых методов измерений позволяет в настоящее время осуществлять измерительный контроль практически всех параметров, которые ранее подвергались только органолептическому контролю (например, контроль качества лакокрасочного покрытия, контроль параметров шероховатости и т.д.).

Измерительный контроль обычно осуществляется в два этапа. На первом этапе получают первичную информацию о фактическом состоянии продукции, т.е. действительных значениях контролируемых параметров. На втором этапе полученная первичная измерительная информация сопоставляется

с заранее установленными требованиями (нормами, критериями). При этом выявляется соответствие или несоответствие фактических параметров продукции требованиям технических нормативных правовых актов и иной технической документации. Информация об их расхождении используется для выработки решений о годности или негодности продукции.

Иногда понятие «измерительный контроль» расширяют, вводя термин «допусковый измерительный контроль», под которым понимают определение, путем измерений или испытаний, значения контролируемого параметра изделия  $X$  и последующее отнесение результата измерения к одному из двух подмножеств  $X_1$  (результат соответствует годному) либо  $X_2$  (результат не соответствует годному). Если при этом выполняется условие  $X \in X_1$ , то принимается решение о годности изделия по контролируемому параметру, если  $X \in X_2$  – о его негодности.

Примером допускового контроля является измерение линейного размера детали, в процессе которого проверяется нахождение размера в допускаемых пределах.

По расположению «зоны пригодности» контролируемого параметра различают следующие виды допускового контроля:

- односторонний контроль, при котором контролируемый параметр  $X$  должен быть меньше либо больше нормируемого (допускаемого) значения  $X_n$ ;

- двухсторонний контроль, при котором контролируемый параметр должен находиться между верхним и нижним допускаемыми значениями  $X_{нн} \leq X \leq X_{нв}$ .

Качество выпускаемых изделий характеризуется множеством параметров. В зависимости от числа контролируемых параметров контроль подразделяется на однопараметрический, при котором контролируется один параметр изделия, и многопараметрический, при котором контролируется несколько параметров каждого изделия (контролируемые параметры могут иметь различную или единую физическую природу).

В зависимости от места в процессе производства различают входной, операционный и приемочный контроль.

Входной контроль качества – это контроль комплектующих изделий, полуфабрикатов и материалов с целью установления соответствия их качества требованиям, нормируемым в стандартах, технических условиях, договорах о поставке на эти изделия, полуфабрикаты или материалы. Входной контроль позволяет собрать объективную информацию о закупаемой продукции с целью выбора наиболее подходящего поставщика, при необходимости введения дополнительных требований к показателям качества данной продукции.

Операционный контроль – это контроль качества продукции (или технологического процесса), выполняемый во время или после завершения определенной технологической операции. Операционный контроль проводят с целью своевременного предотвращения отступлений от требований конструкторской или иной технической документации при изготовлении деталей,

сборочных единиц и т.д. Этот вид контроля применяется также для выявления характера и причин отклонений параметров технологических процессов от их нормативных значений и разработки мероприятий, направленных на обеспечение стабильности качества выпускаемой продукции.

Очевидная цель операционного контроля: получение информации для принятия решений при управлении технологическим процессом. Иногда, перед операционным контролем ставят специфическую цель, связанную с исследованием точности технологического процесса или технологического оборудования.

Операционный контроль осуществляется, как правило, на всех стадиях производства. При организации операционного контроля необходимо обеспечить непрерывность контроля, то есть охват контролем всех технологических операций, определяющих качество изделия.

Приемочный контроль – это контроль качества продукции с целью подтверждения соответствия готовой продукции требованиям технической документации.

По полноте охвата контроль делится на сплошной и выборочный.

Сплошной контроль – это технический контроль каждой единицы выпускаемой продукции. Безусловным преимуществом такого вида контроля является полная и объективная оценка качества продукции.

Однако трудность проведения сплошного контроля качества продукции в условиях массового и крупносерийного производства из-за больших экономических затрат все настоятельнее заставляет переходить на выборочные статистические методы контроля.

