Курмангалиева Д.Б.,
Курмангалиева Д.М.



СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие

УДК 311 (075)
ББК 60.6 я 73
К 93

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия

Рецензенты:
А.У. Ахмедьянов - к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация и сертификация», Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева.
А.Т. Канаев - д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» Казахского агротехнического университета им.С.Сейфуллина.

К 93 Курмангалиева Д.Б., Курмангалиева Д.М.
Статистические методы управления качеством продукции и процессов: учебное пособие / Д.Б. Курмангалиева, Д.М. Курмангалиева.– Алматы: Эпиграф, 2021.– 152 с.

ISBN 978-601-327-649-6

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями типовой учебной программы дисциплины «Статистические методы управления качеством продукции и процессов». Материал, охватывающий весь курс, освещает содержание изучаемой дисциплины. Пособие предназначено как дополнительный материал для студентов специальности «Стандартизация, сертификация и метрология»

УДК 311 (075)
ББК 60.6 я 73

ISBN 978-601-327-649-6

© Курмангалиева Д.Б.,
Курмангалиева Д.М., 2021
© Эпиграф, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6

1 РОЛЬ И МЕСТО СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ 9
1.1 Место статистических методов в стандартах ISO 9000 9
1.2 История развития статистических методов качества 16
1.3 Область применения статистических методов 19
1.4 Классификация видов технического контроля 23

2 ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ И ВЫБОРКА 29
2.1 Понятие генеральной совокупности и выборки 29
2.2 Классификация выборок 31
2.3 Метод отбора выборок 32

3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 36
3.1 Основные понятия теории вероятностей 36
3.2 Нормальное распределение случайной величины 38
3.3 Распределение дискретных случайных величин 43

4 ТОЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 46
4.1 Основные понятия 46
4.2 Предварительный анализ состояния технологического процесса по количественному признаку 48
4.3 Предварительный анализ состояния технологического процесса по альтернативному признаку 57

5 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ШУХАРТА 60
5.1 Основные понятия 60
5.2 Контрольные карты Шухарта по количественным данным 64
5.3 Контроль карты Шухарта по альтернативным данным 69
5.4 Другие виды контрольных карт 71

6 СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЁМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКУ 77
6.1 Основные понятия 77
6.2 Колебание выборочных характеристик 81
6.3 Уровень несоответствий 83
6.4 Оперативная характеристика 86
6.5 Типы планов выборочного контроля. Уровень и вид контроля 87
6.6 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку 92

7 СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЁМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ 97
7.1 Основные понятия 97
7.2 Процедуры выборочного контроля по количественному признаку 99

8 ПРОСТЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА .. 102
8.1 Основные понятия 102
8.2 Методы сбора статистической информации (контрольный листок, мозговая атака, схема процесса) 103
8.3 Диаграмма разброса 108
8.4 Диаграмма Исикавы 112
8.5 Диаграмма Парето 116
8.6 Гистограммы 120
8.7 Расслоение данных (стратификация) 124

9 СЕМЬ НОВЕЙШИХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА 127
9.1 Основные понятия 127
9.2 Применение «Диаграммы взаимосвязей» 129
9.3 Системная (древовидная) диаграмма 130
9.4 Применение «Матричной диаграммы» 132
9.5 Стрелочная диаграмма 133
9.6 Диаграмма планирования осуществления процесса (PDPC) 135
9.7 Применение «Матрицы приоритетов» 136

10 МЕТОДЫ ТАГУТИ (ТАГУЧИ) 138
10.1 Основные элементы философии качества Тагути 138
10.2 Функция потерь Тагути 139
10.3 Методы проектирования изделий и процессов по Тагути .. 142

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 145
ПРИЛОЖЕНИЕ А 146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 147

ВВЕДЕНИЕ

Успех каждого предприятия в значительной степени зависит от его инновационного потенциала, эффективности и качества производимых им товаров и услуг.

К неценовым мерам, с помощью которых предприятие может укрепить свое положение на рынке и уменьшить давление конкуренции, можно отнести – наряду с промышленной инновацией, т.е. способностью поставлять на рынок новые продукты или новую технологию и утверждать их на рынке, также и *обеспечение качества.* Не обладая достаточно высоким уровнем качества, изделия не смогут утверждаться на рынке. Обеспечение качества продукции является важнейшим инструментом в поддержании и укреплении конкурентоспособности. Кроме того, эффективное обеспечение качества ведет к повышению эффективности производства, так как за счет повышения качества снижаются расходы, связанные с браком, переделкой, а значит, снижается стоимость изделий. С другой стороны, высокое качество продукции может улучшить имидж фирмы, что повлечет за собой увеличение спроса на ее продукцию и позволит расширить объем производства, это в свою очередь, приведет к снижению стоимости отдельного изделия.

Обеспечение качества охватывает все меры, направленные на его достижение. К таким мерам относятся:

– *планирование качества;*

– *контроль качества;*

– *управление качеством.*

Функциями управления качеством являются планирование, контроль и коррекция изделий или услуг. Управление качеством тесно связано с планированием и строится на результатах контроля.

По мнению ученого Томоховой И.Н. к *средствам управления качеством* могут быть отнесены орудия, предметы, совокупность приспособлений для осуществления менеджмента качества: оргтехника, банки нормативной документации, средства связи и метрологии и т.д., а также управленческие отношения – отношения субординации и координации. Классификация средств и методов управления качеством приведена в Приложение А.

Методы управления качеством – способы и приемы, с помощью которых субъекты (органы) управления воздействуют на организацию и элементы производственного процесса для достижения поставленных целей в области качества. Наряду с *отдельными методами* выделены представляющие их *комбинации комплексные методы*, а также *теоретические основы, концепции и системы*. В отличие от комплексных методов, концепции и системы предполагают не только применение определенного набора методов, но и реформирование подхода к управлению организацией. Классификация методов управления качеством приведена в Приложении Б.

Большую роль в управлении качеством продукции играют *статистические методы*.

Статистические методы управления качеством продукции основываются на *теории вероятностей и математической статистике*. Идея применения теории вероятностей и математической статистики для управления качеством продукции была впервые высказана М.В. Остроградским в 1846 году. Сущность предлагавшихся им методов заключалась в том, чтобы по результатам контроля некоторой выборки из партии продукции обоснованно судить о качестве продукции этой партии, не прибегая к сплошному контролю.

Статистические методы управления качеством продукции являются выборочными методами и отличаются от сплошного контроля большей производительностью, меньшими затратами на контроль и часто более высокой точностью контроля.

Основные области применения статистических методов управления качеством продукции следующие:

– статический анализ точности и стабильности технологических процессов;

– статистическое регулирование технологических процессов;

– статистический приемочный контроль качества продукции;

– статистические методы оценки качества продукции.

Статистические методы позволяют на основе выборочного контроля устанавливать показатели точности и стабильности технологического процесса и закономерности протекания его во времени; проводить корректирование технологического процесса; осуществлять оценку и проводить приемочный контроль качества продукции.

Таким образом, целью статистических методов управления качеством является заключение о качестве изготовления изделий путем применения математико-статистических методов на основе выборочного контроля.

В системе всеобщего контроля статистическое управление качеством играет особую роль. Для его постановки и использования необходимо иметь новый вид мышления – статистическое. Такое мышление – это основанный на теории вариабельности способ принятия решений о том, надо или не надо вмешиваться в процесс, и если надо, то на каком уровне.

1 РОЛЬ И МЕСТО СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

1.1 Место статистических методов в стандартах ISO 9000

В условиях постоянно расширяющегося ассортимента выпускаемой продукции основным фактором, определяющим целесообразность приобретения изделий потребителем, является качество.

Качество стало залогом успеха и основным условием, предопределяющим увеличение объема продукции, поставляемой на национальные и международные рынки. Тщательно разработанные и эффективно функционирующие системы управления качеством продукции обеспечивают рентабельность фирм и получение значительных прибылей на инвестированный капитал. В результате внедрения систем управления качеством предприятия увеличивают объем выпускаемой продукции, добиваются повышения производительности труда, обеспечивают существенное снижение расходов на качество и повышают свою конкурентоспособность.

Однако далеко не все предприятия добиваются равнозначного эффекта от реализации своей продукции на рынках сбыта. Так, качество продукции, выпускаемой одними фирмами, существенно отличается от качества продукции, выпускаемой другими.

В настоящее время понятие качества стало намного шире восприниматься производителями и потребителями. Уже недостаточным условием успешной работы предприятия является только производство качественной продукции, так как производитель, не обеспечивший на высоком уровне договорные и сопроводительные мероприятия по реализации своей продукции потребителям, рискует в будущем уступить конкурентам.

При таком положении дел потребитель, который в настоящее время может легко отличить более качественную продукцию от менее качественной, отдает, естественно, предпочтение продукции более высокого качества.

Стремление фирм во всем мире повысить качество выпускаемой продукции объясняется наличием различных уровней

качества. В связи с этим методы и средства, обеспечивающие улучшение качества продукции, приобретают первостепенное значение и играют решающую роль в производственной деятельности.

К одному из таких методов относится организация работы предприятия по общепринятым нормам или стандартам, которые помогают организовать работу предприятия в направлении повышения качества продукции или услуги. В настоящее время одними из таких стандартов являются международные стандарты ISO 9000, в соответствии с которыми можно создавать систему качества на предприятии.

Универсальность семейства стандартов ISO заключается в том, что они не предлагают абсолютных критериев качества для каждого отдельного вида продукции и услуг. Это было бы и невозможно - ведь качество – есть способность продукции или услуг удовлетворять потребности людей, а потребности – бесконечно разнообразны. Стандарты семейства ISO 9000 задают лишь методологию функционирования системы качества, которая в свою очередь должна обеспечивать высокое качество продукции и услуг, производимых предприятием, иными словами – обеспечивать высокую степень удовлетворенности потребителей.

Сертифицированная система качества, прежде всего, необходима предприятиям, которые претендуют на иностранные инвестиции или стремятся привлечь зарубежных заказчиков. По оценкам экспертов, разница в закупочных ценах у поставщиков, имеющих таковую систему и не имеющих ее, может достигать 50 %.

В методологическом плане принципиально важным для всего семейства стандартов ISO серии 9000 является введенное положение о том, что вся работа, выполняемая организацией, рассматривается как совокупность взаимосвязанных процессов. Соответственно общее руководство качеством достигается через управление процессами, реализуемыми в организации и умением применять статистические методы.

В пунктах стандарта содержатся описание всех требований по качеству, которые компания должна обеспечить, чтобы подтвердить свою способность выполнять требования к качеству и чтобы быть сертифицированной в соответствии с одним из базовых стандартов

ISO серии 9000. В каждом из этих пунктов показано, что требует стандарт по качеству, а задача компании состоит в том, как эти требования реализовать на практике.

Одной из главных областей применения стандартов ISO является подтверждение, что организация может продемонстрировать, что его система обеспечения качества организована так, чтобы предупредить случаи несоответствия на всех стадиях, начиная с проектирования и кончая сервисом.

Особенно важно, чтобы установленные в компании процессы гарантировали как соответствие системы требованиям по качеству стандарта ISO, так и адекватность действующей в компании СМК требованиям потребителя. Эти процессы, если они хорошо выполнены и находятся под контролем, предоставляют собой динамичную СК, способствующую непрерывному росту рентабельности и эффективности работы поставщика. Поэтому одним из важнейших требований ISO 9000 является управление процессом, основными этапами которого являются планирование, измерение, отслеживание процесса посредством сравнения измеренных значений с эталонными. Управление же — регулирование процессами на базе информации, полученной по результатам сравнения, или иначе применение статистических методов на этапах планирования и управления процессом.

Стандарты серии ISO 9000 *побуждают* производителей использовать статистические методы, поскольку это обусловлено тем, что зарубежный опыт, накопленный на протяжении многих десятилетий, показал высокую эффективность статистических методов при решении проблем в сфере промышленного производства, обслуживания и в других областях.

Успех и востребованность статистических методов, прежде всего, объясняется экономическими причинами, т. е. при использовании статистических методов снижаются уровень брака и денежные потери.

Контроль процесса предусматривает инспекцию процесса путем измерения параметров качества в каждой (критичной для качества процесса) точке. Если невозможно фиксировать параметр качества (измерять его) продукции, то для данной операции в соответствии необходимо определить и контролировать параметры процесса, оказывающие определяющее влияние на параметр

качества продукции, который невозможно проконтролировать в процесс производства. Для ясности понимания вопросам применения статистических методов в управлении качеством важно определить понятия.

Управление качеством – методы и виды деятельности оперативного характера, которые используют для выполнения требований к качеству

Продукция, качество которой не соответствует установленным требованиям потребителя, выявляется путем анализа поступивших и признанных рекламаций в соответствии с требованиями стандарта предприятия.

Статистическое управление качеством – та часть управления качеством, в которой применяются статистические методы.

Статистически управляемое состоянием процесса – состояние, описывающее процесс, из которого удалены все особые причины изменчивости и остались только обычные причины. То есть, наблюдаемая изменчивость может быть объяснена постоянной системой случайных причин; отражается на контрольной карте отсутствием точек за контрольными границами, трендов и неслучайного поведения в контрольных границах.

Изменчивость – неизбежные различия среди индивидуальных результатов процесса, их источники могут группироваться в два основных класса: обычные причины и особые причины.

Обычная причина вариабельности - источник изменчивости, влияющий на индивидуальные значения результатов процесса, при анализе контрольной карты проявляется как часть случайной изменчивости процесса.

Особая причина вариабельности - источник изменчивости, которая может прерываться, часто непредсказуема, иногда называется неслучайной причиной; о ней сигнализирует точка за контрольными границами, серия точек или неслучайное поведение точек в контрольных границах.

Основные этапы статистического управления качеством:

- статистическое обследование,
- наладка процесса,
- статистическое управление.

Организация должна устанавливать адекватные статистические методы для подтверждения приемлемости возможностей процесса и характеристик продукции.

В случае необходимости производитель продукта должен разработать процедуры, обеспечивающие выбор статистических методов, необходимых для проверки возможности технологического процесса и приемлемости характеристик продукции, проверки качества поставок или комплектующих.

Область применения и планы статистических методов контроля также устанавливается изготовителем. В необходимых случаях он согласовывает их с потребителем или заказчиком.

Следует подчеркнуть, что сами по себе стандарты ISO серии 9000 не создают удовлетворения потребителя, но они *являются фундаментом,* на котором организация, следуя требованиям ISO 9000, сможет создать Систему менеджмента качества, удовлетворяющую требованиям потребителя.

Статистический контроль процесса, формы и содержания рабочих планов контроля представляют собой документы в виде формы статистического контроля процесса и различных отчетов в области качества. Эти формы и связанные с ними инструктивные документы (как собирать информацию, как заполнять эту информацию в формы, как ее использовать, какие средства контроля качества могут быть использованы, как вносить поправки и т.п.) являются основной формой контроля оперативных действий.

Поясним коротко некоторые *варианты применения статистических методов* в управлении качеством согласно требованиям ISO 9000, давая им краткие характеристики.

Ответственность руководства. Э.Деминг, Д.Джуран считают, что руководство решает 80 - 90 % организационных проблем. Стандарт требует четкого ответа на вопросы: кто ответствен за гарантию того, что продукт или сервис, заказанный потребителем (покупателем), соответствует его требованиям по качеству и сроку исполнения, и кто гарантирует, что система управления качеством организации эффективна?

Статистические методы (например, диаграмма Парето, диаграмма Исикава, карты Шухарта) помогают систематически находить проблемы в области качества и решать их, определять какие из проблем носят случайный или постоянный характер. Такая

систематизация причин позволяет выявить наиболее проблемные места в системе управления организации, так называемые «узкие места» и эффективно построить организационную структуру.

Ответственность, полномочия, взаимодействие руководства и персонала, выполняющего и проверяющего работу, которая влияет на качество, должны быть четко определены. Это особенно касается персонала, которому необходима организационная свобода. Например, существует соблазн у многих руководителей сказать: «За всё качество в компании несёт ответственность отдел по качеству». Поскольку продукция приобретает качество в процессе проектирования и производства, а не в процессе контроля, то правильнее возложить ответственность за качество, как на рабочий персонал, так и на работников функциональных (конструкторов, технологов, метрологов, металлургов, контролеров) подразделений предприятия.

Согласно стандарту ISO 9000 должно быть четко определено, кто управляет, и кто проверяет систему управления качеством. Этот персонал должен иметь свободу и полномочия, а также уметь использовать статистические методы, что гарантирует выявление проблем качества и причин несоответствия.

Этот персонал позже будет также проверять, насколько успешны новые решения. Он должен иметь право остановить процесс, если это необходимо. В большинстве компаний организационные проблемы частично решают интуитивно, без использования статистических методов.

Очень важно определить ответственность и полномочия по управлению некачественной продукцией и сервисом, т.е. функции того, кто:

- хранит записи всех идентифицированных проблем качества;
- начинает деятельность по предупреждению случаев несоответствия;
- обеспечивает, чтобы применялись правильные (корректные) действия;
- отслеживает задержание некачественной продукции до тех пор, пока корректирующие действия не будут выполнены.

Как видно из функций, управление некачественной продукцией – это, прежде всего, управление информацией о некачественной

продукции, а средство управления информации – это статистические методы анализа.

Кроме того, стандарт требует, чтобы организация обеспечила проверку (контроль, процесс отслеживания, инспекцию и т.п.) силами:

- подготовленного персонала;
- независимым персоналом (аудиторами), который непосредственно не отвечает за выполнение контролируемой работы.

В организации должен быть введен внутренний аудит, проводимый собственными силами. Персонал аудита должен заниматься проверкой деятельности, которая осуществляется регулярно, например 1 раз в год. Персонал должен быть специально обучен статистическими методами анализа информации.

Анализ со стороны руководства. Этот параграф стандарта требует подтверждения уверенности высшего руководства в том, что применяемая компанией СМК обеспечивает постоянное соответствие выбранному стандарту.

Руководство организации должно регулярно пересматривать результаты применения СМК, чтобы определить, какие меры принимать для ее улучшения. Для постоянного улучшения необходимо иметь документы, фиксирующие результаты анализа, а именно:

- результаты инспекции и испытаний;
- стоимость качества;
- базу данных внутреннего аудита;
- обратную связь от потребителя.

Эта работа должна вестись постоянно. Поскольку получаемые в результате выводы могут относиться к любому подразделению предприятия, должно быть обеспечено проведение независимого анализа и оценки по средствам статистических методов анализа.

Главное значение статистических методов управления качеством продукции в организации - *это создание условий для эффективного принятия оптимального управленческого решения с* использованием накопленной информации между смежными подразделениями в организации и внешней средой.

Многие успешные компании применяют статистические методы для получения конкурентных преимуществ, разрабатывают информационные сети и автоматизированные системы для ускорения процесса получения информации.

Статистическая управляемость процессов и принятие решений на основе фактов – это основные требования, предъявляемые международными стандартами ISO 9000 к системе качества, которые могут быть выполнены благодаря внедрению статистических методов. Важнейшей составляющей статистического управления является осуществление корректирующих мероприятий в направлении совершенствования организации, в противном случае применение статистических методов будет бесполезным расходом ресурсов.

Используемые в сегодняшней практике предприятий статистические методы можно подразделить на следующие *категории*:

- *методы высокого уровня* сложности, которые используются разработчиками систем управления предприятием или процессами. К ним относятся методы кластерного анализа, адаптивные робастные статистики и др.,

- *методы специальные*, которые используются при разработке операций технического контроля, планировании промышленных экспериментов, расчетах на точность и надежность и т.д.,

- *методы общего назначения*, в разработку которых большой вклад внесли японские специалисты. К ним относятся «Семь простых методов» (или «Семь инструментов качества»), включающие в себя контрольные листки; метод расслоения; графики; диаграммы Парето; диаграммы Исикавы; гистограммы; контрольные карты.

1.2 История развития статистических методов качества

Первое восприятие статистических методов качества в виде выборки имеет многовековую историю. Еще несколько столетий тому назад покупатели зерна и хлопка проверяли свойства товара, прокалывая мешки с зерном или хлопком, чтобы взять пробу. Можно допустить, что в те времена не было научного расчета

взятия проб, и следует предположить, что это было делом опыта, как продавцов, так и покупателей товара.

До тех пор, пока ремесленник совмещал в себе функции и производителя, и контролера (до середины 19-го века), не было проблем с оценкой качества изготовленной продукции. Все изменилось с появлением разделения труда.

Рабочие первых фабричных мануфактур, способные выполнять простые операции процесса, не могли отвечать за качество своего труда, и тем более за качество готовой продукции. Введение должности контролера привело к необходимости нормирования функций контроля и со временем потребовало разработки научного подхода к оценке качества продукции. Стремление к производству высококачественной продукции привело к гипертрофированному раздуванию на промышленных предприятиях контрольного аппарата.

Применение статистических методов контроля качества труда произошло еще позже – в первой четверти 20-го века. Именно внедрение статистических методов позволило значительно сократить трудоемкость операций контроля и значительно снизить численность инспекторов (контролеров). Первое применение научных методов статистического контроля было зафиксировано в 1924 году, когда В. Шухарт использовал для определения доли брака продукции контрольные карты.

Вальтер Э.Шухарт с 1918 года работал инженером фирмы «Western Electric» (США). В 1925 году она была преобразована в фирму «Bell Telephone Laboratories». Шухарт проработал в ней до 1956 года (до выхода на пенсию). Основные его разработки в области статистического контроля внедрялись в первую очередь на этой фирме. В.Шухарт переключил внимание с допускового подхода к управлению качеством на подход, направленный на обеспечение стабильности процессов и уменьшение их вариаций. Его идеи до настоящего времени сохраняют актуальность. Кроме того, Шухарт высказал идею непрерывного улучшения качества, предложив цикл непрерывного улучшения процессов, носящий сегодня название «Цикла Шухарта – Деминга». В последние годы этот цикл получил дальнейшее развитие под воздействием Деминга

и стал использоваться как инструмент командной работы по улучшению качества.

Одновременно с Шухартом, в той же фирме в середине 20-х годов инженером Г.Ф.Доджем была предложена теория приемочного контроля, получившая вскоре мировую известность. Основы этой теории были изложены в 1944 году в его совместной с Х. Г. Роллингом работе «Sampling Inspection Tables – Single and Double Sampling».

Большой вклад в систему обеспечения качества контроля в середине 20-го века внесли американские ученые Д. Нойман, Э. Пирсон, Е. Фишер.

Среди их разработок наибольшую известность получила теория проверки статистических гипотез. Можно отметить, что сегодня без знания теории ошибок первого и второго рода невозможна рациональная оценка выбранного метода статистического контроля.

Во время второй мировой войны нехватка ресурсов заставила искать новые методы контроля с возможно малым числом проверяемых изделий, особенно при разрушающем контроле. В 40-х годах 20-го столетия А. Вальд (США) разработал теорию последовательного анализа и статистическую теорию принятия решений. Применение теории последовательного анализа было настолько эффективно (расходы на контроль при прежней вероятности ошибок снижаются до 60% по сравнению с традиционными методами), что в США она была объявлена секретным документом и опубликована только после окончания войны.

Большое влияние на становление статистических методов контроля, как философии качества, оказал Эдвард Деминг (США). В начале 50-х годов Деминг проводил широкомасштабное обучение японских специалистов новым методам обеспечения качества, особое внимание при этом обращая на статистические методы управления качеством. Его деятельность была настолько успешной, что уже в 60-х годах американцам пришлось уступить японским фирмам значительную часть рынков сбыта, в том числе и в самих США.

Американское научное влияние на совершенствование систем обеспечения качества привело к созданию японской научной школы в области качества, среди представителей которых следует, прежде всего, отметить К. Исикаву и Г. Тагути, внесших большой вклад в развитие статистических методов в управлении качеством. Так Каору Исикава впервые в мировой практике предложил оригинальный графический метод анализа причинно-следственных связей, получивший название «диаграммы Исикава». Сегодня практически невозможно найти такую область деятельности по решению проблем качества, где бы ни применялась диаграмма Исикавы.

Внесли свой научный вклад в развитие статистических методов и советские ученые: В. И. Романовский, Е. Е. Слуцкий, Н. В. Смирнов, Ю. В. Линник и др. Так, например, Смирнов заложил основы теории непараметрических рядов, а Слуцкий опубликовал несколько важных работ по статистике связанных стационарных рядов. Особенно интенсивно в СССР разрабатывались статистические методы исследования и контроля качества в массовом производстве, методы планирования эксперимента (Ю.П.Адлер и др.).

В 50–70-х годах прошлого столетия на ряде предприятий оборонного комплекса СССР активно проводились (под влиянием японского опыта по повышению качества) работы по внедрению систем управления качеством (в Саратове – БИП, в Горьком – КАНАРСПИ, в Ярославле – НОРМ, во Львове – КСУКП и др.), в которых статистические методы в области приемочного контроля и регулирования технологических процессов занимали важное место в предупреждении дефектов продукции.

1.3 Область применения статистических методов

Статистические методы – это исследование условий и факторов, влияющих на качество продукции.

Основные области применения статистических методов управления качеством продукции (УКП) представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Области применения статистических методов управления качеством продукции

1) *Статистический анализ точности и стабильности технологических процессов* – это установление показателей точности и стабильности технологических процессов и закономерностей протекания во времени.

2) *Статистическое регулирование технологических процессов* – это корректирование значений параметров технологических процессов по результатам выборочного контроля (т.е. вмешательство в процесс).

3) *Статистический приемочный контроль качества продукции* – это контроль, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям (т.е. в данном случае принимается решение о принятии или отклонении партии продукции).

4) *Статистические методы оценки качества продукции* – это выборочная оценка качества выпускаемой продукции с использованием методов статистики.

5) *Статистические методы анализа статистической информации* – это анализ статистической информации, полученной по результатам контроля выборок.

Прежде чем применять статистические методы в производственном процессе, необходимо четко представлять цель применения этих методов и выгоду, которую может получить производитель от их применения. Выгода заключается в том, что:

1) обеспечивается стабилизация технологического процесса при минимальных затратах на контроль;

2) использование методов математической статистики позволяет наиболее быстро оптимизировать режимы выполнения технологических операций, минимизируя отходы и улучшая характеристики готовых изделий.

Статистические методы могут быть применены на всех этапах жизненного цикла продукции (маркетинг, проектирование и разработка продукции, закупки, производство, контроль и испытания, упаковка и хранения).

Применение статистических методов на каждом этапе жизненного цикла продукции:

I МАРКЕТИНГ

- Определение потребности в продукции и услугах;
- Прогнозирование цены, объема выпуска, анализ рекламы продукции.

Методы: методы анализа статистических совокупностей, экономико-математические методы и др.

II ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИИ

- Исследование показателей качества в различных вариантах продукции;
- Оценка качества продукции;
- Оценка и выбор средств измерений.

Методы: графоаналитические методы (схема Исикавы, диаграмма Парето, гистограммы и др.)

III ЗАКУПКИ

- Формирование требований к сырью, материалам;
- Оценка и выбор поставщиков;
- Учет и анализ необходимых запасов сырья, материалов, комплектующих.

Методы: методы Тагути, методы экспертных оценок, экономико-математические методы и др.

IV ПРОИЗВОДСТВО

- Оценка состояния технологического процесса;
- Статистическое регулирование технологического процесса;
- Оценка показателей качества продукции;
- Оценка поля рассеяния показателей;
- Определение вероятностного процента брака;
- Определение корреляционной зависимости.
- Обеспечение стабильности качества продукции при производстве.

Методы: статистический анализ точности и стабильности технологического процесса, проверка статистических гипотез, регрессионный анализ, анализ временных рядов, контрольные карты и др.

V КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ

- Входной контроль (оценка сырьевых материалов);
- Операционный контроль (оценка полуфабрикатов, заготовок);
- Приемо-сдаточный контроль;
- Инспекционный контроль и другие виды контроля;

Методы: графический и графоаналитический методы (диаграмма Парето, гистограммы и др.), методы статистического приемочного контроля и др.

VI УПАКОВКА И ХРАНЕНИЕ

- Контроль качества упаковки и маркировки;
- Определение срока хранения продукции;
- Контроль качества хранения.

Методы: методы статистического приемочного контроля, экономико-математические методы и др.

VII ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ В ОБСЛУЖИВАНИЯ

- Анализ обслуживания и ремонта;
- Контроль за стабильностью поставки запасных частей

Методы: экономико-математические методы и др.

VIII УТИЛИЗАЦИЯ

- Изучение возможности использования продукции несоответствующего качества;
- Анализ утилизации продукции.

Методы: экономико-математические методы и др.

Статистические методы также могут быть использованы при разработке, внедрении и поддержке в рабочем состоянии системы менеджмента качества (СМК).

1.4 Классификация видов технического контроля

Обеспечение и повышение качества выпускаемой продукции – одна из главных задач производства. В решении этой задачи важная роль отводится контролю качества на всех этапах производства с целью проверки соответствия показателей качества установленным требованиям. Многообразие видов контроля качества вызывает необходимость их систематизации и классификации по ряду признаков. Классификация видов контроля качества продукции представлена на рисунке 2.

