

**ГОУВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

**учебной дисциплины вариативной части
профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа
ГОС ВПО по направлению подготовки магистра
27.04.02 «Управление качеством»**

**«Статистические методы диагностики продукции и
технологических процессов»**

Донецк, 20__

**ГОУВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

**учебной дисциплины вариативной части
профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа
ГОС ВПО по направлению подготовки магистра
27.04.02 «Управление качеством»**

**«Статистические методы диагностики продукции и
технологических процессов»**

Рассмотрено
на заседании кафедры
«Управление качеством»
протокол № 2 от «14 » «09» 2016 г.

Утверждено на заседании
учебно-издательского
Совета ДонНТУ
Протокол № ____ от « ____ » « _____ » 20__ г

Донецк, 20__

УДК 65.012 (075.8)

Конспект лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» для студентов дневной (заочной) формы обучения по направлению подготовки магистра 27.04.02 «Управление качеством» / Сост. Е.В.Мирошниченко. - Донецк: ДонНТУ, 2016г.- 39 с.

Конспект лекций содержит теоретический материал по требованиям образовательно-профессиональной программы подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Составители:

Е.В.Мирошниченко, к.э.н., доцент

Ответственный за выпуск

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Тема 1. Теоретические основы статистического управления процессами	6
Тема 2. Контрольные карты	18
Тема 3. Контрольные карты количественных признаков	22
Тема 4. Контрольные карты альтернативных признаков.	26
Тема 5. Процедура построения контрольных карт на практике	30
Тема 6. Выгоды от контрольных карт	36
Литература	39

ВВЕДЕНИЕ

Качество продукции – важнейший показатель конкурентоспособности предприятия. Для уменьшения затрат и достижения уровня качества, удовлетворяющего потребителя, нужны методы, направленные не на устранение дефектов (несоответствий) готовой продукции, а на предупреждение причин их появления в процессе производства.

Применение статистических методов позволяет с заданной точностью и достоверностью судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества; прогнозировать и регулировать возникновение проблем в области качества; вырабатывать оптимальные управленческие решения, не на основе эмоций, ощущений и интуиции, а на основе изучения фактических данных, тенденций и закономерностей.

Контрольные карты Шухарта – это инструмент, позволяющий контролировать состояние процесса во времени. В отличие от рассмотренных в предыдущих практических работах методов, контрольные карты позволяют предупредить возникновение несоответствий, предпринимать корректирующие действия, прежде всего к процессам, а не к продукции.

Основанием для разработки конспекта лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» является ООП подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Конспект лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов» разработан на основе:

учебного плана подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством»;

рабочей программы учебной дисциплины «Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов».

Цель настоящего конспекта лекций - дать студентам теоретические основы предлагаемой дисциплины.

Цель дисциплины – подготовка студентов к решению практических задач, связанных с использованием статистических методов анализа производственных процессов, разработкой и совершенствованием методов обеспечения и управления качеством продукции и услуг.

Статистические методы диагностики продукции и технологических процессов, основанные на теории вероятностей и математической статистики, могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла продукции для оценки и учета степени ее неоднородности или изменчивости ее характеристик относительно требуемых значений или номиналов, а также учета настроенности и изменчивости процессов ее создания.

ТЕМА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

1. Статистическое управление процессами.
2. Элементы системы статистического управления процессами

1 СТАТИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

Статистическое управление процессами (далее – SPC - Statistical process control) является способом применения статистических методов и/или статистических или стохастических алгоритмов контроля для достижения хотя бы одной из следующих целей:

- a) увеличения знаний о процессе;
- b) регулирования процесса для достижения желаемого поведения процесса;
- c) уменьшения отклонений параметров готовой продукции или достижения других улучшений работы процесса.

Общая экономическая цель статистического управления процессами состоит в том, чтобы увеличить количество качественной продукции процесса, произведенной для данного количества входных ресурсов.

Руководящие принципы внедрения системы статистического управления процессами изложены в ISO 11462-1-2007 «Статистические методы. Руководство по внедрению статистического управления процессами. Часть 1. Элементы»

В зависимости от рынка сбыта, особенностей продукции, технологии процесса и требований потребителя эффективное применение SPC позволяет уменьшать стоимость и увеличивать прибыль за счет:

- a) экономически эффективного управления процессом, нацеленного на более высокую стабильность и улучшение процесса и продукции;
- b) сокращения отклонений от целевых значений параметров готовой продукции или процесса;
- c) перевода отклонений параметра незавершенной продукции в управляемое состояние или к управляемой переменной процесса и компенсации его отклонений (используется в некоторых технических методах управления) для увеличения стабильности параметров готовой продукции;
- d) обеспечения признаками и данными вероятного поведения процесса в будущем;
- e) количественной и качественной оценки уровня качества и стабильности процесса для определения его готовности к производству;
- f) идентификации, когда и где искать неслучайные причины отклонений и проводить предупреждающие регулировки процесса, а в каких случаях этого не делать;
- g) указания потенциальных причин отклонений или видов и условий отказов и их источников, идентификации причин низкой производительности

сти и отклонений в производстве и обнаружения неслучайных причин отклонений, что способствует увеличению скорости обнаружения неисправностей и сокращению затрат на их поиск,

h) обеспечения информацией, которая помогает выявить, когда присутствуют неслучайные причины отклонений, которые требуют уменьшения или устранения последствий и выполнения эффективных корректирующих действий;

i) контроля и/или сокращения случайных причин отклонений за счет внесения изменений в проект и процедуры;

j) увеличения знаний о причинах отклонений системы, воздействующих на процессы, проведения улучшений процесса.

Общие методы SPC делятся на традиционные методы контрольных карт Шухарта и методы автоматизированного управления процессами, основанные на более сложной модели.

2 ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

1. Документация и план управления процессом

Поставщик должен документировать в плане управления процесс, систему измерений и систему управления. Документация должна включать в себя:

a) разработку схемы технологического процесса или другой документации, которая идентифицирует:

1) входы и выходы процесса,

2) последовательность операций процесса,

3) точки измерений процесса,

4) обратные связи процесса (например, ремонт, переделка, притирка, повторная обработка, зачистка или отбраковка и прерывание операции),

5) границы процесса;

b) идентификацию возможных параметров процесса, параметров незавершенной продукции и параметров готовой продукции. Иногда параметры процесса влияют на изготовление продукции таким образом, что изменение продукции можно заметить только после выполнения операции. В таких случаях рекомендуется рассмотреть применение одного или нескольких из следующих методов:

1) технической оценки,

2) контроля параметров процесса, проводимого до операции, результат которой невозможно сразу определить,

3) проверки соответствия, проводимой периодически, при изменениях проекта или материалов;

4) функциональных или ускоренных испытаний;

5) системы своевременной обратной связи с потребителем по вопросам пригодности для использования полученной потребителем продукции;

с) исследование как процесс и параметры незавершенной продукции могут повлиять на форму, подготовку, функцию и пригодность продукции для использования потребителем и как время и условия использования связаны с этими параметрами или влияют на параметры готовой продукции;

d) определение связи математических ожиданий трех наборов параметров (параметров процесса, незавершенной и готовой продукции) для идентификации ошибок в плане управления;

e) идентификацию эффективных для измерений параметров; где, когда и как часто необходимо проводить измерения; как следует использовать данные; как данные следует сохранять, если это необходимо; каким является распределение функциональной ответственности и понимание выбора некоторых параметров. Например, при автоматическом контроле различают косвенно и непосредственно управляемые переменные;

f) для улучшения системы измерений - определение, какие параметры могут быть измерены по альтернативному признаку, рассчитаны или не могут быть измерены вообще;

g) установление в плане мероприятий, выполняемых в случае появления неуправляемых сигналов и/или отклонений процесса: механизмы реагирования, корректирующие действия и распределение ответственности путем определения рабочих функций.

2. Определение целей и границ процесса

Поставщик должен документировать целевые значения и границы (и/или методы, используемые для их достижения) параметров процесса (или незавершенной продукции), вне которых процесс будет давать недопустимые или неэкономные выходы процесса или параметры готовой продукции. Документация должна включать в себя:

a) количественную оценку целевых значений и границ использования или идентификацию их с помощью качественного описания или другого способа, например графического изображения, фотографии или эталонного образца;

b) анализ целевых значений и/или границ использования, включая оценку их адекватности относительно требований потребителя и понимания процесса;

c) идентификацию проблем, которые затрагивают постановку целей и границ;

d) определение необходимого многофункционального опыта работы для установления целей и границ, особенно опыта работ, связанных с установлением или регулированием параметров управления процессом или связанных с отклонениями процесса.

3. Оценка и контроль системы измерений

Поставщик должен периодически контролировать и оценивать систему измерений, соответственно управлять ее отклонениями и компенсировать их. Это помогает минимизировать риск того, что несоответствия системы измерений могут привести к ложным решениям при контроле продукции, полученной потребителем.

Система измерений включает в себя автоматизированные системы контроля и мониторинга; системы ручного контроля, такие как дозиметриче-

ские приборы, крепежная оснастка и набор испытательного оборудования; автоматизированные системы ведения записей; физическое и химическое оборудование.