Выборочный статистический контроль – это контроль некоторой, статистически обоснованной части выпускаемой партии продукции, проводимый по определенным правилам и процедурам, позволяющий сформулировать обоснованное заключение о соответствии или несоответствии установленным требованиям всей совокупности продукции (с учетом небольших, заранее оговоренных рисков).

Предприятие не должно тратить свои ресурсы на производство продукции и (или) услуг, которые окажутся негодными (несоответствующими) и потребуют впоследствии затрат на их устранение. Вложение средств в создание несоответствующего продукта крайне убыточно, поэтому деятельность предприятия должна быть направлена на изготовление 100 % годной продукции, которая бы в полной мере соответствовала современным требованиям потребителя.

Процесс производства продукции или оказания услуг рассматривается как взаимосвязанная сеть процессов, а статистические методы применяются для каждого из элементарных процессов всего жизненного цикла продукции или услуг, начиная с процессов менеджмента и проектирования, заканчивая процессами контроля и выработки управляющих решений. При этом экономический эффект от внедрения статистических методов управления качеством достигается не только за счет предупреждения брака и снижения затрат

на контроль изготавливаемой продукции, но и за счет совершенствования и реструктуризации самих процессов, что ведет к созданию продукции или услуг более высокого качества. Применение статистических методов управления качеством продукции можно определить как действия, осуществляемые при создании, эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания ее качества на необходимом уровне на основе методов математической статистики.

Укрупненно можно сформулировать следующие основные направления использования статистических методов при проведении работ по контролю качества продукции и процессов.

Статистическая оценка качества – это установление количественных значений показателей качества с использованием аппарата математической статистики.

Статистическая оценка показателей процесса – это установление статистическими методами оценки ожидаемого качества на основе потенциальных характеристик процесса.

Статистическое управление процессами – это выявление и оценивание тенденций изменения параметров процессов и, при необходимости, их корректировка по результатам выборочного статистического контроля, как правило, с использованием контрольных карт, с целью обеспечения и поддержания процессов на уровне, гарантирующем соответствие продукции и услуг установленным требованиям.

Статистический приемочный контроль – это, основанный на применении методов математической статистики, контроль, проводимый по определенным правилам и процедурам с целью определения соответствия установленным техническим требованиям поставляемой, а также предполагаемой для поставки продукции и принятия последующего решения.

Статистическое прогнозирование – это анализ тенденций изменения и оценка потенциальных рисков при реализации технологических процессов во времени, основанные на применении кластерного, дисперсионного, регрессионного, дискриминантного анализа, а также специально разработанных техник качества (FMEA, VE, QFD, QLF и др.).

Различают описательную и аналитическую статистику.

К описательной статистике относятся методы и средства систематизации и описания эмпирических данных, полученных с помощью наблюдений. Используя приемы описательной статистики, удастся извлечь и представить в структурированном виде существенную информацию об изделии или процессе, придав ей форму некоторой системы данных, удобной для дальнейшего использования.

Аналитическая статистика предполагает обработку эмпирических данных, полученных в результате использования методов и средств описательной статистики, их количественную оценку посредством расчета основных статистических показателей с целью их интерпретации и принятия необходимых управляющих решений.

Алгоритм применения аналитической статистики предполагает поэтапное решение трех основных задач, включая:

- моделирование, т.е. переход от технологической реальности к абстрактной математико-статистической схеме, путем построения вероятностной модели (либо технологического процесса, либо плана приемочного контроля и т.д.);

- определение количественных оценок, полученных чисто математическими средствами в рамках вероятностной модели и выводов, с целью анализа и формулировки выводов;

- интерпретация математико-статистических выводов применительно к реальной ситуации и принятие адекватного решения (например, о соответствии или несоответствии качества продукции установленным требованиям, либо о необходимости наладки технологического процесса и т.д.) или заключения (например, о доле дефектных единиц продукции в партии, о конкретном законе распределения контролируемых параметров и др.).

При обработке заготовок на настроенном станке в результате действия постоянных и непрерывно изменяющихся факторов, полученные детали по размерам и форме отличаются друг от друга и от номинальных параметров, указанных на чертеже.

