ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

АВТОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра Технология машиностроения

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА

Методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей

Тольятти 2003

В методическом пособии представлен обзор методов статистического обеспечения качества. Подробно рассмотрено применение 7 традиционных японских методов анализа качества. Включены материалы, рассматривающие идею статистического приемочного контроля. В отдельной главе изложен необходимый для понимания статистических методов математический аппарат.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВВЕДЕНИЕ

1. СТАТИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

2. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

2.1 Контрольные листки

2.2 Диаграммы Парето

2.2.1 Метод построения диаграммы Парето

2.2.2 Анализ диаграмм Парето

2.3 Диаграммы Исикавы

2.4 Гистограммы

2.4.1 Построение гистограммы

2.4.2 Анализ гистограмм

2.4.3 Оценка процесса по гистограммам

2.5 Диаграммы рассеивания

2.5.1 Построение диаграммы рассеивания (поля корреляции)

2.5.2 Анализ диаграммы рассеивания

2.6 Контрольные карты

2.6.1 Виды контрольных карт и область их применения

2.6.2 Построение контрольных карт

2.6.3 Анализ контрольных карт

2.6.4 Использование контрольных карт для оценки корреляции

2.7 Расслоение

3. ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССА

3.1 Понятие воспроизводимости процесса

3.2 Pacчeт индексов воспроизводимости

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

4.1 Контроль технологической точности

4.2 Использование диаграмм Парето

5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

5.1 Случайная величина. Общие определения

5.2 Числовые характеристики случайных величин

5.3 Типовые теоретические распределения случайных величин

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВГД - верхняя граница поля допуска:

НГД - нижняя граница поля допуска;

ВКГ - верхняя контрольная граница на контрольной карте;

НКГ - нижняя контрольная граница на контрольной карте;

Ср, Срк - индексы воспроизводимости:

n-объем выборки;

Р(А) - вероятность случайного события А;

R - размах (длина интервала, в который попадают все значения наблюдаемого параметра);

s - стандартное отклонение;

 - среднее квадратичное отклонение;

х- выборочное среднее (среднее арифметическое всех значений наблюдаемого параметра);

х - медиана.

ВВЕДЕНИЕ

Статистические методы - важный инструмент повышения качества в любом современном производстве, тем более производстве серийном. Все ведущие автомобильные компании применяют статистические методы практически на всех стадиях жизненного цикла, как для анализа и контроля качества производственных процессов и произведенной продукции, так и для разработок новых технологий и принятия правильных управленческих решений.

В настоящее время в международном стандарте ИСО 9001 одним из элементов Системы качества является элемент «Статистические методы», а в комплекс международных стандартов QS-9000 входит руководство «Статистическое управление процессами».

Настоящее пособие содержит описание основных приемов и методов статистического управления качеством.

Глава 1 посвящена общим вопросам статистического управления процессами. В главах 2 и 3 рассматриваются статистические методы контроля качества процесса производства (так называемые «семь простых японских методов качества») и вытекающие из них возможные управляющие воздействия. В главе 4 применение методов анализа качества производственных процессов иллюстрируется на конкретных примерах, характерных для производственной деятельности АО «АВТОВАЗ». В главе 5 изложен необходимый минимум математического аппарата для понимания статистических методов.

1. СТАТИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

Процесс - это совокупность взаимосвязанных ресурсов и деятельности, которая преобразует входящие элементы в выходящие [10]. В результате процесса происходит преобразование исходных элементов (материалов, информации), которое увеличивает их ценность за счет применения квалифицированного труда и знаний.

В автомобилестроении под процессом понимается создание и эксплуатация автомобиля. Здесь элементами является сочетание поставщиков (входные материалы), производителей, оборудования, методов, окружающей среды, потребителей.

В заводских производственных условиях распространен термин технологический процесс как процесс изготовления некоторого продукта при наличии определенных ресурсов с наблюдаемым (контролируемым) результатом деятельности.

Способность некоторого объекта удовлетворять потребительским запросам покупателей связывается с понятием качество. Различают качество процессов и качество продукции. Качество продукции обусловлено эффективностью изучения спроса, проектирования, изготовления, сопровождения в эксплуатации.

Качество процесса определяется тем, насколько потребительские свойства продукта удовлетворяются на заводском уровне требованиями конструкторской и технологической документации.

Эффективность процесса оценивается как высокое качество выпускаемой продукции и обеспечивается с помощью системы управления.

Система управления процессом строится как замкнутая система с использованием принципа обратной связи. Само управление процессом основывается на активном анализе информации о продукции.

Информация о продукции - показатели качества изделий, а также параметры, описывающие условия протекания процесса (такие как, температура, цикличность и т.д.); собирается на основе анализа фактического качества изготовленной продукции. Если эта информация собрана и правильно интерпретирована, то она может показать, нуждается ли процесс я корректировке или нет.

Реализация управления процессом осуществляется с помощью различных мероприятий, распадающихся на две группы по признаку функциональной направленности.

Мероприятия, направленные на продукцию - мероприятия, нацеленные на поиск дефектов в уже изготовленной продукции. Если в процессе производства не выдерживаются технологические условия, то всегда будет существовать необходимость сортировать продукцию, исправлять несоответствия в изделиях. Это будет продолжаться до тех пор, пока не будут приняты необходимые меры по улучшению процесса. Мероприятия по выявлению и устранению брака ориентированы нa npошлоe.

Мероприятия, направленные на улучшение процесса - мероприятия, связанные со структурной перестройкой процесса, направлены на улучшение процесса (то есть позволяют избежать брака). Такими мероприятиями являются, например, обучение сотрудников, изменения в сырье, переналадка оборудования или даже изменение технологии. Важно, что эти мероприятия ориентированы в будущее.

Очевидно, что контроль качества в производстве, за которым следуют только мероприятия по продукции, является плохой заменой для мероприятий по действительному улучшению качества процесса.

При производстве любой продукции качество готового изделия зависит от множества самых различных факторов. Например, на размеры обрабатываемой детали оказывают влияние свойства и состояние:

a) станка (износ подшипника, износ элементов позиционирования),

b) инструмента (прочность, износ),

c) материала (твердость).

d) персонала (эффективность обучения),

e) рабочей среды (температура, бесперебойное электропитание) и т.п.

В результате, даже в условиях автоматизированного производства невозможно получить два абсолютно одинаковых изделия.

Отличия в конечных результатах процесса называют изменчивостью. Изменчивость в качестве готового продукта связывается с изменчивостью в процессе производства, которая обуславливает появление дефектных (несоответствующих) изделий даже при отлаженном производственном процессе. Выявление факторов, влияющих на качество, и уменьшение изменчивости процесса позволяет повысить качество выпускаемых изделий и уменьшить количество брака.

Следует распознавать два вида источников изменчивости:

• обычные причины изменчивости,

• особые причины изменчивости.

Обычные причины изменчивости представляют собой стабильную систему случайных факторов. В этом случае результаты процесса статистически предсказуемы.

Приведем примеры группы факторов случайного характера:

• случайные разбросы характеристик материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;

• случайные разбросы параметров технологических процессов (окружающая среда и рабочее тело);

• случайные разбросы характеристик и параметров средств технологического оснащения, измерительных приборов, режущего и мерительного инструмента, стендового испытательного оборудования и т.д.;

• случайные неблагоприятные сочетания допусков в размерных технологических цепочках при изготовлении продукции и т.д.

Изменчивость, обусловленная факторами случайного характера, может быть уменьшена путем проведения соответствующих организационно-технических мероприятий на основе исследования результатов их статистического анализа и описания их проявления статистическими закономерностями.

Особые причины изменчивости представляют собой неслучайные факторы, нарушающие стабильный ход процесса.

Приведем примеры группы факторов неслучайного характера:

• применение материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, не предусмотренных технологическими процессами, в том числе с просроченными сроками годности;

• несоблюдение установленных нормативно-технической документацией приемов, методов и режимов обработки изделий и их испытаний;

• использование не аттестованных во время средств контроля и средств технологического оснащения с просроченными сроками годности;

• неудовлетворительное состояние средств технологического оснащения, ремонтной базы, испытательного оборудования и т.д.:

• отсутствие закрепления конкретных видов работ (операций) за определенными исполнителями:

• неполное завершение предыдущих операций:

• несоблюдение последовательности выполнения работ (операций), заданных по технологическим маршрутным картам:

2. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Стремясь наиболее эффективно использовать статистические методы управления качеством, японские специалисты разработали такие процедуры, которые достаточно просты для применения, то есть не требуют специальных знаний, но в то же время дают результаты, позволяющие профессионалам оперативно анализировать и совершенствовать производственный процесс.

Совокупность используемых методов получила название «семь простых методов контроля качества» и содержит:

• контрольные листки,

• диаграммы Парето,

• диаграммы Исикавы.

• гистограммы,

• диаграммы рассеивания,

• контрольные карты,

• расслоение (стратификация).

Рассмотрим каждый из этих методов.

2.1 Контрольные листки

Анализ любого вида деятельности возможен только на основании имеющейся информации, поэтому применение каждого из методов контроля качества должно начинаться со сбора необходимых данных. Прежде всего, необходимо четко сформулировать цель сбора интересующих нас сведений (контроль и регулирование производственного процесса; анализ отклонений от установленных требований; контроль продукции). Затем продумывают, какие типы данных нужно собрать, их характер, частоту и способы измерения, надежность получаемых результатов и т.п. Так как для анализа данных используются различные статистические методы, то в процессе сбора информации следует позаботиться об упорядочении получаемых результатов, чтобы облегчить их последующую обработку. Результаты наблюдений удобнее всего заносить в контрольные листки.

Контрольный листок - это бумажный бланк для первичного сбора информации.

Контрольный листок предназначен для фиксации контролируемых параметров:

• облегчения процесса сбора данных;

• автоматического упорядочивания сбора данных для упрощения дальнейшей обработки.