Определение направления многофункционального опыта работы должно охватывать:

а) оценку соответствия неопределенности измерений диапазону условий, в пределах которых работает система. Оценка включает в себя определение:

- разрешающей способности;
- точности;
- повторяемости;
- промежуточной прецизионности;
- воспроизводимости;
- отклонений от линейности;

стабильности в диапазоне условий, в которых система работает и должна включать в себя, например:

использование методов SPC, таких как контрольные карты и анализ временных рядов для оценки системы измерений;

оценку влияния набора различных видов испытаний и разных операторов на смещение и прецизионность;

b) установление критериев для приемлемой неопределенности измерений;

c) периодический аудит или подтверждение калибровки оборудования системы измерений;

d) документирование условий, требующих периодической верификации калибровки;

e) поддержку хронологических данных результатов измерений, сделанных непосредственно перед калибровкой, и анализ хронологических данных для корректировки интервалов между калибровками (при необходимости);

f) корректировку интервалов между калибровками и введение процедур идентификации при изоляции или возвращении продукции, признанной не соответствующей требованиям из-за некачественной или несвоевременной калибровки инструмента (при необходимости);

g) добавление оценки системы измерений с анализом допусков, основанным на данных технических условий на систему измерений (при необходимости);

h) документирование ограничений на оценку и контроль системы измерений.

4. Зарегистрированные рабочие инструкции

Поставщик должен документировать рабочие инструкции, определять многофункциональный опыт работы для их подготовки и периодически оценивать адекватность инструкций.

Рабочие инструкции должны включать в себя:

a) документирование процедур для процессов производства, измерения, технического контроля, испытаний и технического обслуживания;

b) документирование процедуры и/или алгоритмов управления для:

- 1) процесса наладки,
- 2) процессов выполнения, мониторинга и управления,
- 3) процессов обнаружения недостатков во входах, управляемых переменных и выходах,
- 4) реагирования на неуправляемые условия,
- 5) поиска отклонений процесса,
- с) периодический анализ рабочих инструкций для обеспечения их адекватности и понимания персоналом.

5. Обучение и вовлечение персонала в сбор данных о процессе

Поставщик должен обеспечивать обучение соответствующего персонала сбору и использованию данных о процессе. Поставщик должен обеспечивать вовлеченность этого персонала в принятие решений относительно того, какие параметры необходимо измерять и как проводить измерения, собирать, интерпретировать и обрабатывать данные.

Действия по обучению и вовлечению персонала должны включать в себя:

- a) подготовку плана и инструкций по сбору данных;
- b) процедуры по проектированию, монтажу и испытаниям систем управления и аппаратуры, процедуры для отбора выборки, сбора, интерпретации и обработки данных;
- с) определение и закупку всех видов оборудования, относящихся к управлению процессом, контролю процесса, программного обеспечения, средств обслуживания, ресурсов, а также приобретение навыков, которые необходимы для получения требуемых данных для управления процессом;
- d) обновление, по мере необходимости, управления процессом, методов контроля и испытаний, включая разработку новой аппаратуры или алгоритмов управления, которые влияют на данные о качестве и работоспособности методов управления процессом;
- e) идентификацию любого требования измерений, которое превышает требования известной технологии управления процессом, в течение времени, достаточного для разработки необходимых возможностей системы измерений;
- f) оценку общих возможностей системы измерений и ее возможностей относительно системы управления специальным процессом;
- д) введение норм приемлемости и полноты данных процесса, включая данные о субъективных, неразличимых или неизмеримых элементах;
- h) идентификацию, подготовку и хранение отчетов о данных процесса;
- i) улучшение полноты интерпретации и анализа отчетов о данных процесса.

6. Регистрация и сбор данных о процессе

Поставщик должен спроектировать, ввести, поддерживать и анализировать соответствующую ручную и/или автоматическую систему записей хронологических данных о процессе или их резюме.

Эти записи должны включать в себя:

а) систему планирования, позволяющую использовать хронологические данные для идентификации причин возможных отклонений в процессе;

б) документирование решений выборочного контроля. Эти решения должны включать в себя:

1) основания для группировки, при необходимости,

2) объем выборки,

3) периодичность отбора выборки с учетом производительности и времени цикла,

включая количество продукции, обработанной между последовательными выборками,

4) отбор расслоенной выборки,

5) стратегии рандомизации,

6) местоположения выборочного контроля,

7) распределение ответственности по отбору выборки,

8) порядок выполнения в соответствии с производством,

9) периодический анализ решений выборочного контроля;

с) определение, какие итоговые данные следует хранить для идентификации и

установления связей зафиксированных отклонений с определенными причинами (эти связи особенно ярко выявляются по длинной хронологии данных, например сезонным данным), а также создание и поддержка времени и системы и периодов хранения итоговых данных;

д) периодический аудит системы ведения записей, включая решения по отбору выборки.

7. Идентификация и прослеживаемость последовательности выпуска продукции

Поставщик должен определить, установить и поддерживать соответствующие процедуры прослеживаемости продукции и идентификации последовательности выпуска продукции.

Необходимый многофункциональный опыт работы для выполнения этих функций, особенно функций специалистов, участвующих в установке или наладке параметров управления процессом или реагирования на отклонения процесса, должен охватывать:

а) идентификацию последовательности выпусков продукции и/или выходов процесса;

б) разработку, при необходимости, возможностей потребителя для установления связей пригодности использования с последовательностью выпуска продукции;

с) идентификацию, при необходимости, источников входов процесса, например материалов, работ и средств обслуживания, используемых для получения определенного количества выходов процесса. Идентификация может включать поддержку возможности прослеживать источники и/или условия отклонений процесса или назначения средств, используемых во

время производства выходов и установления сроков хранения соответствующих записей;

d) поддержку систем документирования отклонений от требований для облегчения идентификации наблюдаемых неслучайных причин отклонений;

e) при необходимости, поддержку выборочного контроля или сбора и хранения итоговых данных о выходах процесса, по крайней мере до тех пор, пока их пригодность для использования не может быть проверена, или в течение определенного периода хранения, признанного поставщиком достаточным;

f) при необходимости, требования прослеживаемости и идентификации производственных серий в потоке поставок у субподрядчиков.

8. Последовательность входов процесса

Поставщик должен установить и поддерживать в рабочем состоянии систему использования входов процесса, таких как материалы и/или данные, в том же порядке или последовательности, в какой они были произведены. Система должна включать в себя:

a) документирование ситуаций, когда ресурсные входы известны или есть подозрение, что они смешаны неотделимым способом, а также знание того, что соответствует установленному порядку производства, а что не является важным, поскольку обычная или очевидно случайная причина отклонений на ранней стадии процесса может оказаться значимой или установленной причиной отклонений;

b) настройку системы на документирование и анализ отклонений от установленной системы для помощи в идентификации потенциальных источников повторных и существенных отклонений процесса.

9. Записи процесса

Поставщик должен установить, поддерживать в рабочем состоянии и документировать системы записей процесса для регистрации существенных отклонений процесса с описанием, как они происходят, выполняемых регулировок процесса и изменений, выполненных при эксплуатации процесса. Это необходимо для облегчения идентификации отклонений процесса и понимания опыта регулировок и вмешательств в процесс.

Записи должны включать:

a) регистрацию существенных отклонений процесса в последовательности их появления и, при необходимости, связь их со временем или последовательностью выходов процесса;

b) регистрацию эксплуатационных изменений или регулировок процесса (или, при необходимости, величины регулировки управляемых переменных или параметров незавершенной продукции), регулировок системы измерений и регулировок системы управления в последовательности их появления;

c) при необходимости, соответствующие изменения процесса с последовательностью выходов процесса во времени и с любыми возможными изменениями параметров готовой продукции;

d) использование зарегистрированных данных процесса для идентификации причины отклонений процесса, их минимизации и оценки прибыли от устранения или уменьшения причин отклонений;

e) использование зарегистрированных данных процесса для идентификации и уменьшения регулировок процесса, компенсирующих отклонения в процессе, которые приводят к увеличению изменчивости процесса.

10. Надежность процесса

Поставщик должен установить и поддерживать в рабочем состоянии систему технического обслуживания и надежности процесса для процедур проектирования, испытаний, валидации, ремонта оборудования и документирования. В настоящем подпункте термин «оборудование» включает в себя машины, инструменты, датчики, системы измерений, электронные системы и программное обеспечение.