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением.

Под *контролем качества* (КК) понимается проверка соответствия количественных или качественных характеристик продукции или процесса, от которого зависит соответствие продукции установленным техническим требованиям.

Процесс контроля заключается в установлении соответствия действительных значений физических величин установленным предельным значениям. Контроль должен ответить на вопрос: находится ли контролируемая физическая величина в поле допуска или выходит за его пределы.

Контроль параметров и характеристик объекта, связанный с нахождением действительных значений физических величин, называется *измерительным контролем* (здесь и в дальнейшем определения взяты из ГОСТ 16504-81).

В тех случаях, когда нет необходимости определять числовые значения физических величин, а требуется установить только факт нахождения параметра в поле допуска или выхода из него, производится качественная оценка параметров объекта, т.е. осуществляется *качественный контроль*.



Рисунок 2 - Классификация видов технического контроля

Контроль качества на предприятии осуществляют изготовители продукции, производственные мастера, работники отдела технического качества (ОТК), рабочие, переведенные на самоконтроль, а также представители заказчика на предприятии.

Организация контроля качества – это система технических и административных мероприятий, направленных на обеспечение производства продукции, полностью соответствующей требованиям НД.

Технический контроль – это проверка соответствия объекта контроля установленным техническим требованиям.

Суть контроля заключается в получении информации о состоянии объекта контроля и сопоставлении полученных результатов установленным техническим требованиям, зафиксированных в чертежах, стандартах, ТУ, договорах на поставку и т.п. документах.

Качественный контроль в отличие от измерительного контроля называют просто контролем.

Входной контроль заключается в проверке соответствия поступающих материалов и изделий установленным требованиям.

В процессе входного контроля проводятся необходимые испытания материалов и полуфабрикатов и определяется соответствие показателей их качества требованиям стандартов.

Технологический контроль состоит в проверке соответствия характеристик, режимов и других показателей технологического процесса установленным требованиям. Разновидностью технологического контроля является контроль *операционный*, т.е. контроль продукции или технологического процесса после завершения определенной технологической операции.

Использование операционного контроля дает возможность выявить причины возникновения брака изделий и наметить пути существенного повышения качества продукции.

Приемочный контроль заключается в проверке соответствия готовых изделий требованиям стандартов или технический условий. Лаборатория и ОТК проверяют физико-химические свойства материалов и изделий, оценивают внешний вид и геометрические параметры продукции.

Сплошной контроль – это контроль, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам каждой единицы продукции. Данный вид контроля целесообразно применять в следующих случаях: в условиях высоких требований к уровню качества изделий, у которых абсолютно недопустим пропуск дефектов в дальнейшее производство или эксплуатацию; количество объектов недостаточно для получения выборок; технологический процесс не обеспечивает необходимую стабильность качества продукции.

То есть, сплошной контроль всех видов полуфабрикатов (полупродуктов) или всей без исключения готовой продукции (если при этом она не разрушается, не теряет своих свойств) организуется в случаях особо ответственного назначения продукции или при организации нового производства.

Выборочный контроль – контроль, при котором решение о контролируемой совокупности или процессе принимают по результатам проверки одной или нескольких выборок.

Непрерывный контроль – это контроль, при котором поступление информации о контролируемых параметрах происходит непрерывно.

Периодический контроль – контроль, при котором поступление информации о контролируемых параметрах происходит через установленные интервалы времени.

Летучий контроль – контроль, проводимый в случайное время.

Эффективность летучего контроля обуславливается его внезапностью, правила обеспечения, которой должны быть специально разработаны. Летучий контроль, как правило, осуществляется непосредственно на месте изготовления, ремонта, хранения и т. п.

Автоматизированная система контроля – это система контроля, обеспечивающая проведение контроля с частичным непосредственным участием человека.

Автоматическая система контроля – это система контроля, обеспечивающая проведение контроля без непосредственного участия человека.

Активный контроль объекта осуществляется непосредственно в ходе технологического процесса формирования изделия, например обработки детали на станке.

Текущие результаты активного контроля дают информацию о необходимости изменения режимов обработки или корректировке параметров технологического оборудования, например необходимость изменения положения между режущим инструментом и деталью.

Активный контроль может быть *ручным*, при котором режимами и остановкой станка в процессе изготовления изделия управляет оператор, наблюдающий за показаниями приборов или *автоматическим*, когда управление станком осуществляется с

помощью команд, выдаваемых установленным на станке или вне станка устройством.

Применение активного контроля позволяет повысить производительность труда, улучшить качество изготовления, вести одновременное обслуживание нескольких единиц технологического оборудования, получать высокую точность изделий, использовать на этих работах операторов относительно невысокой квалификации. Перспективным является создание устройств активного контроля, работающих без настройки по образцовым объектам. В качестве образцовых могут быть как материальные объекты (например, образцовые детали), так и соответствующее программное обеспечение.

При контроле по количественному признаку определяются численное значение одного или нескольких показателей, которые сравниваются с нормативными значениями.

При контроле по качественному признаку каждую проверенную единицу продукции относят к определенной группе, а решения принимают в зависимости от того, сколько изделий попало в каждую группу. Частным случаем является *контроль по альтернативному признаку*, когда таких групп две – изделия годные и дефектные.

При *разрушающем контроле* для выполнения контрольных операций необходимо разрушить изделие и дальнейшее его использование становится не возможным. Примером разрушающего контроля, когда определение соответствия контролируемого параметра установленным предельным отклонениям, сопровождается разрушением объекта, является проверка изделия на прочность.

При *неразрушающем контроле* соответствие контролируемого параметра установленным предельным отклонениям определяется по результатам полученной информации об объекте контроля, при этом взаимодействие органов средства контроля с объектом контроля не вызывает разрушения объекта и не изменяет его свойств. Примерами неразрушающего контроля являются: контроль размеров деталей, отклонений формы и расположения поверхностей, давления, температуры и др. Результаты контроля можно использовать для воздействия на ход производственного процесса.

Контрольные вопросы

1 Какова роль статистических методов в управлении качеством?

2 Назовите основные области применения статистических методов?

3 Какие разновидности технологического контроля вам известны? (Приведите примеры)

4 Дайте определение статистическим методам.

5 На чем основываются статистические методы управления качеством продукции?

2 ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ И ВЫБОРКА

2.1 Понятие генеральной совокупности и выборки

Отбор различных проб и изделий и измерение их показателей качества проводятся не только для определения свойств конкретной пробы или изделия, а предусматривают извлечение на основании этих данных информации о свойствах и общей характеристике всей выпускаемой продукции.

Множество всех рассматриваемых единиц, свойства которых оцениваются по выборочным данным, называют *генеральной совокупностью.*

Единицы, составляющие генеральную совокупность, – *элементы генеральной совокупности.* Общее число этих элементов – объем генеральной совокупности, в партии – объем партии. Если число элементов в генеральной совокупности имеет пределы, то такую совокупность называют *конечной* (например, партия). Когда же число элементов в генеральной совокупности бесконечно, то такую совокупность называют *бесконечной* (например, вся выпускаемая продукция).

Единицы продукции, которые были извлечены из генеральной совокупности, называют выборкой или пробой (для нештучной продукции).

Выборка (*проба*) – одна или несколько выборочных единиц, взятых из генеральной совокупности и предназначенных для получения информации о ней.

При этом *единицей продукции* является отдельный экземпляр штучной продукции или определенное в установленном порядке количество нештучной продукции.

А *изделием* называется единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах.

Объем выборки – число выборочных единиц в выборке.

Отбор выборки – процесс извлечения или составления выборки.

Для численного выражения характеристики генеральной совокупности используют среднее арифметическое, дисперсию, стандартное отклонение.

Поскольку в генеральной совокупности все эти значения являются четко установленными величинами, то их соответственно называют *генеральным средним, дисперсией генеральной совокупности, стандартным отклонением совокупности*, а вместе – *параметрами генеральной совокупности.*

В отношении выборки, даже при условии извлечения образцов из идентичных генеральных совокупностей, среднее арифметическое, дисперсия и стандартное отклонение измеряемых величин представляют собой переменные величины, которые варьируются в той или иной степени. Поэтому их называют *статистической оценкой.*

Оценка – статистика, используемая для оценивания параметра.

Оценивание – операция определения на основе выборочных данных числовых значений параметров распределения, принятых в качестве статистической модели генеральной совокупности, из которой извлечена выборка.

Применение параметра генеральной совокупности и статистической оценки должно быть четко разграничено. Кроме того, разграничивают и символы, используемые для их обозначения:

Параметры	**Параметр генеральной совокупности**	**Статистическая оценка**
Среднее арифметическое	μ	$\overline{X}$
Медиана	–	*Me (X)*
Дисперсия	σ^2	S^2
Стандартное отклонение	σ	S
Размах	–	R

Наиболее распространенные в области статистического обеспечения качества выборочные характеристики следующие:

- выборочное среднее арифметическое значение $\overline{X}$;
- выборочная медиана *Me*;
- выборочная дисперсия S^2;
- выборочное стандартное отклонение *S*;
- размах выборки *R*.

Выборочное среднее арифметическое $(\overline{X})$ – сумма значений, деленная на их число, то есть $\overline{X} = \frac{\sum x_i}{n}$.

Выборочная медиана (*Me*). Если объем выборки нечетный, то медиана равна среднему значению из ранжированного ряда. Если *n* (объем выборки) четная, то медиана равна среднему значению двух центральных значений, расставленных в ранжированный ряд.

Размах (*R*) – разность между наибольшим и наименьшим наблюдаемыми значениями количественного признака в выборке, то есть $R = R_{max} - R_{min}$.

Выборочная дисперсия (S^2) – одна из мер рассеяния, представляющая собой сумму квадратов отклонений наблюдений от их среднего арифметического, деленную на число наблюдений минус единица (*n*-1), то есть $S^2 = \frac{1}{n-1}\sum(x_i - \overline{x})^2$.

Выборочное стандартное отклонение (*S*) (выборочное среднее квадратическое отклонение) – положительный корень из выборочной дисперсии, то есть $S = \sqrt{S^2}$.

2.2 Классификация выборок

Выборки классифицируют следующим образом:
– простая и расслоенная;
– с возвращением и без возвращения;
– единовременная и текущая;
– одноуровневая и многоуровневая;
– преднамеренная и случайная.

Выборка, при формировании которой контролируемая совокупность рассматривается как единое целое, называется *простой*. Ее применяют тогда, когда продукцию можно считать однородной по контролируемому параметру и нет экономических и технических ограничений для осуществления отбора изделий. Она формируется одним из методов в зависимости от способа представления продукции на контроль.

В *расслоенную* выборку единицы продукции отбираются в заданных объемах из разных частей контролируемой совокупности. Такие выборки формируют, когда контролируемую совокупность нельзя считать однородной, но можно выделить однородные части (слои) либо существуют экономические и технические ограничения для отбора изделий. При разделении контролируемой совокупности на части (слои) в первую очередь нужно руководствоваться соображениями представительности выборки и только после обеспечения представительности необходимо принимать во внимание ограничения экономического и технического характера.

Выборка с возвращением (повторная) образуется путем извлечения изделий из генеральной совокупности с последующим их возвращением после определения параметров качества. Такое извлечение и возвращение изделий может быть многократным.

При *бесповторной выборке (выборка без возвращения)* извлеченные изделия не могут быть возвращены в генеральную совокупность. Данные выборки используют в тех случаях, когда в результате контроля изделие вырабатывает свой ресурс, что гарантирует невозможность попадания одного изделия в различные выборки. Выборка может быть бесповторной если $n/N < 0,1$.

Единовременная выборка образуется из партии изделий после их изготовления независимо от того, в какой момент времени изготовлено каждое изделие.

Текущая выборка состоит из изделий, последовательно изготовленных за определенный промежуток времени.

Если изделие отбирается в выборку по заранее оговоренным признакам или характеристикам, то такую выборку называют *преднамеренной.*

Случайная выборка образуется при отборе изделий из партии, если для любого изделия обеспечивается равная вероятность быть включенным в выборку.

2.3 Метод отбора выборок

Целью статистических методов управления качеством является оценка параметров генеральной совокупности (партии, выпускаемой продукции, технологического процесса) по результатам контроля выборки, взятой определенным образом из этой генеральной совокупности.

Основным требованием к выборке является то, что изделия, входящие в выборку, должны в полной мере отражать характер и структуру генеральной совокупности, т. е. выборка должна быть представительной (репрезентативной). Для обеспечения представительности необходимо строго соблюдать требования к формированию выборок.

Методы отбора единиц продукции в выборку зависят от способов представления продукции на контроль (ГОСТ 18321).

Способы представления продукции на контроль:

- *ряд*
- *россыпь*
- *поток*

Первый способ представления продукции на контроль, условно называемый «*ряд*», характеризуется следующими особенностями:

– единицы продукции, поступающие на контроль, упорядочены, они легко могут быть пронумерованы сплошной нумерацией, можно легко достать и отыскать единицу продукции, отмеченную любым номером;

– единицы продукции поступают на контроль в виде некоторой ограниченной совокупности, сформированной независимо от процесса производства.

Второй способ представления продукции на контроль, условно называемый «*россыпь*», характеризуется следующими особенностями:

– единицы продукции, поступающие на контроль, неупорядочены, их трудно нумеровать и практически невозможно отыскать и достать какую-то определенную единицу продукции;

– количество единиц продукции, поступающих на контроль, велико;

– единицы продукции поступают на контроль в виде некоторой ограниченной совокупности, сформированной независимо от процесса производства.

Третий способ представления продукции на контроль, условно называемый «*поток*», характеризуется следующими особенностями:

– единицы продукции поступают на контроль непрерывным потоком одновременно с выпуском продукции;

-- качество единиц продукции, поступающих на контроль, велико;

-- единицы продукции, поступающие на контроль, упорядочены, можно легко отыскать и достать каждую вторую, пятую или десятую и т. д. единицу.

Методы отбора единиц продукции в выборку.

В зависимости от способа представления продукции на контроль для отбора единиц продукции в выборку применяют следующие методы:

-- *случайного отбора;*

-- *наибольшей объективности;*

-- *систематического отбора;*

-- *многостадийный отбор.*

Метод случайного отбора применяют, когда продукция однородна и представлена на контроль в виде «ряда».

Для отбора единиц продукции в выборку при этом методе используют:

-- таблицы случайных чисел;

-- ЭВМ.

Метод наибольшей объективности (вслепую) при отборе единиц продукции в выборку применяется в тех случаях, когда продукция представлена на контроль в виде «россыпи». Кроме того, данный метод можно использовать в тех случаях, когда применение метода случайного отбора технически затруднено или экономически невыгодно.

При применении данного метода необходимо стремиться включить в выборку единицы продукции из разных частей контролируемой партии, при этом единицы продукции следует отбирать независимо от субъективных предположений контролера относительно качества отбираемой единицы продукции.

Метод систематического отбора единиц продукции в выборке предусматривает отбор продукции через определенный интервал времени (или количество единиц продукции). Начало отсчета определяется случайным образом, например с помощью таблиц случайных чисел.

Данный метод применяется в основном в тех случаях, когда продукция представлена на контроль в виде «потока».

Многостадийный отбор применяется для продукции, поступающей на контроль в «упаковке». Данный способ отбора проб может быть представлен несколькими стадиями. Например, отбор упаковочных единиц может осуществляться с помощью таблиц случайных чисел, а отбор единиц из упаковки – методом наибольшей объективности.

Контрольные вопросы

1 Назовите способы представления продукции на контроль.

2 В чем сущность метода случайного отбора?

3 Как используется метод наибольшей объективности для отбора выборок?

4 Что значит систематический отбор?

5 Как классифицируются выборки?

6 В чем отличие простой и расслоенной выборок?

7 Что такое повторные и бесповторные выборки?

8 В чем разница единовременной и текущей выборок?

9 Что такое статистическое оценивание?

10 Назовите статистические оценки математического ожидания и стандартного отклонения генеральной совокупности.

11 Что такое генеральная совокупность?

3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

3.1 Основные понятия теории вероятностей

В процессе производства невозможно точно соблюсти заданную величину параметра и показателя качества продукции. Качество сырья, настройка станков, квалификация оператора и другие существенные для производства факторы подвержены случайным колебаниям, которые в конечном счете влияют на качество продукции, а это, в свою очередь, вызывает рассеяние значений параметров качества. То есть, любой контролируемый параметр по своей природе является случайной величиной, поскольку он может принимать то или иное значение, заранее неизвестное.

Изучением случайных величин занимаются *теория вероятностей и математическая статистика*.

Случайная величина – переменная, которая может принимать любое значение из заданного множества значений и с которой связано распределение вероятностей (здесь и в дальнейшем определения взяты из СТ РК ГОСТ Р 50779.10-2003).

Случайные величины могут принимать дискретные и непрерывные значения.

Случайную величину, которая может принимать только отдельные значения, называют *дискретной* (например, число несоответствий или число несоответствующих единиц).

Случайную величину, которая может принимать любые значения из конечного или бесконечного интервала, называют *непрерывной* (например, значения показателей качества продукции).

Все случайные величины подчиняются определенным закономерностям, называемым законами распределения.

Законом распределения случайной величины называется соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Сумма вероятностей всех возможных значений случайной величины равна единице. Эта суммарная вероятность каким-то образом распределена между отдельными значениями, что полностью определяется законом распределения. Законы распределения могут быть представлены в аналитической,

табличной или графической формах. Законы распределения имеют большое прикладное значение в различных областях человеческой деятельности и, в частности, в области промышленного производства для решения задач, связанных с обеспечением качества продукции.

Для описания дискретных случайных величин используют распределение вероятностей.

Распределение вероятностей – это функция, определяющая вероятность того, что случайная величина примет какое-либо заданное значение или будет принадлежать заданному множеству значений.

Распределение вероятностей имеет смысл только для дискретных случайных переменных, так как вероятность появления отдельного значения непрерывной случайной величины равна нулю.

Для описания как дискретных, так и непрерывных случайных величин используют функцию распределения.

Функция распределения – функция, задающая для любого значения x вероятность того, что случайная величина X меньше или равна x:

$$F(x) = P(X \le x) \tag{1}$$

По определению, функция распределения равна вероятности, с которой случайная величина X принимает значения, меньше или равные x (вероятности достижения x).

Если функция распределения непрерывной случайной переменной дифференцируема, то первая производная от нее называется *плотностью распределения* случайной переменной X:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \tag{2}$$

Плотность распределения обладает следующими свойствами:

1) $f(x) \ge 0$

2) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$

В теории вероятностей рассматривается достаточно большое количество разнообразных законов распределения. В обеспечении качества продукции наибольшее распространение получили: *нормальное распределение* (распределение Лапласа–Гаусса) для описания непрерывных случайных величин, *закон Пуассона* и *биномиальный закон* для описания дискретных случайных величин.

3.2 Нормальное распределение случайной величины

В теории вероятностей рассматривается достаточно большое количество разнообразных законов распределения. Для решения задач, связанных с построением контрольных карт, представляют интерес лишь некоторые из них. Важнейшим из них является *нормальный закон распределения*, который применяется для построения контрольных карт, используемых при *контроле по количественному признаку*, т.е. когда мы имеем дело с непрерывной случайной величиной. Нормальный закон распределения занимает среди других законов распределения особое положение. Это объясняется тем, что, во-первых, наиболее часто встречается на практике, и, во-вторых, он является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения при весьма часто встречающихся типичных условиях. Что касается второго обстоятельства, то в теории вероятностей доказано, что сумма достаточно большого числа независимых (или слабо зависимых) случайных величин, подчиненных каким угодно законам распределения (при соблюдении некоторых весьма нежестких ограничений), приближенно подчиняется нормальному закону, и это выполняется тем точнее, чем большее количество случайных величин суммируется. Большинство встречающихся на практике случайных величин, таких, например, как ошибки измерений, могут быть представлены как сумма весьма большего числа сравнительно малых слагаемых - элементарных ошибок, каждая из которых вызвана действием отдельной причины, независящей от остальных. Нормальный закон проявляется в тех случаях, когда случайная переменная X является результатом действия большого числа различных факторов. Каждый фактор в отдельности на величину X влияет незначительно, и нельзя указать, какой именно влияет в большей степени, чем остальные.

Нормальное распределение (*распределение Лапласа–Гаусса*) – распределение вероятностей непрерывной случайной величины X такое, что плотность распределения вероятностей при $-\infty < x < +\infty$ принимает действительное значение:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \qquad (3)$$

То есть, нормальное распределение характеризуется двумя параметрами μ и σ, где μ - математическое ожидание; σ - стандартное отклонение нормального распределения.

Величина σ^2 – это дисперсия нормального распределения.

Математическое ожидание μ характеризует положение центра распределения, а стандартное отклонение σ (СКО) является характеристикой рассеивания (рис. 3).

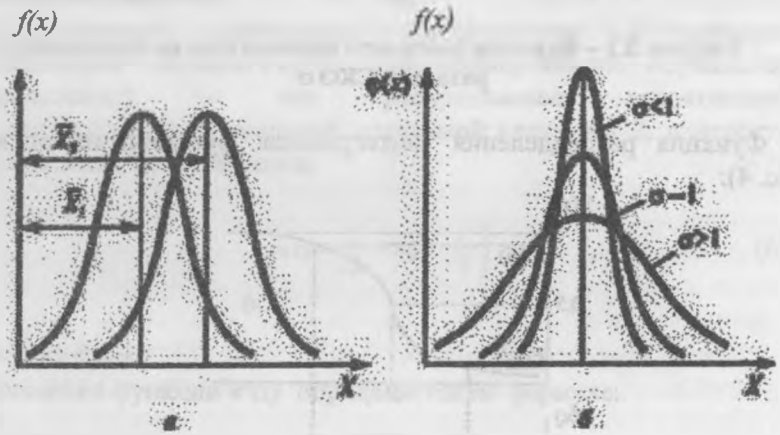


Рисунок 3 – Функции плотности нормального распределения с: а) разными математическими ожиданиями μ; б) разными СКО σ

Таким образом, значением μ определяется положением кривой распределения на оси абсцисс. Размерность μ - та же, что и размерность случайной величины X. С ростом математического ожидания μ обе функции сдвигается параллельно вправо. С

убывающей дисперсией σ^2 плотность все больше концентрируется вокруг μ, в то время как функция распределения становится все более крутой.

Значением σ определяется форма кривой распределения. Поскольку площадь под кривой распределения должна всегда оставаться равной единице, то при увеличении σ кривая распределения становится более плоской. На рис. 3.1 показаны три кривые при разных σ: σ1 = 0,5; σ2 = 1,0; σ3 = 2,0.

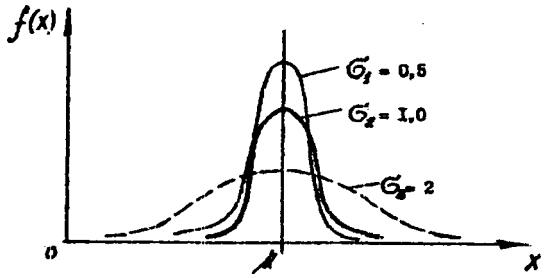


Рисунок 3.1 – Функции плотности нормального распределения с разными СКО σ

Функция распределения (интегральная функция) имеет вид (рис. 4):

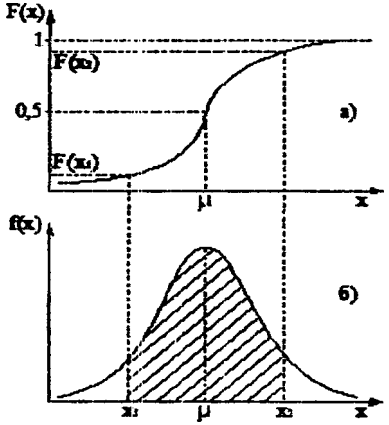


Рисунок 4 – Интегральная (а) и дифференциальная (б) функции нормального распределения

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(u)du \qquad (4)$$

Особенно важно то линейное преобразование нормально распределенной случайной переменной X, после которого получается случайная переменная Z с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1. Такое преобразование называется нормированием:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \qquad (5)$$

Его можно провести для каждой случайной переменной. Нормирование позволяет все возможные варианты нормального распределения свести к одному случаю: $\mu = 0, \sigma = 1$.

Нормальное распределение с $\mu = 0$, $\sigma = 1$ называется *нормированным нормальным распределением (стандартизованным)*.

Стандартное нормальное распределение (стандартное распределение Лапласа–Гаусса или нормированное нормальное распределение) – это распределение вероятностей стандартизованной нормальной случайной величины Z, плотность распределения которой равна:

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \qquad (6)$$

при $-\infty < z < +\infty$

Значения функции $\Phi(z)$ определяется по формуле:

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z} \phi(z)dz = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{z} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)dz \qquad (7)$$

Значения функции $\Phi(z)$ и плотности $\phi(z)$ нормированного нормального распределения рассчитаны и сведены в таблицы (табулированы). Таблица составлена только для положительных значений z поэтому:

$$\Phi(-z) = 1-\Phi(z) \qquad (8)$$

С помощью этих таблиц можно определить не только значения функции и плотности нормированного нормального распределения для заданного z, но и значения функции общего нормального распределения, так как:

$$F(x) = \Phi(\frac{x-\mu}{\sigma}) = \Phi(z); \qquad (9)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma}\phi(\frac{x-\mu}{\sigma}) = \frac{1}{\sigma}\phi(x). \qquad 10)$$

Во многих задачах, связанных с нормально распределенными случайными величинами, приходится определять вероятность попадания случайной величины X, подчиненной нормальному закону с параметрами μ и σ, на определенный участок. Таким участком может быть, например, поле допуска на параметр от верхнего значения U до нижнего L.

Вероятность попадания в интервал от x_1 до x_2 можно определить по формуле:

$$P(x_1 \le X \le x_2) = F(x_2) - F(x_1) = \Phi(\frac{x_2-\mu}{\sigma}) - \Phi(\frac{x_1-\mu}{\sigma}) \qquad (11)$$

Таким образом, вероятность попадания случайной величины (значение параметра) X в поле допуска определяется формулой

$$P(L \le X \le U) = F(U) - F(L) = \Phi(\frac{U-\mu}{\sigma}) - \Phi(\frac{L-\mu}{\sigma}) \qquad (12)$$

Можно найти вероятность того, что случайная переменная X окажется в пределах $\mu \pm k\sigma$. Полученные значения для k =1,2 и 3 следующие (также смотрим рис. 5):

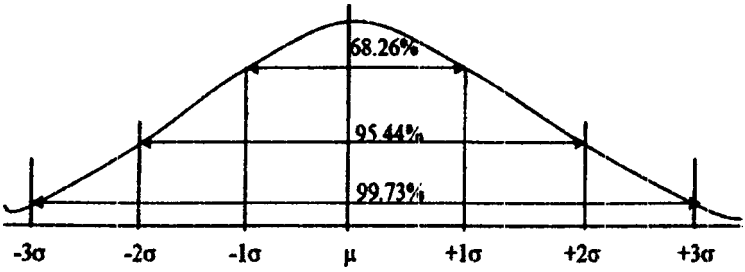


Рисунок 5 – Нормальный закон распределения

Между *3*σ-границами (μ-*3*σ; μ+*3*σ) находится 99,73% всех наблюдений, т. е. практически все значения. Только 0,27% значений находятся за этими границами, а именно 0,135% за границей μ+*3*σ и 0,135% – за μ-*3*σ:

Границы	Число наблюдений между границами, %
μ–σ, μ+σ	68,26
μ–*2*σ, μ+*2*σ	95,44
μ–*3*σ, μ+*3*σ	99,73

Таким образом, если какое-либо значение появляется за пределами трехсигмового участка, в котором находятся 99,73% всех возможных значений, а вероятность появления такого события очень мала (1:270), следует считать, что рассматриваемое значение оказалось слишком маленьким или слишком большим не из-за случайного варьирования, а из-за существенной помехи в самом процессе, способной вызывать изменения в характере распределения.

Участок, лежащий внутри трехсигмовых границ, называют также *областью статистического допуска* соответствующей машины или процесса.

3.3 Распределение дискретных случайных величин

Биномиальное распределение

Для построения контрольных карт (КК) числа и доли дефектных единиц (*np*- и *p*- карты), а также для выбора планов контроля по альтернативному признаку за основу принимается биномиальное распределение.

Биномиальное распределение – распределение вероятностей дискретной случайной величины X, принимающей любые целые значения от 0 до n, такие, что

$$P P[X = x] = \left(\frac{n}{x}\right) p^x (1-p)^{n-x} \tag{13}$$

при $x = 0,1,2\ldots$, n и параметрах $n = 1,2\ldots$;

$$\left(\frac{n}{x}\right) = \frac{n!}{x!(n-x)!} \tag{14}$$

где P – вероятность обнаружить x несоответствующих единиц в выборке; n - объем выборки; p – вероятность обнаружить несоответствующее изделие.