Основные требования, предъявляемые к контрольному листку:

• простота фиксации результатов наблюдений;

• наглядность полученных результатов;

• полнота данных.

Для достижения этих требований необходимо заранее продумать форму контрольных листков и постоянно совершенствовать эту форму с учетом замечаний и пожеланий тех, кто заполняет контрольные листки. Следует стремиться к тому, чтобы при фиксации результатов требовалось производить минимум записей, например, просто делать отметки в нужных графах. Хорошо, когда в результате автоматически получается гистограмма (см. раздел 2.4) или диаграмма рассеивания (раздел 2.5). Но при этом контрольный листок должен содержать максимум исходной информации (не просто диаметр валика, а станок, на котором изготавливалась деталь, смена, время, обрабатываемая партия и т.п.)

Так как полученная информация необходима для последующего анализа причин дефектов, связанных как с несовершенством технологического процесса, так и с различными другими факторами, то следует требовать очень тщательного заполнения всех граф контрольного листка. Пренебрежение какими-либо данными, например, о номере партии или времени измерения исследуемого параметра, может потребовать последующего дополнительного сбора информации, что усложнит работу.

Примеры контрольных листков приведены на рисунках 2.1.1. - 2.1.4.

На рис. 2.1.1 показан контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра в ходе производственного процесса. В данном случае фиксируются изменения в размерах некоторой детали, подвергающейся механической обработке, причем в чертеже был указан размер 8.300 0,008. При заполнении контрольного листка после каждого замера в соответствующей клеточке ставился крест. В результате к концу измерений на контрольном листке оказалась готовая гистограмма.

На рис. 2.1.2. показан контрольный листок для регистрации видов несоответствий, используемый при приемочном контроле некоторой детали. Здесь фиксируются определенные несоответствия, выявляемые контролером и в конце рабочего дня можно быстро подсчитать число и разновидности обнаруженных несоответствий. Такой контрольный листок удобен для последующего построения диаграммы Парето, но он не дает возмож¬ности расслоения данных, то есть разбивки их на группы, например, по времени или месту изготовления детали.

Если предполагается последующий дополнительный анализ информации, лучше использовать листок, приведенный на рисунке 2.1.3. На этом листке регистрируются несоответствия в деталях (вал КПП), изготовленных на станках 003.716.33 и 003.718.33 фирмы FISCHER с учетом станков, рабочих, дней изготовления и типов дефектов. Здесь сразу видно, что больше всего брака допускает рабочий В, а самым неудачным днем оказалась среда. Последующее исследование показало, что в среду смазывающе-охлаждающая жидкость была низкого качества.

Для выявления причин несоответствий бывает удобно не просто фиксировать количество и виды несоответствий, но и отслеживать место их локализации. Пример соответствующего контрольного листка приведен на рисунке 2.1.4. При контроле отливок фиксируются не только наличие, но и месторасположение раковин. В результате анализа такого контрольного листка проще выявлять возможные причины возникновения исследуемого дефекта.

2.2 Диаграммы Парето

При производстве продукции неминуемо приходится сталкиваться с потерями (некачественные изделия и затраты, связанные с их производством). В большинстве случаев подавляющее число несоответствий и связанных с ними потерь возникает из-за относительно небольшого числа причин. Этот постулат положен в основу анализа Парето, который предназначен для разделения проблем качества на немногочисленные существенно важные и многочисленные несущественные.

Для определения немногочисленных существенно важных факторов строят диаграммы Парето.

Диаграмма Парето - это графическое представление степени важности причин или факторов, влияющих на исследуемую проблему.

Диаграммы Парето бывают двух видов:

1) Диаграмма Парето по результатам деятельности помогает выявить главную проблему и отражает нежелательные результаты деятельности

• в сфере качества: дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции;

• в сфере себестоимости: объем потерь, затраты;

• в сфере поставок: нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срывы сроков поставок:

• в сфере безопасности: несчастные случаи, аварии.

2) Диаграмма Парето по причинам отражает причины проблем, возникающих в ходе производства, и помогает выявить главную

• по кадрам: смена, бригада, возраст, опыт работы, квалификация, индивидуальные характеристики работника;

• по оборудованию: станки, агрегаты, инструментальная оснастка, модели, штампы, технология;

• по сырью: изготовитель, вид сырья, поставщик, партия:

• по методам работы: условия производства, приемы работы, последовательность операций.

2.2.1 Метод построения диаграммы Парето

Этап 1:

1) Определить проблему, которую надо исследовать.

2) Выделить факторы, которые могут повлиять на сформулированную проблему.

3) Перечислить данные, которые надо собрать.

4) Установить метод и период сбора данных. Примечание. На этом этапе полезно привлекать экспертов, в том числе наиболее опытных работников, сталкивающихся с данной проблемой

Этап 2: Разработать контрольные листки для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.

Примечание Результаты деятельности желательно пpедставлять в денежном выражении, так как затраты являются важным критерием измерении и управлении

Этап 3: Заполнить листы регистрации данных, собрать всю полученную информацию и подсчитать итоги.

Этап 4: Составить общую таблицу данных, в которой отразить все проверяемые признаки (факторы), итоги по каждому признаку отдельно, накопленную сумму, проценты к общему итогу для каждого признака и накопленные проценты.

Пример 2.2.1.

Типы Число Накопленная % числа дефект Накопленный

дефектов дефектов сумма тов к общей процент

Сумме

Деформация

Царапины Раковины 104

42

20 104

146

166 52

21

10 52

73

83

Трещины Пятна 10

6 176

182 5

3 88

91

Разрыв Прочие 4

14 186

200 2

7 93

100

Итого 200

100

При этом исследуемые признаки (факторы) располагают в порядке получившейся значимости, есть по убыванию общего числа зарегистрированных данных, но группу "прочие" всегда записывают в последнюю строку.

Этап 5: Построить столбиковую диаграмму, ориентируясь на левую вертикальную ось (то есть над интервалом, соответствующим признаку А, изобразить прямоугольник (столбик), высота которого равна числу появления этого признака).

Этап 6: На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала, нанести точки накопленных сумм процентов, ориентируясь на правую шкалу. Соединить эти точки отрезками прямых. Полученная ломаная называется кривой Парето (кумулятивной кривой).

Этап 7: Нанести на диаграмму все необходимые надписи (название, наименование контролируемого изделия, имя составителя диаграммы, период сбора информации, объект исследования и место его проведения, общее число объектов контроля, а также разметку числовых значений на осях и расшифровку кодовых обозначений).

Диаграмма Парето, соответствующая примеру 2.2.1, приведена на рисунке 2.2.1.

2.2.2 Анализ диаграмм Парето

Значимость фактора определяется частотой его регистрации, наибольшая частота указывает наиболее существенный фактор. Поэтому на диаграмме Парето высоты столбцов указывают степень влияния каждого фактора на всю проблему в целом, а кривая Парето позволяет оценить изменение результата при устранении нескольких наиболее существенных факторов.

После выявления проблемы путем составления диаграммы Парето по результатам полезно составить диаграмму Парето но причинам. Тогда появляется возможность определить причины возникновения проблемы и. следовательно, наметить пути устранения выявленной главной причины. Таким образом, выделяется наиболее эффективный путь решения проблемы.

Следует заметить, однако, что если какой-либо нежелательный фактор можно устранить сразу с помощью простого решения, это надо сделать немедленно (каким бы незначительным этот фактор ни был). При этом из рассмотрения исключается несущественный фактор, который просто перестает воздействовать.

Если группа "прочие" факторы составляет большой процент, то надо попытаться использовать какой-либо другой способ классификации (группировки) признаков. При этом может возникнуть необходимость в дополнительных исследованиях. Этого не следует бояться. Вообще для выявления сути проблемы имеет смысл строить много различных диаграмм Парето, исследуя самые разные факторы и способы их взаимодействия. Только в этом случае становится понятно, какие из факторов наиболее существенны и каковы возможные пути их преобразования.

2.3 Диаграммы Исикавы

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, причем некоторые из них могут влиять на другие, то есть быть связанными отношениями "причина - результат". Знание структуры этих отношений, то есть выявление цепочки причин и результатов, позволяет успешно решать проблемы управления, в том числе и проблемы управления качеством. Для удобства анализа структуры причин и результатов используют диаграммы Исикавы - диаграммы причин и результатов.

В области контроля качества диаграмма Исикавы - это диаграмма, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами.

Диаграмму причин и результатов иногда называют диаграммой "рыбий скелет" в силу ее специфического вида (см. рис. 2.3.1). Исследуя определенный показатель качества, стремятся сформулировать главные причины, влияющие на этот показатель. Затем выделяют вторичные факторы, влияющие на главные причины, а также более мелкие причины, воздействующие на вторичные факторы, и т. д. Таким образом, для составления диаграммы Исикавы надо проранжировать факторы по их значимости и установить структуру взаимовлияний.

Диаграмма причин и результатов графически отображает установленные связи следующим образом: посередине листа проводится горизонтальная прямая ("хребет"), оканчивающаяся прямоугольником, в котором указан рассматриваемый показатель качества. Главные причины, влияющие на данный показатель, записываются выше и ниже прямой и соединяются с хребтом стрелками. Вторичные причины записывают между прямой и соответствующей главной причиной и соединяют с этой причиной стрелками. Затем на диаграмме показывают факторы, влияющие на вторичные причины. Чтобы диаграмма была пригодна для дальнейшего использования, на ней необходимо указать всю сопутствующую информацию (название, наименование изделия, процесса или группы процессов, участников процесса и т. п.).

После того, как все факторы, влияющие на данный показатель качества, оказались отраженными на диаграмме, нетрудно установить степень их важности. Наиболее значимые, оказывающие самое сильное воздействие, следует отметить, с тем, чтобы именно им уделить наибольшее внимание при последующей работе.

Часто диаграммы Исикавы используют для систематизации списка причин. В этом случае при исследовании определенного показателя качества стараются найти максимальное число причин, влияющих на этот показатель, а уже затем располагают их в диаграмму причин - результатов, связывая все факторы в единую иерархическую структуру.