Создание системы надежности процесса поставщика следует начинать со стадии концепции и определения требований системы и продолжать на стадии проектирования и разработки, а затем поддерживать на стадиях создания, эксплуатации и технического обслуживания оборудования. Эти действия должны включать в себя:

a) определение требований к долговечности, надежности, ремонтно-пригодности и работоспособности оборудования и определение соответствующих показателей для мониторинга отказов и ремонтных работ (например, средней наработки до отказа, средней наработки между отказами и среднего времени восстановления или ремонта);

b) выполнение анализа видов и последствий отказов (FMEA) и анализа отказов и неисправностей для оборудования, систем, проектов и процессов, при необходимости повторяя эти исследования после введения в них изменений. Эти действия включают в себя:

1) идентификацию видов потенциальных отказов и их влияние на работу средств производства, используемых в процессе, таких как системы, подсистемы или компоненты,

2) оценку последствий этого влияния,

3) идентификацию параметров, которые являются значимыми характеристиками и/или параметрами, влияющими на надежность,

4) ранжирование потенциальных недостатков проекта и процесса,

5) помощь персоналу в нацеленности на устранение недостатков продукции и процесса и предотвращение проблем появления повторных нарушений процесса;

c) сбор данных о надежности в процессе приемочных испытаний оборудования и использование этих данных для разработок, направленных на повышение надежности процесса через непрерывное улучшение;

d) выполнение соответствующей системы сбора данных и обратной связи для регистрации отказов и параметров выполнения ремонта; анализ этой системы для устранения причин отклонений процесса и отклонений продукции; настройка процедур в соответствии с результатами анализа; прове-

дение анализа проекта оборудования и выполнение соответствующих корректирующих действий.

11. Система мониторинга выходов процесса

Поставщик должен определить, установить и поддерживать в рабочем состоянии систему мониторинга выходов процесса. Она должна включать в себя:

- a) прослеживание выходов процесса во времени и внесение в систему сбора данных о процессе любых существенных отклонений процесса и, при необходимости, регулировок процесса;
- b) исследование качества выходов процесса и, если это санкционировано, анализ регулировок процесса, который направлен на сохранение и накопление достигнутых высоких результатов (высокого качества выходов процесса);
- c) сравнение выходов процесса с целевыми значениями и установленными требованиями и/или допустимыми пределами (последнее иногда определяют с помощью статистических методов);
- d) введение реагирования на любое обнаруженное существенное отклонение;
- e) хронологический анализ выходов процесса и обратной связи результатов введенных изменений.

12. Система управления процессом

Поставщик должен установить и поддерживать в рабочем состоянии статистическую, алгоритмическую и/или основанную на моделях систему управления процессом для мониторинга и управления соответствующими параметрами процесса, параметрами незавершенной продукции и параметрами готовой продукции.

Система должна включать в себя:

- a) разработку эксплуатационного плана управления и систем его поддержки, обеспечивающих сбор и регистрацию данных, упорядочение входов процесса, мониторинг и записи показаний приборов процесса;
- b) назначение ответственного за реагирование на выход из управляемых условий;
- c) проведение корректирующих или управляющих действий в случае, когда параметр находится вне установленных границ управления (они могут быть статистическими, алгоритмическими или на основе модели), или обнаружены нежелательные образцы продукции;
- d) выполнение действий, препятствующих попаданию несоответствующих выходов процесса к потребителю;
- e) анализ хронологических данных относительно параметров процесса, параметров незавершенной продукции и параметров готовой продукции с обратной связью о результатах внесенных изменений;
- h) выполнять процесс с применением обычных методов и условий производства и с обычным соблюдением документированных эксплуатационных процедур для оценки потенциальной изменчивости процесса;

i) регистрировать неслучайные причины отклонений, включая идентификацию причин, устранение которых в настоящее время ограничено (например, технологией или контрактом);

j) регистрировать возможные факторы, воздействия которых не изменялись при сборе данных (например, потому что данные собраны в виде единственного измерения) или в настоящее время неизмеримы (например, из-за технологии или условий контракта).

13. Оценка краткосрочной изменчивости

Краткосрочная изменчивость является следствием изменений за короткий период времени в значениях величин или уровней одного или нескольких факторов производства, в то время как другие факторы остаются фактически неизменными за этот период времени. Поставщик должен оценить краткосрочную изменчивость параметров процесса, параметров незавершенной и готовой продукции (при необходимости). Оценка должна включать в себя одно или более следующих действий:

a) исследование данных процесса в той последовательности, в которой они были получены, определение их изменений за короткое время;

b) оценку распределения данных и количества отклонений данных;

c) исследование данных об отклонениях внутри группы данных и, при необходимости, между группами данных (определяемых по отношению ко времени, изменению, установке, оператору, выпуску, партии материалов, партии продукции) для выбора оптимальной стратегии отбора выборки для процесса;

d) идентификацию взаимосвязей между параметрами процесса, незавершенной продукции и, при необходимости, готовой продукции для выбора стратегии управления процессом и идентификации неслучайных причин отклонений процесса;

e) ограничение факторов, способных внести вклад в отклонения параметров процесса, выделить последствия изменения значения или уровня единственного фактора (или нескольких факторов), изменяющегося в короткий период времени, чья краткосрочная изменчивость представляет интерес;

При необходимости поставщик дополнительно должен:

f) оценивать изменчивость новых входов процесса, таких как человеческие ресурсы, механизмы и материалы, например ввести предварительную приемку;

g) систематически проводить выпуск испытательной серии, используя собранное за короткий период времени небольшое количество выборочных данных, обычно полученных в процессе предпроизводства или в экспериментальных условиях.

h) выполнять процесс с применением обычных методов и условий производства и с обычным соблюдением документированных эксплуатационных процедур для оценки потенциальной изменчивости процесса;

i) регистрировать неслучайные причины отклонений, включая идентификацию причин, устранение которых в настоящее время ограничено (например, технологией или контрактом);

ж) регистрировать возможные факторы, воздействия которых не изменялись при сборе данных (например, потому что данные собраны в виде единственного измерения) или в настоящее время неизмеримы (например, из-за технологии или условий контракта).

14. Оценка долгосрочной изменчивости

Долгосрочная изменчивость относится к значениям или уровням дополнительных факторов, которые изменяются за длительный период времени и являются либо непосредственно управляемыми, либо управляются поставщиком. Обычно долгосрочная изменчивость процесса превышает краткосрочную изменчивость. Если все известные установленные причины отклонений устранены и процесс находится в состоянии статистической управляемости, поставщик должен оценить параметры долгосрочных возможностей и работоспособности процесса, незавершенной и готовой продукции.

На практике это требует выполнения процесса в условиях, при которых факторы вносят отклонения в работу процесса и его выходы. Оценка должна включать в себя одно или более следующих действий:

а) исследование данных в соответствии с последовательностью, в которой они были получены, чтобы увидеть их изменения за длительный период времени, когда могут измениться все факторы, например за счет построения графика, использования контрольных карт или CUSUM карт (карта кумулятивных сумм), сопоставления значений параметров со временем производства или испытаний;

б) оценку распределения данных и количества изменений в данных, полученных за длительный период времени, когда процесс находится в состоянии статистической управляемости;

с) идентификацию образцов изменений в пределах группы и, при необходимости, между группами данных за длительный период времени для проведения долгосрочных улучшений процесса, требующих инвестиций, технологических изменений или изменений контракта;

д) идентификацию отношений между параметрами процесса, параметрами незавершенной и, при необходимости, готовой продукции для выбора стратегии управления процессом и идентификации неслучайных причин отклонений процесса, наблюдаемых за длительный период времени;

е) оценку возможностей и работоспособности процесса.

При необходимости поставщик дополнительно должен:

ф) идентифицировать причины отклонений, устранение которых в настоящее время ограничено (например, технологией или договорными соглашениями);

г) идентифицировать важные факторы, воздействие которых является в настоящее время неизмеримым или диапазон воздействия которых ограничен, для идентификации возможных неслучайных причин отклонений, не рассмотренных при оценке долгосрочной изменчивости процесса.

15. Улучшение, оптимизация и поиск неисправностей процесса

После удаления всех известных и неслучайных причин отклонений процесса и ранжирования улучшений процессов поставщик должен исполь-

зывать результаты мониторинга, опытной эксплуатации, оценки работоспособности и анализа процесса для выполнения корректирующих и управляющих действий, а также действий по улучшению процесса с целью достижения максимального экономического эффекта. Эти действия должны включать в себя:

а) улучшение процесса для сокращения случайных причин отклонений после устранения неслучайных причин отклонений, влияющих на процесс;

б) оптимизацию процесса для предупреждения неслучайных причин отклонений, влияющих на процесс и установление улучшенных значений параметров процесса;

с) поиск и исследование неисправностей процесса для уменьшения количества специальных процессов и нарушений процесса.

После выполнения всех применимых элементов SPC поставщик должен проверить приближение к полному достижению целей SPC, и затем при необходимости повторно применить все двадцать элементов SPC.

ТЕМА 2 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

1. Контрольные карты
2. Контрольные карты Шухарта

1 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Контрольные карты – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Целью контрольных карт является:
 держать под контролем значение определенной характеристики;
 проверять стабильность процессов;
 немедленно принимать корректирующие меры;
 проверять эффективность принятых мер.

Общий подход к текущему контролю качества достаточно прост. В процессе производства проводятся выборки изделий заданного объема. После этого на специально разлинованной бумаге строятся диаграммы изменчивости выборочных значений плановых спецификаций в этих выборках и рассматривается степень их близости к заданным значениям. Если диаграммы обнаруживают наличие тренда выборочных значений или оказывается, что выборочные значения находятся вне заданных пределов, то считается, что процесс вышел из-под контроля, и предпринимаются необходимые действия для того, чтобы найти причину его разладки. Иногда такие специально разлинованные бумаги называют контрольными картами Шухарта (в честь *W. A. Shewhart*, который общепризнанно считается первым, применившим на практике описываемые здесь методы анализа).