Биномиальное распределение отличается следующими свойствами:

а) распределение является дискретным;

б) средним арифметическим биномиального распределения служит np, а стандартным отклонением $\sqrt{np(1-p)}$;

в) если $np \geq 5$, а $p \leq 0{,}5$, то в качестве приближения для биномиального предпочтительно в основном использовать нормальное распределение;

г) когда рассматривается доля несоответствующих изделий в выборке n, то необходимо вместо x брать $\frac{x}{n}$, среднее арифметическое p, а стандартное отклонение $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$.

Распределение Пуассона

Для построения контрольных карт числа и доли несоответствий (c- и u- карты) и проведения выборочного контроля по альтернативному признаку при малом проценте несоответствующих единиц и большом объеме выборки используют распределение Пуассона (распределение редких событий).

Если n стремится к бесконечности, то из биномиального распределения получают формулу Пуассона для выражения вероятности появления редких событий.

Распределение Пуассона – распределение вероятностей дискретной случайной величины X такое, что

$$P[X = x] = \frac{m^x}{x!} e^{-m} \qquad (15)$$

при x = 0,1,2…и параметре $m > 0$, где $m = np$.

Характерные свойства распределения Пуассона:

а) распределение Пуассона является дискретным;

б) среднее значение распределения Пуассона равно m, а стандартное отклонение $\sqrt{m}$.

Контрольные вопросы

1 Что значит случайная величина?

2 В чем различие между дискретной и непрерывной случайными величинами?

3 Что значит распределение вероятностей, функция распределения, плотность распределения?

4 Какие параметры характеризуют нормальный закон распределения?

5 Как изменится вид интегральной и дифференциальной кривой нормального распределения с изменением μ и σ?

6 Что такое нормирование?

7 Как с использованием функции нормированного нормального распределения определить значения функции и плотности нормального распределения?

8 Назовите свойства биномиального распределения.

9 Назовите свойства распределения Пуассона.

4 ТОЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

4.1 Основные понятия

Статистические методы регулирования технологического процесса позволяют своевременно выявить разладку технологического процесса и тем самым предупредить выпуск дефектной продукции, реализуя важнейшие требования стандартов ISO серии 9000 «предупреждать любое несоответствие продукции».

Задача *статистического регулирования технологического процесса* состоит в том, чтобы на основании результатов периодического контроля выборок малого объема принимать решение: процесс «налажен» или процесс «разлажен».

Выявление разладки технологического процесса основано на результатах периодического контроля малых выборок, осуществляемых по *количественному или качественному (альтернативному) признакам*. Для каждого из этих способов контроля используются свои статистические методы регулирования.

Контроль по количественному признаку заключается в определении с требуемой точностью фактических значений *контролируемого параметра* у единиц продукции из выборки. Эти фактические значения контролируемого параметра необходимы для последующего вычисления статистических характеристик, по которым принимается решение о состоянии технологического процесса (процесс «налажен", процесс «разлажен»).

Продукция, выпускаемая по технологическому процессу, является *генеральной совокупностью*, которую «оценивают» по статистическим характеристикам (оценкам), полученным по результатам контроля выборок, взятых из генеральной совокупности.

Такими статистическими характеристиками являются *выборочное среднее арифметическое* или *медиана* – меры положения и *выборочное стандартное отклонение* или *размах* – характеристики рассеяния.

При контроле по качественному признаку все проконтролированные изделия делятся на несколько групп в

соответствии с установленным качественным признаком. Частным случаем такого контроля является *контроль по альтернативному признаку*, при котором все изделия делятся на две группы: соответствующие и несоответствующие.

Контроль по альтернативному признаку заключается в определении соответствия контролируемого параметра или единицы продукции установленным требованиям. Т.о есть, при контроле не требуется знать значение контролируемого параметра – достаточно установить лишь факт соответствия или несоответствия установленным требованиям. Поэтому для проведения данного контроля можно использовать такие простейшие средства контроля, как предельные калибры, шаблоны, а также визуальный контроль, основанный на сравнении с контрольным образцом.

Решение о состоянии технологического процесса принимается в зависимости от числа несоответствий или числа несоответствующих единиц.

Каждый из указанных способов контроля имеет свои преимущества и свои недостатки. Преимущество контроля по количественному признаку состоит в том, что он более информативен (по сравнению с контролем по альтернативному признаку) и поэтому требует меньшего объема выборки. Однако такой контроль более дорогой, поскольку для его проведения необходимы сложные технические средства контроля. Кроме того, этот метод требует сложных вычислений, связанных с определением статистических характеристик.

Преимущества контроля по альтернативному признаку заключаются в его простоте и относительной дешевизне, так как используются простейшие средства измерений, визуальный контроль, не требуется сложных вычислений, достаточно лишь подсчитать число несоответствующих единиц или число несоответствий. Недостатком такого контроля является меньшая информативность, что требует значительно большего объема выборки при равных исходных данных.

С учетом этих факторов выбирают тот или иной способ контроля при статистическом регулировании технологического процесса.

Статистическое регулирование осуществляют с помощью *контрольных карт*, которые являются наглядным графическим средством представления результатов контроля.

Внедрение статистических методов регулирования технологических процессов рекомендуется проводить в три этапа:

1) предварительное исследование технологического процесса;
2) построение контрольной карты и выбор плана контроля;
3) опытное статистическое регулирование технологического процесса.

На *первом этапе* оценивают состояние технологического процесса и принимают решение внедрять статистическое регулирование технологического процесса либо совершенствовать технологический процесс (отлаживать, ремонтировать либо заменять на новый).

На предприятиях работа на первом этапе проводится технологической службой предприятия совместно со службой технического контроля.

На *втором этапе* выбирают вид контрольной карты, определяют границы регулирования, готовят бланки контрольных карт и инструкции для непосредственного исполнителя (рабочих, наладчиков, операторов). Работу на втором этапе проводит технологическая служба предприятия.

На *третьем этапе* осуществляют опытное статистическое регулирование технологического процесса. Цель этого этапа – отработка техники статистического регулирования, корректировка плана контроля (изменение объема и периодичности отбора выборок и т. д.), в оценке стабильности технологического процесса путем подсчета среднего количества изделий между сигналами о разладках (чем больше это количество, тем стабильнее технологический процесс). Работа на этом этапе проводится исполнителем технологического процесса (рабочим, наладчиком, оператором), при активном участии технологической службы и службы технического контроля.

4.2 Предварительный анализ состояния технологического процесса по количественному признаку

При контроле по количественному признаку о разладке технологического процесса судят как по среднему значению контролируемого параметра, так и по рассеиванию значений контролируемого параметра относительно этого среднего значения.

Смещение среднего значения (в любую сторону) относительно середины *поля допуска* и увеличение рассеивания приводит к увеличению доли дефектной продукции.

При контроле по количественному признаку, который связан с измерением контролируемых параметров, основным законом распределения случайной величины – измеряемого параметра – является *нормальный закон*.

Нормальное распределение характеризуется *двумя параметрами*: математическим ожиданием μ и дисперсией σ^2 (или СКО).

При отклонении μ от заданного значения или увеличении σ увеличивается доля дефектной продукции, что свидетельствует о разладке технологического процесса.

При решении задачи регулирования технологического процесса методами математической статистики выдвигаются две гипотезы:

– нулевая гипотеза H_0 – технологический процесс налажен;

– альтернативная гипотеза H_1 – технологический процесс разлажен.

На основании результатов контроля единиц продукции из выборки $x_1 .... x_n$ можно с помощью определенных статистических критериев принять одну из двух гипотез.

При статистическом регулировании для характеристики меры положения обычно используют выборочное среднее арифметическое $\overline{X}$, или выборочную медиану Me, а в качестве меры рассеяния – выборочное среднее квадратическое отклонение S или размах R.

При выборе между средним арифметическим и медианой, а также между средним квадратическим отклонением и размахом следует учитывать следующие соображения. Среднее арифметическое является более эффективной статистикой, чем медиана, что позволяет при равных исходных условиях использовать объем выборки примерно в полтора раза меньший. Точно также среднее квадратическое отклонение является более эффективной статистикой, чем размах, что позволяет использовать существенно меньший объем выборки. Однако вычисления размаха и медианы проще, чем среднего квадратического отклонения и среднего арифметического значения, поэтому первым двум способам часто отдают предпочтение.

В результате предварительного исследования состояния технологического процесса необходимо решить следующие задачи:

– получить оценки параметров нормального распределения μ и σ;

– определить вероятностную долю дефектной продукции, P;

– оценить точность и стабильность технологического процесса.

Для предварительного исследования состояния технологического процесса на контроль отбирают как минимум сто единиц продукции (после наладки оборудования). Отбирают *мгновенными выборками по 3–10 единиц* (оптимально 4–5). Внутри мгновенной выборки вариации могут быть рассмотрены только как следствие случайных причин. В производственных условиях мгновенная выборка должна быть сформирована из изделий, собранных за короткий интервал времени в одинаковых условиях (материал, инструмент, окружающая среда и т. д.) при непрерывном ходе производственного процесса. При этом целесообразно отбирать единицы продукции не подряд, а через определенный интервал времени или каждую 5, 10 и т.д., чтобы охватить возможно больший интервал работы оборудования.

У отобранных единиц продукции контролируют заданный параметр *X*. Если таких параметров несколько, то выбирают наиболее важные из них. Часто бывает достаточно следить лишь за одним из важнейших параметров.

По результатам контроля каждой мгновенной выборки вычисляют статистические оценки:

- Среднее арифметическое $\overline{X}$;
- СКО s;
- медиану Me;
- размах R.

На основании этой информации вычисляют *оценки параметров* генеральной совокупности μ и σ.

Параметр μ получают как среднее арифметическое k значений $\overline{X_i}$:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\overline{Xi}, \text{ где } \overline{X_i} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}Xij \qquad \begin{matrix}(i=1,\ldots,k)\\(j=1,\ldots,n)\end{matrix}, \tag{16}$$

где k – количество мгновенных выборок, n - количество единиц в мгновенной выборке.

Параметр μ также получают как: $\mu \approx \overline{Me_i}$

Для оценки σ можно использовать три метода, различающихся сложностью вычислений и точностью самой оценки. Первый метод наиболее точен. В данном случае при вычислении σ_2 ***учитывается влияние как случайных так и «особых» причин*** (сбой) разброса всех показаний. Для оценки σ_2 используется следующая формула:

$$\sigma_2 \approx S = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^{N}(\overline{X}-\overline{\overline{X}})^2}{N-1}\right)}, \; N = n \cdot k, \qquad (17)$$

где, N – объем контроля; $\overline{X}$ – среднее арифметическое в выборке; $\overline{\overline{X}}$ – среднее арифметическое среди средних.

Второй метод менее точен, но более прост в вычислении. Оценку σ_1 получают как среднее арифметическое k значений S_i, умноженное на поправочный коэффициент C_2. В данном случае при вычислении σ_1 учитывается ***только случайные факторы***, так как здесь рассматривается СКО внутри мгновенной выборки.

$$\sigma_1 \approx = \overline{S} C_2 \text{ , где } \overline{S} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} S_i . \qquad (18)$$

Третий метод дает наименее точную оценку, но прост в вычислениях:

$$\sigma_1 \approx = \frac{\overline{R}}{d_2}, \text{ где } \overline{R} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} R_i \qquad (19)$$

Коэффициенты C_2 и d_2 определяют по табл. 1 в зависимости от объема мгновенной выборки.

Таблица 1 – Значения коэффициентов C_2 и d_2

Объем мгновенной выборки, n								
Коэффициенты	3	4	5	6	7	8	9	10
C_2	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97
d_2	1,69	2,06	2,33	2,83	2,70	2,85	2,97	3,08

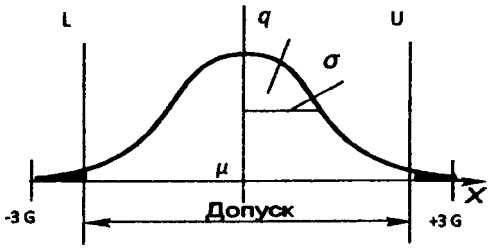
Результаты контроля рекомендуется заносить в специальную форму (форма 1).

Форма 1

Предприятие		Статистическая обработка результатов анализа технологического процесса (контроль по количественному признаку)				
Цех (участок) _____		Оборудование _____	Контролируемая операция _____		Контролируемый параметр _____	
Объем контроля (выборки) N_____		Объем мгновенной выборки n _____	Средство контроля _____		Точность контроля _____	
Дата	Номер серии	Результаты контроля	$\overline{X_i}$	Me_i	S_i	R_i
	1 2 3 4 ...	$X_{11}, X_{12}, \ldots X_{1n}$ $X_{21}, X_{22}, \ldots X_{2n}$				
Оценка параметра μ (формула 1) Оценка параметра σ (формулы 2, 3, 4) Вероятностная доля дефектной продукции P (формула 6) Индекс возможности процесса Cp (формула 9)						

Вероятную долю дефектной продукции P определяют как единица минус вероятностная доля годной продукции q:

$$P = 1 - q \qquad (20)$$



$$q = \mathrm{F(U)} - \mathrm{F(L)} = \Phi\left(\frac{U-\mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right) \qquad (21)$$

(переход к нормированию)

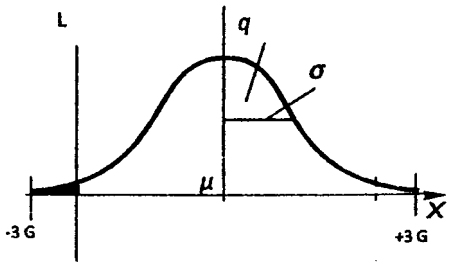
$$P = 1 - \Phi\left(\frac{U-\mu}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right), \qquad (22)$$

где *U, L*- верхняя и нижняя границы поля допуска; μ – среднее значение контролируемого параметра *X*; σ – стандартное отклонение контролируемого параметра; *Φ(x)* – значение функции нормированного нормального распределения.

Из этой формулы следует, что доля дефектной продукции будет тем больше, чем больше значение σ и чем больше μ отклоняется от μо, где μо – среднее значение контролируемого параметра при налаженном состоянии технологического процесса.

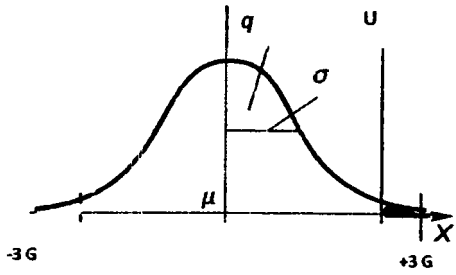
Частные случаи:

а) P = F (L) – то есть, вероятностная доля брака при:



$$P = \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right) \text{ (переход к нормированию)} \qquad (23)$$

б) P = F (U) – то есть, вероятностная доля брака при:



$$P = 1 - \Phi\left(\frac{U-\mu}{\sigma}\right) \qquad (24)$$

Точность технологического процесса определяется как свойство технологического процесса, обусловливающее близость действительных и номинальных значений параметров производимой продукции.

Точность технологического процесса оценивается ***индексом возможности процесса*** (индекс воспроизводимости) *Ср*, который определяется как отношение поля рассеяния (статистического допуска 6σ) к техническому полю допуска (U-L):

$$Cp = \frac{U-L}{6\sigma_1}. \qquad (25)$$

В зависимости от значений индекса возможности процесса технологический процесс оценивается как:

1) точный, при $Cp > 1{,}33$;
2) удовлетворительный, $1 \le Cp \le 1{,}33$;
3) неудовлетворительный, $Cp < 1$.

Чем больше значение *Ср*, тем больше запас точности и тем соответственно больше гарантия, что технологический процесс обеспечит бездефектное изготовление продукции в течение определенного промежутка времени.

Для оперативной количественной оценки того, насколько хорошо процесс отвечает предъявленным требованиям, достаточно определить индекс возможности процесса.

Однако для оценки технологического процесса возможно использование и других параметров, таких, как *коэффициент смещения K, коэффициент воспроизводимости* C_{pk}.

Коэффициент смещения (*K*) используется для оценки вклада в протекание процесса систематических изменений и рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\overline{\overline{X}} - \mu_0}{0{,}5 * (U - L)} \qquad (26)$$

где μ_0 – это среднее поле допуска (то что должно быть), то есть $\mu_0 = 1/2(U - L)$.

Чем меньше *K*, тем меньше вклад систематических изменений в ходе процесса (если $K = 0$, то это означает что нет смещения).

Если технологический процесс не центрирован, необходимо учесть его смещение по следующим формулам:

$$C_{Pu} = \frac{U - \overline{\overline{X}}}{3\sigma_1}; \quad C_{Pl} = \frac{\overline{\overline{X}} - L}{3\sigma_1} \qquad (27)$$

Если $C_{Pu} \neq C_{Pl}$, то технологический процесс не центрирован. В данном случае значение *Cp* устанавливаются по следующим формулам:

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{U - \overline{\overline{X}}}{3\sigma_1} \text{ или } \frac{\overline{\overline{X}} - L}{3\sigma_1}\right\}. \qquad (28)$$

$$C_{pk} = (1 - K) * C_p \qquad (29)$$

По известным значениям C_p и C_{pk} можно определить интервал, в котором находится ожидаемый уровень несоответствий. По значению C_{pk} определяют максимально возможное значение ожидаемого уровня несоответствий, по значению C_p – минимально возможное.

Статистически управляемым считается статистически стабильный процесс, индекс воспроизводимости которого $C_p > 1{,}33$ (рисунок 1). При данном процессе, при настройке его на

оптимальное значение, возможно получение 100 % годных единиц продукции продолжительное время. Для таких процессов можно внедрять статистические методы регулирования процессов.

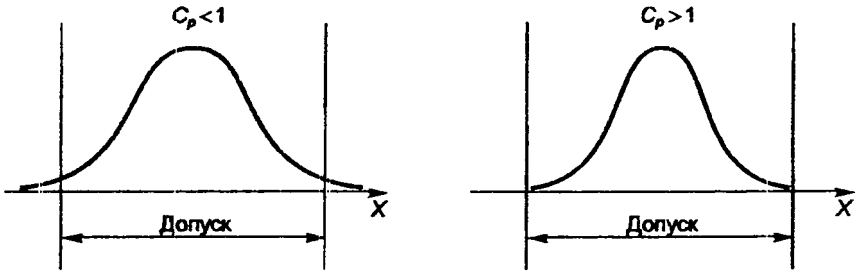


Рисунок 5 – Изменчивость неуправляемого и управляемого процессов при настройке процесса на оптимальное значение

Существует также ***индекс пригодности*** P_p, который вычисляется по следующей формуле:

$$Pp = \frac{U - L}{6\sigma_2} \tag{30}$$

где σ_2 учитывается влияние как случайных так и «особых» причин разброса всех показаний (т.е. объема всей выборки, а не объема мгновенных выборок).

В случае если $P_p \approx C_p$ технологический процесс считается стабильным.

Если технологический процесс не центрирован то используют специальную формулу:

$$P_{pk} = \min\left\{\frac{U - \overline{\overline{X}}}{3\sigma_2} \text{ или } \frac{\overline{\overline{X}} - L}{3\sigma_2}\right\} \tag{31}$$

Индексы P_p и P_{pk} обычно используют вместе с C_{pk} и C_p, а также для выбора приоритетов при усовершенствовании технологического процесса.

Индекс P_{pk} связывает разность между средним значением процесса и ближайшим пределом поля допуска с половиной *полной*

изменчивости процесса. Индекс пригодности должен использоваться только для сравнения или вместе с C_p и C_{pk}, а также для измерения и выбора приоритетов усовершенствования во времени.

Используя P_p и C_p, можно рассчитать индекс стабильности технологического процесса:

$$P_{стаб} = \frac{P_p}{C_p} \qquad (32)$$

Технологический процесс стабилен, когда $P_{стаб}$ приближается к 1. При $P_{стаб} > 0,95$ – технологический процесс можно считать стабильным, но на предприятиях индекс стабильности устанавливают в диапазоне 0,8-0,95.

Чтобы улучшить технологический процесс обычно рекомендуют изменить σ и/или μ.

Изменение σ подразумевает уменьшение разброса, то есть принятия таких мер как: повышения качества поступающего сырья, повышение технологической дисциплины, замена оборудования на новое и т.д.

Используя индексы воспроизводимости и пригодности можно определить стабильность и статистическую управляемость процессов, что необходимо при внедрении контрольных карт регулирования. Сравнивая между собой индексы, полученные в различные периоды времени, можно оценить эффективность проведения мероприятий по повышению качества.

Корректирующие действия должны повышать стабильность процесса и уменьшать его изменчивость, что предполагает максимальное приближение индекса пригодности P_p к индексу воспроизводимости Cp, то есть $P_p \rightarrow C_p$.

4.3 Предварительный анализ состояния технологического процесса по альтернативному признаку

При контроле по альтернативному признаку о разладке технологического процесса судят либо по числу несоответствующих единиц *np*, или по числу несоответствий *c*. Увеличение любого из этих значений сверх допустимых норм свидетельствует о разладке технологического процесса.

При контроле по альтернативному признаку о состоянии технологического процесса судят по ***среднему уровню процесса*** $\bar{P}$. Состояние технологического процесса тем лучше, чем меньше средний уровень процесса $\bar{P}$ и чем реже его разладка.

Средний уровень процесса $\bar{P}$ оценивают по результатам сплошного или выборочного контроля. На контроль рекомендуется брать ***не менее 10 партий*** (объем партии более 100 единиц). Результаты контроля рекомендуется заносить в специальную форму. При сплошном контроле получают наиболее точную оценку среднего уровня процесса. При выборочном контроле – менее точную, но он менее трудоемок. ***Объем выборочного контроля должен составлять 0,1 от объема*** сплошного контроля или может быть найден в стандартах на статистический приемочный контроль.

Оценку среднего уровня процесса вычисляют по формуле

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} Д_i}{\sum_{i=1}^{k} П_i} \cdot 100, \qquad (33)$$

где k – число проконтролированных партий (выборок); $Д_i$ – число несоответствий или несоответствующих единиц, обнаруженных в i-ой партии; $П_i$ – число проконтролированных единиц продукции в i-ой партии.

Средний уровень процесса выражается в процентах (при определении несоответствующих единиц) или числом несоответствий на 100 единиц (при определении числа несоответствий).

Для получения более объективной оценки состояния налаженного технологического процесса необходимо исключить из общего числа единиц продукции единицы, полученные при явно ненормальных условиях производства (например, при разлаженном оборудовании, при некачественном сырье, материалах и т. д.).

Контрольные вопросы

1 Для решения каких задач используются статистические методы регулирования технологических процессов?

2 Как осуществляется контроль по количественному признаку?

3 Назовите преимущества и недостатки контроля по альтернативному признаку.

4 Какие параметры позволяют оценить состояние технологического процесса при контроле по количественному признаку?

5 Как оценить параметры генеральной совокупности μ и σ.?

6 Какие параметры позволяют оценить точность и стабильность технологического процесса при контроле по количественному признаку?

7 Какие параметры необходимо определить при контроле по альтернативному признаку для оценки состояния технологического процесса?

5 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ШУХАРТА

5.1 Основные понятия

Контрольные карты (КК) являются основным инструментом статистического управления качеством продукции.

Целью систем управления процессом является принятие экономически верных решений относительно действий, связанных с процессом.

В теории КК рассматривают 2 вида причин изменчивости технологического процесса:

- *особые;*
- *обычные* (причины приводящие к сбою в процессах).

К *обычным причинам* относятся многочисленные источники изменчивости (случайные) в процессе, которые имеют стабильное и повторяемое распределение во времени. Такой процесс находится в статистически стабильном состоянии. Обычные причины ведут себя как стабильная система случайных причин. Если присутствуют только обычные причины и они не изменяются, выход процесса предсказуем.

Особые причины отражают любые вызывающие изменения факторы, которые воздействуют на процесс нерегулярно. Если они возникают, то вызывают изменение распределения общего процесса. Если все особые причины изменчивости процесса не идентифицированы и не устранены, то они будут влиять на выход процесса непредсказуемым образом. Если особые причины присутствуют, то выход процесса не стабилен во времени (то есть, процесс не стабилен по двум основным параметрам: μ и σ, СКО) (рисунок 6).

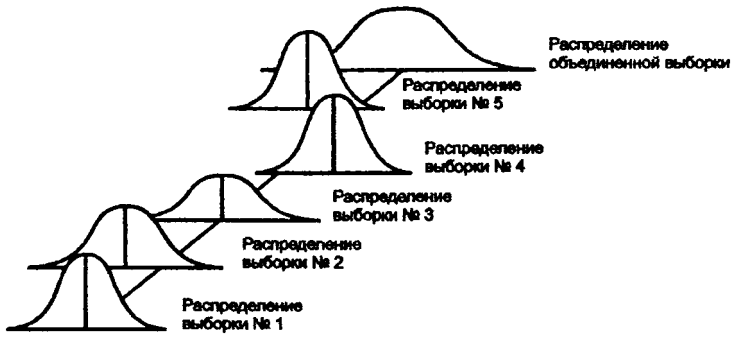


Рисунок 6 – Пример нестабильного процесса

Процесс стабилен (рисунок 7), если источниками изменчивости являются только обычные причины. Одной из *функций системы управления процессом* является *подача статистического сигнала* в ситуациях, когда присутствуют особые причины изменчивости, и избежание подачи ложных сигналов в тех случаях, когда таких причин нет. Это позволяет принимать соответствующие действия по этим особым причинам (либо по их устранению, либо, если они выгодны, по поддержанию их постоянства).

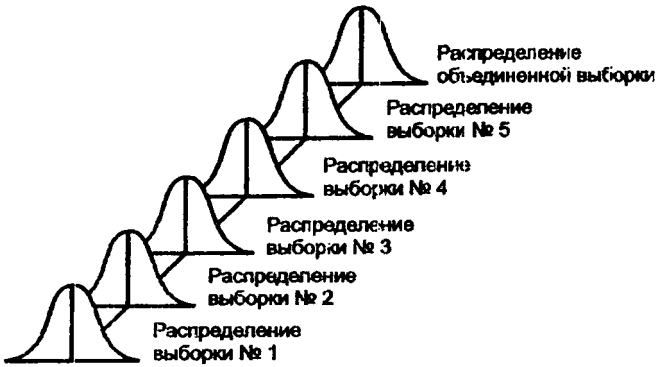


Рисунок 7 – Пример стабильного процесса

Считают, что процесс находится в статистически управляемом состоянии при отсутствии в нем второго вида изменчивости технологического процесса (систематических сдвигов). Воздействие неслучайных (особых) причин выводит технологический процесс из статистически управляемого состояния. Такой статистически неуправляемый процесс нуждается в определенном вмешательстве для того, чтобы он стал статистически управляемым.

КК представляет собой простой графический метод оценки состояния технологического процесса путем сравнения значений отдельных статистических данных (X, $\overline{X}$, Me, S, R, p, np, c, u) из серии выборок с *контрольными границами*.

КК применяют для сравнения получаемой по выборкам информации о текущем состоянии технологического процесса с контрольными границами, представляющими собой *пределы собственной изменчивости* технологического процесса. КК используют для оценки того, находится или нет производственный

процесс в статистически управляемом состоянии (технологический процесс, процесс обслуживания).

Контрольные карты – наиболее мощные средства *анализа* вариаций большинства процессов как производственных, так и управленческих. В 1931 году эти карты были предложены Уолтером Шухартом в книге «Экономный *контроль качества* промышленной продукции».

КК Шухарта – это графическое изображение динамики процесса во времени. Она имеет центральную линию (CL- center line) –значение характеристики, установленное в нормативном документе, ее номинальное значение, значение, установленное на основании предыдущих исследований или намеченное целевое значение характеристики продукции или услуги.

КК Шухарта имеет *две границы* – верхнюю **UCL**(upper control limit) и нижнюю **LCL** (lowel control limit) границы регулирования (рис.8).

Эти линии характеризуют размах естественных колебаний процесса.

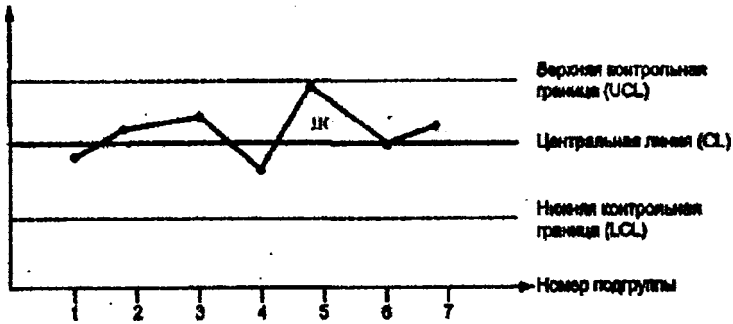


Рисунок 8 – Вид контрольной карты

Выход характеристик за пределы контрольных границ означает нарушение стабильности и требует проведения анализа причин и принятия соответствующих мер.

Контрольные границы на карте Шухарта находятся на расстоянии $\pm 3\sigma$ от центральной линии. Границы $\pm 3\sigma$ указывают,

что около 99,7% значений характеристики попадают в эти пределы при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии.