При построении диаграмм Исикавы важно как можно точнее сформулировать показатель, тогда диаграмма будет более конкретной. Чтобы силу связей причина - результат можно было оценить объективно, желательно формулировать показатель качества и влияющие на него факторы так, что бы их можно было измерить, то есть оценить численно. В некоторых случаях для этого приходится вводить числовые параметры, характеризующие исследуемый показатель. Например, качество окраски будет характеризоваться количеством непрокрашенных мест, либо толщиной красочного слоя, либо сорностью.

После выявления наиболее важных причин надо постараться найти те факторы, по которым можно принять меры. Если по обнаруженной причине нельзя предпринять никаких действий, проблема неразрешима, и поэтому следует попытаться разбить ее на подпричины. Использование диаграммы помогает обнаружить элементы, которые нужно проверить, устранить или модифицировать, а также те элементы, которые надо добавить. Если стремиться усовершенствовать диаграмму, то можно не только лучше разобраться в исследуемом процессе, но и найти пути улучшения технологии изготовления изделия.

2.4 Гистограммы

Большинство факторов, оказывающих влияние на производственный процесс, не остаются неизменными. Поэтому числовые данные, собранные в результате наблюдения, не могут быть одинаковыми, но обязательно подчиняются определенным закономерностям, называемым распределением (см. гл. 6).

Если измерять контролируемый параметр непрерывно, можно построить его график плотности распределения (см. раздел 6.3). Однако на практике проводят измерения только в определенные промежутки времени и не всех изделий, а только некоторых. Поэтому по результатам измерений строят обычно гистограмму - ступенчатую фигуру, контуры которой дают приблизительное представление о графике плотности, то есть о характере распределения изучаемого параметра.

Гистограмма - это столбиковая диаграмма, служащая для графического представления имеющейся количественной информации.

Обычно основой для построения гистограммы служит интервальная таблица частот, в которой весь диапазон измеренных значений случайной величины разбит на некоторое число интервалов, и для каждого интервала указано количество значений, попавших на данный интервал (частота ).

2.4.1 Построение гистограммы

Отметить на оси абсцисс максимальное и минимальное значения случайной величины и границы интервалов - точки a1, ..., an, . Для удобства расчетов и последующего анализа можно немного расширить диапазон значений случайной величины, например, до границ поля допуска.

Длина каждого интервала h = ( an+1 – an ) / k .

Над каждым интервалом построить прямоугольник высотой n/h (его площадь н,). Получившаяся ступенчатая фигура называется гистограммой частот. При этом площадь гистограммы частот равна объему выборки n:

Отрезок [a, an,] назовем основанием гистограммы.

Аналогично строится и гистограмма относительных частот - ступенча¬тая фигура, состоящая из прямоугольников, площади которых равны n/h , то есть общая площадь гистограммы относительных частот равна 1.

2.4.2 Анализ гистограмм

При построении гистограмм могут встретиться следующие случаи (рис. 2.4.)-2.4.7):

1) Обычный тип (симметричный или колоколообразный). Наивысшая частота оказывается в середине основания гистограммы (и постепенно снижается к обоим концам). Форма симметрична (рис. 2.4.1). Такая гистограмма по внешнему виду приближается к нормальной (гауссовской) кривой, и можно предполагать, что ни один из факторов, влияющих на исследуемый процесс, не преобладает над другими.

Примечание. Эта форма встречается чаще всего. В этом случае среднее значение случайной величины (применительно к технологической операции - это показатель уровня настроенности) близко к середине основания гистограммы, а степень ее рассеяния относительно среднего значения (для технологических операций - это показатель точности) характеризуется крутизной снижения столбцов

2) Гребенка (мультимодальный тип). Классы через один имеют более низкие частоты (рис. 2.4.2).

Примечание. Такая форма встречается, кода число единичных наблюдении, попадающих в класс, колеблется от класса к классу или когда действует определенное пра¬вило округления данных Возможно требуется осуществить расслоение данных, то есть определить дополнительные признаки для группировки наблюдаемых значений

3) положительно скошенное распределение (отрицательно скошенное распределение). Среднее значение гистограммы локализуется справа (сле¬ва) от середины основания гистограммы. Частоты довольно резко спадают

при движении влево (вправо) и, наоборот, медленно вправо (влево). Форма асимметрична (рис. 2.4.3).

Примечание. Такая форма встречается, когда нижняя (верхняя) граница регулируется либо теоретически, либо по значению допуска или когда левое (правое) значение недостижимо. В этом случае также можно предполагать, что на процесс оказывает преобладающее влияние какой-либо фактор, в частности, подобная форма встречается, когда имеет место замедленный (ускоренный) износ режущего инструмента.

Подобная гистограмма характерна также для распределения Рэлея (раздел 6.3), которое характеризует форму либо несимметричность изделия.

4) Распределение с обрывом слева (распределение с обрывом справа). Среднее арифметическое гистограммы локализуется далеко слева (справа) от середины основания. Частоты резко спадают при движении влево (вправо) и, наоборот, медленно вправо (влево). Форма асимметрична (рис. 2.4.4).

Примечание. Это одна из тех форм, которые часто встречаются при 100 %-ном просеивании изделий из-за плохой воспроизводимости процесса, а также когда проявляется резко выраженная положительная (отрицательная) асимметрия.

5) Плато (равномерное и прямоугольное распределения). Частоты в разных классах образуют плато, поскольку все классы имеют более или менее одинаковые ожидаемые частоты (рис. 2.4.5).

Примечание. Такая форма встречается в смеси нескольких распределений, имеющих различные средние, но может также указывать на какой-либо преобладающий фактор, например, равномерный износ режущего инструмента.

6) Двухпиковый тип (бимодальный тип). В окрестностях середины основания частота низкая, зато есть по пику с каждой стороны (рис. 2.4.6).

Примечание. Такая форма встречается, когда смешиваются два распределения с далеко отстоящими средними значениями, то есть имеет смысл провести расслоение данных. Такую же форму гистограммы можно наблюдать и в случае, когда какой-либо преобладающий фактор меняет свои характеристики, например, если режущий инструмент имеет сначала ускоренный, а затем замедленный износ.

7) Распределение с изолированный пиком. Наряду с распределением обычного типа появляется маленький изолированный пик (рис. 2.4.7)

Примечание. Такая форма появляется при наличии малых включений данных из другого распределения или ошибки измерения. При получении подобной гистограммы следует прежде всего проверить достоверность данных, а в том случае, когда результаты измерений не вызывают сомнения, продумать обоснованность выбранного способа разбиения наблюдаемых значений на интервалы

2.4.3 Оценка процесса по гистограммам

При использовании гистограмм для оценки качества процесса на шкале значений наблюдаемого параметра отмечают нижнюю и верхнюю границы поля допуска (поля спецификации) и через эти точки проводят две прямые параллельные столбцам гистограммы.

Если вся гистограмма оказывается внутри границ поля допуска (рис. 2.4.8), процесс статистически устойчив и не требует никакого вмешательства.

Если левая и правая границы гистограммы совпадают с границами поля допуска (рис. 2.4.9), то желательно уменьшить разброс процесса, так как любое воздействие может привести к появлению изделий, не удовлетворяющих допуску.

Если часть столбцов гистограммы оказывается за границами поля допуска (рис. 2.4.10 - 2.4.12), то необходимо провести регулировку процесса так, чтобы сместить среднее ближе к центру поля допуска (рис. 2.4.10,2.4.12) или уменьшить вариации, чтобы добиться меньшего разброса (рис. 2.4.11, 2.4.12).

2.5 Диаграммы рассеивания

Часто приходится выяснять, существует ли зависимость между двумя различными параметрами процесса. Например, зависят ли изменения в диаметре отверстия от изменений скорости вращения сверла.

Обычно предполагается, что исследуемые параметры отражают характеристики качества и влияющие на них факторы. Чтобы понять, есть ли какая-либо связь между рассматриваемыми параметрами, используют диаграммы рассеивания.

Диаграмма рассеивания - это графическое представление пар исследуемых данных в виде множества точек на координатной плоскости.

Диаграмма рассеивания дает возможность выдвинуть гипотезу о наличии или отсутствии корреляционной связи (см. раздел 6.5) между двумя случайными величинами. При этом изучаются обычно величины, описывающие

• характеристику качества и влияющий на нее фактор;

• две различные характеристики качества;

• два фактора, влияющие на одну характеристику качества.

2.5.1 Построение диаграммы рассеивания (поля корреляции)

1) Собрать парные данные (х,у) об изучаемых случайных величинах. Для удобства эти данные записывают в виде таблицы. Желательно, чтобы число наблюдений было не меньше 30, так как в противном случае результаты корреляционного и регрессионного анализа (см. раздел 6.5) недостаточно достоверны.

2) Ввести на плоскости систему координат Оху, причем шкалы на горизонтальной и вертикальной осях подбираются таким образом, чтобы обе длины рабочих частей получились примерно одинаковыми. В этом случае диаграмма рассеивания более удобна для визуального анализа.

3) Каждую пару данных отметить на координатной плоскости точкой с координатами (х,у). Если какие-либо пары повторяются, то соответствующие им точки надо либо ставить рядом, либо использовать условные обозначения, например, концентрические кружки.

4) Сделать поясняющие надписи, то есть название диаграммы; интервал времени, который отражается на диаграмме; число пар данных; названия и единицы измерения для каждой оси; данные о составителе диаграммы.

2.5.2 Анализ диаграммы рассеивания

Если на диаграмме рассеивания есть далеко отстоящие точки (выбросы), необходимо исследовать причины их появления (ошибки измерения или записи данных, либо изменения в условиях работы). При этом можно получить неожиданную, но иногда весьма полезную информацию, однако из последующего корреляционного анализа эти точки обычно исключают.