2 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ШУХАРТА

Контрольные карты Шухарта один из основных инструментов статистического контроля качества. Применяются при необходимости отслеживать состояние процесса во времени и воздействовать на процесс до того, как он выйдет из-под контроля. Как же выбирать тип контрольной карты Шухарта (ККШ)? Если тип выбранной карты не будет соответствовать тому процессу, который необходимо диагностировать и улучшать, то от применения ККШ не получим того эффекта на который рассчитываем.

Карта Шухарта – это график значений определенных характеристик подгрупп в зависимости от их номеров. Она имеет центральную линию (CL) и две статистически определяемые границы – верхнюю контрольную границу (UCL – Upper Control Level) и нижнюю контрольную границу (LCL – Lower Control Level).

Основные положения по применению и интерпретации КК Шухарта и соответствующих методов статистического управления процессами установлены ГОСТ Р 50779.42-99 (ISO 8258-91).

Контрольные границы на карте Шухарта находятся на расстоянии 3σ от центральной линии. Эти границы указывают, что около 99,7% значений характеристик подгрупп попадут в эти пределы при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии. Или, другими словами, есть риск 0,3% того, что нанесенная точка окажется вне контрольных границ, когда процесс стабилен.

При появлении точки вне этих границ следует предпринимать определенные действия, поэтому границы $\pm 3\sigma$ называются «границами действий».

Часто на контрольной карте наносятся и границы $\pm 2\sigma$, и, если значение выходит за эти границы, то это может служить сигналом о возможной угрозе выхода процесса из состояния статистической управляемости. Границы $\pm 2\sigma$ называются предупреждающими.

При использовании контрольных карт (как и других статистических методов) возможны ошибки первого и второго рода.

Ошибка первого рода: процесс находится в статистически управляемом состоянии, а точки выходят за контрольные границы – принимается неверное решение о выходе процесса из состояния статистической управляемости.

Ошибка второго рода: процесс не находится в состоянии статистической управляемости, а точки расположены внутри контрольных границ – принимается неверное решение о статистической управляемости процесса. Вероятность ошибки второго рода зависит от ширины контрольных границ, степени неуправляемости и объема выборки.

Система КК Шухарта учитывает только ошибки первого рода, равные 0,3% в пределах границ 3σ .

В зависимости от вида данных и методов их статистической обработки выделяют различные типы КК.

Контрольные карты бывают двух основных типов: для количественных и альтернативных данных. Для каждой контрольной карты встречаются две ситуации:

- а) стандартные значения не заданы;
- б) стандартные значения заданы.

Под стандартными значениями понимаются значения, установленные в соответствии с некоторыми конкретными требованиями или целями.

КК, для которых не заданы стандартные значения, имеют целью обнаружение отклонений значений характеристик, вызванных случайными причинами. Эти карты основаны целиком на данных самих выборок.

КК при наличии заданных стандартных значений, имеют целью определение того, отличаются ли наблюдаемые значения для нескольких подгрупп от соответствующих стандартных значений больше, чем можно ожидать при действии только случайных причин.

В ГОСТ Р 50779.42 рассмотрены следующие типы КК:

- контрольные карты для количественных данных:

1) карты среднего (\bar{X}) и размахов (R) или выборочных стандартных отклонений (s);

2) карта индивидуальных значений (X) и скользящих размахов (R);

3) карта медиан (Me) и размахов (R);

- контрольные карты для альтернативных данных:

1) карта долей несоответствующих единиц продукции (p) или карта числа несоответствующих единиц (np);

2) карта числа несоответствий (c) или карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u).

Существует два вида контрольных карт: один предназначен для контроля параметров качества, представляющих собой непрерывные случайные величины, значения которых являются количественными данными параметра качества, а второй – для контроля параметров качества, представляющих собой дискретные случайные величины и значения, которые являются качественными данными (годен – не годен, белое – черное и т.п.).

Контрольные карты для количественного признака являются мощным средством, которое может быть использовано, когда в процесс возможны измерения. Примерами могут быть диаметр подшипника, усилие при закрывании двери или время для рассмотрения ваучера. Карты по количественному признаку, и в особенности их наиболее употребительные формы – карты \bar{x} и R – представляют типичные примеры применения контрольных карт к управлению процессами.

Контрольные карты для количественного признака особенно полезны по нескольким причинам:

- большинство процессов и их результатов имеют измеримые характеристики, так что потенциальная применимость широка;

- количественное значение содержит больше информации, чем простое высказывание «да-нет»;

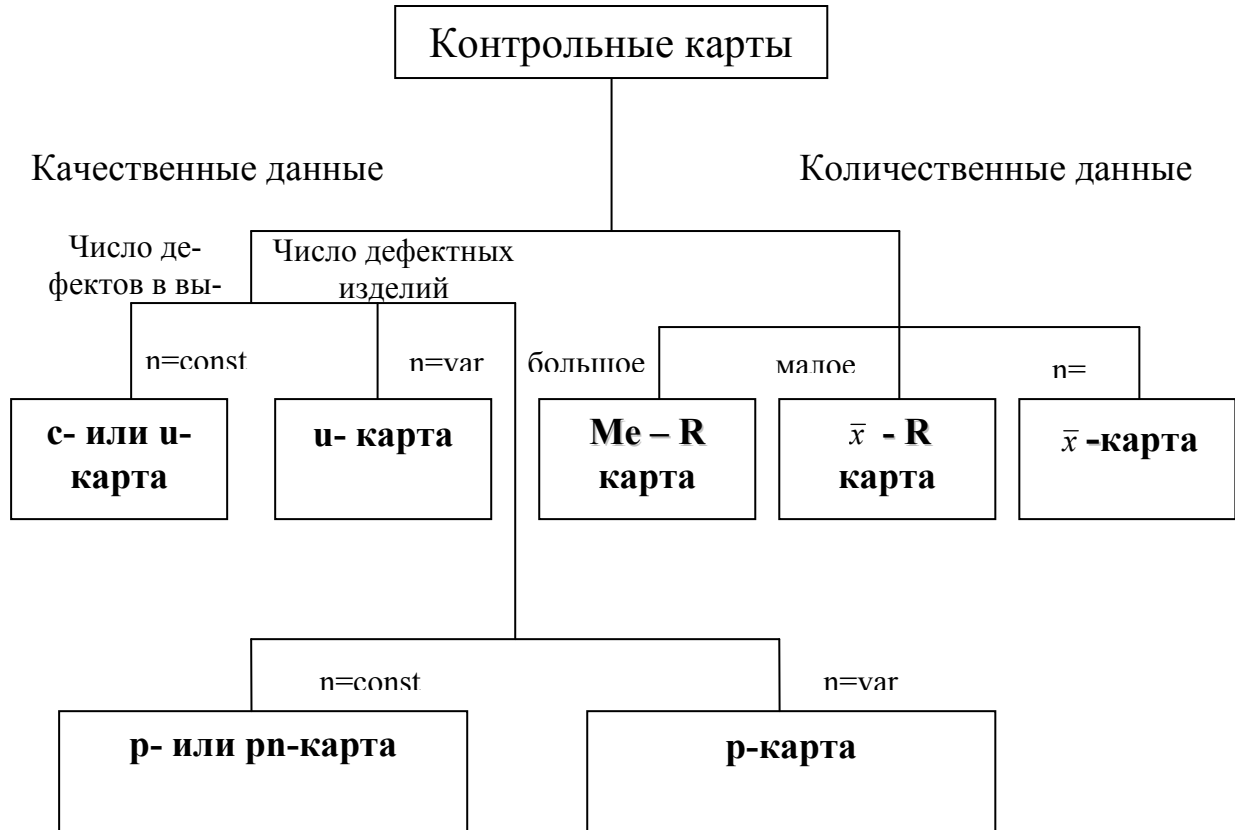
- хотя получение одного измеренного данного в общем дороже, чем получение одного данного «да-нет», меньшее количество единиц требуется измерить, чтобы получить больше информации о процессе, так что общая цена измерений в некоторых случаях ниже;

- благодаря меньшему числу единиц, необходимых для проверки при принятии надежного решения, временная задержка между изготовителем деталей и корректирующим действием часто может быть сокращена;

- с количественными данными может быть проанализирована настроенность процесса и улучшение может быть количественно оценено, даже если все индивидуальные значения лежат внутри установленного допуска. Это важно при проведении непрерывного совершенствования.

Карты по количественному признаку могут объяснить данные процесса как по разбросу, так и по положению. Благодаря этому, контрольные карты по количественному признаку могут анализироваться попарно: одна карта для положения и другая – для разброса.

Карты по качественным признакам применяются когда измерения не проводятся, но совокупность объектов разделяется на части: плохой -хороший, прошел - не прошел, годный - дефектный или первый сорт – второй сорт – брак, и подсчитываем число объектов, попадающих в ту или иную категорию. Делятся карты на два подвида в зависимости от соотношения числа наблюдений и объектов.