Разброс контролируемых параметров детали характеризуется, прежде всего, величиной поля рассеивания.

$$\omega = A^{\text{НВ}} - A^{\text{НМ}},$$

где  $A^{\text{НВ}}$  и  $A^{\text{НМ}}$  - соответственно наибольшее и наименьшее значения исследуемого параметра.

Независимо от природы возникновения погрешности, проявляющиеся в ходе выполнения технологического процесса, можно разделить на три вида: систематические постоянные, систематические закономерно изменяющиеся и случайные. Систематические постоянные погрешности не изменяются при обработке одной заготовки или нескольких партий заготовок. Систематические закономерно изменяющиеся погрешности могут влиять на точность обработки непрерывно или периодически. Знание закона изменения этих погрешностей позволяет принимать меры для их устранения или уменьшения при проектировании технологического процесса. Случайные погрешности возникают в результате действия большого количества несвязанных между собой факторов. Определить заранее момент появления и точную величину этой погрешности для каждой детали в партии не представляется возможным; тем не менее, с помощью аналитических расчетов или экспериментальных исследований можно установить пределы изменения этой погрешности.

При анализе точности процесса формообразования детали приходится рассматривать как систематические, так и случайные погрешности обработки.

Исследование случайных погрешностей основывается на выводах теории вероятности и математической статистики. При изучении случайных погрешностей изготовления удобно пользоваться кривыми распределения, ко-

торые строятся на основании многократных наблюдений одного и того же явления. По эмпирическим кривым распределения можно в первом приближении оценить, какому из известных законов распределения ближе всего соответствует распределение случайной погрешности.

Метод построения кривых распределения позволяет осуществлять исследование точности обработки законченного этапа технологического процесса, но при этом не может быть учтена последовательность обработки заготовок, так как все заготовки данной партии как бы перемешиваются. При этом закономерно изменяющиеся погрешности не отделяются от случайных и учитывается их совокупное влияние на точность выполняемого параметра качества.

Статистический метод исследования точности обработки с построением точечных диаграмм свободен от этих недостатков и позволяет исследовать технологический процесс значительно глубже, чем метод кривых распределения; при этом оказывается возможным разделить влияние случайных и систематических погрешностей (как постоянных, так и закономерно изменяющихся).

## 2.1 Кривые распределения и оценка точности на их основе

Как показали многочисленные исследования, распределение погрешностей, изучение которых предусматривается при выполнении контрольной работы, ближе всего соответствует закону нормального распределения. Построение эмпирических кривых распределения случайных погрешностей, подчиняющихся закону нормального распределения, обычно выполняется в следующей последовательности.

По результатам измерения определяется разность между наибольшим и наименьшим размерами (размах варьирования или ширина размаха), которая разбивается на несколько равных интервалов.

Количество интервалов выбирается в зависимости от числа измерений. Определяется частота  $m_i$  - количество измерений, размеры которых попали в каждый интервал, или частость - отношение частоты  $m_i$  к общему количеству измерений  $N$ .

На оси абсцисс откладываются отрезки, соответствующие размеру принятого значения интервала, посередине каждого из них откладываются ординаты, пропорциональные частоте или частости.

Вершины ординат соединяются прямыми линиями.

Построенная, таким образом, эмпирическая кривая распределения носит название практической кривой распределения или полигона распределения.

По мере увеличения количества измерений эмпирическая кривая распределения 1 все более приближается к теоретической кривой нормального распределения 2 (рисунок 1).

Для непрерывных случайных величин уравнение кривой нормального распределения может быть выражено в следующем виде:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1),$$

где  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение;  $\alpha$  - среднее арифметическое аргумента;  $e$  - основание натуральных логарифмов.