Если точки расположены хаотично (рис. 2.5.3), то полагают, что между рассматриваемыми случайными величинами нет корреляции.

Если точки группируются таким образом, что явно выражена некоторая тенденция (рис. 2.5.1, 2.5.2), то говорят о положительной (рис. 2.5.1) или отрицательной (рис. 2.5.2) корреляции.

Если точки расположены так, что можно предположить нелинейную зависимость (рис. 2.5.4), то бывает полезно осуществить расслоение (стратификацию) данных, то есть разделение данных по какому-либо дополнительному признаку. (Например, при исследовании зависимости равномерности окраски от марки применяемого красителя можно отдельно учесть степень загрузки резервуара для краски)

Так как всегда может оказаться, что требуется провести расслоение или осуществить группировку собранных данных каким-либо иным способом, то необходимо очень тщательно подходить к исходной информации. Кроме того, становиться понятным требование полноты поясняющих надписей на диаграмме рассеивания. Любые выводы, сделанные на основании диаграммы рассеивания, должны сопровождаться подробным перечислением условий сбора данных и составления этой диаграммы.

Во всех случаях после визуального анализа диаграммы рассеивания необходимо вычислить коэффициент корреляции по формулам (6.6.1) -(6.6.4). Это позволит подтвердить или опровергнуть выдвинутую гипотезу о наличии либо отсутствии корреляционной связи и установить силу этой связи.

Если диаграмма рассеивания позволяет предположить линейную корреляцию между изучаемыми величинами, то строятся линии регрессии, уравнения которых получают по формулам (6.6.7) - (6.6.9).

Прямые регрессии наносят обычно на диаграмму рассеивания, что позволяет более наглядно представить себе тенденцию влияния одной случайной величины на другую. При проведении регрессионного анализа предварительное построение диаграммы рассеивания является необходимым этапом, так как анализ этой диаграммы позволяет выдвинуть гипотезу о линейной или нелинейной зависимости, о степени доверия к обрабатываемым результатам измерений и даже о надежности методики проведения экспериментов.

Например, при обработке четырех различных множеств исходных данных, приведенных на рисунке 2.5.5, формулы (6.6.7) - (6.6.9) дают одинаковые прямые регрессии. Однако по диаграммам рассеивания можно предположить, что в случае а) действительно имеет место линейная корреляция; в случае b) - нелинейная зависимость, в случае с) есть одна выпавшая точка, в случае d) наблюдается «странная» группировка точек. Отсюда следует, что в случае с) надо повторить измерения либо обосновать возможность пренебрежения этим результатом; в случае d) необходимо получить дополнительные данные.

2.6 Контрольные карты

2.6.1 Виды контрольных карт и область их применения

Поскольку всякий процесс испытывает большое число незначительных случайных воздействий, то результаты измерений, полученные в ходе нормального течения процесса, непостоянны, то есть всякий процесс имеет некоторую изменчивость (разброс).

Считается, что процесс находится в статистически управляемом состоянии, если в нем отсутствуют систематические сдвиги. В этом состоянии можно предсказывать ход процесса. Но как только на процесс станут воздействовать неслучайные (особые) причины, он станет статистически неуправляемым, а результат процесса окажется непредсказуем. Если процесс выведен из статистически управляемого состояния, то требуется определенное вмешательство, чтобы сделать его снова статистически управляемым.

Чтобы судить о состоянии процесса, осуществляют отбор единиц продукции и измеряют контролируемые параметры. Совокупность отобранных объектов (наблюдаемых значений) образуют выборку (см. раздел 6.1.).

Для сравнения информации о текущем состоянии процесса, полученной по выборке, с контрольными границами, являющимися пределами собственного разброса, применяют контрольные карты.

Контрольная карта - это графическое представление характеристики процесса, состоящее из центральной линии, контрольных границ и конкретных значений имеющихся статистических данных, позволяющее оценить степень статистической управляемости процесса.

Существует много разных типов контрольных карт в зависимости от природы данных, вида статистической обработки данных и методов принятия решений.

В зависимости от сферы применения выделяют три основных вида контрольных карт (рис. 2.6.1):

• контрольные карты Шухарта и аналогичные им, позволяющие оценить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии;

• приемочные контрольные карты, предназначенные для определения критерия приемки процесса;

• адаптивные контрольные карты, с помощью которых регулируют процесс посредством планирования его тренда (тенденции изменения процесса с течением времени) и проведения упреждающей корректировки на основании прогнозов.

Данные для контрольных карт разделяют на "количественные" и «качественные».

Количественные данные - это результаты наблюдений, проводимых с помощью измерения и записи числовых значений данного показателя (при этом используется непрерывная шкала значений).

Качественные (альтернативные) данные - это результаты наблюдений наличия (или отсутствия) определенного признака. Обычно подсчитывают, сколько элементов выборки имеют данный признак (например, сколько деталей из контролируемой партии имеют внешние дефекты). Иногда считают число таких признаков, имеющихся в выборке определенного объема (например, количество различных дефектов, отмеченных в одном изделии).

В зависимости от видов данных и методов их статистической обработки выделяют различные типы контрольных карт, основные из которых представлены на рис. 2.6.2.

При использовании количественных данных применяют контрольные карты двух видов:

• контрольные карты расположения, характеризующие меру расположения (центр) изучаемых данных, например, выборочное среднее х или медиану У;

• контрольные карты разброса, характеризующие меру разброса (рассеяния) отдельных выборочных данных в выборке или подгруппе, например, размах R или выборочное стандартное отклонение s.

Для анализа и управления процессами, показатели качества которых являются непрерывными величинами (длина, вес, концентрация, температура и т.п.), обычно используют парные контрольные карты, например, карту для выборочного среднего значения и карту размаха: х - карту и R -карту.

Контрольные карты по качественному признаку используют, когда качество процесса оценивают по количеству несоответствий.

Если учитывается количество несоответствующих единиц продукции в выборке, то применяют пр-карту (для выборок постоянного объема) или р-карту (для выборок меняющегося объема; в этом случае подсчитывают долю несоответствующих единиц); если учитывается количество несоответствий в исследуемом изделии либо процессе, то обычно применяют с-карту и и- карту.

Для выбора подходящей контрольной карты по альтернативному признаку удобно использовать таблицу 2.6.1.

Таблица 2.6.1.

Число на единицу выборки (объем выборки переменный\*) Общее число в выборке (объем выборки постоянный)

Несоответствующие единицы Р "Р

Несоответствия и с

\*0бъемы выборок отличаются не более чем в 1.6 раз

В контрольных картах для количественных данных предполагают, что имеет место нормальное распределение. Параметры этого распределения используют для установления контрольных границ, которые обычно фиксируются на уровне ±3s от центральной линии (здесь х - выборочное среднее изучаемых данных).

В контрольных картах для альтернативных данных используют либо биномиальное (пр-карты, р-карты), либо пуассоновское распределения (с-карты, м-карты).

2.6.2 Построение контрольных карт

Для первоначального построения X- и R - карт вычисляют средние значения и размах для каждой выборки R

X=(x1+x2+….Xn)/n (2.6.1)

R=Xmax-Xmin (2.6.2) Затем вычисляют среднее процесса и средний размах процесса

Xcp=(Xi+X2+...+Xk)/k (2.6.3)

Rcp=(R1+R2+...+Rk)/k (2.6.4)

где x, Ri, - среднее и размах i-ой (i=l,...,k) выборки. Эти величины определяют положение центральных линий на Х- карте и R - карте соответственно.

Положение верхних (ВКГ) и нижних (НКГ) контрольных границ для размахов и средних рассчитывается по формулам:

ВКГr=DrRср (2.6.5)

НКГr= D1,R,p ; (2.6.6) BKГ x =x+A2,Rcp ; (2.6.7)

НКГ x=x-A2Rср (2.6.8)

где –А2,D1,D4-константы, зависящие от объема выборки и приведенные в таблице 2.6.2.

n 2 3 4 5 6 7 8 9 10

D4 3.27 2.57 2.28 2.11 2.00 1.92 1.86 1.82 1.78

Di \* \*. \* \* \* 0.08 0.14 0.18 0.22

A2 1.88 1.02 0.73 0.58 0.48 0.42 0.37 0.34 0.31

Для объемов выборки меньше 7 значение D„ а также и значение НКГ являются отрицательными. В таких случаях не строится.

После этого подготавливают бланки контрольных карт, на которых слева наносят вертикальную ось со шкалой возможных значений измеряемого параметра (x или R) сплошную горизонтальную линию, соответствующую значению вычисленному по формулам 2.6.3 или 2.6.4 и горизонтальные контрольные границы, рассчитанные по формулам (2.6.5 - 2.6.8). Если при расчете нижняя контрольная граница получается отрицательной, ее обычно не рассматривают, то есть не указывают на соответствующей карте. На подготовленных таким образом бланках точками отмечают значения изучаемой характеристики (показателя качества), получаемые в результате наблюдений. Примеры контрольных карт приведены на рис. 2.6.3. Для удобства последующего анализа обычно х- карту и R - карту строят одну под другой с одинаковым масштабом горизонтальных осей.

Если показатель качества представлен числом несоответствующих изделий или процентов (долей) несоответствий применяют пр - карты (для выборок постоянного объема) или р - карты (для выборок меняющегося объема). Эти карты основаны на биномиальном распределении (см. раздел 6.3), которое определяется всего одним параметром р, поэтому здесь нет необходимости строить пару карт. На бланке р - карты отмечают горизонтальную ось с номерами рассматриваемых подгрупп и вертикальную ось, где указаны возможные процентные значения несоответствий, встречающихся в подгруппах (или количество несоответствующих изделий - для пр - карты). Вычисляют среднее значение доли несоответствий р (или среднее число несоответствующих изделий п ~р ) и отмечают его сплошной горизонтальной линией.

Если анализ и управление процессом ведутся по несоответствиям, но при этом величина р мала, то применяют с - карты (карты числа несоответствий) или u=с/п - карты (карты числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции).