Формулы для расчета контрольных линий (пределов):

Карта	LCL – нижняя контрольная линия	CL – центральная линия	UCL – верхняя контрольная линия
\bar{x}	$\bar{x} - A_2 \bar{R}$	\bar{x}	$\bar{x} + A_2 \bar{R}$
R	$D_3 \bar{R}$	\bar{R}	$D_4 \bar{R}$
x	$\bar{x} - 2.66 \bar{R}_s$	x	$\bar{x} + 2.66 \bar{R}_s$
pn	$\bar{p}n - 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$	$\bar{p}n$	$\bar{p}n + 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$
p	$\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	\bar{p}	$\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
c	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	\bar{c}	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
u	$\bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$	\bar{u}	$\bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$

ТЕМА 3

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

1. Контрольные карты для количественных данных
2. Интерпретация данных

1 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Под количественными данными понимаются результаты наблюдения значений непрерывных случайных величин, например, размера детали, электрического сопротивления, массы и т.п.

КК для количественных данных более информативны, чем альтернативные, объемы подгрупп гораздо меньше, хотя получение самих данных обычно дороже.

Для КК по количественным данным предполагается нормальное распределение характеристики процесса, и отклонение от этого предположения влияет на эффективность КК.

КК для количественных данных характеризуют состояние процесса через разброс и через положение центра, поэтому эти карты почти всегда применяют и анализируют парами – одна карта для расположения центра и одна – для разброса.

Наибольшее распространение получила пара \bar{X} - и R - карт. Реже для контроля разброса применяют s -карту.

На практике бывают ситуации, в которых для управления процессом невозможно или нецелесообразно вести контроль по подгруппам (например, при разрушающем контроле). В этих случаях используются карты индивидуальных значений и скользящих размахов, представляющих собой абсолютное значение разности измерений в последовательных парах.

Карты медиан и размахов аналогичны картам средних и размахов, но проще в применении.

Формулы для расчета контрольных границ КК по количественным данным приведены в таблице 1.

Таблица – Формулы для расчета контрольных границ

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	CL	UCL и LCL	CL	UCL и LCL
Карты среднего \bar{X} и размахов R или выборочных стандартных отклонений s				
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	X_0 или μ	$X \pm A_1 \sigma_0$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$
s	\bar{s}	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$	s_0 или $C_4 \sigma_0$	$B_5 \sigma_0, B_6 \sigma_0$
Карты индивидуальных значений X и скользящих размахов R				
X	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm E_2 \bar{R}$	X_0 или μ	$X_0 + 3\sigma_0$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$

Карты медиан Me и размахов R				
Me	\bar{Me}	$\bar{Me} \pm A_4 \bar{R}$		
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$		

Карта средних \bar{X} отображает среднее процесса, вариации между подгруппами и относительно среднего и характеризует стабильность процесса. Карта размахов R отображает вариацию внутри подгрупп и характеризует изменчивость процесса. Если по R -карте вариации внутри подгрупп находятся в установленных границах, то считают, что процесс находится в статистически управляемом состоянии. Рекомендуется анализировать R -карту первой, т.к. если процесс вышел из состояния статистической управляемости, то это может повлиять на \bar{X} -карту.

В соответствии с ГОСТ 50779.42 процедура статистического управления процессом с использованием карт Шухарта для количественных данных включает следующие этапы.

1) Сбор данных, вычисление средних и размахов (или стандартных отклонений). Форма данных приведена в таблице 2.

2) Построение и анализ R -карты. Если R -карта сигнализирует о наличии неслучайных причин вариации, то проводится анализ процесса для их выявления и реализуются корректирующие действия.

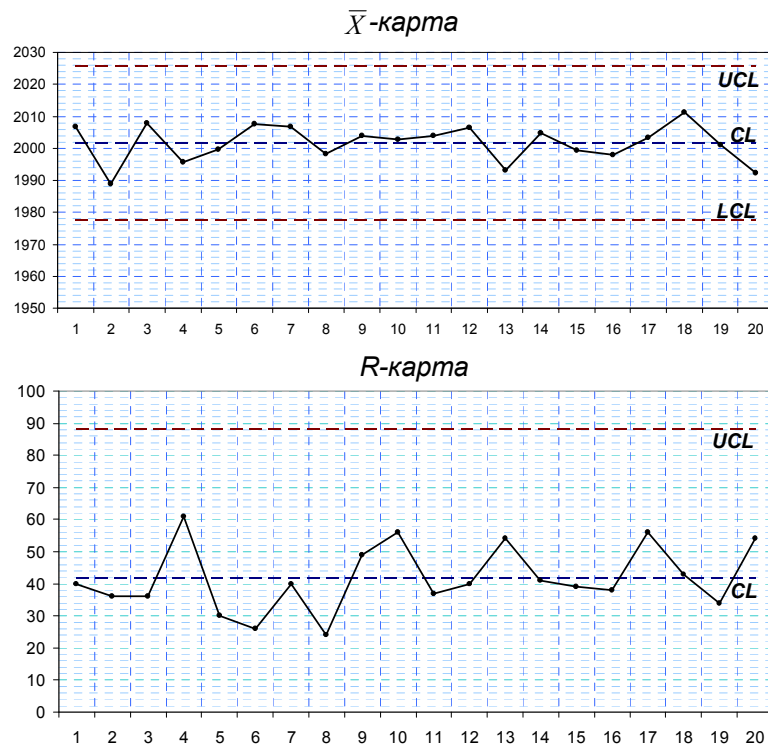


Рисунок 1 – Контрольная карта для количественных данных (пара \bar{X} - и R -карт)

3) Все подгруппы, на которые влияли неслучайные причины, исключаются, вычисления повторяются, и заново строится R -карта. Если состояние статистической управляемости не подтверждается, то анализ и корректирующие действия повторяются.

4) Построение \bar{X} -карты. Из \bar{X} -карты должны быть исключены все подгруппы, исключенные из R -карты. При анализе \bar{X} -карты выделяют все точки вне границ, необычные структуры точек и тренды. Также как и для R -карты анализируются все неслучайные причины и исключаются соответствующие подгруппы. После этого вычисления повторяются, и карта строится заново. Операция повторяется до достижения состояния статистической управляемости процесса.

Таблица 2 – Форма данных для построения КК для количественных данных

№ под- группы	Результаты измерений				Средние \bar{X}	Размахи R
	X_1	X_2	...	X_n		
1						
2						
...						
k						
Средние						

2 ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ

Для выявления необычных структур точек на КК существует набор из восьми критериев, для применения которых контрольная карта делится на шесть равных зон шириной σ : A, B, C, C, B, A . Приведем эти критерии (рисунок 2):

- 1 – одна точка вне контрольных границ (вне зоны A);
- 2 – девять точек подряд в зоне C или по одну сторону от центральной линии;
- 3 – шесть возрастающих или убывающих точек подряд;
- 4 – четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек;
- 5 – две из трех последовательных точек в зоне A или вне контрольных границ;
- 6 – четыре из пяти последовательных точек в зоне B или вне ее (т.е. выше или ниже границ $\pm\sigma$);
- 7 – пятнадцать последовательных точек в зоне C выше и ниже центральной линии;
- 8 – восемь последовательных точек по обеим сторонам центральной линии и ни одной в зоне C .

Кроме перечисленных критериев на практике используются и множество других, например: не менее 10 из 11 точек оказываются по одну сторону от центральной линии; периодичность (кривая имеет периодическую структуру (то подъем, то спад) с примерно одинаковыми интервалами) и др.

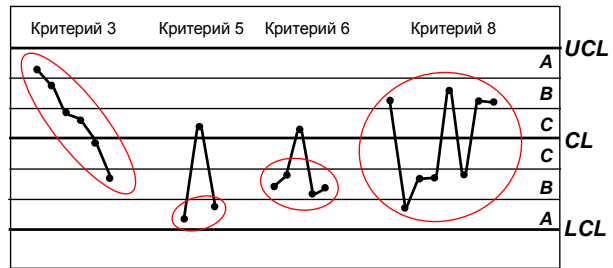


Рисунок 2 – Некоторые критерии для выявления особых структур

ТЕМА 4

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

Под альтернативными данными понимают наблюдения, фиксирующие наличие или отсутствие некоторых признаков у каждой единицы рассматриваемой подгруппы. На основе этих данных подсчитывается число единиц, обладающих или не обладающих данным признаком, или количество таких событий на единицу продукции, группу.

Контрольные карты для альтернативных данных основаны на распределениях дискретных случайных величин: np - и p -карты основаны на биномиальном распределении, c - и u -карты – на распределении Пуассона. Поэтому для альтернативных данных достаточно одной карты для среднего уровня, в отличие от пары карт для количественных данных – для среднего и рассеяния.

Контрольные карты np и p могут быть построены по таким данным, как: количество бракованных карандашей; количество деталей, контролируемый размер которых не удовлетворяет допуску; количество неправильно заполненных форм записей; количество девушек, не накрасивших ресницы тушью.

Доля несоответствующих единиц в подгруппе определяется как отношение числа несоответствующих единиц np в подгруппе к ее объему n :

$$p_j = \frac{np_j}{n_j},$$

где j – номер подгруппы.