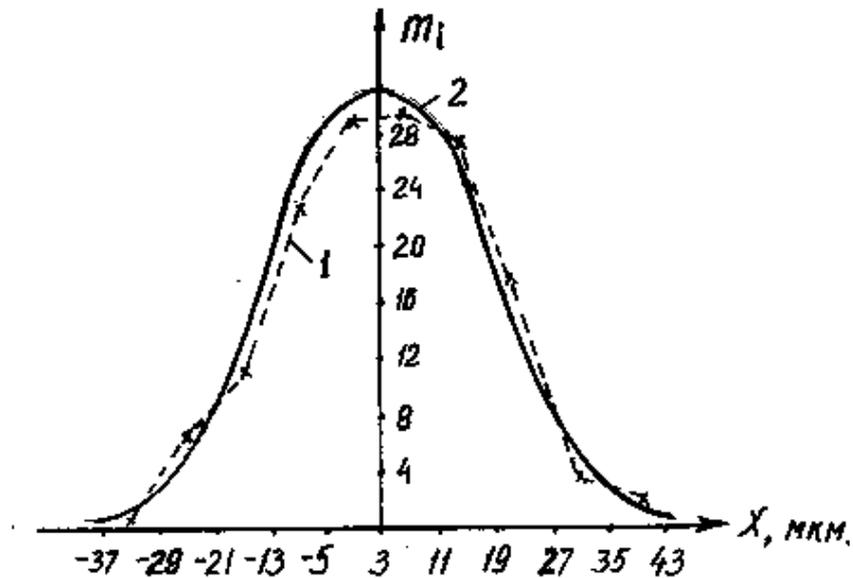


Рис.1. Практическая и теоретическая кривые распределения:  
1 – практическая кривая распределения;  
2 – кривая нормального распределения.

Постоянные величины  $\alpha$  и  $\sigma$  называются параметрами распределения.

Если центр группирования кривой нормального распределения совпадает с началом координат, то аналитическое выражение кривой приобретает следующий вид:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}. \quad (2)$$

При экспериментальных исследованиях, когда число опытов ограничено, аналитически рассчитать величину случайной погрешности не представляется возможным, поэтому определяются ее приближенные значения, а именно: среднее арифметическое значение случайной погрешности  $\bar{x}$  и эмпирическое среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ .

Для упрощения расчетов часто значение случайной погрешности определяют по средним размерам интервалов и частотам попадания этих значений в каждый интервал

$$\bar{x} = \frac{\sum x_{cp_i} m_i}{N}, \quad (3)$$

где  $x_{cp_i}$  - среднее значение интервала;

$m_i$  - частота попаданий размера в интервал.

Эмпирическое среднее квадратическое отклонение определяется из уравнения

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_{cp_i} - \bar{x})^2 m_i}{N}}. \quad (4),$$

При расчете параметров  $\bar{x}$  и  $\sigma$  не исключается возможность появления ошибки в их определении, если при проведении опытов имели место грубые ошибки, которые своевременно не были выявлены и исключены из результатов опытов. Грубые ошибки в проведении опытов обычно заключаются в том, что отдельные значения результатов измерений существенно отличаются от среднего значения всей серии опытов.

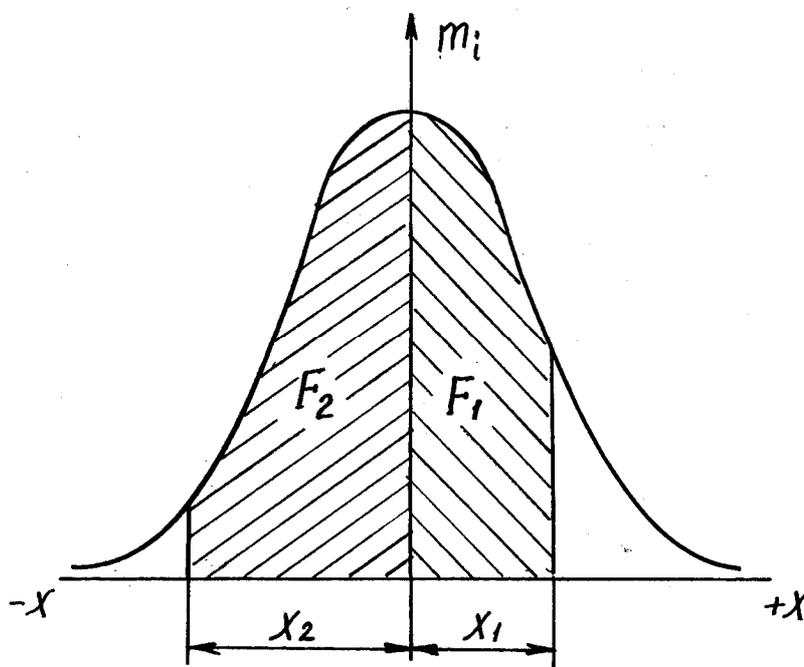


Рис. 2. Графическое изображение количества годных деталей в партии в виде площадей, заключенных между осью абсцисс и кривой Гаусса

Если всю площадь кривой нормального распределения принять за 100 %, то заштрихованная часть (рисунок 2) будет выражать ту долю отклонений случайной величины, которая укладывается в заданные пределы.