При применении контрольных карт возможны два вида ошибок: первого и второго рода.

Ошибка первого рода (α, излишней подналадки) – технологический процесс находится в статистически управляемом состоянии, а точка выходит за границы регулирования.

Ошибка второго рода (β, незамеченной разладки) – процесс не управляем, а точка находятся внутри границ регулирования.

В зависимости от используемых методов контроля качества изделий разработаны два основных вида контрольных карт. Различают контрольные карты по *количественным* и *качественным признакам*.

Для каждой контрольной карты встречаются две ситуации:

– стандартные значения заданы (μ_o, σ_o, np_o, p_o, c_o, u_o);

– стандартные значения не заданы.

Стандартные значения могут быть заданы в нормативной, технологической документации, рассчитаны на основании экономических показателей, определены по предварительным данным на основании результатов очень большого числа измерений.

При заданных стандартных значениях цель контрольных карт – определение того, отличается наблюдаемое значение ($\bar{x}$, Me, S, R.) параметра в выборках от соответствующего стандартного значения больше, чем можно ожидать при действии только случайных причин либо нет.

Цель контрольных карт, для которых стандартные значения не заданы, – обнаружение непостоянства системы и определение воспроизводимости показателей качества продукции, услуг.

Контрольная карта позволяет не только обнаруживать разладку процесса, но и помогает выяснить причины возникновения разладки.

Кроме того, она служит документом, который может быть использован для принятия обоснованных решений по улучшению качества продукции.

5.2 Контрольные карты Шухарта по количественным данным

Существуют следующие виды контрольных карт по количественному признаку:

– индивидуальных значений (X- карта);

– средних арифметических ($\overline{X}$- карта);

– медиан (Me- карта);

– средних квадратических отклонений (S- карта);

– размахов (R- карта);

– скользящих размахов ($R_{ск}$- карта).

По схеме построения контрольные карты можно разделится на следующие группы:

– простые контрольные карты (карты Шухарта);

– контрольные карты с предупреждающими границами;

– контрольные карты кумулятивных сумм.

Границы регулирования для различных контрольных карт находят по формулам, представленным в табл.2 (из СТ РК ГОСТ Р 50779.42).

Таблица 2 - Формулы контрольных границ для карт Шухарта

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	CL	UCL и LCL	CL	UCL и LCL
$\overline{X}$	$\overline{\overline{X}}$	$\overline{\overline{X}} \pm A_2 \cdot \overline{R}$ или $\overline{\overline{X}} \pm A_3 \cdot \overline{S}$	Xo или μ_0	$Xo \pm A_1 \sigma_o$
R	$\overline{R}$	$D_4 \cdot \overline{R}, D_3 \cdot \overline{R}$	Ro или $d_2\ \sigma_o$	$D_1 \cdot \sigma_o,\ D_2 \sigma_o$
S	$\overline{S}$	$B_3 \cdot \overline{S}, \cdot B_4 \cdot \overline{S}$	So или $C_4 \cdot \sigma_o$	$B_5 \sigma_o,\ B_6 \sigma_o$
X	$\overline{\overline{X}}$	$\overline{\overline{X}} \pm E_2 \cdot \overline{R}$	Xo или μ	$Xo \pm 3\sigma_o$
Rcc	$\overline{R}$	$D_3 \cdot \overline{R}, D_4 \cdot \overline{R}$	Ro или $d_2\ \sigma_o$	$D_1 \cdot \sigma_o,\ D_2 \sigma_o$
Me	$\overline{Me}$	$\overline{Me} \pm A_4 \overline{R}$		

Коэффициенты для расчета контрольных границ и центральной линии приведены в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3 - Коэффициенты для вычисления контрольных границ

Объем выборки n	A_1	A_2	A_3	A_4	B_3	B_4	B_5	B_6
2	2,121	1,880	2,659	1,88	0,000	3,267	0,000	2,606
3	1,732	1,023	1,954	1,19	0,000	2,568	0,000	2,276
4	1,500	0,729	1,628	0,80	0,000	2,226	0,000	2,088
5	1,342	0,577	1,427	0,69	0,000	2,089	0,000	1,964
6	1,225	0,483	1,287	0,55	0,030	1,970	0,029	1,874
7	1,134	0,419	1,182	0,51	0,118	1,882	0,113	1,806
8	1,061	0,373	1,099	0,43	0,185	1,815	0,179	1,751
9	1,000	0,337	1,032	0,41	0,239	1,761	0,232	1,707
10	0,949	0,308	0,975	0,36	0,284	1,716	0,276	1,669

Таблица 4 - Коэффициенты для вычисления контрольных границ и центральной линии

Объем выборки n	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	d_2
2	0,000	3,686	0,000	3,267	0,7979	1,128
3	0,000	4,358	0,000	2,574	0,8886	1,693
4	0,000	4,696	0,000	2,282	0,9213	2,059
5	0,000	4,918	0,000	2,114	0,9400	2,326
6	0,000	5,078	0,000	2,004	0,9515	2,534
7	0,204	5,204	0,076	1,924	0,9594	2,704
8	0,388	5,306	0,136	1,864	0,9650	2,847
9	0,547	5,393	0,184	1,816	0,9693	2,970
10	0,687	5,468	0,223	1,777	0,9727	3,078

Карты для количественных данных отражают состояние технологического процесса через разброс параметра и через расположение центра. Поэтому контрольные карты для количественных данных почти всегда применяют и анализируют парами с тем, чтобы по одной из карт следить за сдвигом μ, по другой – за увеличением σ. Наиболее часто используют $\bar{X}-R$ - карту (самая чувствительная). Также широко используются $Me-R$ -

карту, однако по сравнению с $\overline{X}-R$ - картой они менее чувствительны к разладке технологического процесса.

Контрольные карты могут применяться для решения следующих задач:

1) анализа состояния технологического процесса (обычно за прошедший период времени);

2) слежения за состоянием технологического процесса с остановками или корректировками (регулировками) технологического процесса в случае необходимости.

1) Использование контрольных карт для анализа состояния технологического процесса.

Для анализа технологического процесса в течение определенного интервала времени, за который хотят оценить состояние этого процесса, отбирают мгновенные выборки объемом ***3–10 единиц продукции*** (оптимально 4–5.). В производственных условиях мгновенная выборка должна быть сформирована из изделий, собранных за короткий интервал времени в одинаковых условиях (материал, инструмент, окружающая среда и т. д.) при непрерывном ходе производственного процесса. В общей сложности объем всех проконтролированных изделий должен составлять ***не менее 100 единиц***. По полученным данным строят формы контрольных карт. Границы определяют по формулам, зная μ, σ, или по их оценкам. Например, строят $\overline{X}-R$- карту. На карту наносят рассчитанные по результатам контроля статистические характеристики $\overline{X}$ и R.

Для анализа хода процесса за прошедший период времени анализируют построенные двойные контрольные карты. Если точка выходят за границы регулирования, а также если на контрольной карте есть *необычные структуры* или *тренды*, то технологический процесс находится в статистически неуправляемом состоянии.

Тренд (дрейф) – это проявление такого состояния процесса, когда точки (не менее семи подряд) образуют одну непрерывно повышающую или понижающую кривую.

Для выявления трендов и необычных структур контрольную карту можно разбить на зоны: 1) зона С – это зона $\pm\ \sigma$; 2) В – зона $\pm 2\sigma$; 3) А – $\pm 3\sigma$.

Необычные структуры, в соответствии с СТ РК ГОСТ Р 50779.42, могут состоять в следующем (8 критериев для особых причин изображены на рис.9):

- одна точка вне зоны А, точка вышла за границы регулирования;

- десять точек подряд в зоне С или по одну сторону от центральной лини;

- 6 возрастающих или убывающих точек;

- 14 попеременно возрастающих или убывающих точек;

- 2 из 3 последовательных точек в зоне А или вне ее;

- 4 из 5 последовательных точек в зоне В или вне ее;

- 15 последовательных точек в зоне С выше или ниже центральной линии;

- 8 последовательных точек по обеим сторонам центральной линии и ни одной в зоне С.

Эти критерии указывают на присутствие особых причин, которые должны быть проанализированы и скорректированы.

Если такой анализ проводился с целью оценки технологического процесса на этапе внедрения контрольных карт, то после того, как будут выявлены, проанализированы и устранены дестабилизирующие причины и их повторение предотвращено (технологический процесс находится в статистически управляемом состоянии), необходимо пересмотреть границы регулирования.

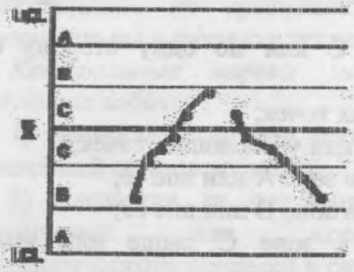
Контрольные карты с новыми границами регулирования могут быть использованы для дальнейшего регулирования технологического процесса.

2) Использование контрольных карт для регулирования технологического процесса.

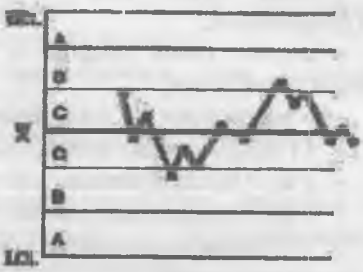
После предварительного исследования состояния технологического процесса (Ср, Р) принимают решение о его регулировании.

Контрольные карты можно использовать только для статистически управляемого технологического процесса (Ср>1). Для регулирования технологического процесса используют бланки контрольных карт, которые оптимизированы на этапе анализа технологического процесса.

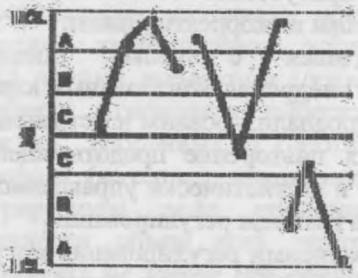
Использование контрольных карт регулирования технологического процесса заключается в следующем: через определенный интервал времени или через определенное число изготовленных изделий отбирают мгновенные выборки объемом 3–10 (оптимально 4–5) единиц. У отобранных единиц контролируют выбранный параметр.



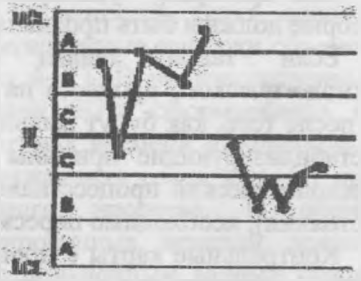
КРИТЕРИЙ 3 — Шесть возрастающих или убывающих точек подряд.



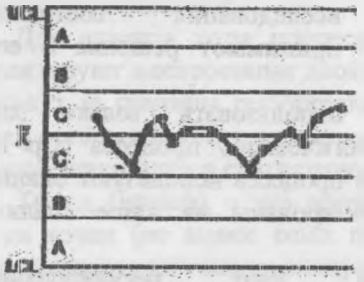
КРИТЕРИЙ 4 — Четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек.



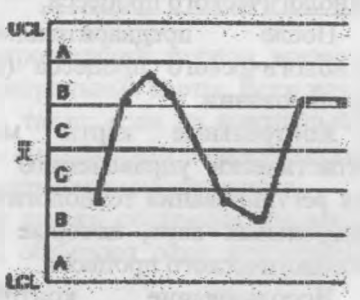
КРИТЕРИЙ 5 — Две из трех последовательных точек в зоне A или вне ее.



КРИТЕРИЙ 6 — Четыре из пяти последовательных точек в зоне B или вне ее.



КРИТЕРИЙ 7 — Пятнадцать последовательных точек в зоне C выше и ниже центральной линии.



КРИТЕРИЙ 8 — Восемь последовательных точек по обеим сторонам центральной линии и ни одной в зоне C.

Рисунок 9 – Критерии особых причин

В зависимости от вида контрольных карт вычисляют статистические характеристики и заполняют бланк контрольной карты. Если значение статистики вышло за границы регулирования на контрольной карте, то технологический процесс разлажен и необходимо вмешательство для его регулирования.

В процессе опытного статистического регулирования, которое обычно осуществляется в течение месяца, можно уточнить границы регулирования и изменить план контроля: объем выборки, продолжительность между отборами.

5.3 Контроль карты Шухарта по альтернативным данным

Строят следующие виды контрольных карт по альтернативным данным:

np – числа несоответствующих единиц;

p – доли несоответствующих единиц;

c – числа несоответствий;

u – числа несоответствий на одну единицу.

При использовании контрольных карт по альтернативным данным достаточно одной карты в отличие от карт по количественному признаку, когда необходимо следить за μ и σ, так как предполагаемое распределение имеет только один параметр – ***средний уровень дефектности.***

P - и ***np***- карты основаны на биномиальном распределении, а ***c***- и ***u***-карты – на распределении Пуассона.

Расчеты для этих карт одинаковы, за исключением случаев непостоянства объема подгрупп. Когда объем подгрупп постоянен, для каждой подгруппы могут быть выбраны одни и те же контрольные границы. Если число контролируемых единиц в каждой подгруппе различно, должны быть рассчитаны контрольные границы отдельно для каждого объема подгруппы. Таким образом, *np* - и *c* - *карты* могут быть применены при постоянном объеме подгруппы, а *p* - *карты* - в любой ситуации. Границы регулирования на контрольных картах определяют исходя из 3σ по формулам, представленным в табл.5.

Если p_o , np_o, c_o и u_o неизвестны, то используют их оценки (p , np, c и u), полученные по результатам контроля не менее 10 партий

сплошным или выборочным контролем. Контрольные карты для альтернативных данных, точно также, как и контрольные карты для количественных данных, используют для анализа технологического процесса (например, на стадии оценки точности и стабильности технологического процесса при внедрении контрольных карт регулирования технологического процесса) и для регулирования технологического процесса.

Использование контрольных карт регулирования технологического процесса состоит в следующем: через определенный интервал времени отбирают выборки. От объема продукции, изготовленной за этот интервал времени, отбирают выборку 0,1 от объема изделий, или объем выборки может быть определен по стандартам на статистический приемочный контроль.

Таблица 5 - Формулы контрольных границ карт Шухарта для альтернативных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	3σ-е контрольные границы	Центральная линия	3σ-е контрольные границы
p	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	p_0	$\overline{po} \pm 3\sqrt{\frac{po(1-po)}{n}}$
np	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	np_0	$npo \pm 3\sqrt{npo(1-\overline{po})}$
c	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$co \pm 3\sqrt{co}$
u	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	u_0	$uo \pm 3\sqrt{\frac{uo}{n}}$
Примечание: p_0, np_0, c_0, u_0 - это заданные стандартные значения				

Проводят контроль выборки. Определяют количество дефектных единиц или дефектов. В соответствии с видом контрольных карт определяют одну из статистик p, np, c или u. На контрольную карту наносят соответствующую статистику.

Если точка на контрольной карте вышла за границы регулирования — технологический процесс находится в статистически неуправляемом состоянии.

5.4 Другие виды контрольных карт

а) Приемочные контрольные карты (ПКК)

б) Контрольные карты с предупреждающими границами

Приемочные контрольные карты – графический инструмент, позволяющий решить двойную задачу: оценить состояние технологического процесса и осуществить приемку продукции.

То есть, с помощью КК по результатам измерения периодически берущихся выборок можно принимать решение о состоянии технологического процесса. В случае удовлетворительного его состояния осуществляют одновременную приемку продукции, произведенную от предыдущей до настоящей выборки. При неудовлетворительном состоянии технологического процесса по результатам контроля выборки вся продукция, произведенная за период от предыдущей до настоящей выборки должна быть проверена (разбракована) по данному показателю качества. Таким образом, контрольные карты этого вида позволяют отказаться от отдельной процедуры приемочного статистического контроля качества.

Приемочная контрольная карта основана на контрольных картах Шухарта. Основное отличие приемочных контрольных карт от простых контрольных карт Шухарта *в определении границ регулирования*.

Границы на приемочных контрольных картах рассчитывают *сужением границ поля допуска*, в то время, как границы на контрольных картах Шухарта рассчитываются исходя из собственной изменчивости, то есть, определяются параметрами статистически управляемого процесса.

Приемочная контрольная карта соединяет рассмотрение вопросов управления процессом с элементами приемочного выборочного контроля. Она является средством помогающим принять решение относительно приемлемости процессов. Основы для принятия решений могут выражаться в постановке следующим вопросов:

1) удовлетворяет ли назначенное процентное содержание соответствующих единиц продукции или уровень качества обслуживания в процентах, полученные от данного процесса, установленным требованиям;

2) имеет ли уровень процесса сдвиг из некоторой допустимой зоны.

В отличие от большинства подходов приемочного выборочного контроля акцент делается на приемлемость процесса, а не продукции.

В отличие от обычных подходов, основанных на контрольных картах, в этом случае процессу необязательно быть вблизи некоторого единственного стандартного уровня процесса до тех пор, пока изменчивость внутри подгрупп остается удовлетворительной. Процесс может (для цели приемки) протекать на любом уровне или уровнях в некоторой зоне уровней процесса, которые приемлемы с точки зрения требований технических допусков.

Таким образом, допускают, что некоторые особые причины создают достаточно малые сдвиги уровня процесса относительно установленных требований и неэкономично корректировать уровень процесса только для цели приемки.

Хотя применение приемочной контрольной карты все же способствует выявлению и устранению особых причин для целей непрерывного совершенствования процесса.

Для построения приемочных контрольных карт необходимо знать:

1) приемочный уровень процесса (APL) (СТ РК ГОСТ 50779.43), который связан с односторонним α-риском, т.е. это уровень процесса при котором продукция принимается (α-1);

2) неприемлемый уровень процесса (RPL), который связан с β - риском (RPL будет отклонен с вероятностью 1- β);

3) критерии принятия решения о приемке (приемочные контрольные границы $ACL_{в}$ и $ACL_{в}$);

4) объем выборки.

Приемлемый процесс: Процесс, представленный контрольной картой Шухарта по СТ РК ГОСТ Р 50779.42 с центральной линией в зоне приемлемых процессов (рисунок 10).

Идеально средний уровень $\bar{X}$ такой КК находится на *целевом значении* (Т).

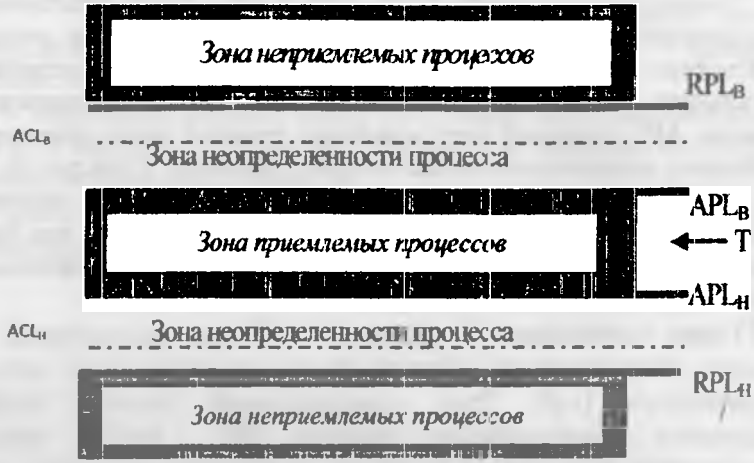


Рисунок 10 – Поле допуска
верхняя и нижняя линия APL и RPL в сопоставлении с зонами приемлемого, неприемлемого процессов и зоной неопределенности процесса

Обозначения:

1) ACL - приемочная контрольная граница;

2) APL - приемлемый уровень процесса;

3) RPL - неприемлемый уровень процесса;

4) T - целевое значение (оптимальное значение);

5) α - риск отклонения удовлетворительного процесса с уровнем APL;

6) β - риск приемки неудовлетворительного процесса с уровнем RPL;

Индексы "Н" и "В" указывают верхнюю границу поля допуска и нижнюю границу поля допуска соответственно.

В центральной зоне - продукция принимается (зона приемлемых процессов).

Во внешних зонах - нет (зоны неприемлемых процессов).

В промежуточных зонах - производится годная продукция, но необходимо следить за процессом (зоны неопределенности процессов).

В том случае, если данные сдвигаются к внешней зоне, могут быть применены корректирующие действия.

Поскольку невозможно иметь одну линию, резко разделяющую удовлетворительный и неудовлетворительный уровни качества, необходимо определить такой уровень процесса, при котором его принимают почти всегда с вероятностью (1-α). Это приемлемый уровень APL, который дает внешнюю границу зоны приемлемых процессов, находящуюся около целевого значения T (см.рис.4).

Любой процесс, имеющий центр ближе к целевому значению, чем к APL, имеет риск отклонения меньше α. То есть, чем ближе процесс к цели T, тем менее вероятно, что удовлетворительный процесс будет отклонен.

Также необходимо определить такой уровень процесса, при котором неприемлемый процесс будет отклонен почти всегда с вероятностью (1-β). Этот нежелательный уровень процесса называется неприемлемым уровнем RPL. Любой процесс, находящийся еще дальше от целевого значения, чем RPL, будет иметь вероятность приемки меньше чем β.

Уровни процесса, лежащие между APL и RPL представляют продукцию *"пограничного качества"*, т.е. такого качества, при котором нет необходимости затрачивать время на подналадку, и продукция может быть в некоторых случаях использована без корректировки уровня процесса. Область между APL и RPL называют "зоной неопределенности".

Границы регулирования рассчитывают по следующим формулам:

$$APL_B = U - Z_{P0} \cdot S \tag{34}$$

$$APL_H = L - Z_{P1} \cdot S \tag{35}$$

где S это стандартное отклонение внутри выборки (подгруппы);

Z_{P0} - квантиль стандартного нормального закона распределения уровня p_0 (для приемлемой доли несоответствующей продукции);

$$RPL_B = U - Z_{P1} \cdot S \tag{36}$$

$$RPL_H = L - Z_{P1} \cdot S \tag{37}$$

где Z_{pl} - квантиль стандартного нормального закона распределения уровня p_l (для доли или процента несоответствующих единиц продукции).

В некоторых случаях выбор RPL может быть произвольным, если есть ощущение, что уровень процесса не превысит некоторого расстояния от целевого значения.

Поскольку APL и α, RPL и β выбраны, то верхнюю и нижнюю приемочные границы рассчитывают по формулам:

$$ACL_B = APL_B + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha - z_\beta}\right)(RPL_B - APL_B) \qquad (38)$$

$$ACL_H = APL_H + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha - z_\beta}\right)(APL_H - RPL_H) \qquad (39)$$

где z_α и z_β квантили стандартного нормального закона распределения уровня α и β соответственно.

Если риски α и β выбраны равными, приемочная контрольная граница лежит посредине между APL и RPL.

Объем выборки можно вычислить по следующей формуле:

$$n = \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta)S}{RPL_B - APL_B}\right]^2 \qquad (40)$$

б) Контрольные карты с предупреждающими границами

Карты с предупреждающими границами называют модифицированными контрольными картами.

Карты с предупреждающими границами содержат наряду с основными границами регулирования дополнительные предупреждающие границы.

Строят такие карты чаще всего по количественному признаку. Если основные границы находятся на расстоянии $\pm 3\sigma$, то предупреждающие $\pm 2\sigma$.

Если результат контроля лежит внутри предупреждающих границ – действия по корректировке процесса не требуются.

Если несколько результатов подряд (например 2) лежат на или за предупреждающими границами необходимо вмешаться в технологический процесс.

Если результат контроля лежит между предупреждающими и контрольными границами, то берут дополнительную выборку. Если результат контроля дополнительной выборки лежит внутри предупреждающих границ, то предположение о разладке технологического процесса отклоняется, Если за или внутри предупреждающих границ необходимо вмешаться в технологический процесс.

Контрольные вопросы

1 Что представляет собой контрольная карта Шухарта?

2 Какие есть контрольные карты Шухарта для количественных данных?

3 Что такое двойная контрольная карта?

4 Как рассчитать границы регулирования на контрольных картах?

5 Как использовать контрольные карты для анализа технологического процесса?

6 Как использовать контрольные карты для регулирования технологического процесса?

7 Какие используются контрольные карты для альтернативных данных?

8 Как осуществляется анализ и регулирование технологического процесса с использованием контрольных карт для альтернативных данных?

9 Что представляют собой приемочные контрольные карты?

10 Какие основные задачи помогают решить приемочные контрольные карты?

11 Что представляют собой контрольные карты с предупреждающими границами?

6 СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЁМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКУ

6.1 Основные понятия

Под *статистическим приемочным контролем* качества продукции понимается выборочный контроль, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям. При статистическом приемочном контроле по результатам контроля выборки принимается решение принять или отклонить партию продукции. Это не обязательно партия готовой продукции. Статистический приемочный контроль может применяться для проведения операционного контроля, контроля закупок, входного контроля и т. д., в тех случаях, когда надо решить вопрос принять или отклонить партию продукции.

Приемочный контроль проводится уже после завершения процесса изготовления, с его помощью обнаруживаются дефекты без вмешательства в сам процесс производства в отличие от статистических методов регулирования технологического процесса (off-line-контроль).

Если при статистических методах регулирования техпроцесса отбор единиц продукции в выборку осуществляется через заранее установленные промежутки времени или количество единиц продукции, то при статистических методах выборочного контроля единицы продукции нужно сначала объединить в партию, а затем из этой партии отобрать выборку необходимого объема. Причем контроль проводится по каждой партии отдельно.

Основные задачи статистического приемочного контроля:

– обеспечение с большой достоверностью оценки качества продукции, предъявляемой на контроль;

– обеспечение однозначности взаимного признания результатов оценки качества продукции между поставщиком и потребителем, осуществляемым по одним и тем же планам контроля.

Статистический приемочный контроль (СПК) качества продукции проводят в целях подтверждения или опровержения верности информации поставщика о соответствии качества контролируемых совокупностей продукции (в том числе жидкостей,

сыпучих веществ, материалов и т. п.) установленным требованиям (СТ РК ГОСТ Р 50779.30-2003).

СПК может быть осуществлен:

– поставщиком (изготовителем) при окончательном контроле, приемке или сертификации продукции;

– потребителем при входном, инспекционном или эксплуатационном контроле, приемке и сертификации продукции;

– третьей стороной.

Требования к качеству совокупности продукции устанавливаются поставщиком в нормативной и (или) договорной документации либо по согласованию с потребителем, либо в одностороннем порядке.

Основой организации СПК является его план, включающий в себя:

– правила и порядок формирования выборок определенных размеров одноступенчатых, многоступенчатых и последовательных процедур;

– правила обработки данных контроля и принятия решений по результатам контроля выборок.

СПК, осуществляемый поставщиком (контроль поставщика), трактуется как средство доказательства потребителю и (или) третьей стороне верности информации о качестве совокупности продукции.

СПК, осуществляемый потребителем (контроль потребителя), в случае возможности предъявления по результатам контроля претензий к поставщику или публикации результатов контроля трактуется как средство доказательства неверности информации поставщика о соответствии совокупности продукции требованиям к ее качеству.

Трактовка СПК, осуществляемого третьей стороной, зависит от целей контроля.

Если контроль проводится в интересах поставщика, то СПК рассматривается как средство доказательства верности информации о соответствии продукции требованиям к ее качеству.

Если контроль проводится в интересах потребителя или в интересах самой третьей стороны (сертификация продукции, надзор или контроль качества продукции и т. д. с возможностью предъявления претензий к поставщику или публикации результатов

контроля), то СПК рассматривается как средство доказательства неверности информации о соответствии продукции требованиям к ее качеству.

Статистические методы приемочного контроля могут осуществляться *по количественному, качественному и альтернативному признакам.*

Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку является контролем по качественному признаку, в ходе которого каждую проверенную единицу продукции относят к категории соответствующих и несоответствующих установленным требованиям, а последующее решение о контролируемой совокупности или процессе принимают в зависимости от сравнения обнаруженных в выборке несоответствующих единиц продукции или числа несоответствий, приходящихся на определенное число единиц продукции, с контрольным нормативом.

Контрольным нормативом при статистическом приемочном контроле качества продукции по альтернативному признаку является приемочные (Ac) и браковочные числа (Re), выбираемые из таблиц СТ РК Р ГОСТ 50779.51, СТ РК Р ГОСТ 50779.71.

То есть, при приемочном контроле по альтернативному признаку проводится подсчет несоответствующих единиц в выборке или числа несоответствий на одно или 100 единиц продукции.

Несоответствие – отклонение показателя качества, приводящее к невыполнению продукцией, процессом или услугой установленного требования. По степени значимости выделяют следующие классы несоответствий:

А – несоответствия, представляющие наибольшую значимость для продукции или услуг. При выборочном приемочном контроле этот тип несоответствий имеет наименьшее значение AQL.

В – несоответствия, представляющие меньшую значимость. Для них устанавливают значения приемлемого уровня качества AQL больше, чем для несоответсвий первого вида, и меньше, чем для третьего класса, если такой имеется, например С.

Кроме того, к особому классу относят критические несоответствия. Критические несоответствия относят к несоответствиям которые приводят к опасным последствиям или снижают потребительские свойства изделий и их безопасное использование.