Среднее значение числа несоответствующих единиц \overline{np} – отношение общего количества выявленных несоответствующих единиц к количеству проверенных подгрупп k :

$$\overline{np} = \frac{\sum_{j=1}^k np_j}{k}.$$

Среднее значение доли несоответствующих единиц \overline{p} – отношение числа несоответствующих единиц во всех подгруппах к общему количеству несоответствующих единиц:

$$\overline{p} = \frac{\sum_{j=1}^k np_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$$

Примерами данных, по которым могут быть построены карты c и u , являются: количество дефектов в линии, проведенной карандашом; количество сколов лакокрасочного покрытия автомобиля; количество ресничек, не окрашенных тушью; количество ошибок в заполненных формах записей.

Число несоответствий на единицу продукции определяется как отношение числа несоответствий к объему подгруппы:

$$u_j = \frac{c_j}{n_j}.$$

Среднее значение числа несоответствий \bar{c} определяется как отношение общего количества выявленных несоответствий к количеству проверенных подгрупп k :

$$\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{k}.$$

Среднее значение числа несоответствий на единицу в подгруппе \bar{u} – отношение числа несоответствий во всех единицах к общему количеству проверенных единиц:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$$

Ограничения применения той или иной контрольной карты связаны не только с характером данных, но и с объемом подгрупп, точнее с его постоянством или непостоянством: если число контролируемых единиц в подгруппах различно, то контрольные границы должны быть рассчитаны для каждого объема подгруппы. Таким образом, np - и c -карты применяются при постоянном объеме подгрупп, а p - и u -карты – как при постоянном, так и при изменяющемся объеме подгрупп.

Формулы для расчета контрольных границ карт для альтернативных данных приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Формулы для расчета контрольных границ КК для альтернативных данных

Карта	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	Контрольные границы	Центральная линия	Контрольные границы
np	\bar{np}	$\bar{np} \pm 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	np_0	$np_0 \pm 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$
p	\bar{p}	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	p_0	$p_0 \pm 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$
c	\bar{c}	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$
u	\bar{u}	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	u_0	$u_0 \pm 3\sqrt{\frac{u_0}{n}}$

В таблице 1 приведены формулы для двух возможных ситуаций:

- 1) стандартные значения не заданы;
- 2) стандартные значения np_0 , p_0 , c_0 , u_0 заданы.

Общая методика применения контрольных карт для альтернативных данных включает следующие действия.

1) Сбор и систематизация данных.

Данные для построения контрольных карт удобно приводить в таблице вида таблицы 2.

Таблица 2 – Форма данных для построения контрольной карты

№ под- группы	Объем подгруппы	Число несоответст- вующих единиц <i>np</i> (или несоответст- вий <i>c</i>) в подгруппе	Доля несоответст- вующих единиц <i>p</i> (или число несоот- ветствий на едини- цу <i>u</i>) в подгруппе	UCL	LCL
1					
2					
...					
<i>k</i>					

В эту же таблицу вносятся вычисленные значения характеристик контрольных карт.

2) Для *np*-, *p*- и *u*-карт по полученным в результате контроля данным о количестве несоответствующих единиц или несоответствий определяются значения *p* и *u* для каждой подгруппы.

При построении *c*-карты четвертый столбец таблицы 2 не применяется.

3) Определяется уровень центральной линии *CL*.

4) Определяются уровни верхней *UCL* и нижней *LCL* контрольных границ.

Еще раз отметим, что для *p*- и *u*-карт уровни контрольных границ изменяются от подгруппы к подгруппе при их непостоянном объеме. Если объем подгрупп меняется несущественно ($\pm 25\%$), то можно ограничиться одним набором контрольных границ, основанным на среднем объеме подгруппы.

На практике довольно часто встречаются случаи, когда рассчитанное значение *LCL* оказывается отрицательным. Так как отрицательные значения альтернативных данных невозможны, в этих случаях считают, что нижняя контрольная граница отсутствует.

5) По имеющимся данным и результатам расчетов строится контрольная карта.

Карта, оси и наносимые линии должны быть подписаны, чтобы давать ясное представление о виде контрольной карты, значениях показателя, уровнях контрольных границ.

Общие виды контрольных карт по альтернативным данным представлены на рисунках 1 и 2.

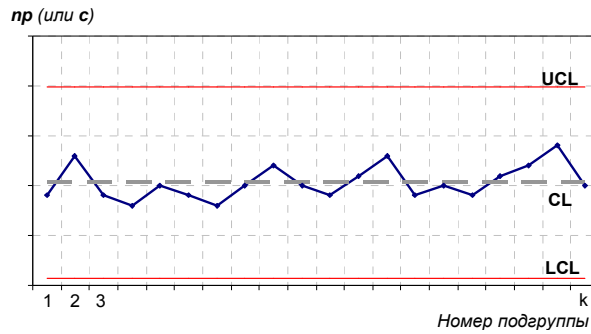


Рисунок 1 – Общий вид контрольной карты при постоянном объеме подгрупп

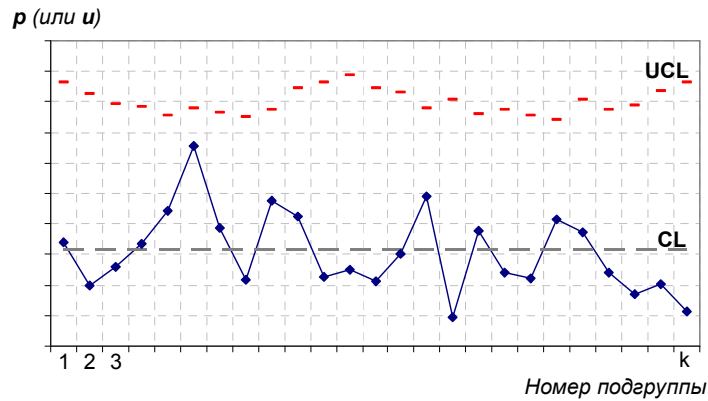


Рисунок 2– Общий вид контрольной карты при непостоянном объеме подгрупп

В случае контрольных карт для альтернативных данных распределение признака не является нормальным и вероятностная интерпретация неточна. Нормальное распределение здесь используется как приближенное описание величин, подчиняющихся биномиальному закону и закону Пуассона. Но то не снижает практическую полезность контрольных карт для установления отклонений от состояния статистической управляемости процесса.

Если нанесенное на карту значение выходит за любую из контрольных границ, то состояние статистической управляемости подвергается сомнению: необходимо выявить неслучайные (особые) причины и исключить их.

ТЕМА 5 ПРОЦЕДУРА ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ПРАКТИКЕ

1. Этапы построения ККШ
2. Практический пример управления процессом с помощью контрольных карт

1 ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ ККШ

$(\bar{x}-R)$ -карта

Эта карта используется для анализа и управления процессами, показатели качества которых являются непрерывными величинами. \bar{x} – среднее значение для подгруппы, R – выборочный размах для этой подгруппы.

\bar{x} -карта

Карта используется, если данные поступают через значительные интервалы времени, или если группировка данных неэффективна.

На эту контрольную карту наносятся значения выборочных средних для того, чтобы контролировать отклонение от среднего значения непрерывной переменной (например, диаметров поршневых колец, прочности материала и т.д.).

c -карта

В таких контрольных картах строится график числа дефектов (в партии, в день, на один станок, в расчете на 100 футов трубы и т.п.). При использовании карты этого типа делается предположение, что дефекты контролируемой характеристики продукции встречаются сравнительно редко, при этом контрольные пределы для данного типа карт рассчитываются на основе свойств распределения Пуассона (распределения редких событий).

i -карта. В карте данного типа строится график относительной частоты дефектов, то есть отношения числа обнаруженных дефектов к n - числу проверенных единиц продукции (здесь n обозначает, например, число футов длины трубы, объем партии изделий). В отличие от c -карты, для построения карты данного типа не требуется постоянство числа единиц проверяемых изделий, поэтому ее можно использовать при анализе партий различного объема.

pn -карта

В контрольных картах этого типа строится график для числа дефектов (в партии, в день, на станок), как и в случае c -карты. Однако контрольные пределы этой карты рассчитываются на основе биномиального распределения, а не распределения редких событий Пуассона. Поэтому данный тип карт должен использоваться в том случае, когда обнаружение дефекта не является редким событием (например, когда обнаружение дефекта происходит более чем у 5% проверенных единиц продукции). Этой картой можно воспользоваться, например, при контроле числа единиц продукции, имеющих небольшой брак.

p -карта

В картах данного типа строится график процента обнаруженных дефектных изделий (в расчете на партию, в день, на станок и т.д.). График строится

так же, как и в случае u -карты. Однако контрольные пределы для данной карты находятся на основе биномиального распределения (для долей), а не распределения редких событий. Поэтому p -карта наиболее часто используется, когда появление дефекта нельзя считать редким событием (если, например, ожидается, что дефекты будут присутствовать в более, чем 5% общего числа произведенных единиц продукции).

(\bar{x} - R)-карта

Этап 1. Сбор данных. Соберите приблизительно 100 данных. Поделите их на 20 или 25 однородных подгрупп объемом по 4-5 единицы в каждой. Запишите данные в таблицу. Если нет оснований для распределения данных на подгруппы, делите их в порядке поступления. Наиболее часто, объем группы устанавливается от 2 до 10.