Поэтому можно считать, что если предельные отклонения равны  $x_1 = +3\sigma$  и  $x_2 = -3\sigma$ , то количество изделий, отклонения размеров которых лежат внутри допустимого интервала, равно 99,73 % от общего количества обработанных при данной настройке деталей. Количество же деталей, выходящих за эти пределы (так называемый "процент риска", составляет 0,27 %

общего количества).

Процент риска при  $x = \pm 2\sigma$  равен 4,5 %, при  $x = \pm \sigma$  - 3,2 %.

Пользуясь кривой нормального распределения можно найти вероятное количество годных деталей, на размер которых установлен определенный допуск. Предположим, что поле допуска  $\delta$  установлено двумя размерами  $x_1$  и  $x_2$ , которые представляют собой отклонения предельных размеров от центра группирования. Вероятное количество годных деталей в этом случае будет пропорционально заштрихованной площади  $F_1$  и  $F_2$  (см. рисунок 2). Аналитически оно может быть найдено из выражения:

$$F = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (5)$$

Если принять  $x/\sigma = t$ , то вышеприведенные интегралы можно представить в виде функции  $\Phi(t)$ :

$$F_1 = 0,5\Phi(t_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_1} e^{-\frac{t^2}{2}} dt;$$

$$F_2 = 0,5\Phi(t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (6)$$

Значения функции  $\Phi(t)$  через десятую долю аргумента приведены в таблице 2.

## 2.2 Точечные диаграммы и оценка точности на их основе

Метод исследования точности, основанный на построении точечных диаграмм, заключается в следующем. По оси абсцисс откладываются номера обработанных деталей в той последовательности, как они сходят со станка, а по оси ординат в виде точек откладываются результаты замеров деталей (рисунок 3).

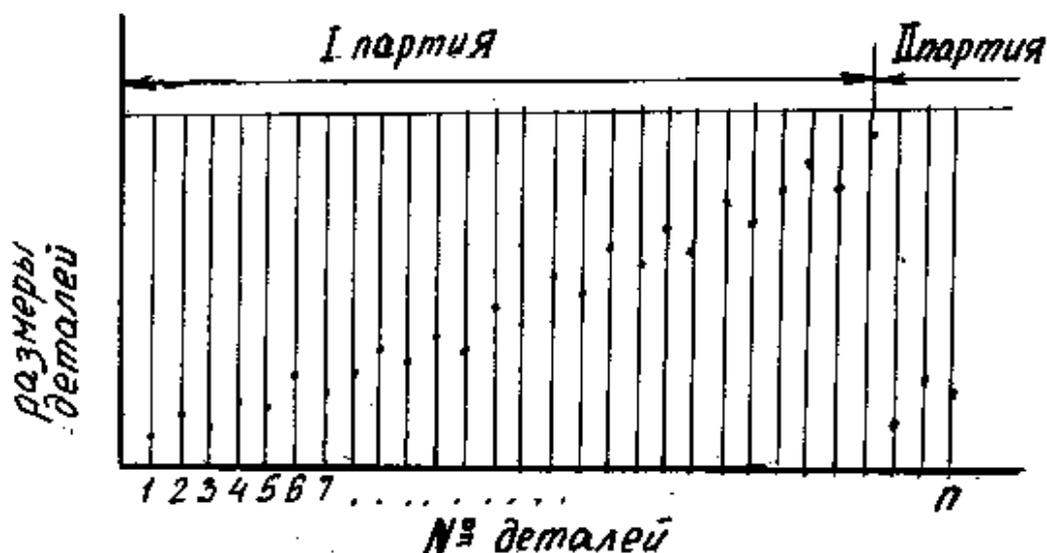


Рис. 3. Точечная диаграмма

Применение метода точечных диаграмм позволяет выявить общую тенденцию изменения результатов с увеличением номеров деталей с течением времени.