2.6.3 Анализ контрольных карт

Управляемое состояние процесса - состояние, когда процесс стабилен, а его среднее и разброс не меняются. Определить, вышел ли процесс из данного состояния, можно по контрольным картам на основании следующих критериев:

1) Выход за контрольные пределы. На карте есть точки, лежащие вне контрольных границ (рис 2.6.5).

2) Серия. Несколько (7 и более) точек подряд оказываются по одну сторону от центральной линии (число таких точек называется длиной серии); либо 10 из 11 последовательных точек находятся по одну сторону от центра(рис2.6.6).

3) Тренд. Точки образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую (рис.2.6.7).

4) Приближение к контрольным пределам. Есть точки, которые приближаются к контрольным границам, причем 2 или более точек оказываются на расстоянии более 2о от центральной линии (рис.2.6.8).

5) Приближение к центральной линии. Большинство точек оказывается внутри центральной трети полосы между контрольными границами (рис.2.6.9).

6) Периодичность Кривая повторяет структуру «то подъем, то спад» с примерно одинаковыми интервалами времени (рис.2.6.10).

Порядок исследования контрольных x- карты и R - карты задается следующим алгоритмом:

Если встретилась одна из ситуаций, которая указывает на опасность выхода процесса из управляемого состояния (рис. 2.6.5 - 2.6.10), то необходимо

• проверить координаты «опасных точек»;

• проверить расчет границ;

• провести анализ измерительной системы;

• проверить достоверность данных измерений;

и, наконец,

• приступить к поиску особых причин (то есть каких-либо неслучайных воздействий на процесс) с целью их устранения.

В ситуациях 4-6 (рис. 2.6.8 - 2.6.10) бывает полезно построить гистограмму и провести расслоение процесса на подгруппы.

Пример 2.6.1. Для контроля процесса обработки внешнего вала коробки передач (модель 2108) на токарном одношпиндельном станке (фирмы FISCHER) замерялся контрольный параметр (линейный размер) обработанных деталей (см. рис. 4.1.1). По спецификации процесс должен иметь следующие характеристики:

• линейный размер 274.5 ± 0.1

• верхний предел допуска 274.6

• нижний предел допуска 274.4

По результатам измерений 80 изделий были построены х- карта и R-карта (рис. 2.6.11) со следующ

х = 274.464; ВКГх = 274.493; НКГх = 274.435;

R =0.016; ВКГR= 0.05; HKFR отрицательна, поэтому на рисунке не указана Х-карта

При анализе R- карты видно, что на участке 3-9 наблюдается понижающий тренд, на участке 11 -24 - повышающий тренд, много точек, вышедших за контрольные границы (9-15,17,27,30,36), а точки 9-10 находятся на границе поля допуска. Таким образом, во-первых, процесс не является статистически устойчивым. В силу того, что границы поля допуска в данном случае шире контрольных границ, может сложиться впечатление, что на участке 25 - 36 процесс является стабильным, однако выход за контрольные границы свидетельствует о наличии особых (неслучайных) воздействий. Необходимо провести технологический анализ условий протекания процесса обработки. Так, например, понижающий тренд может быть обусловлен образованием наклепа на инструменте, либо влиянием температурных деформаций в кинематике и гидравлике станка.

Приближение к центральной линии на R - карте может свидетельствовать о систематическом (неслучайном) торцевом биении базового центра, равном Rp=0.016.

В результате анализа контрольных карт можно сделать вывод о том, что в данном случае технологическая точность не обеспечивается, технологический процесс требует доработки.

2.6.4 Использование контрольных карт для оценки корреляции

Если требуется установить, имеется ли корреляционная зависимость между двумя исследуемыми параметрами Х и Y, вместо построения диаграммы рассеивания можно использовать контрольные карты.

Значения параметров Х и Y замеряют в одни и те же моменты времени и строят R- карту и X- карту. Центральная линия на этих картах соответствует значению медианы, т.е. Количество точек на обеих картах одинаково.

Затем на каждой из этих карт точки, находящиеся выше центральной линии, отмечают знаком «-», точки ниже центральной линии - знаком «-», точки, попавшие на центральную линию, - знаком «О». После этого составляют таблицу знаков, соответствующих каждой паре (X,Y). К этой таблице добавляют еще одну строку, в которой ставится «код» пары по следующим правилам:

Х + - 0 + - 0 +-

Y + - 0 - + +- 0

Код (X,Y) + + + - - 0 0

В последней строке таблицы подсчитывают число «+» - М(+); число «-» - N(-); число «О» - М(0), а также общее число кодов - К.

Далее вычисляют Р = М(+) + N(0)/2; М = N(-) + N(0)/2 и выбирают меньшее из чисел Р и М - min (min == min<P,M}). В таблице 2.6.3 находят К и соответствующее ему значение kmin

Если min > kmin то корреляционной зависимости нет, если min <kn, то корреляционная зависимость есть, причем при Р > М - положительная (прямая) корреляция, при Р < М - отрицательная (обратная) корреляция.

Таблица 2.6.3.

K

Kmin 8

о 9-11

1 12-14

2 15-16

3 17-22

5 23-25

6 25-27

7 28-29

8 30-32

9 33-34

10

К

Kmin 35-36

11 37-39 12 40-41

13 42-43

14 44-46

15 47-48

16 49-50

17 51-53

18 54-55

19 56-57

20

K

Kmin 58-60

21

61-62 22 63-64

23 65-66

24 67-69

25 70-7)

26 72-73

27 74-76

28 77-78

29 79-80

30

2.7 Расслоение

При анализе состояния процесса с помощью контрольных карт или гистограмм может оказаться, что требуются какие-либо управляющие воздействия с целью устранения причин статистической неустойчивости процесса. Однако, если на процесс оказывают влияние несколько различных факторов, то бывает полезно рассмотреть действие каждого из этих факторов отдельно. Например, если сборка изделия производится на нескольких поточных линиях, то имеет смысл сгруппировать данные по соответствующим линиям и строить контрольные карты (или гистограммы) для каждой группы данных отдельно.

Расслоение - это разделение и группировка исследуемых данных в соответствии с различными факторами.

Обычно при исследовании производственной проблемы производят группировку данных по следующим признакам:

• раздельно по каждому станку;

• по различным типам исходного сырья;

• по дневной и ночной смене;

• по различным бригадам и т.д.

При проведении расслоения по станкам обычно с каждого станка осуществляют выборку (объемом не менее 30 деталей), по полученным данным строят для каждого станка гистограмму, затем сравнивают эти гистограммы и выявляют станок, продукция которого имеет повышенную дефектность.

Пример 2.7.1. Обработка валиков происходит на двух шлифовальных станках. Технологический процесс должен быть настроен на диаметр 8.5 ±.0.25 (мм). По результатам контрольных замеров валиков после шли¬фовки была получена гистограмма, изображенная на рис. 2.7.1. Так как эта гистограмма имеет явно выраженный двухпиковый тип (см. раздел 2.4.2), было проведено расслоение, то есть рассмотрение данных по каждому станку отдельно. В результате получены гистограммы, представленные на рис. 2.7.2, 2.7.3. Таким образом было обнаружено, что на первом станке среднее значение и разброс меньше, чем на втором. Из рис. 2.7.2 и 2.7.3 видно, что на втором станке необходима переналадка, так как процесс вышел за правую границу поля допуска. Здесь нужно провести настройку на центр поля допуска и постараться уменьшить разброс. На втором станке результаты удовлетворительные, но при настройке желательно сместить среднее ближе к центру поля допуска.

Расслоение применяют и при оценке качества процесса производства с помощью контрольных карт. Так, в случае изготовления продукции на многошпиндельном станке производят расслоение по каждому шпинделю. Для каждого шпинделя строят х- карту или х- карту; по ним отслеживают изменение настройки во времени, выявляют правильность настройки каждого шпинделя, строят кривые распределения и делают заключение. См. также пример 4.1.2.

3. ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССА

3.1 Понятие воспроизводимости процесса

Целью системы управления процессом является принятие экономически верных решений, связанных с выработкой оптимальных воздействий. Это требует введения критериев, позволяющих количественно оценить полезность мероприятий.

На рис. 3.1.а процесс находится в статистически неуправляемом состоянии (последовательным временным отсчетам соответствуют распределения случайной величины с различными параметрами). В результате организационных мероприятий (устранение особых причин) процесс приведен в статистически управляемое состояние (рис. 3.1.b). Однако продукция не соответствует запросам потребителя, так как часть изделий лежит вне поля допуска. Положение процесса, показанное на рис. 3.1.с должно удовлетворить и производителя, и потребителя: процесс статистически управляем и находится в поле допуска.

Количественно охарактеризовать качество производства в общем случае возможно путем расчета с помощью формул для вычисления вероятности процента несоответствий, оказавшихся вне поля допуска.

Достаточно часто в производстве наблюдаются процессы, статистические свойства которых соответствуют нормальному закону распределения случайных величин.

Однако на практике для оценки качества производства пользуются понятием воспроизводимость. Так как 99,7% значений нормальной случайной величины попадает в интервал 6σ, то доля несоответствующих изделий тесно связана с взаимным расположением этого интервала и поля допуска. Коэффициенты, характеризующие это расположение, называются индексами воспроизводимости.

Воспроизводимость процесса определяется как полный размах присущей стабильному процессу изменчивости, оцениваемой как интервал, длиной шесть стандартных отклонений (6s). Количественно привязка данного понятия к конкретным условиям настройки процесса (разброс и центрированность относительно поля допуска) оценивается индексами воспроизводимости Ср, Cpk.

При интерпретации воспроизводимости процесса с помощью указанных индексов примем следующие предположения:

• индивидуальные измерения соответствуют нормальному распределению;

• процесс статистически управляем;

• конструкторской целью является центр поля допуска (здесь рассматривается вариант двустороннего симметричного допуска).

3.2 Расчет индексов воспроизводимости

Определим структуру индексов и порядок их вычисления.