Несоответствующая единица продукции – единица продукции или услуга, содержащая, по крайней мере, одно несоответствие. Несоответствующие единицы продукции в зависимости от из значимости подразделяют на следующие классы:

А – единица продукции, содержащая одно или более несоответствий типа А, может также содержать несоответсвия типа В и (или) типа С.

В – единица продукции, содержащая одно или несколько несоответствий типа В, может содержать несоответствия типа С, но не имеет несоответствий типа А.

Процент несоответствующих единиц продукции – отношение числа несоответствующих единиц продукции к общему числу единиц продукции, умноженное на 100.

Число несоответствий на 100 единиц продукции – произведение частного от деления числа несоответствий на общее число единиц продукции и 100.

Инструментом приемочного контроля является план статистического контроля.

Под планом выборочного контроля (выборочный план) понимается определенный план контроля, который устанавливает число единиц продукции из каждой партии, подлежащее контролю (объем выборки или объемы серий выборок) и необходимые критерии приемлемости партий (приемочные и браковочные числа).

Под приемочным числом Ас понимается норматив, равный максимальному числу несоответствующих единиц продукции в выборке, или числу несоответствий, являющихся критерием для приемки партии.

Под браковочным числом Re понимается контрольный норматив, равный минимальному числу несоответствующих единиц продукции в выборке, или числу несоответствий, являющихся критерием для забракования партии продукции.

В плане статистического контроля однозначно определено, когда партию изделий можно считать отвечающей предъявленным требованиям.

При использовании любых планов контроля в конце контроля принимается одно из взаимоисключающих решений: партия или принимается, или бракуется. Дальнейшее действие с забракованной партией может быть следующим:

– сортировка продукции;
– утилизация;
– перевод в другой сорт и продажа по сниженной цене.

6.2 Колебание выборочных характеристик

Если из партии, содержащей определенную долю несоответствующих единиц продукции, извлекают выборки установленного объема, то при подсчете числа несоответствующих единиц, окажется, что это число меняется с каждой выборкой. Такое колебание характерно для выборочных оценок.

В качестве примера рассмотрим случаи, которые могут возникнуть при объеме выборки $n = 100$ и приемочном числе Ac =3. То есть, если при контроле ста единиц выборки будет найдено 0, 1, 2 или 3 дефектной единицы продукции, то партия принимается.

Случай 1. Доля дефектных изделий в партии $P = 0$. В данном случае, сколько бы раз ни брали выборку, дефектные изделия не будут обнаружены, и такая партия будет считаться годной (рис.11).

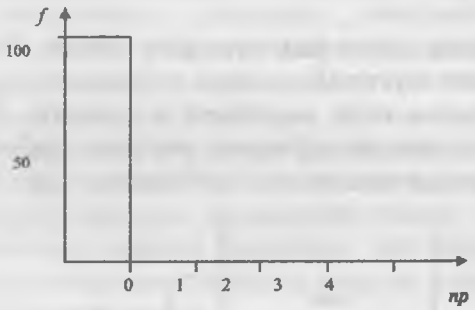


Рисунок 11 - Гистограмма годной продукции с долей дефектных изделий

P=0 (np - число несоответствующих единиц в выборке; f - частота попадания)

Случай 2. Доля дефектных изделий в партии P = 3%. С точки зрения принятого контроля, изделия отвечают техническим требованиям, однако среди 100 отобранных единиц число

дефектных изделий может изменяться с каждой отдельной выборкой и может составлять 0, 1, 2 , 3, 4, и т. д. Если число дефектных единиц в выборке будет 4 и более, партия бракуется, хотя доля дефектных изделий в партии 3% и партия должна быть принята (рис. 12).

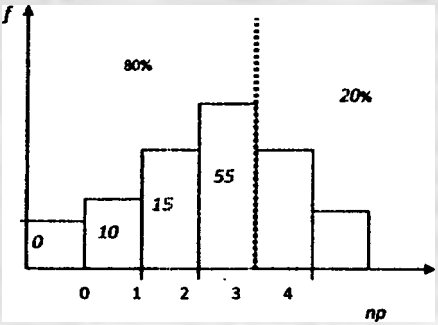


Рисунок 12 - Гистограмма колебаний выборочных характеристик
(при P = 3%, 20% - это α, риск поставщика)

Случай 3. Доля дефектных изделий в партии $P = 5\%$. Данная партия не соответствует техническим требованиям и должна быть забракована. Однако из-за колебаний в оценках, обусловленных отбором выборки, иногда случается, что такая партия оценивается как соответствующая техническим требованиям (рис. 13).

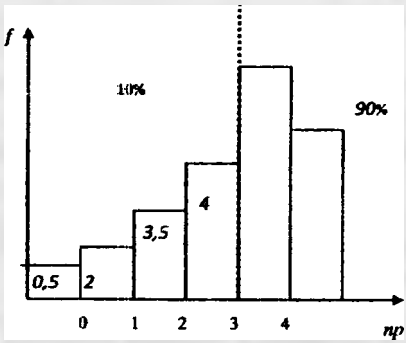


Рисунок 13 - Гистограмма колебаний выборочных характеристик
(при P= 5%, 10% - это β, риск потребителя)

Таким образом, из-за колебаний выборочных оценок возникают ошибки первого (α, риск поставщика) и второго рода (β, риск потребителя).

Риск поставщика – это вероятность ошибки, при которой годную партию могут в результате колебаний выборочной оценки признать не соответствующей техническим требованиям.

Риск потребителя – это вероятность ошибки, при которой негодную партию могут в результате колебаний выборочной оценки признать соответствующей техническим требованиям.

6.3 Уровень несоответствий

Любая партия изделий, поступающая на контроль, может содержать некоторую долю несоответствующих единиц продукции. Эта доля дефектных единиц характеризуется уровнем несоответствий. Под *уровнем несоответствий* понимается процент несоответствующих единиц продукции, или число несоответствий на 100 единиц продукции при условии, что несоответствия появляются случайным образом и статистически независимы.

При выборочном контроле невозможно установить фактический уровень несоответствий в контролируемой партии, а можно получить лишь ее оценку. Точность такой оценки будет зависеть от того, насколько будет обоснован план контроля. В качестве такой оценки при контроле по количественному признаку используется предельное значение контролируемого параметра в выборке, а при контроле по альтернативному признаку – доля несоответствующих единиц продукции или число несоответствий на 100 единиц продукции в выборке, которые затем сравниваются с контрольными нормативами.

Различают *входной* и *выходной* уровни несоответствий. Кроме того, выделяют *приемлемый уровень качества* и *предельное качество продукции*. Виды несоответствий продукции представлены на схеме (рис. 14).

Входной уровень несоответствий характеризуется средним уровнем процесса. *Средний уровень процесса* может быть оценен средним процентом несоответствующих единиц продукции или средним числом несоответствий на 100 единиц продукции (в зависимости от ситуации), выявленных в выборках продукции при

первом предъявлении при условии, что контроль не был усеченным. Он *не зависит от плана контроля*, а является характеристикой качества изготовленной продукции.



Рисунок 14 - Схема уровней несоответствий

Выходной уровень несоответствий характеризуется показателем среднего выходного качества (AOQ) и пределом среднего уровня качества (AOQL).

Среднее выходное качество AOQ является характеристикой плана контроля. *AOQ* – для установленного плана среднее качество продукции на выходе, включая принятые и отклоненные партии после того, как они прошли сплошной контроль и все обнаруженные несоответствующие единицы были заменены соответствующими.

Среднее выходное качество является важной характеристикой для потребителя, так как его величина характеризует реальное качество продукции, которое может получить потребитель после контроля, и *зависит от плана контроля*.

Среднее выходное качество зависит от входного уровня несоответствий, который может изменяться от партии к партии.

Предел среднего уровня качества AOQL – для установленного плана наибольшее значение *AOQ* для всех возможных уровней качества партий, предъявляемых на контроль.

Приемлемый уровень качества AQL. Под приемлемым уровнем качества понимается уровень качества, который считается

приемлемым для приемки партии, то есть, он является границей удовлетворительного среднего уровня качества процесса. Приемлемый уровень качества характеризуется таким уровнем несоответствий, который для целей приемки продукции является удовлетворительным.

Приемлемый уровень качества для определенного плана контроля соответствует высокой вероятности приемки партии продукции (α). Приемлемый уровень качества представляет исходное значение уровня несоответствий, на которое согласны поставщик и потребитель и которое может служить основой для определения контрольного норматива.

AQL определяет степень строгости выборочного контроля. Чем меньше *AQL*, тем более строгим будет выборочный контроль. Поэтому выбор *AQL* является важнейшей задачей при использовании статистических методов приемочного контроля и осуществляется обычно по договоренности между поставщиком и потребителем. Потребитель заинтересован в продукции, соответствующей установленным требованиям, поэтому *AQL* должен быть как можно меньше, тогда риск β (риск принять плохую партию) будет минимальным. Однако выбор необоснованно малого *AQL* приведет к значительному увеличению α и поставщик будет нести убытки.

Приемлемый уровень качества назначается независимо от входного уровня несоответствий.

Если средний уровень качества для отлаженного производства будет меньше заданного *AQL*, то целесообразно осуществлять статистический приемочный контроль.

Предельное качество LQ (браковочный уровень). Под показателем предельного качества понимается уровень качества, которому соответствует низкая вероятность приемки. Такая низкая вероятность приемки называется риск потребителя. Потребитель может выбрать план контроля исходя из заданного значения предельного качества. Такой план контроля дает большую гарантию того, что партия продукции, характеризующаяся предельным уровнем качества, с большой вероятностью не будет принята.

В стандартах на статистический приемочный контроль по альтернативному признаку приведены таблицы, позволяющие определить *LQ* при известных значениях риска потребителя,

приемлемого уровня качества и объема выборки. Вероятность приемки партии продукции с LQ в указанных стандартах принимается при значениях риска потребителя, равных 5 и 10%.

6.4 Оперативная характеристика

Вероятность принятия контролируемой партии при заданном плане контроля (ПК) зависит от среднего уровня качества продукции в этой партии. Функция, задающая вероятность приемки контролируемой партии продукции в зависимости от среднего уровня качества, называется *оперативной характеристикой*.

Оперативная характеристика плана выборочного контроля (ПВК) *определяет зависимость* ожидаемого процента принятых партий P (%) от среднего уровня качества p (%). Оперативная характеристика может быть выражена уравнением, таблицей или графиком. Наиболее наглядным способом является графический способ. Графики оперативной характеристики приведены в стандартах на статистический приемочный контроль.

В стандартах приводятся оперативные характеристики и квантили оперативных характеристик для каждого стандартизованного выборочного контроля, по которому легко оценить α и β.

На рис. 15 показана оперативная характеристика плана контроля, согласно которой при значении среднего уровня качества $p = 2\%$, который равен приемлемому уровню качества, в среднем будет приниматься 90% партий продукции, а 10% будет отклонено, что составляет риск потребителя α.

Если средний уровень качества будет составлять $p = 5\%$ (например, предельное качество), то по оперативной характеристике можно определить, что в среднем 20% партии будет принято, что составит риск потребителя β. Чем меньше α и β, тем эффективнее план выборочного контроля. Добиться одновременного уменьшения рисков α и β можно только путем увеличения объема выборок.

Для обоснованного выбора плана выборочного контроля необходимо знать зависимость вероятности приемки партии P от объема выборки n и приемочного числа Ac.

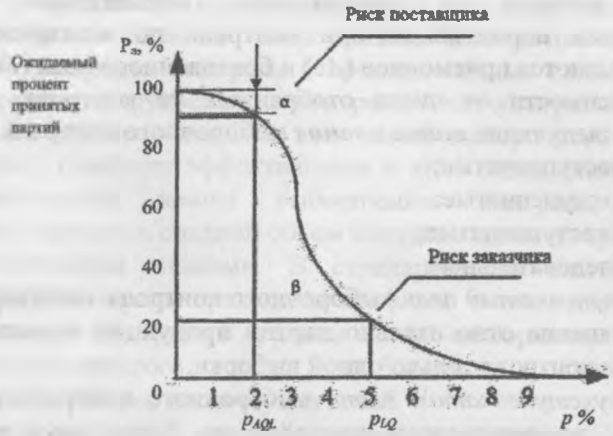


Рисунок 15 - Оперативная характеристика плана выборочного контроля

Вероятность принятия партии продукции зависит от объема выборки, контрольного норматива *Ac* и среднего уровня качества. С увеличением объема выборки при неизменных других исходных данных вероятность принятия партии продукции уменьшается. Для поставщика увеличение объема выборки невыгодно, так как увеличивается его риск забраковать хорошую продукцию, для потребителя, наоборот, выгодно, так как уменьшается его риск принять бракованную продукцию.

С ослаблением требований к жесткости контрольного норматива, т.е. с уменьшением *Ac*, вероятность принятия партии продукции увеличивается. Для поставщика это является выгодным, так как уменьшается риск забраковать хорошую партию продукции.

Для одновременного удовлетворения требований поставщика и потребителя необходим компромисс. В качестве такого компромисса должен быть приемлемый уровень качества, согласованный между поставщиком и потребителем.

6.5 Типы планов выборочного контроля. Уровень и вид контроля

Выборочный контроль осуществляется по плану. Под планом ***выборочного контроля*** понимается совокупность данных об

объемах выборки и контрольных нормативах. Такими контрольными нормативами при контроле по альтернативному признаку являются приемочное (*Ac*) и браковочное числа (*Re*).

В зависимости от числа отобранных на контроль выборок различают следующие ***типы планов*** выборочного контроля:

1) одноступенчатые;
2) двухступенчатые;
3) многоступенчатые;
4) последовательные.

Одноступенчатый план выборочного контроля характеризуется тем, что решение относительно партии продукции принимают по результатам контроля только одной выборки.

При *двухступенчатом плане* выборочного контроля решение принимают по результатам контроля не более двух выборок, причем необходимость отбора второй выборки зависит от результатов контроля первой.

При *многоступенчатом плане* выборочного контроля решение принимают по результатам нескольких выборок, максимальное число которых заранее установлено (не более семи). Причем необходимость отбора последующей выборки зависит от результатов контроля предыдущей.

При *последовательном плане* выборочного контроля решение принимается по результатам контроля нескольких выборок, максимальное число которых заранее не установлено. При последовательном контроле единицы продукции извлекают из партии и проверяют одну за другой. Применяют кумулятивный (суммарный) подсчет числа проверенных и обнаруженных несоответствующих единиц. С учетом правил принятия решения партию принимают или отклоняют по мере того, как появляются основания в пользу первого или второго решения. Во избежание возможности продолжения контроля в течение неопределенного периода времени без достижения решения предусмотрено правило усечения контроля. Контроль прекращают при достижении заранее заданного объема выборки. При этом заранее определяют критерии принятия решений на данном этапе.

Каждый из этих типов выборочного контроля имеет свои преимущества и недостатки.

По сравнению с одноступенчатыми планами выборочного контроля более сложные типы планов выборочного контроля позволяют получить выигрыш в среднем объеме выборки и тем самым сократить трудоемкость контроля. Этот выигрыш будет тем больше, чем более сложный тип плана выборочного контроля используют. Наиболее эффективными в этом отношении являются последовательные планы выборочного контроля, которые позволяют сократить средний объем контроля вдвое по сравнению с одноступенчатыми планами. В стандартах на статистический приемочный контроль приведены графики, с помощью которых можно оценить выигрыш в среднем объеме выборки при переходе от одноступенчатого плана выборочного контроля на двухступенчатый или многоступенчатый.

Однако самый простой для организации план – одноступенчатый. Для двухступенчатого необходимо больше усилий в организации и проведении при необходимости контроля второй выборки. Еще более сложными являются многоступенчатые и последовательные планы.

Кроме того, при одноступенчатом контроле объем выборки имеет фиксированное значение и продолжительность выборки известна заранее. При других видах контроля число проверенных изделий может меняться в зависимости от результатов предыдущих выборок. Это может усложнить подготовку необходимых средств для организации контроля.

Одноступенчатые планы имеют преимущества в том случае, когда есть возможность проверять сразу несколько изделий в выборке. Если возможна одновременная проверка не более двух изделий, может быть предпочтителен многоступенчатый (или последовательный) выборочный контроль.

Таким образом, одноступенчатые планы характеризуются наибольшим объемом выборки, их следует применять в следующих случаях: стоимость контроля изделий небольшая, продолжительность контроля является слишком длительной и партия не может быть задержана до момента окончания контроля.

Двухступенчатые планы характеризуются промежуточным объемом выборки (меньшим, чем в одноступенчатых планах и большим, чем в многоступенчатых). Их применяют в тех случаях, когда нельзя использовать одноступенчатые планы из-за большого

объема выборки и многоступенчатые из-за большой продолжительности.

Многоступенчатые планы характеризуются наименьшим ожидаемым числом контролируемых изделий. Эти планы применяют в тех случаях, когда время, необходимое для отбора и контроля единиц продукции, является небольшим, а стоимость испытания – большой.

Планы последовательного контроля следует применять тогда, когда по экономическим и техническим соображениям является необходимым контроль небольших выборок и когда многократный отбор выборки, состоящей из одной единицы продукции, не является затруднительным, а стоимость отбора небольшая.

Уровень контроля определяет зависимость между объемом партии и объемом выборки. Уровень контроля позволяет при заданном объеме партии N и приемочном уровне дефектности варьировать объемом выборки, что бывает необходимо по экономическим или иным соображениям. В государственных стандартах на статистический приемочный контроль уровни контроля построены по принципу уменьшения относительного объема выборки при переходе с более высокого уровня на более низкий. Снижение уровня контроля осуществляют путем перехода на код с меньшим объемом выборки. Изменение кода объема выборки приводит к изменению контрольного норматива. С уменьшением объема выборки уменьшается и контрольный норматив (Ac), что позволяет несколько компенсировать неизбежное при уменьшении объема выборки увеличение риска потребителя.

Таблицы стандартов спланированы таким образом, что при большом объеме партии объем выборки больше объема выборки для небольшой партии. Однако он становится более непропорциональным. Из большой партии выборка составляет меньшую долю, чем из малой.

Принято ***семь уровней контроля***:

– I, II, III – общие;

– S-1, S-2, S-3, S-4 – специальные.

Общие уровни контроля используют наиболее часто и оговаривают, что уровень контроя II будет использоваться всегда, когда не указан ни один из других уровней.

Уровню I соответствует объем выборки, который несколько меньше половины объема выборки на уровне контроля II, в то время как уровню III сответствует объем выборки, в полтора раза превышающий объем выборки уровня II.

Уровень III применяют, если применение других уровней является необоснованным из-за стоимости контроля.

Специальные уровни контроля разработаны для ситуаций, когда объемы выборок должны быть малыми (например, в случае проведения разрушающих испытаний), а принятие значительного риска является обоснованным.

При выборе уровня контроля следует учитывать, что снижение уровня контроля меньше затрагивает интересы поставщика, чем интересы потребителя, так как при этом риск поставщика α меньше увеличивается, чем риск потребителя β.

Обоснованный выбор уровня контроля может быть сделан лишь на основе сопоставления оперативных характеристик на разных уровнях контроля, по которым определяются риски β и α.

Различают следующие ***виды контроля***:

1) нормальный;
2) усиленный;
3) ослабленный контроль.

Нормальный контроль является основным видом контроля и применяется во всех случаях, когда не оговорено применение другого вида контроля, до тех пор, пока не возникнут условия перехода на усиленный или ослабленный контроль.

Усиленный контроль отличается от нормального контрольными нормативами (меньше приемочное число) и увеличением объема выборки. Нормальный вид контроля гарантирует потребителю, что значение среднего выходного качества будет не больше установленного приемлемого уровня качества *AQL* при условии, что средний уровень процесса p не превышает этого значения *AQL*. При недопустимом увеличении значения p потребитель может принимать партии с уровнем несоответствий, равным пределу среднего уровня качества *AOQL*, который существенно превышает установленное значение *AQL* (в 1,5 – 1,75 раза). В таком случае для защиты интересов потребителя следует перейти на усиленный контроль.

Усиленный вид контроля получают путем уменьшения приемочного числа *Ac*, если оно не равно нулю, или путем увеличения объема выборки при *Ac* равно нулю. Усиленный вид контроля защищает интересы потребителя, так как с уменьшением приемочного числа *Ac* или с увеличением объема выборки *n* уменьшается вероятность приемки партии *P*, а следовательно, уменьшается и риск потребителя β принять плохую партию подукции (и увеличивается риск поставщика α). Оценить эти риски можно по оперативным характеристикам, которые приведены в стандарте как для нормального вида контроля, так и для усиленного вида.

Ослабленный вид контроля получают путем уменьшения объема выборки. Объем выборки при этом уменьшается в 2,5 раза (за исключением случаев, когда объем выборки при нормальном контроле меньше пяти; в этом случае при ослабленном виде контроля объем выборки равен двум единицам продукции).

При ослабленном виде контроля увеличивается риск потребителя β, однако он застрахован от приемки плохих партий продукции правилом перехода на нормальный вид контроля после забракования первой же партии.

Оперативные характеристики для ослабленного вида контроля не приведены в стандарте, но зная зависимость вероятности приемки партии *P* от объема выборки, можно утверждать, что график оперативной характеристики для ослабленного вида контроля будет располагаться правее графика для нормального вида контроля.

Стандартом предусмотрены правила перехода с нормального вида контроля на усиленный и с нормального на ослабленный.

6.6 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку

Стандарты на статистический приемочный контроль позволяют выбрать план контроля. Для этого необходимо установить:

– объем партии продукции (обычно указывается в стандартах);
– контролируемые параметры продукции;
– виды несоответствий (дефектов);
– приемлемый уровень качества (*AQL*);

– тип плана контроля (одноступенчатый, двухступенчатый, многоступенчатый и последовательный);

– уровень контроля (I, II, III – общие; S-1, S-2, S-3, S-4 – специальные);

– вид контроля (усиленный, нормальный, ослабленный).

На основании приведенных исходных данных *по соответствующим таблицам стандарта* выбирают план контроля:

1) объем выборки;

2) контрольный норматив (приемочное (*Ac*) и браковочное числа (*Re*)).

На рисунке 16 приведена блок-схема, определяющая последовательность действий при выборе плана контроля.

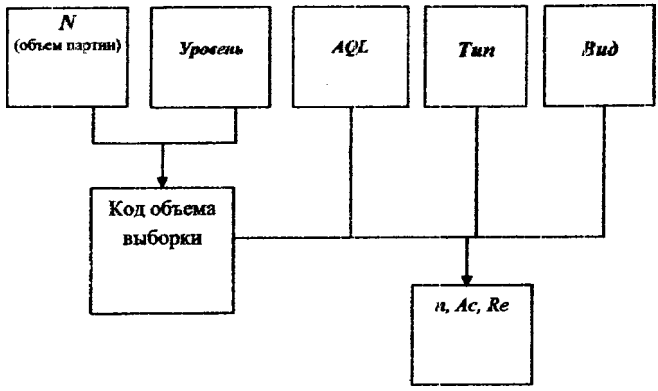


Рисунок 16 - Схема выбора плана контроля

Для определения соответствия партии продукции установленным требованиям при *одноступенчатом плане выборочного контроля* следует:

1) отобрать случайным образом выборку продукции объемом, указанным в принятом плане контроля;

2) проверить каждое изделие в выборке на соответствие установленным требованиям и выявить изделия с несоответствиями;

3) сравнить найденное число несоответствующих единиц или несоответствий в выборке с приемочным числом (*Ac*);

4) считать партию продукции соответствующей установленным требованиям, если найденное число несоответствующих единиц или несоответствий в выборке *z* меньше или равно приемочному числу *Ac* для данного плана контроля

5) считать партию не соответствующей установленным требованиям, если число несоответствующих единиц или несоответствий *z* в выборке равно или больше браковочного числа *Re* для заданного плана контроля.

Для определения соответствия партии продукции установленным требованиям при применении *двухступенчатого контроля* следует:

1) отобрать случайным образом выборку продукции объемом, указанным в плане контроля для первой ступени;

2) проверить каждое изделие в выборке на соответствие установленным требованиям и выявить изделия с несоответствиями;

3) сравнить найденное число несоответствующих единиц или несоответствий в выборке с приемочным и браковочным числами, установленными *для первой ступени*;

4) считать партию продукции соответствующей установленным требованиям, если найденное число несоответствующих единиц или несоответствий в выборке первой ступени *z* меньше или равно приемочному числу *Ac*, указанному для первой ступени;

5) считать партию не соответствующей установленным требованиям, если число несоответствующих единиц или несоответствий *z* в выборке первой ступени равно или больше браковочного числа *Re*, указанного для первой ступени плана контроля;

6) перейти к контролю на второй ступени, если число несоответствующих единиц или несоответствий, обнаруженных в выборке на первой ступени контроля больше *Ac* и меньше *Re*;

7) в случае перехода к контролю на второй ступени следует отобрать случайным образом выборку продукции объемом, указанным для второй ступени контроля;

8) проверить каждое изделие в выборке на соответствие установленным требованиям и выявить изделия с несоответствиями;

9) суммировать несоответствующие единицы или несоответствия, обнаруженные на второй ступени контроля с несоответствующими единицами или несоответствиями, обнаруженными на первой ступени контроля;

10) сравнить полученное общее число несоответствующих единиц или несоответствий, обнаруженных в выборке на первой и второй ступенях контроля, с *Ac* и *Re* второй ступени плана контроля;

11) считать партию продукции соответствующей установленным требованиям, если общее число несоответствующих единиц или несоответствий в выборке меньше или равно приемочному числу *Ac* для второй ступени плана контроля;

12) читать партию не соответствующей установленным требованиям, если число несоответствующих единиц или несоответствий *z* в выборке равно или больше браковочного числа *Re* для второй ступени плана контроля;

Ход действий при применении одноступенчатого плана контроля приведен на рисунке 17.

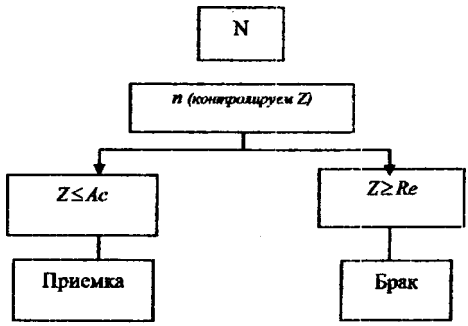


Рисунок 17 - Последовательность одноступенчатого контроля

Ход действий при двухступенчатом контроле приведен на рис. 18.

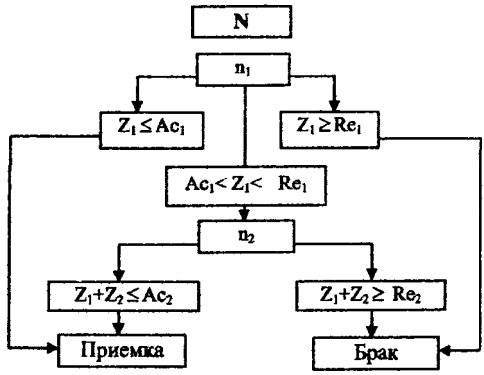


Рисунок 18 - Последовательность двухступенчатого контроля

Аналогичным образом поступают при применении многоступенчатых планов контроля.

Контрольные вопросы

1 Что такое статистический приемочный контроль качества продукции?

2 Что называют планом статистического приемочного контроля?

3 Какие уровни несоответствий вы знаете?

4 Что такое оперативная характеристика плана выборочного контроля?

5 Дайте определение типа, вида и уровня контроля?

6 Как на практике осуществить одноступенчатый выборочный контроль по альтернативному признаку?

7 Укажите ход действий при проведении двухступенчатого выборочного контроля по альтернативному признаку.

7 СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЁМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ

7.1 Основные понятия

Приемочный выборочный контроль по количественному признаку – процедура приемки, при которой приемлемость партий устанавливается статистически по результатам измерения показателей качества единиц продукции, входящих в выборку.

Контроль по количественному признаку в отличие от контроля по альтернативному более *трудоемок*, требует больших временных и финансовых затрат.

Однако он более *информативен*, требует *меньших объемов выборок* и имеет преимущества в тех случаях, когда процесс контроля дорогостоящий, в частности, при разрушающем контроле.

Приемочный контроль по количественному показателю заключается в том, что у единиц продукции измеряют численные значения контролируемого параметра, вычисляют выборочное среднее арифметическое $\overline{X}$ и оценивают его отклонение Q от значений одной верхней U или нижней L или двух заданных границ.

Статистика качества (Q) – функция пределов поля допуска, среднего арифметического и выборочного среднего квадратического отклонения. Партия оценивается по результатам сравнения Q:

$Q = \frac{U - \overline{X}}{S}$ с контрольным нормативом k.

Контрольный норматив k – константа, зависящая от установленного значения AQL и n (ГОСТ Р 50779.74-99).

Нижнее предельное значение параметра (L) – предел, определяющий нижнюю предельную границу параметра.

Верхнее предельное значение параметра (U) – предел, определяющий верхнюю предельную границу параметра.