Точечные диаграммы можно строить не только для одной партии заготовок, но и для нескольких последовательно обрабатываемых партий, при этом партии разбиваются на группы по несколько штук последовательно обрабатываемых заготовок в каждой группе. Тогда по оси абсцисс откладываются не номера заготовок (проб), а номера групп, но при этом рассеивание таких групповых средних (средних арифметических значений размеров заготовок, входящих в группу) будет меньше, чем рассеивание размеров отдельных заготовок.

### 3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить 100 последовательно обработанных валов на настроенном токарно-винторезном станке модели 16К20. Результаты измерений размеров последовательно обработанных деталей сводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная таблица

№ п/п	1	2	3	.....	100
Размер $x_i$					

2. По данным измерений построить точечную диаграмму.

3. Произвести расчеты, необходимые для построения практической кривой распределения (см. п. 2.1).

4. Построить практическую кривую или полигон распределения.

5. На практической кривой построить кривую нормального распределения по точкам со следующим значением абсцисс:

$$x_1 = A - A_{cp} = 0; \quad x_2 = \pm 0,5\sigma; \quad x_3 = \pm\sigma;$$

$$x_4 = \pm 2\sigma; \quad x_5 = \pm 3\sigma.$$

Соответствующие ординаты подсчитать по уравнению (1).

6. По заданному преподавателем полю допуска на контролируемую величину, определить количество годных деталей аналитически по формуле (5) и эмпирически, используя таблицу 2. Сравнить результаты. Критерий  $t$  при расчетах округлять до сотых долей, значение  $\Phi(t)$  выбирать методом интерполяции.

Вероятность брака в процентах определяется по выражению

$$p = [1 - (F_1 + F_2)] \cdot 100$$

Таблица 2 – Значения функции  $\Phi(t)$

$t$	$\Phi(t)$	$t$	$\Phi(t)$	$t$	$\Phi(t)$
0	0	1,2	0,7699	2,4	0,9836
0,1	0,0797	1,3	0,8064	2,5	0,9876
0,2	0,1585	1,4	0,8385	2,6	0,9907
0,3	0,2358	1,5	0,8664	2,7	0,9931
0,4	0,3108	1,6	0,8904	2,8	0,9949
0,5	0,3829	1,7	0,9109	2,9	0,9963
0,6	0,4515	1,8	0,9281	3	0,9973
0,7	0,5161	1,9	0,9426	3,1	0,99806
0,8	0,5763	2	0,9545	3,2	0,99862
0,9	0,6319	2,1	0,9643	3,3	0,99903
1	0,6827	2,2	0,9722	3,4	0,99933
1,1	0,7287	2,3	0,9786	3,5	0,99953

#### 4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы.
2. Оборудование и измерительные приборы.
3. Эскиз обработки.
4. Таблицы результатов измерений.
5. Расчетные значения для построения практической кривой (полигона) распределения.
6. Точечная диаграмма.
7. Практическая кривая распределения и кривая нормального распределения.
8. Расчет количества годных деталей при обработке.
9. Выводы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. – 496 с., ил.
2. ГОСТ 16467-70. Статистические показатели точности и стабильности технологических операций. - М.: Изд-во стандартов, 1971. - 20с.
3. Солоний И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1972. - 215 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Цель работы	3
2 Основные положения	3
2.1 Кривые распределения и оценка точности на их основе	9
2.2 Точечные диаграммы и оценка точности на их основе	12
3 Порядок выполнения работы	13
4 Содержание отчета	14
Библиографический список	15

# **ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению контрольных работ  
для студентов направления подготовки бакалавров  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(профили «Технология машиностроения»,  
«Металлообрабатывающие станки и комплексы»)  
заочной формы обучения

**Составитель**  
**Жачкин Сергей Юрьевич**

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 10.06.2022.  
Уч.-изд. л. 0,7.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический  
университет"  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84