Индекс воспроизводимости Ср показывает, как соотносятся ширина поля допуска и изменчивость статистически устойчивого процесса, то есть, можно ли ожидать, что разброс контролируемого параметра окажется в границах поля допуска.

Индекс Ср равен отношению ширины поля допуска к полному размаху присущей стабильному процессу изменчивости.

Введем обозначения:

НГД - нижняя граница поля допуска,

ВГД - верхняя граница поля допуска,

Д - ширина поля допуска.

Вычисление индекса воспроизводимости Ср проводится по формуле:

Ср = Д/6σ. Здесь А = ВГД - НГД.

Иллюстрация введенных обозначений показана на рис. 3.3.

Случай 1 (базовый). Показан на рис. 3.3.а. В фиксированное поле допуска укладывается 6s процесса, т.е. Д = 6s (Ср = 1). При этом настроенный на центр поля допуска процесс содержит 0,27% несоответствий.

Случай 2 (рис. З.З.Ь). Пусть 6s, < Д. Тогда Ср > 1 и число несоответствий окажется весьма малым.

Случай 3 (рис. З.З.Ь). Пусть 6s, > Д, соответственно С < 1. Изменчивость процесса велика и число несоответствий превзойдет порог 0,27%.

а)С,=1; Ь)Ср<1,Ср>1

Итак, при зафиксированном поле допуска эффективность действий по управлению процессом, направленных на снижение изменчивости (уменьшение s), ясно и понятно характеризуется ростом индекса Ср. Считаются общепринятыми следующие оценки процесса с помощью Ср:1) Ср < 1 - неудовлетворительно,

2) 1,00 < Ср < 1,33 - удовлетворительно,

3) Ср > 1,33- хорошо.

Индекс воспроизводимости Срк характеризует настроенность процесса на центр поля допуска.

Индекс равен отношению разности между средним процесса и ближайшим пределом поля допуска к половине присущей стабильному процессу изменчивости.

Введем обозначения:

Dвгд=ВГД-(Хср)ср

Dнгд=(Хср)ср-НГД

Dmin=min(Dвгд,Dнгд)

Zвгд=Dвгд/s

Zнгд=Dнгд/s

Zmin=min(Zвгд,Zнгд)

Тогда индекс воспроизводимости Срк вычисляется по формуле:

Cp=Z/3.

Заметим, что для одностороннего поля допуска формулы определения индекса сходны, но при этом Zmin равно Zвгд или Zнгд в зависимости от случая расположения границы поля допуска.

Промежуточный расчет величин Z при вычислении Срk удобен тем, что позволяет при необходимости оперативно оценить по таблицам стандартного нормального распределения количество единиц продукции, которые могут оказаться вне поля допуска.

Простейший анализ формулы для вычисления Cpk, показывает, что при постоянном стандартном отклонении процесса качество процесса улучшается с ростом индекса. Между тем для управления процессом недостаточна оценка только одного этого индекса.

На рис. 3.4 показаны варианты расположения управляемого процесса в поле симметричного допуска.

Введем в рассмотрение параметр , связывающий отклонение центра настройки процесса от центра поля допуска и характеризующий этим эффективность управления настройкой. Согласно схеме на рис. 3.4

d = 0,5D - d.

Управление процессом должно быть направлено на уменьшение 5. При этом число несоответствующих изделий уменьшится, качество процесса улучшится, достигая оптимального значения при =0.

Индексы Ср и Cpк удобно рассмотреть совместно, учитывая их связь с помощью отношения Cpк=Cp--D/3s. Из выражения видно:

• величина Срk не превосходит величины Ср

• при d == О получим Cpk = Ср

Область возможных значений Срk лежит ниже прямой Срk = Ср. Отсюда следуют простые рассуждения. При оптимальной настроенности процесса на середину допуска число экземпляров несоответствующей продукции связывается с величиной Ср и не может быть уменьшено.

Таким образом, общий алгоритм управления процессом при заданном поле допуска реализуется в виде итерационного процесса, состоящего из последовательно реализуемых шагов, удовлетворяющих направлению:

s → 0, Cpk -> Ср.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрим применение вышеизложенных статистических методов контроля качества производственных процессов на нескольких примерах.

4.1 Контроль технологической точности

Пример 4.1.1. Производится контроль технологической точности станка после среднего ремонта.

Тип станка: токарный одношпиндельный станок (фирмы FICSHER).

Вид обработки детали: обработка внешнего диаметра вала коробки передач (модель 2108).

Эскиз, поясняющий схему обработки: см. рис. 4.1.1.

Особенности протекания технологического процесса с точки зрения особых причин: стабильный участок работы.

Конкретные числовые характеристики технологического процесса (по спецификации):

• диаметр 25.3;

• допуск на обработку 0.1;

• верхний предел допуска 25.35;

• нижний предел допуска 25.25.

Первичное представление результатов: таблица, содержащая массив данных, полученных в результате измерения 70 обработанных деталей.

Результаты замеров:

25.297 25.300 25.279 25.282 25.294 25.300 25.301 25.304 25.282 25.292 25.292 25.298 25.294 25.300 25.284 25.290 25.285 25.290 25.284 25.290 25.286 25.292 25.288 25.296 25.290 25.300 25.298 25.303 25.292 25.300 25.289 25.300 25.282 25.288 25.290 25.294 25.287 25.292 25.283 25.288 25.290 25.294 25.280 25.288 25.279 25.282 25.300 25.301 25.274 25.285 25.290 25.280 25.292 25.294 25.300 25.290 25.296 25.280 25.283 25.278 25.288 25.280 25.288 25.284 25.296 25.280 25.290 25.288 25.302 25.284

n=70; max= 25.304; min = 25.274; R=0.03.

Вторичное представление результатов: интервальная таблица частот (в верхней строке указаны левые границы интервалов, в нижней строке - количество деталей, диаметр которых попадает в данный интервал):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 25.272 | 25.276 | 25.280 | 25.284 | 25.288 | 25.292 | 25.296 | 25.300 | 25.304 | 25.308 |
| 0 | 2 | 11 | 9 | 9 | 15 | 9 | 12 | 3 | 0 |

Расчет статистических характеристик процесса:

х = 25.2902; σ = 0.0073; поле рассеяния' 0.0469. Контрольная Х-карта: см. рис. 4.1.3: НКГ = 25.268; ВКГ = 25.312.

Расчет индексов воспроизводимости: Ср=2.13.

Поле рассеяния значений согласно СТП 37.101.9504 3-96 принимается равным w = k x s,

где х, - результат измерений. s - стандартное отклонение.

k - поправочный коэффициент зависящий от объема выборки причем его величина такова, что поле рассеяния оказывается в большинстве случаев несколько шире, чем 6s

*Анализ экспериментального и расчетного материала:*

• контрольная х-карта диаметра обработанных деталей, расположение гистограммы показывают, что процесс статистически управляем; это же подтверждает и значение индекса воспроизводимости Ср =2.13, свидетельствующее о практическом отсутствии несоответствий при обработке продукции;

• контрольная х-карта и расположение гистограммы относительно поля допуска показывают, что процесс смещен от центра поля допуска в направлении нижнего предела допуска, следовательно, есть возможность улучшения процесса с помощью смещения наладки на 0.0098 к середине поля допуска.

Выводы: вероятный брак равен 0%; технологическая точность обеспечивается; требуется смещение наладки, равное 0.0098.

Заключение: станок в работу утверждается с условием подналадки. Примечание. Так как контрольная карта не показывает критической ситуации, можно обойтись без подналадки. Содержательный анализ технологического процесса показывает, что в результате износа инструмента произойдет требуемая коррекция размера.

Пример 4.1.2. Производится контроль технологической точности станка с целью аудита.

Тип станка: специальный круглошлифовальный однокамневый станок (фирмы TOYOТA).

Вид обработки детали: обработка внешних диаметров шатунных шеек коленвала (модель 2108).

Эскиз, поясняющий схему обработки: см. рис.4.1.4.

Особенности протекания технологического процесса с точки зрения особых причин: стабильный участок работы.

Конкретные числовые характеристики технологического процесса (по спецификации):

• ход (шатунной шейки коленвала) 71 мм;

• допуск на обработку 0.15 мм;

• верхний предел допуска 71.05;

• нижний предел допуска 70.90.

Первичное представление результатов: таблица, содержащая общий массив данных, полученных в результате 80 замеров четырех шатунных шеек по параметру хода.

Результаты замеров:

70.900 70.900 70.880 70.880 70.900 70.900 70.870 70.880 70.900 70.880

70.880 70.900 70.890 70.870 70.900 70.910 70.890 70.880 70.880 70.900

70.940 70.930 70.900 70.930 70.900 70.890 70.900 70.940 70.950 70.930

70.900 70.930 70.940 70.900 70.930 70.940 70.920 70.900 70.910 70.930

70.950 70.960 70.930 70.940 70.940 70.930 70.940 70.930 70.980 70.960

70.930 70.950 70.970 70.940 70.960 70.940 70.930 70.940 70.930 70.970

70.960 70.920 70.890 70.910 70.910 70.920 70.910 70.900 70.870 70.890

70.870 70.910 70.900 70.890 70.920 70.930 70.900 70.900 70.890 70.940

n=80; max= 70.98; min = 70.87; R=0.11

Вторичное представление результатов: интервальная таблица частот (в верхней строке указаны левые границы интервалов, в нижней строке - количество измеренных значений, попадающих в данный интервал):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 70.860 | 70.870 | 70.880 | 70.890 | 70.900 | 70.910 | 70.920 |
| 0 | 4 | 7 | 7 | 18 | 6 | 4 |
| 70.930 | 70.940 | 70.950 | 70.960 | 70.970 | 70.980 | 70.990 |
| 13 | 11 | 3 | 4 | 2 | 1 | 0 |

*Расчет статистических характеристик процесса*:

к = 70.916; поле рассеяния 0.117; смещение наладки 0.059. В данном случае не рассчитывается о, так как рассматриваются сразу 4 параметра хода четырех шатунных шеек.