Для выбора плана выборочного контроля необходимо установить:

1) объем партии продукции;
2) уровень контроля;
3) приемлемый уровень качества AQL;
4) вид контроля;

5) стандартное отклонение или метод его оценки;

6) способ контроля.

*1 **Объем партии*** установлен обычно в нормативной документации, договорах на поставку или другой документации.

*2 **Уровень контроля.*** Стандартами устанавлено пять уровней контроля:

-I, II, III – общие;

-S-3, S-4 – специальные.

Основным для применения является II уровень.

*3 **Приемлемый уровень качества AQL*** – уровень качества, который при выборочном контроле служит допустимым пределом среднего процента несоответствующих единиц продукции. В таблицах стандарта содержится 11 значений *AQL* в диапазоне от 0,1 до 6%. Еще два значения 0,065 и 15% необходимы для перехода на ослабленный и усиленный контроль. Стандартом предусмотрено установление:

– двух разных значений *AQL* для верхней и нижней границ контролируемого параметра;

– одного значения *AQL* для верхней и нижней границ контролируемого параметра.

*4 **Виды контроля.*** В стандарте установлено три вида контроля:

- нормальный;
- усиленный;
- ослабленный.

Нормальный вид контроля является основным, если не оговорено применение другого. Стандартами предусмотрены правила перехода с одного вида контроля на другой.

5. ***Стандартное отклонение или метод его оценки.***

При данном виде контроля обычно используют один из трех видов контроля:

- σ-план;
- *S*-план;
- *R*-план.

При контроле по количественному признаку в ряде случаев отклонение σ контролируемого параметра заранее известно (технологический процесс стабилен).

Если σ известно, то используется σ-план. Данный метод предусматривает наименьший объем выборки по сравнению с другими методами и требует меньших вычислений.

Если σ неизвестно, стандарт предусматривает два метода его оценки: по выборочному стандартному отклонению S и по размаху R. В первом случае используется S-план, во втором – R-план выборочного контроля.

S-план требует меньшего объема выборки, чем R-план и дает более точные результаты. Поэтому S-план является основным методом выборочного контроля. При использовании R-метода следует иметь в виду, что чем больше объем выборки, тем меньше информации дает ее размах о значении стандартного отклонения σ. При объеме выборки больше десяти единиц оценивать σ по размаху не рекомендуется. В этом случае необходимо применять средний размах R. Для этого выборку разбивают на несколько подгрупп по 5 результатов в каждой. В подгруппе определяют $R=X_{max}-X_{min}$ и далее определяют средний среди размахов подгрупп.

6. ***Способ контроля.*** Стандартом предусмотрено три способа контроля:

- числовой;
- k-способ;
- графический способ;
- способ с использованием максимального выборочного стандартного отклонения.

7.2 Процедуры выборочного контроля по количественному признаку

Первый способ (числовой) проведения контроля заключается в том, что вычисленное значение Q статистики качества (отклонение $\overline{X}$ от U или L) сравнивается со значением контрольного норматива k (k_s, k_r, k_σ), который определяется из таблиц стандарта. Если Q больше или равно k, то партию принимают, меньше k – партию бракуют.

Перед началом контроля по количественному признаку необходимо проверить следующее:

– является ли распределение случайной величины нормальным;

– с какого метода (S или R) следует начать или, если σ известно и устойчиво, то следует использовать σ-план;

– установить уровень контроля;

– установить AQL. Если верхний и нижний пределы качества имеют различные AQL, то устанавливают AQL_U и AQL_L.

S-план

Способ 1 - k способ. По уровню контроля и по объему партии из стандартов находят код объема выборки. По коду и по *AQL* определяют объем выборки и контрольный норматив *k*. Если *U* и *L* имеют разные *AQL*, то определяют два контрольных норматива k_U и k_L.

Взяв случайным образом выборку этого объема измеряют показатель качества *X*. Рассчитывают статистические характеристики $\overline{X}$ и *S*. Если $\overline{X}$ выходит за пределы поля допуска, партия считается бракованной, т. е. если $\overline{X}$ >U или $\overline{X}$<L, партия бракуется сразу, если нет, то определяют статистику качества по формулам

$$Q_U = \frac{U - \overline{X}}{S} \qquad (41)$$

и (или)

$$Q_L = \frac{\overline{X} - L}{S}. \qquad (42)$$

Статистику качества сравнивают с контрольным нормативом *k*.

Если $Q_U \geq k$ или $Q_L \geq k$ (при одностороннем допуске); $Q_U \geq k_U$ и $Q_L \geq k_L$ (при двухстороннем допуске), партия принимается. Если условия не выполняются – партия бракуется.

Способ 2 – графический. Для использования графического метода при одностороннем допуске необходимо построить прямую:

$\overline{X} = U - k \cdot S$ – для верхнего предельного значения или $\overline{X} = L + k \cdot S$ – для нижнего предельного значения с осями координат $\overline{X}$ – вертикальная ось, S – горизонтальная ось.

Для двухстороннего допуска необходимо построить следующие прямые:

$\overline{X} = U - k \cdot S$ – для верхнего предельного значения и $\overline{X} = L + k \cdot S$ – для нижнего предела

При контроле по верхнему предельному значению допуска зона приемки располагается под прямой. При контроле по нижнему значению эта зона лежит над прямой. При двухстороннем допуске зона приемки соответствует зоне, ограниченной двумя прямыми.

Точку с координатами $(S, \overline{X})$, которые рассчитаны на основе измерений показателей качества изделий выборки, необходимо нанести на график. Если эта точка попадает в зону приемки, партия будет принята, если нет -- партия отклоняется.

Способ 3. Критерий с использованием максимального выборочного стандартного отклонения – MSSD.

MSSD – максимальное выборочное стандартное отклонение – это наибольшее допускаемое выборочное стандартное отклонение.

Такой способ используют, если заданы U или L с одним AQL.

Из таблиц стандарта находят коэффициент f_S, который устанавливает зависимость между максимальным выборочным отклонением и разностью U и L:

$$MSSD = f_S(U - L). \tag{43}$$

Если $S > MSSD$ – партия отклоняется сразу, если нет, то для принятия решения используется график в стандартах. Вычисляют величины:

$$\frac{S}{U-L}; \frac{\overline{X}-L}{U-L} \tag{44}$$

и отмечают точку, соответствующую этим значениям на графике, выбранном в стандарте. Если точка попадает в зону приемки, партию принимают, если нет – отклоняют.

Аналогичным образом используется R-метод, только во всех расчетных формулах вместо S используется размах R, рассчитанный по результатам контроля выборок.

Контрольные вопросы

1 Какие параметры необходимо знать для выбора планов контроля по количественному признаку?

2 Как осуществить приемочный контроль качества продукции по количественному признаку с использованием числового способа?

3 Как осуществить приемочный контроль качества продукции по количественному признаку с использованием графического способа?

4 Как осуществить приемочный контроль качества продукции по количественному признаку с использованием критерия *MSSD*?

8 ПРОСТЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

8.1 Основные понятия

Среди простых статистических методов, названных так ввиду их сравнительной несложности, убедительности и доступности, наибольшее распространение получили *семь методов*, выделенных в начале 50-х годов японскими специалистами под руководством К. Исикавы. В своей совокупности эти методы образуют эффективную систему методов контроля и анализа качества. С их помощью, по свидетельству самого К. Исикавы, может решаться от 50 до 95% всех проблем, находящихся в поле зрения производственников.

Семь простых методов могут применяться в любой последовательности, в любом сочетании, в различных аналитических ситуациях, их можно рассматривать и как целостную систему, как отдельные инструменты анализа. В каждом конкретном случае предлагается определить состав и структуру рабочего набора методов. Хотя они являются простыми методами, но это отнюдь не значит, что при использовании многих из них нельзя воспользоваться компьютером, чтобы быстрее и без затруднений сделать подсчеты и наглядней представить статистические данные.

Согласно К. Исикаве, в семь простых методов входят:

1) диаграмма Парето;
2) схема Исикавы;
3) расслаивание (стратификация);
4) диаграмма разброса;
5) гистограммы;
6) графики (на плоскости)
7) контрольные карты (Шухарта).

Наряду с 7 простыми методами используют методы для сбора статистической информации такие как: контрольный листок, схема процесса и др.

8.2 Методы сбора статистической информации (контрольный литок, мозговая атака, схема процесса)

Контрольный листок

Применяется в производстве и на различных стадиях ЖЦП как при контроле по качественным, так и при контроле по количественным признакам.

Контрольный листок – это форма, которая используется для систематического сбора и регистрации данных в целях изучения фактического положения дел. Он позволяет определить, как часто происходит то или иное событие. И регистрировать аналогичные данные одним и тем же способом.

Цель метода – сбор данных и их упорядочение для облегчения дальнейшего использования собранной информации.

Контрольный листок может представлять собой:

- средство регистрации данных, как правило, в виде бумажного бланка с заранее внесенными в него контролируемыми параметрами, соответственно которым можно заносить необходимые данные с помощью пометок или каких-либо символов;
- инструмент, позволяющий облегчить задачу контроля протекающих процессов и предоставить различного рода факты для анализа, корректировки и улучшения качества процессов.

Прежде, чем начать собирать данные, надо решить, что с ними впоследствии делать, для каких целей осуществляется их сбор и обработка.

Правила составления контрольных листков.

1. Решить, какие данные будут собираться, определиться с очередностью сбора информации.
2. Определить период времени, в течение которого будет проводиться сбор информации.
3. Сформулировать заголовок, отражающий тип собираемой информации.
4. Указать источник данных.
5. Составить перечень контролируемых характеристик.
6. Разработать бланк (форму) – стандартную форму регистрации данных, максимально удобную для заполнения в соответствии с принятыми правилами (см пример рис. 19).

Наименование изделия				
Наименование операции				
	Объект контроля			
	Измерительные средства			
	Ф.И.О. изготовителя			
	Ф.И.О. контролера			
Дата	Количество проверенных изделий (k), шт.	Количество дефектных изделий		Доля дефектных изделий (h/k*100), %
		Точечные отметки	(h), шт.	
ИТОГО	Σk		Σh	

Рисунок 19 – Образец контрольного листка

Виды различных КЛ исчисляются сотнями, и в принципе для каждой конкретной цели может быть разработан свой листок. Например, КЛ причин дефектов; КЛ для фиксирования отказавших деталей в приборе; КЛ регистрации телефонных звонков; КЛ локализации дефектов; КЛ регистрации видов дефектов; КЛ регистрации времени явки учащихся на занятия; график температуры больного и т. д. Но принцип их оформления остается неизменным.

В любом КЛ обязательно должна быть адресная часть, в которой указывается его название, измеряемый параметр, название и номер детали, цех, участок, станок, смена, оператор, материал, режимы обработки и другие данные, представляющие интерес для анализа путей повышения качества изделия или производительности труда. Ставится дата заполнения, листок подписывается лицом, его непосредственно заполнявшим, а в случаях, если на нем приводятся результаты расчетов - лицом, выполнявшим эти расчеты.

Пример: Компания, оказывающая копировальные услуги, стала получать намного больше жалоб на плохое качество фотокопий.

Управляющие решили проанализировать эти жалобы и установить их причины с помощью контрольного листка (см. табл.6).

Таблица 6 - Причины КЛ

Причины брака	Виды брака				Итого
	Пропуск страниц	Грязные копии	Страницы идут не по порядку	Страницы просвечивают	
Влажность	||	|||| |||		|	11
Заедание машины		||		|	3
Тонер	|||	||	|	||	8
Состояние оригинала	|	||	|||| |	|	10
Итого:	6	14	7	5	32

Дополнительная информация:

1 При разработке КЛ рекомендуется привлекать непосредственных исполнителей этих листков. Каждый, кто будет иметь дело с конкретным КЛ, должен чувствовать себя его соавтором.

2 При создании бланка используйте как можно больше графической информации (рисунков).

3 КЛ храните рядом с местом регистрации данных.

Достоинства метода:

- Наглядность, простота освоения и применения.
- Большое разнообразие форм и размеров контрольных листков.

Ожидаемый результат: собранные данные служат источником информации в процессе анализа с использованием различных статистических методов и выработке мер по улучшению качества процессов.

Мозговая атака

Мозговая атака используется для выработки идеи и ее выполнения по какой-то проблеме путем вовлечения (возбуждения) мыслительных возможностей группы. Мозговая атака может осуществляться двумя способами (путями):

1 *Упорядоченно*, когда каждый член группы подает идею в порядке очередности по кругу (или пропускает свою очередь до

следующего раза). Таким способом можно привлечь к разговору даже самых молчаливых людей, однако здесь присутствует некоторый элемент давления, что может помешать делу.

2 *Неупорядоченно*, когда члены группы подают идею по мере прихода ее на ум. Так создается более раскованная атмосфера, правда, есть опасность, что в этом случае самые говорливые возьмут верх.

В обоих способах используются 6 общих правил *проведения мозговой атаки*:

1) Критика не допускается, никакой критики (никогда не критиковать людей, никаких оценок высказываний других).

2) Визуализация, т.е. записывать на лист или доску каждую идею (схватывать каждую идею). При визуализации значительно повышается способность восприятия, лучше концентрируется внимание. Кроме того, можно избегать неверного понимания, недоразумений путем точной интерпретации высказываний каждого участника (если слова видны всем, то рождаются новые идеи).

3) Мотивация. Для успешного решения возникших проблем все члены группы должны быть мотивированы, т.е. проблема должна быть прочувствована и понята людьми, и у них должно быть желание, они должны быть сторонниками решения проблемы. Мотив – это побудительная причина для поведения. Нужно влиять на поведение человека (модерация). Целью модерации является управление процессом, его оптимизация. Для этого модератор должен создать деловой уровень отношений и хороший климат в группе, т.е. подбадривать и поощрять высказывания, помогать формировать смелость (кто недостаточно смел), уверенность, но при этом самому модератору нужно всегда быть в стороне от содержания. Модератор должен помогать управлять процессом, а не содержанием.

4) Согласие всех с повесткой дня предстоящей мозговой атаки.

5) Делать все быстро, лучше всего проводить в течении 5- 15 минут.

6) Руководителю никогда не выступать первым.

Существует такое мнение, что при передаче информации человек фиксирует ее:

- 20 % посредством слуха;
- 30 % посредством зрения;

- 50 % - зрением и слухом;
- 70 % информации фиксируется человеком, если он сам говорит;
- 90 % информации фиксируется человеком, если он сам делает.

Схема процесса

Схема процесса (*маршрутная карта*) (рис. 20), представляет собой графическое изображение последовательности операций (стадий) процесса. Применяется, когда надо проследить фактические стадии (операции) процесса изготовления продукции (услуги) для того, чтобы определить (обозначить) отклонения (недостатки, недоработки).

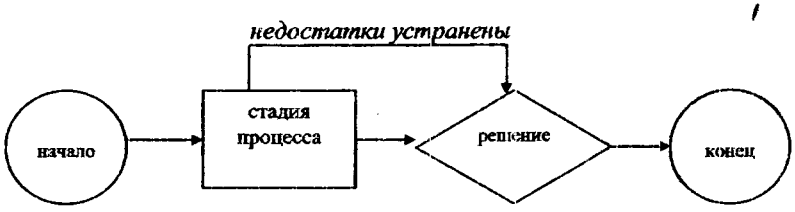


Рисунок 20 - Схема процесса

Построение маршрутной карты включает в себя следующие шаги:

1. Собрать специалистов, располагающих наибольшими знаниями об этом процессе.
2. Построить последовательную схему стадий процесса, который действительно (на самом деле) происходит.
3. Построить последовательную схему стадий процесса, который должен протекать, если все будет работать правильно (нормально).
4. Сравнить две схемы, чтобы найти, чем они отличаются и таким образом, найти точку, в которой возникают проблемы.

Таким образом, анализ схемы процесса проводят с целью выявления стадии процесса, которая вызывает проблему.

8.3 Диаграмма разброса

Другие названия метода: "Диаграмма рассеяния", "Поле корреляции".

Метод применяется в производстве и на различных стадиях жизненного цикла продукции для выяснения зависимости между показателями качества и основными факторами производства. Метод "Диаграмма разброса" – один из инструментов статистического контроля качества.

Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил диаграмму разброса в состав семи методов контроля качества.

Диаграмма разброса – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи между парами соответствующих переменных. Эти две переменные могут относиться к:

- характеристике качества и влияющему на нее фактору;
- двум различным характеристикам качества;
- двум факторам, влияющим на одну характеристику качества.

При наличии корреляционной зависимости между двумя факторами значительно облегчается контроль процесса с технологической, временной и экономической точек зрения.

Диаграмма разброса в процессе контроля качества используется также для выявления причинно-следственных связей показателей качества и влияющих факторов.

Для выяснения влияния одной переменной на другую следует собрать необходимые данные и внести их в листок регистрации.

По полученным данным построить диаграмму разброса и провести анализ диаграммы. Иногда желательно получить количественную оценку тесноты или силы связи между случайными величинами.

Особенности метода. Диаграмма разброса – это точечная диаграмма в виде графика, получаемого путем нанесения в определенном масштабе экспериментальных, полученных в результате наблюдений точек. Координаты точек на графике соответствуют значениям рассматриваемой величины и влияющего на него фактора. Расположение точек показывает наличие и характер связи между двумя переменными (например, скорость и расход бензина, или выработанные часы и выход продукции).

По полученным экспериментальным точкам могут быть определены и числовые характеристики связи между рассматриваемыми случайными величинами: *коэффициент корреляции* и *коэффициенты регрессии*.

Таким образом, *диаграмма разброса* – это графический способ изучения соотношения между двумя переменными (которые существуют попарно) и выяснения, имеется ли между ними связь и насколько она сильна.

На этой диаграмме парные данные изображают в виде *облака точек*. Соотношения между двумя переменными определяют из формы этих облаков. Плотность и расположение облаков показывают, как эти переменные влияют друг на друга. Если величина одной из них как-то влияет на величину другой, между ними существует корреляция. Положительная зависимость между двумя переменными означает, что рост одной из них связан с увеличением другой, отрицательная – что рост одной обусловлен уменьшением другой.

Шесть наиболее часто встречающихся форм облаков показаны на рисунке 21. На рис. 21 *а* четко просматривается прямая корреляция между x и y. В этом случае при осуществлении контроля за причинным фактором x можно управлять значением параметра качества y.

На рис. 21 *б* показан пример обратной (отрицательной) корреляции. При увеличении x характеристика y уменьшается. Если причинный фактор x находится под контролем, характеристика y остается стабильной.

На рис. 21 *в* приведен пример также прямой корреляции. При увеличении x увеличивается также y, но разброс y велик по отношению к определенному значению x. Поэтому такую корреляцию называют *легкой*. В этом случае с помощью контроля причинного фактора x можно до некоторой степени держать под контролем характеристику y, но необходимо также иметь в виду и другие факторы, оказывающие влияние на y.

На рис. 21 *г* показан случай легкой обратной корреляции, когда при увеличении x характеристика y уменьшается, но при этом велик разброс значений y, соответствующих фиксированному значению x.

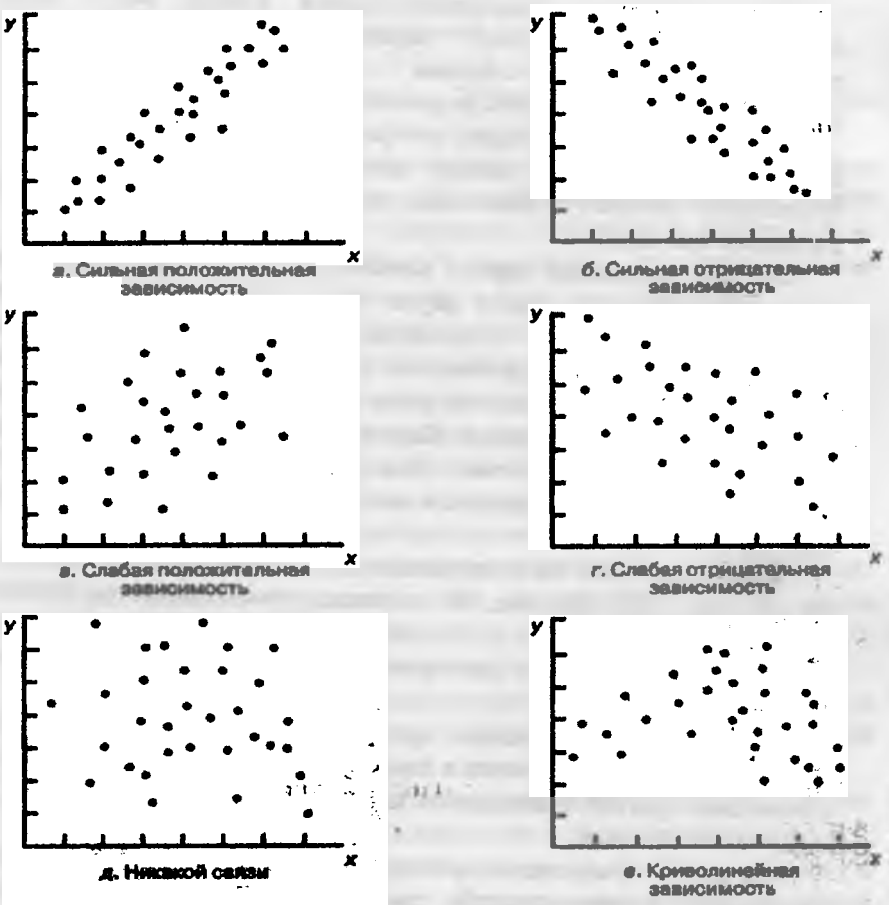


Рисунок 21 - Шесть наиболее часто встречающихся форм облаков

На рис. 21 *д* показан пример отсутствия корреляции, когда никакой выраженной зависимости между *x* и *y* не наблюдается. В этом случае необходимо продолжить поиск факторов, коррелирующих с *y*, исключив из этого поиска фактор *x*.

Между параметрами *x* и *y* возможны также случаи криволинейной корреляции рис. 21 *е*. Если при этом диаграмму разброса можно разделить на участки, имеющие прямолинейный характер, то проводят такое разделение и исследуют каждый участок в отдельности, как прямолинейную корреляцию.

Последовательность шагов при построении диаграммы разброса:

1. Соберите 30-50 пар данных, относящихся к двум взаимосвязанным переменным (причине и следствию), соотношение между которыми нужно проанализировать;

2. Нарисуйте горизонтальную (x) и вертикальную (y) оси. Обычно значения причины откладываются по оси x, а значения следствия – по оси y. Оси должны быть примерно одинаковой длины.

3. Обозначьте оси, дайте диаграмме название и укажите источник данных, дату и ответственных лиц;

4. Нанесите на диаграмму парные данные (x,y), отмечая на ней каждую точку. Если пары данных имеют одинаковые значения, обведите эти точки кружочком;

5. Чтобы определить характер и силу связи между переменными, изучите форму облака точек на диаграмме.

Пример: Нью-Йоркская компания Florens Ice Cream получила интересное предложение от одного поставщика мороженого. Он приступает к выпуску нового сорта мороженого, который уже успел понравиться покупателям и продажа которого, похоже, принесет большую прибыль. Если Florens закажет много этого мороженого, ей придется установить дополнительный холодильник. Известно, что пробные продажи нового мороженого проводились в теплую погоду, и руководители Florens опасаются, что, когда похолодает, оно будет продаваться хуже. Вот почему они решили выяснить, есть ли связь между продажами мороженого и максимальной дневной температурой. Каждый день в течение четырех недель сотрудники компании регистрировали объемы продаж и сравнивали их с максимальными дневными температурами. Построенная на этой основе диаграмма разброса представлена на рисунке 22.

Из диаграммы видно, что рост выручки от продажи мороженого вряд ли зависит от повышения дневной температуры. Поэтому Florens может спокойно устанавливать дополнительный холодильник и закупать мороженое, возможно, предварительно проанализировав, какое влияние на продажи оказываю другие факторы. Так построение диаграммы разброса позволило руководству компании принять важное решение.

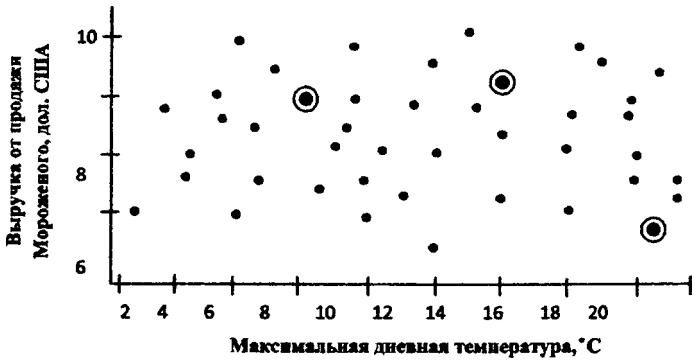


Рисунок 22 - Пример диаграмма разброса

Достоинства метода: наглядность и простота оценки связей между двумя переменными.

Недостатки метода: оценке диаграммы следует привлекать тех, кто владеет информацией о продукции, чтобы исключить неправильное использование этого инструмента.

8.4 Диаграмма Исикавы

Другие названия метода: "Причинно-следственная диаграмма" ("рыбий скелет"). Автором метода является японский ученый К. Исикава, 1952 г.

Применяется при разработке и непрерывном совершенствовании продукции. Диаграмма Исикавы – инструмент, обеспечивающий системный подход к определению фактических причин возникновения проблем.

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа *причина – следствие* (результат). Мы можем определить структуру или характер этих многофакторных отношений благодаря систематическим наблюдениям. Трудно решить сложные проблемы, не зная этой структуры, которая представляет собой цепь причин и результатов. Диаграмма причин и следствий – средство, позволяющее выразить эти отношения в простой и доступной форме (рис. 23).

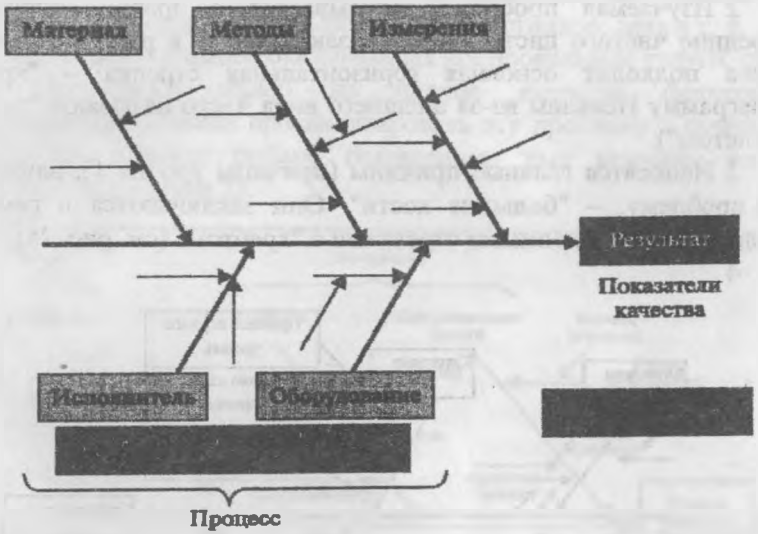


Рисунок 23 - Причинно-следственная диаграмма Исикавы

Диаграмма позволяет в простой и доступной форме систематизировать все потенциальные причины рассматриваемых проблем, выделить самые существенные и провести поуровневый поиск первопричины.

План действий. В соответствии с известным принципом Парето, среди множества потенциальных причин (причинных факторов, по Исикаве), порождающих проблемы (следствие), лишь две-три являются наиболее значимыми, их поиск и должен быть организован. Для этого осуществляется:

сбор и систематизация всех причин, прямо или косвенно влияющих на исследуемую проблему;

- группировка этих причин по смысловым и причинно-следственным блокам;
- ранжирование их внутри каждого блока;
- анализ получившейся картины.

Общие правила построения .

1 Прежде чем приступать к построению диаграммы, все участники должны прийти к единому мнению относительно формулировки проблемы.

2 Изучаемая проблема записывается с правой стороны в середине чистого листа бумаги и заключается в рамку, к которой слева подходит основная горизонтальная стрелка – "хребет" (диаграмму Исикавы из-за внешнего вида часто называют "рыбьим скелетом").

3 Наносятся главные причины (причины уровня 1), влияющие на проблему, – "большие кости". Они заключаются в рамки и соединяются наклонными стрелками с "хребтом" (см. рис. 24).

4

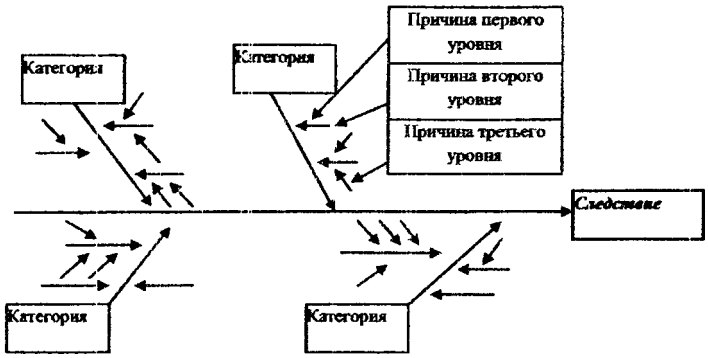


Рисунок 24 - Построение графика причинно-следственной зависимости

5 Далее наносятся вторичные причины (причины уровня 2), которые влияют на главные причины ("большие кости"), а те, в свою очередь, являются следствием вторичных причин. Вторичные причины записываются и располагаются в виде "средних костей", примыкающих к "большим". Причины уровня 3, которые влияют на причины уровня 2, располагаются в виде "мелких костей", примыкающих к "средним", и т. д. (Если на диаграмме приведены не все причины, то одна стрелка оставляется пустой).