Этап 2. Расчет средних \bar{x} . Рассчитайте простые средние арифметические значения \bar{x} для каждой подгруппы (рассчитывается с одним дополнительным десятичным знаком по сравнению с входными данными).

Этап 3. Расчет общего среднего значения (с двумя дополнительными знаками по сравнению с входными данными).

Этап 4. Расчет R . Рассчитайте размах R в каждой подгруппе, отнимая минимальное значение в подгруппе от максимального.

Этап 5. Расчет \bar{R} . Рассчитайте средний размах (с двумя дополнительными знаками по сравнению с входными данными).

Этап 6. Расчет контрольных линий. Рассчитайте каждую контрольную линию для \bar{x} -карты и для R -карты. Для R -карты нижняя граница не рассматривается, если число подгрупп менее 6.

Этап 7. Нанесение контрольных линий. Подготовьте лист бумаги в клетку, нанесите слева вертикальную ось с значениями \bar{x} и R и горизонтальные оси с номерами подгрупп. Обозначьте верхнюю и нижнюю границы так, чтобы между ними было расстояние 20-30мм. Контрольные границы нанесите пунктиром.

Этап 8. Нанесение точек. Проставьте групповые \bar{x} и R для каждой подгруппы на одной вертикальной оси напротив соответствующего номера подгруппы. Нанесите номера подгрупп на горизонтальную ось с интервалом в 2-5мм. Чтобы легче было отличать \bar{x} и R , обозначьте их разными метками, а значения, которые выходят за пределы – красным.

Этап 9. Запишите необходимую сопроводительную информацию: объем подгруппы (n) в верхнем левом углу карты, название процесса, период времени, способ измерения, условия работы и т.д.

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Рассмотрим применение контрольной карты инспектором по качеству для одной из операций в цехе. Операция заключается в подгоночной шлифовке отверстий для гидравлической системы самолетов. Требуемый диаметр отверстий определяется 0.4037 ± 0.0013 дюйма. Результаты подгонки подвергаются затем

проверке с помощью специального измерительного оборудования по принципу “годен – не годен”. Эта проверка обычно производится спустя несколько дней после выпуска контролируемого образца. В целях минимизации ошибок проверочной операции производственный отдел стремился добиться как можно большего соответствия среднего значения диаметра изделий *номинальной* величине 0.4037 дюйма.

Для осуществления измерений с точностью до десятитысячных долей дюйма инспектор приобрел визуальный компаратор, который использовался для других целей. Примерно раз в час производится измерение диаметра отверстий на пяти произведенных деталях. Для каждой выборки из пяти деталей вычисляется среднее и размах (разность между наибольшим и наименьшим значением в выборке). Таблица 1 содержит полученные результаты.

Таблица 1. Измерения диаметров отверстий

Номер выборки	Измерение каждой детали (по пять деталей в час)					Среднее \bar{X}	Размах R
1	36	35	34	33	32	34.0	4
2	31	31	34	32	30	31.6	4
3	30	30	32	30	32	30.8	2
4	32	33	33	32	35	33.0	3
5	32	34	37	37	35	35.0	5
6	32	32	31	33	33	32.2	2
7	33	33	36	32	31	33.0	5
8	23	33	36	35	36	32.6	13
9	43	36	35	24	31	33.8	19
10	36	35	36	41	41	37.8	6
11	34	38	35	34	38	35.8	4
12	36	38	39	39	40	38.4	4
13	36	40	35	26	33	34.0	14
14	36	35	37	34	33	35.0	4
15	30	37	33	34	35	33.8	7
16	28	31	33	33	33	31.6	5
17	33	30	34	33	35	33.0	5
18	27	28	29	27	30	28.2	3
19	35	36	29	27	32	31.8	9
20	33	35	35	39	36	35.6	6
Всего						671.0	124

(Указаны значения отклонений в 0.0001 дюйма от величины 0.4000)

На Рисунке 1 показана контрольная \bar{X} -карта средних. На Рисунке 2 показана контрольная карта размаха \bar{R} .

На каждой из этих контрольных карт сплошная линия обозначает среднее значение. Общее среднее $\bar{\bar{X}}$ (т.е. среднее среднего) равно 33.6 (измеренное, как и данные в таблице 1, в отклонениях в 0.0001 дюйма от величины 0.4000). Это

сумма всех средних, 671.0, деленная на число выборок, равное 20. Среднее размахов равно 6.2. Это сумма всех размахов, 124, деленная на число выборок 20.

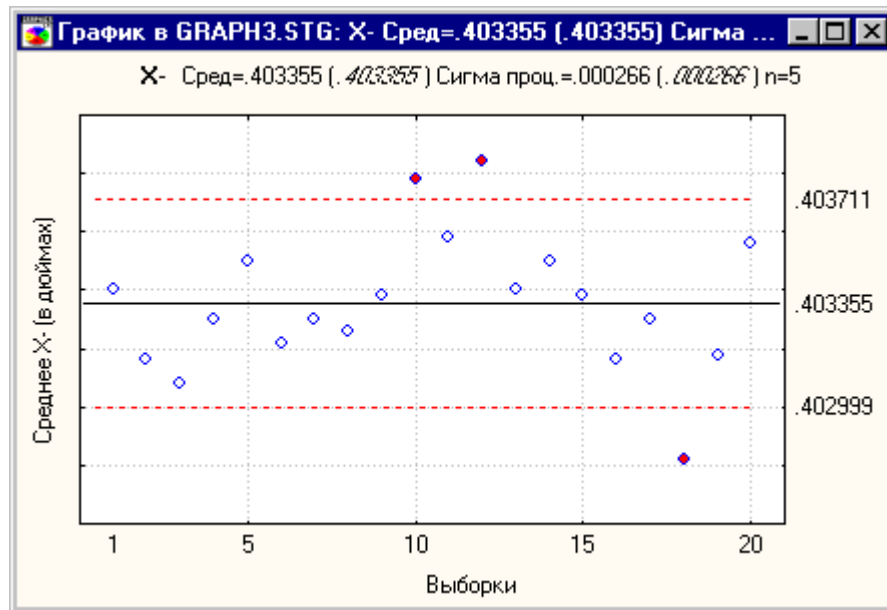


Рис. 1. Диаметры отверстий: \bar{X} -карта

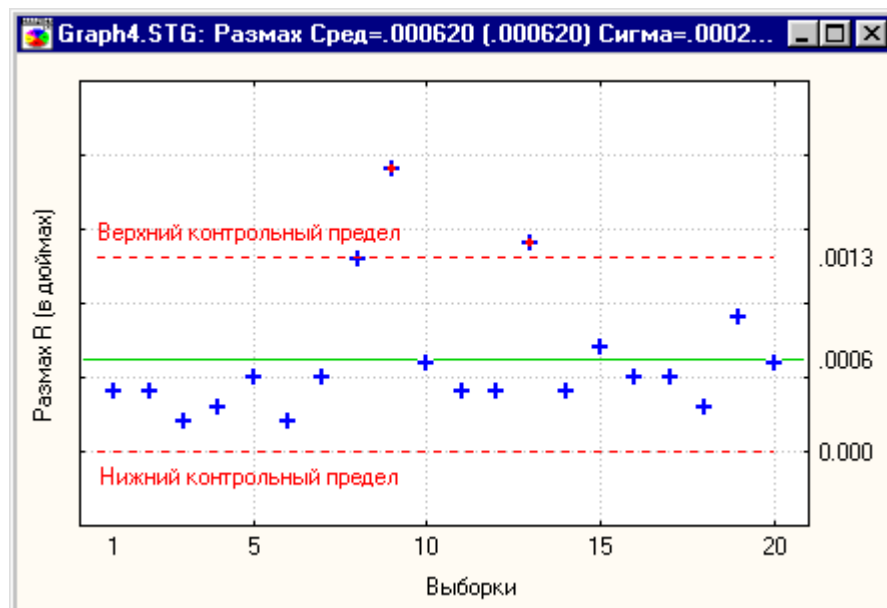


Рис. 2. Диаметры отверстий: R-карта

На каждой карте также показаны две пунктирные линии, обозначенные как верхний контрольный предел и нижний контрольный предел. Расстояния от контрольных пределов до линии среднего значения зависит от размера выборки и среднего размаха \bar{R} .

На \bar{x} -карте это расстояние равно 3.6 для обоих пределов. Верхний предел равен 37.2, что выше общего среднего 33.6 на 3.6, и нижний предел равен 30.0, что ниже общего среднего на 3.6.

На \bar{r} -карте контрольные пределы находятся на разных расстояниях от линии среднего 6.2; верхний предел равен 13.1, а нижний равен 0.

Карты показывают потерю контроля

Три точки (выборки 10, 12 и 18) лежат вне контрольных пределов на карте средних.

Две точки (выборки 9 и 13) лежат вне контрольных пределов на карте размаха.