Расчет индексов воспроизводимости: Ср=1.28; Ср,=0.27. Контрольная х-карта: см. рис. 4.1.6: НКГ = 70.857; ВКГ= 70.975.

*Анализ экспериментального и расчетного материала:*

• Контрольная карта, а также расположение гистограммы показывают, что процесс не является статистически управляемым, так как имеется выход за верхнюю контрольную границу (49-я точка). Кроме того, имеет место выход процесса за границы поля допуска, что говорит о большой вероятности брака (22.5%). Двухпиковый тип гистограммы, а особенно вид контрольной карты указывают на необходимость расслоения данных, то есть рассмотрения хода каждой шейки по отдельности.

• Большая разница в индексах воспроизводимости процесса (Ср« = 0.27 < Ср = 1.28 ) свидетельствует о том, что процесс смещен относительно центра поля допуска (по расчетам на 0.059 мм в направлении нижнего предела допуска) и, следовательно, может быть улучшен.

Расслоение данных дало следующие результаты.

1-я шейка:

Интервальная таблица

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 70.86 | 70.87 | 70.88 | 70.89 | 70.90 | 70.91 | 7092 |
| 0 | 9 | 0 | 2 | 8 | 1 | 0 |

n=20, max=70.91; min=70.87; R = 0.04.

х = 70.89; а = 0.012; поле рассеяния 0.076; смещение наладки 0.086-Ср=1.9б.

2-я шейка:

Интервальная таблица

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 70.88 70.89 70.90 70.91 | 70.92 | 70.93 | 70.94 | 70.95 |
| 0162 | 0 | 6 | 5 | 0 |

n=20; max= 70.95; min = 70.89; R=0.06. х = 70.921; σ = 0.018; поле рассеяния 0.118; смещение наладки 0.055;

С-1.27.

3-я шейка:

Интервальная таблица

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 70.92 70.93 | 70.94 | 70.95 | 70.96 | 70.97 | 70.98 | 70.99 |
| 0 6 | 8 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 |

n=20; max= 70.98; mm =70.93; К =0.05. х = 70.946; σ = 0.016; поле рассеяния 0.1; смещение наладки 0.029;

Ср=1.49.

4-я шейка:

Интервальная таблица

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 70.84 70.86 70.88 | 70.90 | 70.92 | 70.94 | 70.96 | 70.98 |
| 024 | 11 | 1 | 1 | 1 | 0 |

n=20; max= 70.96; min = 70.87; R=0.09.

х = 70.907; о = 0.022; поле рассеяния 0.139; смещение наладки 0.069 Ср=1.075.

Выводы.

1. Сравнение статистических характеристик для отдельных шеек показывает, что наихудшие параметры имеет 4-ая шейка (поле рассеяния 0.139; С-= 1.075). Это указывает на необходимость проведения профилактического ремонта левого зажимного патрона.

2. Так как центральная линия на контрольной карте смещена относительно заданного номинального значения хода 71 мм, то требуется наладка станка, так, чтобы центр настройки совпадал с номинальным (или серединой поля допуска).

3. Из гистограмм и контрольной карты видно, что в настоящее время наилучшая наладка по исследуемому параметру на 3-ей шейке, поэтому на ней требуется наименьшая подналадка.

4. Необходимо добиться, чтобы все статистические параметры для всех четырех шеек были близки по своим значениям, то есть находились на одной линии, а поля рассеяния отличались незначительно.

4.2. Использование диаграмм Парето

Для наиболее успешного устранения несоответствий в готовой продукции по результатам контроля строятся диаграммы Парето. Приведем пример такой диаграммы, показывающей распределение дефектов в цехе 46 за период с 01.01.95 no31.12.95.

Группа деталей - Генератор

Код дефекта Наименование дефекта Кол-во Сумма

%

1 Не работает регулятор 852 42

2 Нет цепи обм. воз 291 56

3 Шум, магнитный шум 249 68

5 Утоплена клемма 61. 155 75

12 Нет цепи центра эв. 107 79

8 Клинит ротор 88 84

6 Замыкание диодов 52 86

4 Пробиты диоды 41 88

13 Замыкает 11 89

7 Не закреплен шкив 8 90

11 Прочие дефекты 196 100

Всего 2050

Устранение дефектов 1, 2, 3 даст возможность существенно повысить качество данного узла, следовательно, прежде всего надо сосредоточить усилия на выявлении причин этих несоответствий и внедрению мероприятий по их преодолению.

5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

5.1 Случайная величина. Общие определения

Случайная величина - это величина, измеряемая в исследуемых экспериментах, исходы которых заранее не известны и зависят от случайных причин.

Различают два вида случайных величин:

• дискретная - случайная величина, принимающая конечное или счетное множество значений х, ... , хn каждое с некоторой вероятностью pi,..., р,. Дискретная случайная величина задается законом распределения, устанавливающим однозначное соответствие между возможными значениями случайной величины и их вероятностями;

• непрерывная - случайная величина, которая может принимать все значения из некоторого конечного или бесконечного промежутка. Непрерывная случайная величина характеризуется плотностью вероятности -непрерывной функцией, такой что вероятность попадания случайной величины Х в интервал (а;Ь) равна

Пример 6.1. На контроль поступило несколько партий деталей. Контролируется размер отверстия. Диаметр отверстия - это непрерывная случайная величина, количество нестандартных деталей в каждой партии -дискретная случайная величина.

Генеральной совокупностью называется весь набор однородных объектов, изучаемых относительно некоторого качественного или количественного признака. Число всех изучаемых объектов N называется объемом генеральной совокупности.

Выборка - это та часть генеральной совокупности, элементы которой подвергаются статистическому обследованию. Число n вошедших выборку элементов называется объемом выборки.

Выборки бывают бесповторные, когда отобранный (и статистически обследованный) объект в генеральную совокупность не возвращается, и повторные, когда отобранный элемент после обследования возвращается в генеральную совокупность.

Чтобы результаты, полученные при изучении выборки, можно было достаточно уверенно распространить на всю генеральную совокупность, выборка должна быть репрезентативной (представительной). При статистическом контроле это достигается путем правильного выбора метода отбора исследуемых объектов. В зависимости от поставленных целей применяют следующие способы сбора данных:

• Простой случайный отбор, когда выбор объектов осуществляется из всей генеральной совокупности случайным образом. Этот способ применяется, например, при выборочном контроле партии деталей на соответствие некоторому стандарту.

• Типический отбор, когда объекты отбираются не из всей генеральной совокупности, а из каждой ее "типической" части. Например, если однотипные детали изготавливаются на нескольких станках, то отбор производится из продукции каждого станка в отдельности.

• Механический отбор, когда генеральную совокупность делят на столько групп, сколько объектов должно войти в выборку, и из каждой группы выбирают один объект. При этом следует внимательно следить, чтобы не нарушалась репрезентативность выборки. Например, если отбирают каждый двадцатый обтачиваемый валик, причем сразу же после замера производят замену резца, то отобраны окажутся все валики, обточенные затупленными резцами. Если исследуемый параметр зависит от остроты резца, то следует устранить совпадение ритма отбора с ритмом замены резца, например, отбирать каждый десятый валик из двадцати обточенных.

• Серийный отбор, когда объекты отбирают из генеральной совокупности не по одному, а "сериями", и обследуются все элементы каждой серии. Этот вид отбора применяют тогда, когда обследуемый признак колеблется в разных сериях незначительно, например, если изделия изготавливаются большой группой станков-автоматов, то сплошному обследованию подвергают продукцию только нескольких станков. Для получения более достоверных результатов при этом можно менять наборы "серий", то есть в разные дни обследовать разные группы станков.

При применении статистических методов управления качеством для построения контрольных карт обычно используют мгновенные выборки.

Мгновенная выборка - это выборка, взятая из технических соображений таким образом, что внутри нее вариации (то есть изменения) могут появляться только как следствие случайных (общих) причин. Возможные вариации между такими выборками, как правило, определяются неслучайными (специальными) причинами. В производстве мгновенная выборка должна быть сформирована из данных, собранных в короткий отрезок времени в однородных условиях (материал, инструмент, окружающая среда, один и тот же станок или оператор и т.п.).

При сборе данных применяют различные формы регистрации информации. Наиболее часто используют вариационные ряды, таблицы, а также контрольные листки.

Вариационный ряд - запись результатов измерений какой-либо случайной величины в виде последовательности чисел. Таким образом, получается одномерный массив чисел, обработка которого обычно начинается с его упорядочения и предполагает использование вычислительной техники. Эта форма регистрации информации наименее удобна для получения оперативных результатов и чаще всего применяется при использовании автоматических датчиков, напрямую соединенных с ЭВМ.

Таблица - представление данных в виде двумерного массива чисел, в котором элементы строки или столбца отражают состояние исследуемого признака при определенных условиях. Например, пусть некоторый параметр измеряется четыре раза в день на протяжении рабочей недели. Тогда результаты удобно занести в таблицу

День недели 9.00 11.00 14.00 16.00

понедельник

вторник

среда

четверг

пятница

Такая таблица позволяет учесть и рассчитать изменение исследуемого параметра как в течение дня - по строкам, так и в различные дни - по столбцам.

Контрольный листок - стандартный бланк, на котором заранее напечатаны контрольные параметры, чтобы можно было легко и точно записать Данные измерений. При правильно разработанном типе контрольного листа данные не только очень просто фиксируются, но и автоматически упорядочиваются для последующей обработки и необходимых выводов. Для обработки результатов статистических наблюдений их удобно оформлять в виде таблицы частот.

Статистическое распределение - таблица частот, в которой указаны значения случайной величины n, и соответствующие частоты, показывающие, сколько раз в выборке встретилось данное значение случайной величины.