6 При анализе должны выявляться и фиксироваться все факторы, даже те, которые кажутся незначительными, так как цель схемы – отыскать наиболее правильный путь и эффективный способ решения проблемы.

7 Причины (факторы) оцениваются и ранжируются по их значимости, выделяя особо важные, которые предположительно оказывают наибольшее влияние на показатель качества.

8 В диаграмму вносится вся необходимая информация: ее название; наименование изделия; имена участников; дата и т. д.

Пример: Компания, оказывающая копировальные услуги, стала получать много жалоб на плохое качество фотокопий. Управляющие решили проанализировать эту проблему с помощью диаграммы «скелет рыбы». Выявленные ими причины жалоб показаны на рисунке 25.

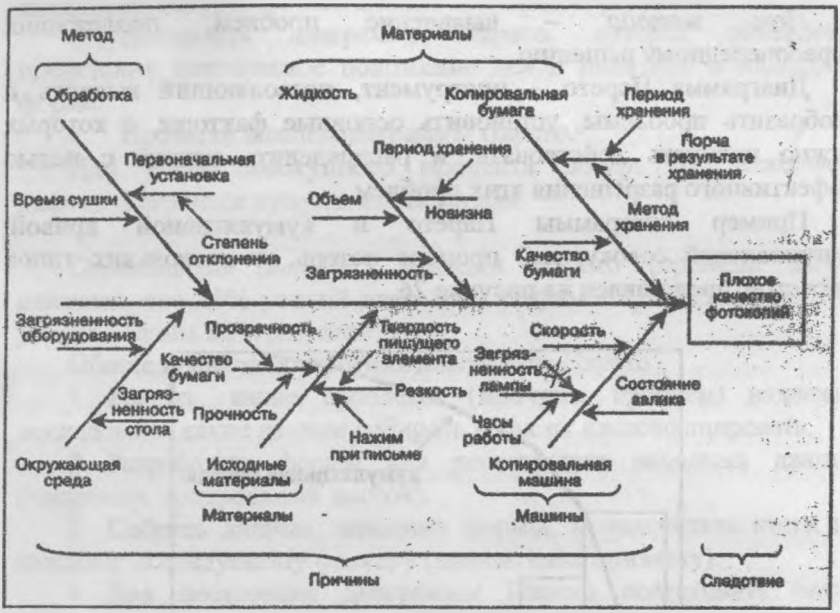


Рисунок 25 - Пример диаграммы «скелет рыбы»

Достоинства метода: данная диаграмма Исикавы позволяет:

- стимулировать творческое мышление;
- представить взаимосвязь между причинами и сопоставить их относительную важность.

Недостатки метода:

- Не рассматривается логическая проверка цепочки причин, ведущих к первопричине, т. е. отсутствуют правила проверки в обратном направлении от первопричины к результатам.
- Сложная и не всегда четко структурированная диаграмма не позволяет делать правильные выводы.

8.5 Диаграмма Парето

Авторы метода: В. Парето (Италия), 1897 г, М. Лоренц (США), 1979 г.

Метод применяется практически в любых областях деятельности. Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил диаграмму Парето в состав семи методов контроля качества.

Цель метода – выявление проблем, подлежащих первоочередному решению.

Диаграмма Парето – инструмент, позволяющий выявить и отобразить проблемы, установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать, и распределить усилия с целью эффективного разрешения этих проблем.

Пример диаграммы Парето и кумулятивной кривой, учитывающей совокупный процент потерь от нескольких типов дефектов, представлен на рисунке 26.

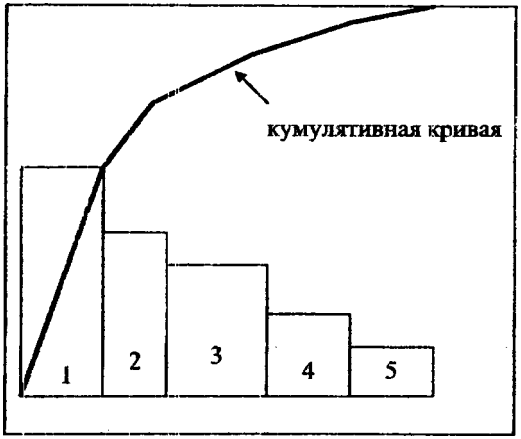


Рисунок 26 - Диаграмма Парето (1, 2, 3, 4, 5 - типы дефектов)

Различают два вида диаграмм Парето:

1 по результатам деятельности – предназначена для выявления главной проблемы нежелательных результатов деятельности;

2 по причинам – используется для выявления главной причины проблем, возникающих в ходе производства.

План действий.

- Определить проблему, которую надлежит решить.
- Учесть все факторы (признаки), относящиеся к исследуемой проблеме.
- Выявить первопричины, которые создают наибольшие трудности, собрать по ним данные и проранжировать их.
- Построить диаграмму Парето, которая объективно представит фактическое положение дел в понятной и наглядной форме.
- Провести анализ диаграммы Парето.

Для учета совокупного процента потерь от нескольких дефектов строится кумулятивная кривая.

Особенности метода: принцип Парето (принцип 20/80) означает, что 20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий – лишь 20% результата.

Общие правила построения диаграммы Парето

1 Решить, какие проблемы (причины проблем) надлежит исследовать, какие данные собирать и как их классифицировать.

2 Разработать формы для регистрации исходных данных (например, контрольный листок).

3 Собрать данные, заполнив формы, и подсчитать итоги по каждому исследуемому фактору (показателю, признаку).

4 Для построения диаграммы Парето подготовить бланк таблицы, предусмотрев в нем графы для итогов по каждому проверяемому фактору в отдельности, накопленной суммы числа появлений соответствующего фактора, процентов к общему итогу и накопленных процентов.

5 Заполнить таблицу, расположив данные, полученные по проверяемому фактору, в порядке убывания значимости.

6 Подготовить оси (одну горизонтальную и две вертикальные линии) для построения диаграммы. Нанести на левую ось ординат шкалу с интервалами от 0 до общей суммы числа выявленных факторов, а на правую ось ординат - шкалу с интервалами от 0 до 100, отражающую процентную меру фактора. Разделить ось абсцисс на интервалы в соответствии с числом исследуемых факторов или относительной частотой.

7 Построить столбиковую диаграмму. Высота столбца (откладывается по левой шкале) равна числу появлений соответствующего фактора. Столбцы располагают в порядке убывания (уменьшения значимости фактора). Последний столбец характеризует "прочие", т. е. малозначимые факторы, и может быть выше соседних.

8 Начертить кумулятивную кривую (кривую Парето) - ломаную, соединяющую точки накопленных сумм (количественной меры факторов или процентов). Каждую точку ставят над соответствующим столбцом столбиковой диаграммы, ориентируясь на его правую сторону.

9 Нанести на диаграмму все обозначения и надписи.

10 Провести анализ диаграммы Парето.

Пример: Управляющего гостиницей стало беспокоить число жалоб, поступающих от клиентов, и он решил изучить важнейшие проблемы, чтобы принять необходимые меры. Вместе со своими служащими управляющий разработал форму контрольного листка, где указывались все известные проблемы по каждому подразделению. В течение следующих четырех недель служащие регистрировали жалобы клиентов, используя контрольный листок, форма которого представлена ниже (см.табл.7).

Таблица 7 - Собранные данные

Ресторан		**Конференц-зал**	
1	**2**	**3**	**4**
Вид жалоб	**Число жалоб**	**Вид жалоб**	**Число жалоб**
Холодная еда Медленное обслуживание В вине крошки от пробки Пища пережарена Грубость персонала				
			|||| ||||	Неисправное оборудование Подача кофе с опозданием Мало продуктов Слишком холодно Грубость персонала				
			||||

Рекреационный центр		Номера	
1	2	3	4
Вид жалоб	**Число жалоб**	**Вид жалоб**	**Число жалоб**
Грязно	||	Кровати не убираются	
Отсутствие удобств		Слишком холодно	|||| |
Холодная вода в бассейне		Грязно	
Слишком много народу		Телевизор не работает	|
Неисправное оборудование	|	Нет полотенец	||||
Грубость персонала		Шумно	

Соответствующая диаграмма Парето показана на рисунке 27. За весь период изучения было зарегистрировано 40 жалоб. Из диаграммы Парето видно, что 80% жалоб было связано с пятью из 23 возможных причин. К числу этих причин (в порядке убывания их значимости) относятся: «медленное обслуживание в ресторане», «подача кофе с опозданием в конференц-зале», «плохая уборка номеров», «грубость персонала ресторана», «невозможность отдохнуть в номере из-за шума». Таким образом, выяснилось, что именно эти проблемы и нужно решить в первую очередь.

С целью немедленного определения причин брака и осуществления оперативных мероприятий по их устранению, диаграмму Парето необходимо строить периодически (не реже одного раза в месяц).

Достоинства метода: простота и наглядность делают возможным использование диаграммы Парето специалистами, не имеющими особой подготовки.

Сравнение диаграмм Парето, описывающих ситуацию до и после проведения улучшающих мероприятий, позволяют получить количественную оценку выигрыша от этих мероприятий.

Недостатки метода: при построении сложной, не всегда четко структурированной диаграммы возможны неправильные выводы.

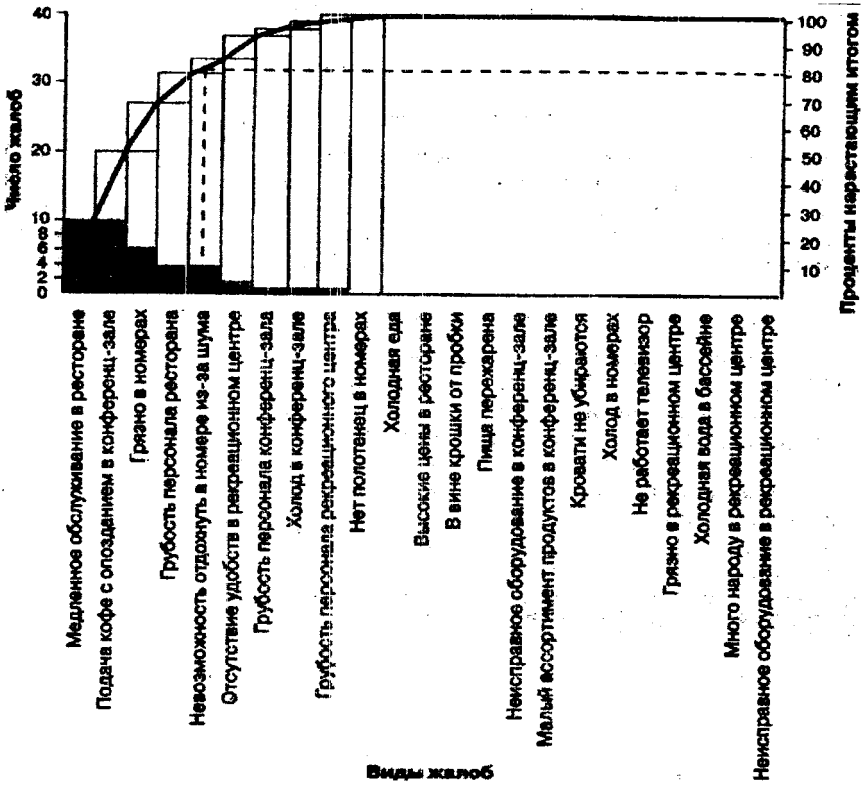


Рисунок 27 - Пример диаграмма Парето

8.6 Гистограммы

Автор метода: А.М. Гэри (Франция), 1833 г.

Гистограмма - один из инструментов статистического контроля качества. Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил гистограммы в состав семи методов контроля качества.

Цель метода – контроль действующего процесса и выявление проблем, подлежащих первоочередному решению.

Один из наиболее распространенных методов, помогающих интерпретировать данные по исследуемой проблеме.

Благодаря графическому представлению имеющейся количественной информации, можно увидеть закономерности,

трудно различимые в простой таблице с набором цифр, оценить проблемы и найти пути их решения.

Для осмысления качественных характеристик изделий, процессов, производства (статистических данных) и наглядного представления тенденции изменения наблюдаемых значений применяют графическое изображение статистического материала, т. е. строя гистограмму распределения.

Гистограмма плотности распределения – это столбиковая диаграмма, которая показывает, как данные распределяются по группам значений. Собранные данные представляют в виде ряда прямоугольников, одинаковых по ширине и различающихся по высоте. Анализ характера изменения высот позволяет оценить динамику процесса (рисунок 28).

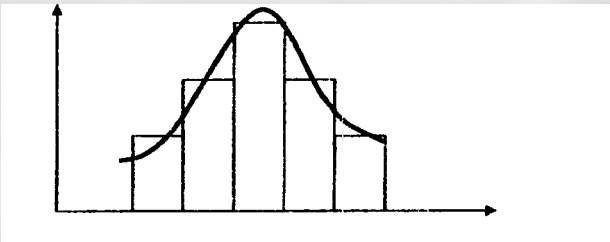


Рисунок 28 - Гистограмма плотности распределения

Последовательность шагов при построении гистограммы:

1 Проведите необходимые измерения и подсчитайте, сколько значений показателей вы получили;

2 Определите разброс данных вычитанием минимального значения из максимального (т.е. определяем размах);

3 Разбейте эти значения на группы (или интервалы) и подсчитайте число значений в каждом интервале. Следуйте при этом указаниям таблицы 8. Если вы например, получили 110 значений показателей, то их можно разделить минимум на 7, а максимум - на 12 интервалов.

4 Определите число значений в каждом интервале (ширину интервала) следующим образом:

- делением разброса на минимальное число интервалов;
- делением разброса на максимальное число интервалов;
- выбором числа значений в интервале как средней из этих двух цифр;

Таблица 8 - Указания для построения гистограммы

Число значений	Число интервалов
Менее 50	5 – 7
50 – 100	6 – 10
100 – 250	7 – 12
Более 250	10 - 20

5. Составьте таблицу плотности распределения всех значений;

6. Постройте на основе таблицы плотности распределения гистограмму плотности распределения. Отметьте границы интервалов на горизонтальной оси и частоты – на вертикальной оси;

7. Подпишите гистограмму и укажите рядом число значений.

Пример: Управляющий людскими ресурсами одной организации решил проанализировать, сколько времени уходит на подбор административных работников с момента возникновения вакансии до найма нового служащего. Он изучил архивы своего отдела и записал, сколько рабочих дней занимала каждый раз эта процедура.

Время, затраченное на подбор новых служащих (в рабочих днях):
32 27 27 36 31 31 19 38 12 28 25 33 48 44 16 34 21 28 27 59 31 31 39 36 57 53 29 36 47 39 26 41 34 38 42 41 13 22 37 21 27 31 21 29 24 29 17 18 26 22 19 33 26 32 21

Далее он выполнил следующие расчеты:

Число значений показателя = 55 (число интервалов – от 6 до 10);

Размах = 59-12 = 47.

Ширина интервала (число значений в нем) меньше 7,8 (47 разделить на 6) и больше 4,7 (47 разделить на 10). Управляющий выбирает ширину интервала, равную 5. Затем он составляет таблицу плотности распределения (см. табл.9) и строит на ее основе соответствующую гистограмму (см. рис. 29).

Эта гистограмма показывает, что в большинстве случаев процедура подбора служащих занимала от 25 до 29 дней (интервал 4).

Таблица 9 - Таблица плотности распределения

Интервал	Границы	Число значений	Частота
1	10-14	||	2
2	15-19	||||	5
3	20-24	|||| |	7
4	25-29	|||| ||| ||	13
5	30-34	|||| ||| |	11
6	35-39	|||| |||	8
7	40-44	||||	4
8	45-49	||	2
9	50-54	|	1
10	55-59	||	2
Итого:			55

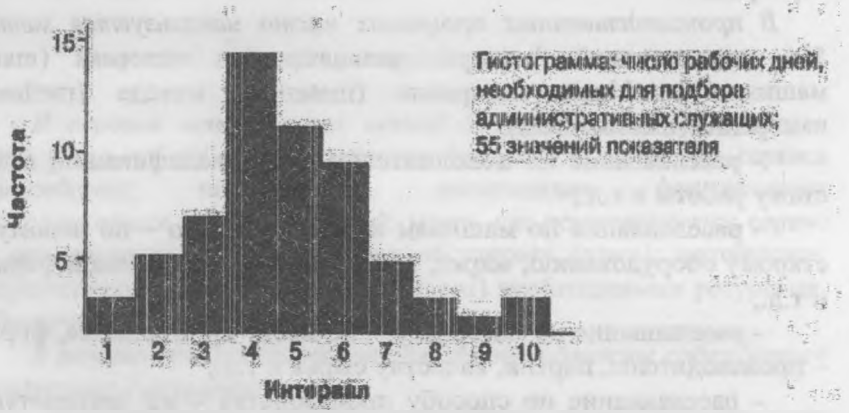


Рисунок 29 - Гистограмма плотности распределения

Достоинства метода:

- Наглядность, простота освоения и применения.
- Управление с помощью фактов, а не мнений.
- Позволяет лучше понять вариабельность, присущую процессу, глубже взглянуть на проблему и облегчить нахождение путей ее решения.

Недостатки метода: интерпретация гистограммы, построенная по малым выборкам, не позволяет сделать правильные выводы.

8.7 Расслоение данных (стратификация)

В основном, стратификация — процесс сортировки данных согласно некоторым критериям или переменным, результаты которого часто показываются в виде диаграмм и графиков, т.е. данные группируют в зависимости от условий их получения и производят обработку каждой группы данных в отдельности.

Мы можем классифицировать массив данных (генеральную совокупность) в различные группы (или категории) с общими характеристиками, называемыми переменной стратификации. Важно установить, которые переменные будут использоваться для сортировки.

В производственных процессах часто используется метод 5М, учитывающий факторы, зависящие от человека (man); машины (machine); материала (material); метода (method); измерения (measurement).

- расслаивание по исполнителям – по квалификации, полу, стажу работы и т.д.;

- расслаивание по машинам и оборудованию – по новому и старому оборудованию, марке, конструкции, выпускаемой фирмы и т.д.;

- расслаивание по материалу - по месту производства, фирме – производителю, партии, качеству сырья и т.д.;

- расслаивание по способу производства – по температуре, технологии, месту производства и т.д.;

- расслаивание по измерению – по методу измерения, типу измерительных средств, их точности и т.д.

На рисунке 30 приведен пример анализа источника возникновения дефектов. Все дефекты (100%) были классифицированы на четыре категории – по поставщикам, по операторам, по смене и по оборудованию. Из анализа представленных данных наглядно видно, что наибольший вклад в наличие дефектов вносит в данном случае «поставщик 1».

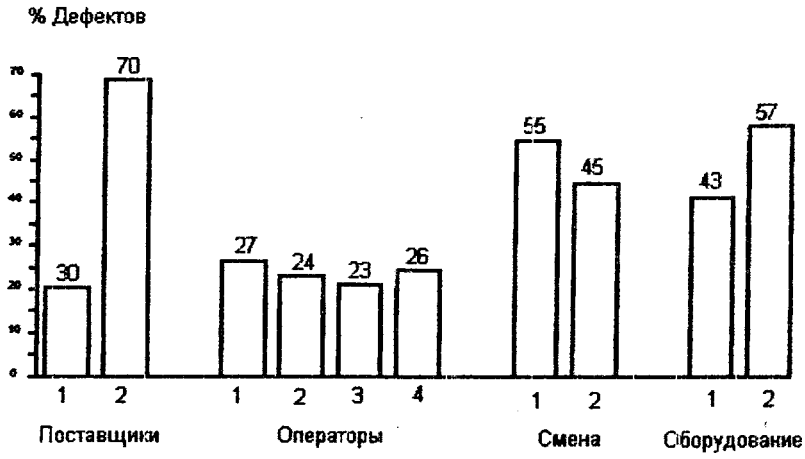


Рисунок 30 – Метод стратификации (расслоения данных)

В сервисе используется метод 5P, учитывающий факторы, зависящие от работников сервиса (peoples); процедур сервиса (procedures); потребителей, являющихся фактическими покровителями сервиса (patrons); места, где осуществляется сервис и определяется его окружающая обстановка (place); поставщики, осуществляющие снабжение (provisions) необходимыми ресурсами, обеспечивающими выполнение сервиса.

В результате расслаивания обязательно должны соблюдаться следующие два условия:

- различия между значениями случайной величины внутри слоя (дисперсия) должны быть как можно меньше по сравнению с различием его значений в нерасслоенной исходной совокупности;
- различие между слоями должно быть как можно больше.

Контрольные вопросы

1 Какие семь простых инструментов контроля качества вам известны?

2 В чем особенности семи инструментов контроля качества?

3 Какие методы сбора статистической информации Вы знаете?

4 Для каких целей используются контрольные листки? Опишите последовательность шагов построения.

5 Какой порядок сбора информации при составлении контрольного листка?

6 Приведите правила проведения мозговой атаки.

7 Как составляется маршрутная карта, и в каких случаях она применяется?

8 Какие шаги включает в себя построение маршрутной карты?

9 Для каких целей используют диаграмму разброса? Опишите последовательность шагов построения.

10 Для каких целей используются диаграмма Исикавы? Опишите последовательность шагов построения.

11 В чем особенность диаграммы Парето как инструмента контроля качества?

12 Для каких целей используются диаграмму Парето? Опишите последовательность шагов построения.

13 Для каких целей используют гистограмму? Опишите последовательность шагов построения.

14 Для каких целей используют метод стратификации? Опишите последовательность шагов построения.

9 СЕМЬ НОВЕЙШИХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

9.1 Основные понятия

Рассмотренные прежде семь японских методов предназначены для анализа количественной информации. Они позволяют решить до 95 % проблем связанных с качеством. Однако при создании например, нового продукта не все факторы имеют численную природу. Существуют факты, которые поддаются лишь словесному описанию. Они составляют примерно 5% проблем в области управления процессами, коллективами и при их решении на ряду со статистическими методами необходимо использовать результаты операционного анализа, психологии и другие.

Поэтому Союз Японских ученых и инженеров разработал *7 новейших инструментов*, которые позволяют решить указанные проблемы. Эти инструменты были собраны вместе и предложены Японским Союзом в 1979 году. К ним относятся:

1) Диаграмма сродства;
2) Диаграмма зависимостей;
3) Системная (древовидная) диаграмма;
4) Матричная диаграмма;
5) Стрелочная диаграмма;
6) Диаграмма планирования оценки процесса;
7) Анализ матричных данных.

Сбор исходных данных для инструментов качества обычно осуществляют методом *мозгового штурма*, который осуществляется с помощью специалистов.

Сфера применения этих методов: управление качеством, делопроизводство, обучение, подготовка кадров и др.

Применение «диаграммы сродства»

Автор метода: Дзиро Кавакита (Япония), 1967 г.

Диаграмма сродства – инструмент, позволяющий выявить основные нарушения процесса путем объединения сродственных устных данных. Это метод группировки множества аналогичных или взаимосвязанных идей, генерированных в ходе «мозгового штурма». Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил диаграмму сродства в состав семи методов управления качеством.

Цель метода – систематизация и упорядочение идей, потребительских требований или мнений членов групп, высказанных в связи с решением какой-либо проблемы. Диаграмма сродства обеспечивает общее планирование. Это творческий инструмент, который помогает уяснить нерешенные проблемы, раскрывая ранее невидимые связи между отдельными частями информации или идеями, путем сбора из разных источников бессистемно изложенных устных данных и их анализа по принципу взаимного сродства (ассоциативной близости).

План действий:

1 Сформировать команду из специалистов, владеющих вопросами по обсуждаемой теме.

2 Сформулировать вопрос или проблему в виде развернутого предложения.

3 Провести "мозговую атаку", связную с основными причинами существования проблемы или ответов на поставленные вопросы.

4 Зафиксировать все высказывания на карточках, сгруппировать родственные данные по направлениям и присвоить заголовки каждой группе. Попробовать объединить какие-либо из них под общим заголовком, создавая иерархию.

Принципы создания диаграммы сродства и определения основных нарушений процесса с целью принятия мер по их устранению приведены на рис. 31. Как видно из рисунка, диаграмма сродства является творческим средством организации больших количеств устных данных.

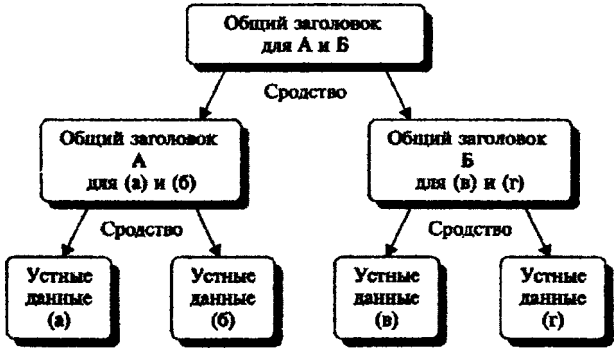


Рисунок 31 - Принцип построения диаграммы сродства

Дополнительная информация:

Диаграмма сродства используется в работе не с конкретными числовыми данными, а со словесными высказываниями.

Диаграмму сродства следует применять, главным образом, когда:

- необходимо систематизировать большое количество информации (различных идей, разных точек зрения и т. д.);
- ответ или решение не всем абсолютно очевиден;
- принятие решения требует согласия среди членов команды (а воз- можно, и среди других заинтересованных лиц), чтобы эффективно работать.

*Достоинства метода: р*аскрывает родство между различными частями информации.

Процедура создания диаграммы сродства позволяет членам команды выйти за рамки привычного мышления и способствует реализации творческого потенциала команды.

*Недостатки метода: п*ри наличии большого числа объектов (начиная с нескольких десятков) инструменты творчества, в основе которых лежат ассоциативные способности человека, уступают инструментам логического анализа.

Диаграмма сродства – первый из инструментов среди семи методов управления качеством, который способствует выяснению более точного понимания проблемы и позволяет выявлять основные нарушения процесса путем сбора, обобщения и анализа большого числа устных данных на основе родственных (близких) отношений между каждым элементом.

9.2 Применение «Диаграммы взаимосвязей»

Диаграмма взаимосвязей предназначена для ранжирования родственных факторов (условий, причин, показателей и др.) по силе связанности между ними.

Рекомендуемый порядок построения (в результате мозгового штурма):

1) необходимо записать каждую проблему на отдельный листок и прикрепить эти листки по кругу;

2) необходимо начать с верхнего листка и двигаясь по часовой стрелке, задаваясь вопросом имеется ли между этими двумя

проблемами связь. Если имеется, то какое событие является причиной;

3) нарисовать стрелки между двумя событиями, показывая направления влияния;

4) подсчитать число стрелок исходящих из каждого события;

5) исходным является, тот из которого выходят больше стрелок.

Пример: Диаграмма взаимосвязей для выявления причин увеличения травматизма на производстве На рис. 32 показан пример ДВ, отражающей результаты анализа взаимосвязей причин высокого травматизма на производстве.



Рисунок 32 - Пример диаграммы взаимосвязей

Рассмотренная ранее диаграмма Исикавы позволяет выявить факторы влияющие на какую либо проблему. Диаграмма взаимосвязей даёт возможность структурировать их по признаку их важности.

Таким образом, из данной диаграммы видно, что основными причинами увеличения травм в ходе производства являются: отсутствие командной работы и недостаточно обученный персонал.

9.3 Системная (древовидная) диаграмма

Диаграмма дерева исследует все возможные причины на основании множества последовательных шагов.

Эта диаграмма используется в качестве метода системного определения оптимальных средств решения возникших проблем и строится в виде многоступенчатой древовидной структуры, элементами которой являются различные средства и способы решения. Как правило, иерархические структуры типа «дерево». Применяется для анализа возможности решения некоторой сложной проблемы.

Древовидная диаграмма может использоваться в случаях:

- когда неясно сформированные пожелания потребителя в отношении продукта преобразуются в пожелания потребителя на управляемом уровне;
- когда необходимо исследовать все возможные части, касающиеся проблемы;
- когда краткосрочные цели должны быть достигнуты раньше результатов всей работы, т.е. на этапе проектирования.

На рис. 33 показан принцип построения древовидной диаграммы.



Рисунок 33 - Принцип построения древовидной диаграммы

Последовательность шагов при построении древовидной диаграммы следующая:

1 Ясно и просто определите предмет, который необходимо изучить;

2 Определите его основные составные части;

3 Нарисуйте схему: поместите прямоугольник с названием предмета слева, а прямоугольники с названиями его составных частей – справа;

4 Определите, из чего состоят эти основные части, при необходимости – и части этих частей;

5 Расположите на схеме эти более мелкие части в прямоугольниках справа от более крупных частей;

6 Проверьте диаграмму, чтобы убедиться, что вы ничего не пропустили ни в плане логики, ни в плане последовательности.