Это свидетельствует о том, что существуют неслучайные причины изменчивости в производственном процессе, т.е. такие факторы, воздействующие на качество продукции, которые должны быть выявлены и скорректированы. Конечно, ничего не может быть сделано с этими неслучайными причинами, так как контрольные пределы не установлены после 20-й точки. Контрольные карты на Рисунках 3 и 4 просто свидетельствуют о том, что существует возможность уменьшить изменчивость процесса.

Контрольные карты приносят пользу при применении построенных контрольных пределов к производимой продукции. Сигнал о необходимости поиска неслучайных причин разладки процесса в момент выхода точки за контрольные пределы дает возможность для своевременного выявления этих причин. Действия по устранению этих причин могут состоять не только в устранении текущих неполадок, но и в предупреждении их появления в будущем.

Указанная выше ситуация выхода из-под контроля будет очевидной для инспектора качества продукции, который составил подобную карту. Продолжение использования карты дает возможность установления неслучайных причин изменчивости среднего, в основном связанных с настройками машин, и неслучайных причин изменчивости размаха, обычно связанных с невнимательностью отдельного оператора.

Усилия по предупреждению повторений подобных ситуаций приводят к существенному повышению качества продукта.

Другие выводы из контрольных карт

В описанном примере технолог успешно применил карты для контроля процессов, т.е. выявления и устранения неслучайных причин изменчивости качества. Тем не менее, для него могли оказаться скрытыми некоторые выводы, которые возможно сделать на основе более профессионального анализа карт.

Эти выводы, несомненно, будут понятны тем, кто имеет дополнительные знания и опыт по этому вопросу:

1. Если есть возможность осуществлять контроль (в статистическом смысле), естественный допуск такого процесса был бы примерно равен ± 0.0006 дюймов. Таким образом, при осуществлении статистического контроля будет несложно выдерживать заданные границы ± 0.0013 дюймов.

2. Так как на практике среднее процесса оказалось несколько ниже номинала 0.4037 дюйма для минимизации износа измерительных приборов при 100% контроле датчиками по принципу “годен – не годен”, возникает вопрос,

на каком уровне следует центрировать процесс. Если может быть осуществлен статистический контроль, этот уровень не должен быть ниже, чем 0.4030 дюйма для гарантии того, чтобы практически все изделия находились внутри границ допуска. Фактически для наших наблюдений среднее равно 0.4034 дюйма. Это было бы несомненно, если бы процесс мог удовлетворять статистическому контролю. Но для процесса, выходящего из-под контроля, всегда существует опасность брака вне зависимости от установленного уровня.

3. Всякий раз, когда естественный допуск лежит внутри заданного допуска, внимание должно быть уделено целесообразности 100% контроля или замены его выборочным контролем с использованием контрольных карт. В этом случае пять измерений фактических размеров с заданными интервалами могут заменить 100% контроль датчиками по принципу “годен – не годен”, за исключением случаев, когда контрольная карта показывает выход из-под контроля. Такая замена не была бы произведена до тех пор, пока контрольные карты, примененные к этому процессу, показывали бы попадание всех точек внутрь контрольных пределов. Если такая замена произведена, исчезнут мотивы для уменьшения износа датчиков, и может быть достигнут уровень 0.4037.

ТЕМА 6 ВЫГОДЫ ОТ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Следующий список подробнее суммирует некоторые из важных выгод от использования контрольных карт:

Контрольные карты являются эффективным средством для понимания изменчивости процессов и помогают достичь статистически управляемого состояния. Они часто пригодны для видения на рабочих местах операторами процессов. Они дают непосредственную информацию о работе процесса, позволяющую надежно судить о том, когда должно быть произведено то или иное действие, а когда действия не нужны.

Когда процесс статистически управляем, его эффективность предсказуема. Таким образом, изготовитель и потребитель могут полагаться на стойкий уровень качества и на стабильные затраты по обеспечению этого уровня качества;

Процесс, находящийся в статистически управляемом состоянии, может быть дополнительно усовершенствован посредством снижения изменчивости от обычных причин и улучшения центрирования (настроенности процесса). По данным контрольных карт могут быть проверены ожидаемые последствия предлагаемых усовершенствований в системе и определены действенные влияния даже относительно малых изменений. Требуемое количество данных будет зависеть от изучаемого процесса. Такие усовершенствования процесса могут снизить затраты и повысить производительность сокращением изменчивости около целевого значения;

Контрольные карты предоставляют общий язык для сообщения информации о настроении процесса между двумя или тремя сменами персонала, между производственными и вспомогательными службами, между разными рабочими местами в процессе, между поставщиком и потребителем, между заводом по изготовлению/сборке и конструкторскими организациями;

Контрольные карты благодаря различению обычных и особых причин изменчивости, хорошо показывают, следует ли проблему решать локально или она потребует менеджерских действий. Это сокращает путаницу, растерянность и излишние затраты от неправильных усилий по решению проблемы.

Заключительные комментарии

Так как менеджеры на производстве иногда изначально имеют не совсем точное представление о статистическом контроле качества, стоит сделать несколько пояснений для большего понимания предмета.

1. Неправильно полагают, что статистические методы могут применяться только для длительных периодов. Вследствие этого считается, что они не могут быть применимыми к новым операциям, которые длятся только несколько месяцев. Так как в реальной действительности последние данные редко подходят для наиболее эффективного использования контрольных карт для переменных, обычно необходимо начинать поиск требуемых данных *после* решения об использовании этой методики. Время, необходимое для получения доста-

точной информации для принятия решения о необходимости каких-либо действий, зависит от длительности производства достаточного для соответствующей карты количества продукции.

2. Другим неверным утверждением является то, что эти методы непременно используют сложную математику. На самом деле они основаны на простой арифметике и доступны на самом нижнем уровне управления производством.

3. Распространено заблуждение, что статистика считается настолько трудной для понимания, что она не может быть использована простым рабочим или контролирующим персоналом. А ведь чем больше на предприятии лиц, несущих ответственность за организацию, понимающих основы статистического контроля, и чем лучше они понимают его, тем больше возможностей для снижения издержек.

4. Также неверно считать, что статистические методы находят хорошее применение только тогда, когда вы осознаете, что у вас имеются определенного рода нарушения. Верно то, что одной из причин осознания трудностей является забота о создании наиболее благоприятных возможностей для снижения издержек. На самом деле статистические методы управления производственными процессами повышают возможность снижения издержек и в том случае, когда нет осведомленности о нарушениях. Подтверждением этому в примере с контрольными картами служит возможность замены выборочного контроля 100%-м контролем качественных характеристик. Инспектор предпочитает эту частную операцию в некоторой степени случайно для обеспечения возможности эксперимента с методиками.

5. Другое серьезное заблуждение заключается в утверждении, что эффективное использование методики статистического контроля качества может быть достигнуто только путем применения его в цехе.

В последнем практическом примере с контрольными картами было отмечено, что данные, сохраненные инспектором по продукции, указывают на возможность снижения издержек контроля. Системы бюджетного контроля в промышленности обычно идут по пути выдачи кредита для снижения издержек цеху определенного инспектора, но не для снижения в других цехах. В этом частном случае, если принимается решение установить приемочный статистический контроль по количественным признакам на месте производства с использованием контрольных карт в производственном цехе для контроля процесса и для приемки, возникает вопрос о том, какой персонал – производственный или контролирующий – будет осуществлять измерения. Этот вопрос должен решаться на управленческом уровне, как производства, так и контроля. Если, как это обычно бывает на практике, принимается решение о целесообразности проведения измерений производственным персоналом, внешне это приводит к повышению издержек в производственном цехе. Может показаться, что увеличились издержки, за которые нес ответственность инспектор по продукции и уменьшились издержки в месте, где – это вопрос бюджетного порядка – инспектор не получил кредит.

Очевидно, что без полного понимания высшим руководством, инспекторами по продукции и инспекторами по контролю того, как с помощью статистического контроля качества может быть достигнуто снижение издержек, рутинные операции системы бюджетного контроля могут фактически оказаться препятствием для сбережения средств.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Момот А.И. Менеджмент качества и элементы систем качества. Учебник, 2-е изд., доп. и расш. – Донецк: Норд-Пресс, 2005.
2. Захожай В.Б., Чорний А.Ю. Статистичне забезпечення управління якістю. Навчальний посібник.-Київ. Центр навчальної літератури, 2005.-340с.
3. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии: учеб. пособие / Клячкин В.Н.-М.: Финансы и статистика, 2007. - 304 с. : ил.
4. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие / В.В.Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КНОРУС, 2006.-240с.
5. Статистические методы контроля качества продукции / Ноултер Л. И др. / Пер. с англ. – 2-е руссе. Изд. – М. Издательство стандартов. 1989 – 99с.
6. Федюкин В.К. Управление качеством процессов.- СПб.: Питер, 2004.- 208с.
7. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.-600с.
8. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с.
9. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества».-М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.- 208 с.

Дополнительная:

10. ДСТУ 3514-97 Статистичні методи контролю та регулювання. Терміни та визначення.
11. ГОСТ 18242-72 Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля.
12. ГОСТ 20736-75 Статистический приемочный контроль по количественному признаку. Планы контроля.
13. РД 50-605-86 Методические указания по применению стандартов на статистический приемочный контроль.
14. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ISO 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.