Для получения интервальной таблицы частот (интервального вариационного ряда) весь диапазон измеренных значений случайной величины Х делят на k равных интервалов (а,, tt,,,) и подсчитывают количество {и} значений случайной величины, попавших на соответствующий интервал. Кроме того, в таблице указывают также величину х, - середину i'-oro интервала.

Интервальная таблица частот

Номер интервала / Интервал (а,,а,,) Середина интервала

X, Частота п,

1 (а,, а,) X1 N1

2 (а,, а,) X2 N2

k (ak.ai) Xi Nk

Здесь n1, + n2 ... + ni= n - объему выборки.

Первичная обработка результатов статистических наблюдений заключается в графическом представлении собранной информации. Обычно для этого строят гистограммы.

Для построения гистограммы на оси абсцисс отмечают границы интервалов - точки а,, ..., ai-1 . Над каждым интервалом строится прямоугольник площадью п, (очевидно, если длина каждого интервала h, то высота этого прямоугольника n/h ). Получившаяся ступенчатая фигура называется гистограммой частот. При этом площадь гистограммы частот равна объему выборки п. Отрезок [а, аn,] назовем основанием гистограммы.

Аналогично строится и гистограмма относительных частот - ступенчатая фигура, состоящая из прямоугольников, площади которых равны n/h, то есть общая площадь гистограммы относительных частот равна 1.

6.2 Числовые характеристики случайных величин

Поведение любой случайной величины определяется ее распределением, средним значением и разбросом относительно этого среднего значения.

Средними значениями случайной величины являются ее

• математическое ожидание - среднее арифметическое всех значений случайной величины;

• мода - значение случайной величины, которое встречается чаще всего, то есть имеет наибольшую частоту;

• медиана - такое значение случайной величины, которое оказывается точно в середине упорядоченного вариационного ряда, то есть, если все

зафиксированные значения случайной величины расположить в порядке возрастания, то слева и справа от медианы окажется одинаковое число точек. При этом, если число наблюдений нечетно (n=2k+l), то в качестве медианы берут среднюю точку хk-1,, а если число наблюдений четно (n=2k), то медиана - это центр среднего интервала (хi.хk-1,), то есть ;X=(xi+Xk+1)/2.

Разброс случайной величины относительно средних значений характеризуется дисперсией или средним квадратическим отклонением (с.к.о.) - мерой рассеяния распределения относительно математического ожидания. При этом с.к.о. - это корень квадратный из дисперсии. Наибольший разброс случайной величины определяется размахом выборки, то есть величиной интервала, в который попадают все возможные значения случайной величины.

В математической статистике говорят о статистических оценках параметров распределения. Статистические оценки бывают точечные (определяемые одним числом) и интервальные (определяемые двумя числами -концами интервала). Точечные оценки дают представление о величине соответствующего параметра, а интервальные характеризуют точность и достоверность оценки.

Предположим, что в результате наблюдений получены n значений случайной величины Х : x1; , ... , xn . Для вычисления точечных оценок параметров распределения пользуются формулами:

среднее квадратичное отклонение s = v/5 ; (6.2.8)

Пример 6.2. Пусть в результате наблюдений получены следующие значения случайной величины X: (5; 6; 3; 6; 4; 5; 3; 7; 6;7;5;6).

Упорядоченный вариационный ряд: 3, 3,4, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 6, 7, 7.

Таблица частот статистическое распределение:

X 3 4 5 6 7

2 1 3 4 2

Вычислим все числовые характеристики случайной величины хmin = 3; xmax = 7; медиана 5- x=(X6+X7)/2 = (5 + 6)/2 = 5,5;

мода Х = 6 , так как это значение встречалось чаще всего (n = 4);

выборочное среднее х = (2 3+1 4+3 5+4 6+2 7)/12 = 5,25 ;

размах R = 7 - 3 = 4 ;

выборочная дисперсия .S= D =(1/11) (2(3 - 5,25)2+ 1(4-5,25)2+ + 3 (5 - 5.25)2 + 4 (6 - 5,25)2 +2 (7 - 5,25)2) = 15/11 = 1,84 ;

среднее квадратичное отклонением s = 1,36 .

Замечание. Современная вычислительная техника, используя специальные пакеты прикладных программ, позволяет получить значения выборочной средней и дисперсии сразу же после введения данных выборки (наблюдаемых значений исследуемой случайной величины)

6.3 Типовые теоретические распределения случайных величин

Характер поведения случайной величины определяется ее распределением. Зная тип распределения случайной величины и его числовые характеристики, можно прогнозировать, какие значения будет принимать случайная величина в результате наблюдений, то есть можно делать определенные выводы обо всей генеральной совокупности.

Наиболее часто встречается нормальное (гауссовское) распределение. Это связано с тем, что разброс характеристик качества обусловлен суммой большого числа независимых ошибок, вызванных различными факторами, а согласно центральной предельной теореме Ляпунова в этом случае случайная величина имеет распределение, близкое к нормальному.

Нормальное распределение описывает непрерывную случайную величину, поэтому его задают плотностью вероятности/С.^. Плотность вероятности нормального распределения имеет вид:

Параметр и определяет точку максимума, через которую проходит ось симметрии графика функции, и указывает среднее арифметическое значение случайной величины, s показывает разброс распределения относительно среднего значения, то есть определяет "ширину" колокола (расстояние от оси симметрии до точки перегиба графика

Для удобства подсчета вероятностей любое нормальное распределение с параметрами а и σ преобразуют к стандартному (нормированному) нормальному распределению, параметры которого а = 0, s = 1, то есть плотность

Значения функции f(х) можно найти в справочных таблицах или получить, используя готовые компьютерные программы.

Другим часто встречающимся в технике распределением непрерывной случайной величины является закон Рэлея. Он описывает распределение погрешностей формы и расположения поверхностей (биение, эксцентриситет, непараллельность, неперпендикулярность и т.п.), когда эти погрешности определяются радиусом кругового рассеяния н а плоскости.

Если на плоскости задана система координат Оху, то точка с координатами (х,у; отстоит от начала координат на расстояние координат х и у - нормально распределенная случайная величина, то г - случайная величина, имеющая распределение Рэлея. Плотность вероятности этого распределения:

Для дискретных случайных величин наиболее распространенным является биномиальное распределение. Биномиальный закон распределения описывает вероятность того, что в выборке объема п некоторый признак встретится ровно k раз. Точнее, пусть проводится п независимых испытаний ("опытов"), в каждом из которых признак может проявиться ("успех опыта") с вероятностью р. Рассмотрим случайную величину Х - число "успехов" в данной серии испытаний. Это дискретная случайная величина, принимающая значения О, 1,... , п, причем вероятность того, что Х примет значение, равное k, то есть что ровно в k испытаниях будет зафиксирован исследуемый признак, вычисляется по формуле

Формула (6.3.13) называется формулой Бернулли, а закон распределения случайной величины X, задаваемый этой формулой, называется биномиальным, Параметрами биномиального распределения являются число опытов n и вероятность "успеха" р. Но так как нас интересуют среднее значение и разброс случайной величины относительно своего среднего значения, то отметим, что для биномиального распределения математическое ожидание т → up . а дисперсия →прц .

Биномиальный закон описывает в самой общей форме осуществление признака в повторной выборке (в частности, появление несоответствий).

Например, пусть в партии из N деталей ровно М имеют внешний дефект (неравномерность окраски). При контроле из партии извлекается деталь, фиксируется наличие либо отсутствие дефекта, после чего деталь извращается обратно. Если эти действия проделаны n раз, то вероятность того, что при этом k раз будет зарегистрирован дефект, вычисляется по формуле:

Если же извлеченная деталь не возвращается обратно (или все п деталей вынимаются одновременно), то вероятность того, что среди вынутых п деталей окажется ровно k с дефектом равна

В этом случае случайная величина Х - количество несоответствующих деталей в выборке задается гипергеометрическим законом распределения. Этот закон описывает осуществление признака в бесповторной выборке.

Когда N очень велико по сравнению с п (то есть объем генеральной совокупности по крайней мере на два порядка больше объема выборки), то несущественно, какая проводится выборка - бесповторная или повторная, ТО есть в этом случае вместо формулы (6.3.16) можно использовать формулу (6.3.15).

При больших значениях п формула Бернулли (6.3.13) заменяется формулой

которая фактически совпадает с формулой (6.3.1), то есть с нормальным законом распределения, параметры которого а = пр. s = npq.

Для распределения Пуассона математическое ожидание равно l,Дисперсия также равна l.

На рисунке 6.4 представлены два биномиальных распределения P^(k). У одного п = 30; р = 0,3 - оно близко к нормальному распределению с математическим ожиданием т, = пр =-- 9. У другого п = 30;р = 0,05 - оно близко к распределению Пуассона с математическим ожиданием mk = пр = 1,5.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистические методы повышения качества (Пер. с англ./ Под ред. С. Кумэ).-М.: Финансы и статистика, 1990.-304с.

2. Статистическое управление процессами (SPC). Руководство. Пер. с англ. (с дополн.). - Н.Новгород: АО НИЦ КД, СМЦ «Приоритет», 1997г.

3. Статистический контроль качества продукции на основе принципа распределения приоритетов/В.А. Лапидус, М.И. Розно, А.В. Глазунов и др.-ВЙ.: Финансы и статистика, 1991 .-224с.

4. Миттаг Х.-И.. Ринне X. Статистические методы обеспечения качества М.: Машиностроение, 1995.-616с.

5. ГОСТ Р 50779.0-95 Статистические методы. Основные положения.

6. ГОСТ Р 50779.30-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования.

7. ГОСТ Р 50779.50-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку. Общие требования.

8. ГОСТ Р 50779.51-95 Статистические методы. Непрерывный приемочный контроль качества по альтернативному признаку.

9. ГОСТ Р 50779.52-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества по альтернативному признаку.

10. ИСО 9000-ИСО 9004. ИСО 8402. Управление качеством продукции ( пер. с англ.).-М.: Изд-во стандартов, 1988.-96с.

11. ИСО 9000. Международные стандарты.