9.4 Применение «Матричной диаграммы»

Матричная диаграмма – инструмент, выявляющий важность различных связей, является сердцем семи инструментов управления. Этот инструмент служит для организации огромного количества данных, так что *логические связи* между различными элементами могут быть графически проиллюстрированы.

Целью матричной диаграммы является изображение контура связей и корреляций между задачами, функциями и характеристиками с выделением их относительной важности. Поэтому матричная диаграмма в конечном виде выражает соответствие определенных факторов и явлений различным причинам их появления и средствам устранения их последствий, а также показывает степень зависимостей этих факторов от причин их возникновения и мер по их устранению (рис. 34).

A	B					
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
a_1						
a_2						
a_3						
a_4						
a_5						
a_6						

Рисунок 34 - Матричная диаграмма

a_1, a_2...a_i и $в_1$, $в_2$... $в_j$ – компоненты исследуемых объектов А и В, которые характеризуются различной теснотой связей:

сильные - □ средние - ⬭ слабые - ▭

Они показывают наличие и тесноту связей компонентов, например причины А с компонентами фактора В. Связь между компонентами А и В на матрицах связей отображается с помощью специальных символов, характеризующих степень тесноты этих связей. Если в строке матрицы связей отсутствует какой-либо символ, то это означает, что связь между данной компонентой a_i и всеми компонентами В отсутствует. Если символ отсутствует в столбце матрицы, то, следовательно, компонента $в_j$, соответствующая столбцу, не влияет ни на одну из причин в соответствующей строке.

9.5 Стрелочная диаграмма

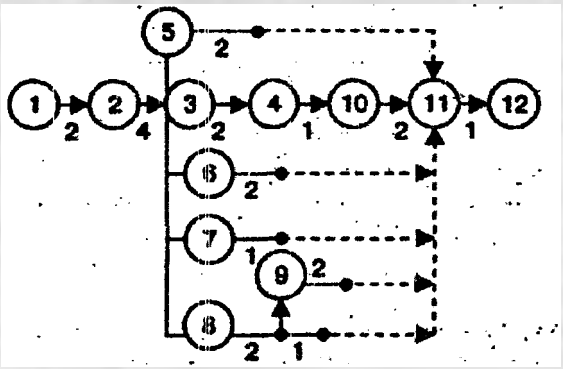
Стрелочная диаграмма – инструмент, позволяющий спланировать оптимальные сроки выполнения всех необходимых работ для скорейшей и успешной реализации поставленной цели. Применение этого инструмента возможно лишь после того, как выявлены проблемы, требующие своего решения, и определены необходимые меры, сроки и этапы осуществления, т.е. после составления первых четырех диаграмм.

Стрелочная диаграмма представляет собой диаграмму хода проведения работ, из которой должны быть наглядно видны порядок и сроки проведения различных этапов изо дня в день. Этот инструмент используется для обеспечения уверенности, что планируемое время выполнения всей работы и отдельных ее этапов по достижению конечной цели является оптимальным.

Этот инструмент широко применяется не только при планировании, но и для последующего контроля за ходом выполнения запланированных работ. Особенно широко этот инструмент применяется при разработке различных проектов и планировании производства. Традиционным методом такого планирования является метод, использующий стрелочную диаграмму либо в виде так называемой диаграммы Ганта (рис. 35), либо в виде сетевого графа (рис. 36).

№ п/п	Операция	Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Фундамент												
2	Остов												
3	Леса												
4	Внешняя отделка дома												
5	Интерьер стен												
6	Водопровод												
7	Электрические работы												
8	Двери и окна												
9	Покраска внутренних стен												
10	Окончание внутренней отделки												
11	Конечная инспекция и сдача												

Рисунок 35 - Планирование постройки дома в течение 12 месяцев по методу диаграммы Ганта



— работа (длина пропорциональна времени);

— макет (показывает связь времени и работы)

Рисунок 36- Сетевой график выполнения постройки дома

На сетевом графе с помощью стрелок наглядно показана последовательность действий и влияние той или иной операции на ход выполнения последующих операций, поэтому сетевой граф более удобен для контроля над ходом выполнения работ, чем диаграмма Ганта.

9.6 Диаграмма планирования осуществления процесса (PDPC)

Если стрелочная диаграмма (СД) применяется для планирования и контроля сравнительно простых отработанных процессов, не имеющих альтернативных вариантов, то PDPC (Process Decision Program Chart — диаграмма планирования осуществления процесса) применяется для планирования, оценки сроков выполнения сложных процессов в области научных исследований, производства новой продукции, решения задач менеджмента со многими неизвестными, когда необходимо предусмотреть различные варианты решений, возможности корректировки программы работ. В этом случае вначале составляют программу и, если на промежуточных этапах ее реализации возникнут отклонения от намеченных пунктов, сосредотачивают внимание на мероприятиях, приводящих процесс в соответствие с программой. В тех случаях, когда в ходе выполнения программы складывается непредвиденная ситуация, которую совершенно нельзя было учесть заранее, необходимо составить новую программу, лишенную прежних недостатков.

В работах по корректировке процесса должны участвовать не только непосредственные исполнители, но и другие лица и подразделения, имеющие отношение к этой области. Это позволяет не упустить время и добиться наибольшего эффекта в реализации планов. На рис. 37 показан пример PDPC – часть диаграммы планирования осуществления процесса получения заказа фирмой-производителем у покупателя (компании Y).

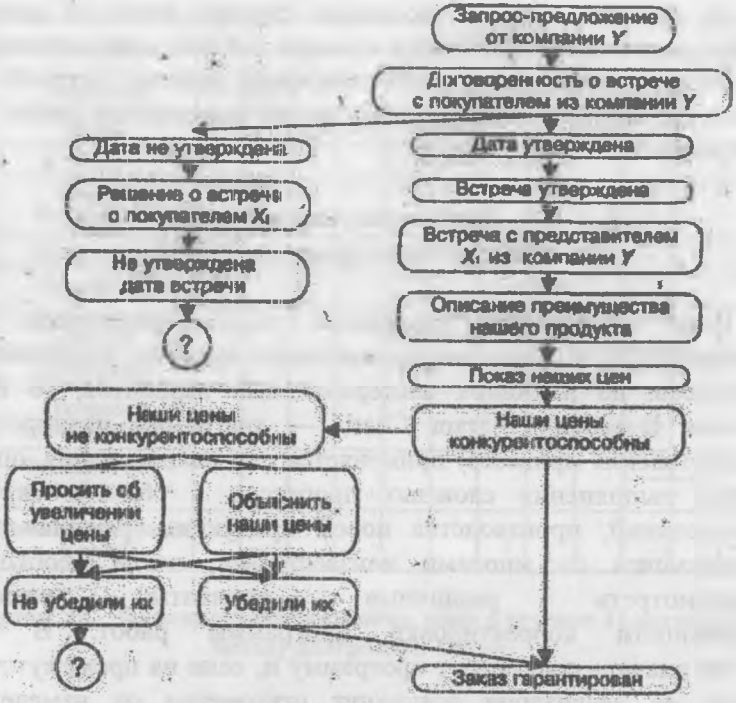


Рисунок- 37 Диаграмма планирования осуществления процесса получения заказа

9.7 Применение «Матрицы приоритетов»

Данный метод наряду с диаграммой взаимосвязей и в определенной степени матричной диаграммой предназначен для *выделения факторов,* имеющих *приоритетное влияние* на изучаемую проблему. Особенностью данного метода является то, что поставленная задача решается путем многофакторного анализа большого числа опытных данных, часто косвенным образом характеризующих изучаемые взаимосвязи. Анализ взаимосвязей между этими данными и изучаемыми факторами позволяет выделить наиболее важные факторы, для которых затем устанавливаются взаимосвязи с выходными показателями изучаемого явления (процесса).

Данный метод требует знания математической статистики, применения вычислительной техники и поэтому используется реже остальных шести новых инструментов контроля качества, ранее рассмотренных.

Таким образом, применение методов и инструментов контроля и управления качеством является непременным условием осуществления эффективной деятельности по обеспечению и управлению качеством в современных условиях. Отечественные предприятия еще достаточно слабо используют в своей практике широко применяемые в развитых странах приемы, однако они в ближайшем будущем неизбежно столкнуться с необходимостью их освоения и применения, так как в условиях рыночных отношений залогом успеха при создании конкурентоспособной продукции является использование научно обоснованных подкрепленных практикой методов управления на основе качества.

Контрольные вопросы

1 В чем особенности семи новейших инструментов контроля качества?

2 С чего нужно начинать внедрение семи новейших инструментов контроля качеством (для конкретного инструмента управления)?

3 В чем принципиальное отличие семи простых инструментов управления от семи новейших инструментов контроля качества?

4 В чем отличие диаграммы Ганта от сетевого графа?

5 Для чего служит PDPC?

6 В чем сложность практического применения матрицы приоритетов для широкого круга людей и в каком случае следует ее применять?

7 Порядок построения диаграммы сродства.

8 Порядок построения диаграммы взаимосвязей.

9 Порядок построения системной (древовидной) диаграммы.

10 Порядок построения матричной диаграммы.

11 Предназначение матрицы приоритетов.

12 Предназначение стрелочной диаграммы.

13 Область применения диаграммы планирования осуществления программы.

10 МЕТОДЫ ТАГУТИ (ТАГУЧИ)

10.1 Основные элементы философии качества Тагути

Известный японский ученый Г. Тагути в 1950-1980-е годы предложил ряд методов оптимизации проектирования продукции и производства, которые позволяют существенно улучшить их качество и широко используются в ряде стран, особенно в Японии и США. К числу наиболее авторитетных фирм, использующих методы Тагути, относятся Toyota, Ford, General Electric.

Гэнити Тагути изучал вопросы совершенствования промышленных процессов и продукции. Он развил идеи математической статистики, относящиеся, в частности, к статистическим методам планирования эксперимента и контроля качества.

Гэнити Тагути в свое время разработал собственную систему, сочетающую инженерные и статистические методы, нацеленную на быстрое повышение экономических показателей компании и качества продукции путем оптимизации конструкции изделий и процессов их изготовления. Эта методология, включающая и общую философию, и набор практических инструментов управления качеством, получила название *"Методы Тагути"*.

В основе методов Тагути лежат известные статистические методы (статистическое планирование экспериментов, метод оптимума номинала и др.). Не все математические предпосылки, лежащие в основе его методов, признаются специалистами бесспорными. Однако, поскольку методы Тагути являются многоступенчатыми, предполагают ряд проверок и корректировок, эти недостатки не снижают их эффективности.

К числу наиболее известных идей Тагути относятся следующие.

1. Качественными считаются только такие изделия, характеристики которых полностью совпадают с их номинальными значениями по чертежу. Любое отклонение приводит к потерям в стоимостном выражении, пропорциональным квадрату этого отклонения. Эта зависимость потерь от отклонений от номинала была названа *функцией потерь качества* (ФПК) и используется для

выбора допусков на продукцию, обеспечивающих равенство потерь производителя и потребителя.

2. При проектировании, изделие и процесс производства можно сделать *робастными*, то есть *устойчивыми*, нечувствительными к различным помехам при эксплуатации и производстве изделия. Главная ответственность за качество лежит на разработчике изделия, а не на организаторах производства.

3. Критерием правильности проектирования является предсказуемость *модели* объекта проектирования, которая оценивается отношением *сигнал/шум* и минимизацией дисперсии выходной характеристики объекта (рассчитывается с помощью дисперсионного анализа).

4. Для оптимизации параметров изделий и процессов следует использовать материальное планирование эксперимента;

К числу наиболее важных принципов Тагути в области качества можно отнести следующие.

1. Важная мера качества изделия — общие потери, которые несет из-за него общество.

2. В конкурентной экономике условиями выживания в бизнесе являются одновременные непрерывные улучшения качества продукции и снижение затрат на ее производство и эксплуатацию.

3. Программа непрерывного улучшения качества включает непрерывное уменьшение разбросов выходных характеристик изделия относительно их заданных номинальных значений.

10.2 Функция потерь Тагути

Главная целевая направленность концепции Тагути – это *повышение качества с одновременным снижением стоимости.*

Традиционно качество и стоимость в статистических методах рассматривались раздельно, при этом качество было главным фактором. То есть, в начале проектирования определялись показатели качества и исследовался разброс; и если разброс не выходил за установленные пределы, то выбранные характеристики принимались. Затем на основании полученных характеристик устанавливалась стоимость. А если стоимость оказывалась выше заданной величины, то путем изменения уровня качества (т.е. показателей качества) снижали стоимость продукции. В отличии от

вышеуказанного подхода при расчётах по методике Тагути главным считалась стоимость.

Тагути предложил измерять качество теми потерями, которые вынуждены нести общество после того как товар изготовлен Ученый не был согласен с общепризнанным определением качества: "нахождение параметров изделий в установленных пределах". Такое определение позволяет считать, что два изделия мало отличаются друг от друга, если параметры одного находятся вблизи границы допуска, а параметры другого - немного выходят за эти границы. Тем не менее первое из них считается "хорошим", а второе - "плохим". В отличие от традиционного подхода, методы Тагути нацелены на обеспечение минимальных отклонений параметров изделий от заданных, при которых не происходит роста затрат, обусловленных качеством. Тагути предлагает оценивать качество величиной ущерба, наносимого обществу, с момента поставки продукции - чем меньше этот ущерб, тем выше качество. Основу его концепции обеспечения качества составляет теория потерь или ущерба от ненадлежащего качества.

Тагути доказал, что стоимость отклонения от целевого значения (номинала) возрастает по квадратичному закону по мере удаления от цели и предусматривает наличие потерь за пределами допуска (рис. 38).

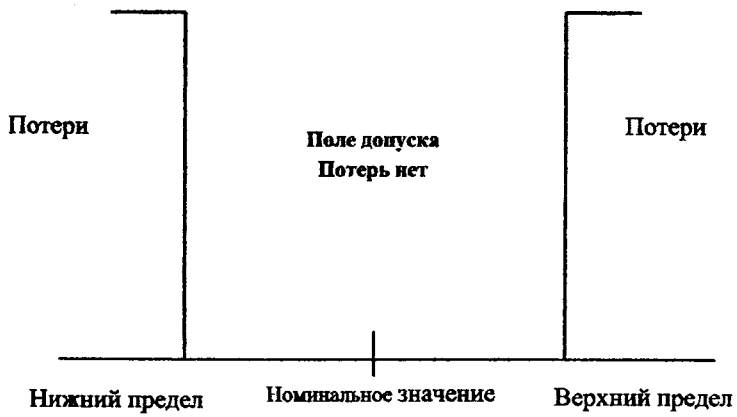


Рисунок 38 - Допусковое мышление

Тагути предложил характеризовать производимые изделия устойчивостью технических характеристик и объединил стоимостные и качественные показатели в так называемую *функцию потерь*, по которой качественными считаются только такие изделия, показатели качества которых полностью совпадают с их номинальными значениями, а всякое отклонение от номинала сопряжено с той или иной потерей качества продукции. Функция одновременно учитывает потери, как со стороны потребителя, так и со стороны производителя.

Функция потерь имеет следующий вид:

$$L(y)=k(y-m)^2, \qquad (45)$$

где L - это потери для общества (величина, учитывающая потери потребителя и производителя от бракованной продукции), выраженные в денежных единицах;

k - константа потерь, определяемая с учетом расходов производителя изделий (затраты на восстановление, ремонт, замену и т.п.);

y – значение параметра;

m - номинальное значение соответствующей функциональной характеристики;

(y-m) - отклонение от номинала.

Очевидно, что чем больше отклонение y от его номинала m, тем больше потери. Это концепция показывает важность непрерывного уменьшения вариаций, уменьшение разброса от номинального разброса. Она учитывается при проектировании продукции с учетом потерь.

Практическое применение функции потерь заключается в том, что она позволяет определить эффективность любого мероприятия, направленного на увеличение качества (рис. 39).

Функция потерь качества является параболой с вершиной (потери равны нулю) в точке наилучшего значения (*номинала*), при удалении от номинала *потери возрастают* и на границе поля достигают своего максимального значения — потери от замены изделия.

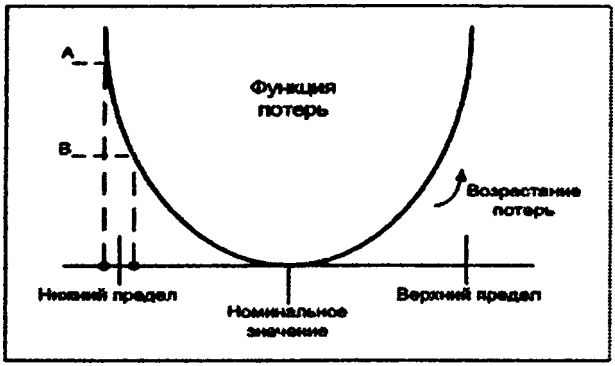


Рисунок 39 - Мышление через функцию потерь

Если производится продукция, соответствующая целевым значениям, это приводит к снижению затрат на качество, уменьшению возможных затрат, связанных с приемочными испытаниями.

Таким образом, согласно концепции Тагути качество изделия зависит от близости к номинальному значению. Когда значения параметра совпадают с номиналом, значение потери равняется нулю.

10.3 Методы проектирования изделий и процессов по Тагути

Тагути разделяет жизненный цикл продукции (ЖЦП) на 2 этапа:

- 1 этап предшествует серийному производству – это научно-исследовательская работа, опытное производство;
- 2 этап – это серийное производство и эксплуатация.

В отличии от принятого подхода предшествующего контролю качества, главным образом на втором этапе, Тагучи считает, что основы качества закладываются на этапе проектирования в начале ЖЦП.

Подход Тагути позволяет построить работы на данном этапе (этапе проектирования) таким образом, чтобы значения характеристики продукции были в наименьшей степени

подвержены разбросу за счет не совершенствования технологии, неоднородности сырья, вариации окружающей среды и других помех неизбежных в производстве.

В качестве значения устойчивости к внешним воздействиям Тагути предложил отношение: "сигнал/шум".

Отношение "сигнал/шум" используется Тагути не только применительно к измерениям, но и в более широком смысле - для проектирования и оптимизации процессов. Отношение "сигнал/шум" стало основным инструментом инжиниринга качества. Это основное понятие, имеющее смысл отношения составляющей "сигнала" на выходе к составляющей "шума".

Внешние "шумы" - это вариации окружающей среды: влажность; пыль; индивидуальные особенности человека и т.д. "Шумы" при хранении и эксплуатации - это старение, износ и т.п.

Внутренние "шумы" - это производственные неполадки, приводящие к различиям между изделиями даже внутри одной партии продукции.

Выделяют два вида факторов:

1) Концептуальные (управляемые). Например, параметры технологического процесса, параметры сырья, то есть, те параметры которыми можно управлять.

2) Шумовые факторы – это случайные факторы, которыми трудно управлять. Например, факторы внешней окружающей среды, напряжение в сети, расположение организации и т.п.

По Тагути необходимо найти такую комбинацию значений управляемых факторов (концептуальных), которая обеспечит проектируемому объекту максимальную устойчивость к «шумам». Для этого необходимо использовать планирование эксперимента с изменением основных и шумовых факторов. При этом целесообразно использование матрицы планирования эксперимента.

Таким образом, методы Тагути позволяют проектировать изделия и процессы нечувствительные к влиянию «шумов». С экономической точки зрения любые, даже самые малые «шумы» уменьшают прибыль, поскольку при этом растут производственные издержки и затраты на гарантийное обслуживание. Такую устойчивость принято называть *робастностью*. Тагути акцентирует внимание на этапах, предшествующих проектированию изделия, поскольку именно на них решается задача достижения робастности.

Контрольные вопросы

1 В чем заключается основная идея концепции Тагути?

2 Что показывает функция потерь?

3 Опишите методы проектирования по Тагути.

4 Что было предложено Тагути в качестве значения устойчивости к внешним воздействиям?

5 В чем различие между концептуальными и шумовыми факторами?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сакато Сиро. Практическое руководство по управлению качеством. – М.: Машиностроение, 1980. – 214 с.

2 Статистические методы повышения качества/Под. ред. Х. Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.

3 Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988.

4 Гиссин В.И. Управление качеством продукции: Учебное пособие. – Ростов на Дону: Феникс, 2000. – 432 с.

5 Николаева Э.К. Семь инструментов качества в японской экономике. – М.: Стандарты, 1990. – 304 с.

6 Леонов И.Г., Аристов О.В. Управление качеством продукции. – М.: Стандарты, 1990.

7 Лифиц И.М. Основы стандартизации, метрологии и управления качеством товаров: Учебник для вузов. – М.: ТОО «Люкс-арт», 1994. – 168 с.

8 Кусакин И.А., Афанасьев Н.М., Хейфец М.Л. Статистические методы управления качеством: Справочное пособие. – Мн.:БелГИСС - Полоцк: ПГУ, 2000. –56с.

9 Р 50-601-19-91. Рекомендации. Применение статистических методов регулирования технологических процессов.

10 СТ РК ГОСТ Р 50779.42-2003 (ИСО 8258-91). Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.

11 СТ РК ГОСТ Р 50779.10-2003 (ИСО 3534.1-93). Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.

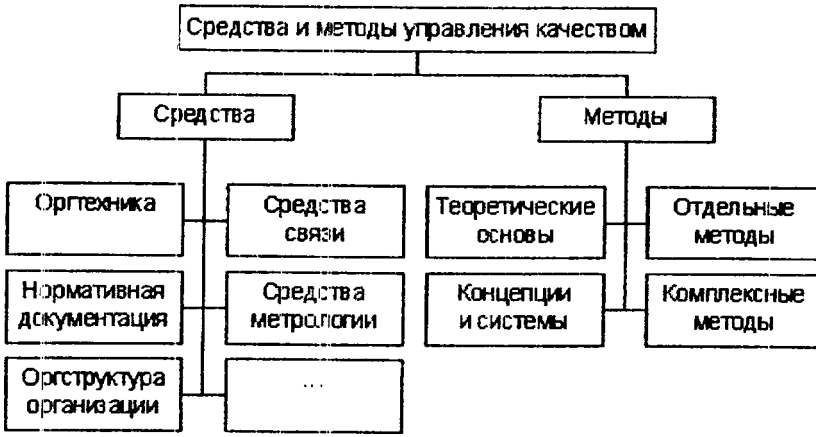
12 СТБ ГОСТ Р 50779.70-2001 (ИСО 2859.0-95).). Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по альтернативному признаку на основе приемлемого уровня качества AQL.

13 СТ РК ГОСТ Р 50779.71-2003 (ИСО 2859.1-89). Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL.

14 ГОСТ Р 50779.74-99 (ИСО 3951-89). Статистические методы. Процедуры выборочного контроля и карты контроля по количественному признаку для процента несоответствующих единиц продукции.

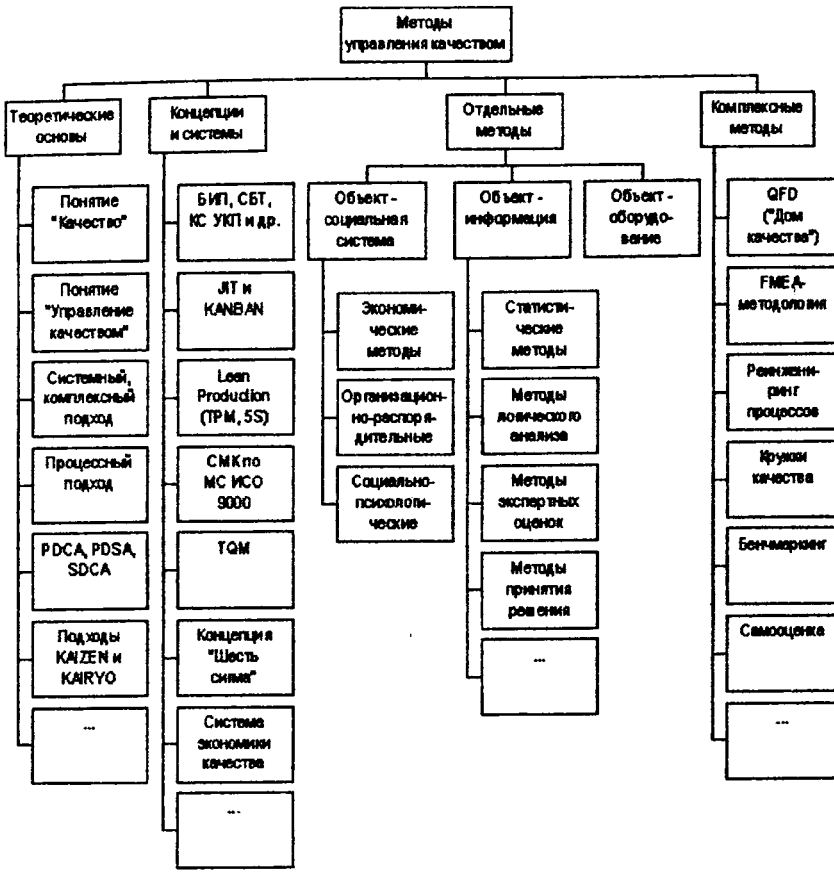
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Классификация средств и методов управления качеством



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Классификация методов управления качеством



Примечание:

Отдельные методы полезно классифицировать по объекту воздействия: информация, социальные системы, оборудование. Последние связаны с особенностями конкретного производственного процесса, включают методы измерений, настройки и др. Управление социальными системами, как правило, подразделяется на экономические, организационно-распорядительные и социально-психологические методы.

Экономические методы управления подразумевают создание экономических условий, побуждающих работников и коллективы предприятий, отделов систематически повышать и обеспечивать необходимый уровень качества. Развитие рыночных отношений требует более широкого использования экономических методов управления качеством. К таким методам могут быть отнесены:

- финансирование деятельности в области управления качеством;
- хозяйственный расчет в подразделениях системы управления качеством;
- экономическое стимулирование производства;
- ценообразование на продукцию и услуги с учетом их уровня качества;
- применение системы оплаты труда и материального поощрения;
- использование экономических мер воздействия на поставщиков;
- бизнес-планирование создания новых и модернизированных видов продукции и услуг.

Организационно-распорядительные методы осуществляются посредством обязательных для исполнения директив, приказов, указаний руководства и других предписаний, направленных на повышение и обеспечение необходимого уровня качества:

- регламентирование (функциональное, должностное, структурное);
- стандартизация;
- нормирование;
- инструктирование (объяснения, разъяснения);
- распорядительное воздействие (на основе приказов, распоряжений, указаний, постановлений и др.).

Социально-психологические методы влияют на социально-психологические процессы, протекающие в трудовых коллективах, для достижения целей в области качества. В области менеджмента качества к ним могут быть отнесены:

- моральное стимулирование высокого качества результатов труда;
- приемы улучшения в коллективе психологического климата (ликвидация конфликтов, подбор и обеспечение психологической совместимости сотрудников);

- учет психологических особенностей членов трудовых коллективов;

- формирование мотивов трудовой деятельности персонала, направленных на достижение требуемого качества;

- сохранение и развитие традиций предприятия по обеспечению необходимого качества;

- способы повышения самодисциплины, ответственности, инициативы и творческой активности каждого члена коллектива.

К статистическим методам управления качеством принято относить не только методы, связанные с обработкой и анализом больших массивов количественных данных, но и отдельные инструменты работы с нечисловой информацией. Например, в группе «Семь основных инструментов контроля качества» гистограмма, стратификация (расслаивание), диаграмма Парето, диаграмма рассеивания (разброса) и контрольные карты предназначены для анализа количественной информации. Причинно-следственная диаграмма систематизирует логические данные, с помощью контрольного листка в числовом виде обобщается информация любого рода. Иногда вместо стратификации в данную группу методов включают блок-схему – графическое представление последовательности выполнения этапов процесса.

«Семь новых инструментов управления качеством» преимущественно работают с логическими и ассоциативными связями, систематизацией факторов и направлений решения проблем. Это диаграммы сродства и связей, диаграммы древовидная, матричная, стрелочная и диаграмма процесса осуществления программы (PDPC). Анализ матричных данных (матрица приоритетов) – математический анализ большого количества числовых данных в виде матриц для выявления приоритетных данных – единственный из семи методов дает количественный результат.

Курмангалиева Дина Бакыт-Кожаевна
Курмангалиева Дана Мырзабековна

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие

Бумага офсетная Формат 60x100 1/16
Плотность 80гр/м^2. Белизна 95%. Печать РИЗО.
Усл.печ.стр. 9.5. Объем 152 стр.

Эпиграф

Подготовлено к изданию и отпечатано
в издательстве «Эпиграф»
РК, Алматы, ул. Байтурсынова, 22
тел.: 8 (727) 233 83 89, 233 83 43,
233 80 45, 233 80 42
e-mail: epigraf12@mail.ru

Для заметок

