ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 7870-1— 2011

Статистические методы

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Часть 1

Общие принципы

ISO 7870-1:2007
Control charts — Part 1: General guidelines
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2012

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 125 «Статистические методы в управлении качеством продукции»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2011 г. № 524-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 7870-1:2007 «Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы» (ISO 7870-1:2007 «Control charts — Part 1: General guidelines»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 50779.40—96 (ИСО 7870—93)

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения 5
5 Основные принципы 6
6 Виды контрольных карт 9
7 Карты стабильности процесса 9
8 Приемочные контрольные карты 11
9 Регулирование процесса 12
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам) 13
Библиография 14

Введение

Каждый производственный процесс управления или оказания услуги обладает определенной изменчивостью вследствие наличия большого количества воздействующих факторов. Поэтому наблюдаемые результаты работы процесса также непостоянны. Исследование этой изменчивости позволяет достичь понимания ее природы, что обеспечивает возможность управления процессом.

Контрольные карты являются основным инструментом статистического управления процессами (*SPC*). Они обеспечивают простой графический метод, позволяющий:

a) определить, является ли процесс стабильным, т. е. функционирующим под воздействием не изменяющейся во времени системы случайных причин, характеризующих собственную изменчивость процесса (процесс находится в «состоянии статистической управляемости»);

b) оценить собственную изменчивость процесса;

c) сравнить информацию, полученную из выборок, представляющих текущее состояние процесса, с границами, отражающими его изменчивость, с целью оценки того, остался ли процесс стабильным или нет, уменьшилась или нет его изменчивость;

d) идентифицировать, исследовать и по возможности уменьшить/устранить влияние специальных причин изменчивости, которые могут привести процесс к недопустимому уровню функционирования;

e) использовать для управления процессом данные о его изменчивости (наличие тренда серии, циклов и т. п.);

f) определить, ведет ли он себя предсказуемым и стабильным образом и возможна ли оценка соответствия процесса установленным требованиям;

g) определить, соответствуют ли требованиям продукция, услуга, воспроизводимость процесса для измеряемой характеристики;

h) обеспечить регулирование процесса на основе прогноза его поведения, используя статистические модели;

i) оценивать результативность системы измерений.

Главными достоинствами контрольной карты является легкость ее формирования и использования. Это позволяет оператору производства или обслуживания, инженеру, руководителю и менеджеру следить за поведением процесса в режиме реального времени. Однако для того, чтобы контрольная карта была достоверным и эффективным индикатором состояния процесса, необходимо на стадии планирования уделить особое внимание выбору типа контрольной карты.

В настоящем стандарте представлены общие принципы построения и применения контрольных карт.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Статистические методы

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Часть 1

Общие принципы

Statistical methods. Control charts.
Part 1. General guidelines

Дата введения — 2012—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные принципы построения и применения контрольных карт. В стандарте приведена характеристика видов контрольных карт (включая контрольные карты Шухарта и контрольные карты, предназначенные для приемки или регулирования состояния процесса).

Стандарт содержит обзор основных принципов и положений, а также взаимосвязь различных способов применения контрольных карт, что помогает в выборе наиболее подходящих для конкретных обстоятельств. Стандарт не устанавливает статистические методы управления с применением контрольных карт. Эти методы установлены в других стандартах серии ИСО 7870.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

ИСО 3534-2:2006 Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Прикладная статистика (ISO 3534-2:2006, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 3534-2, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **контрольная карта** (control chart): График, на который наносят в установленном порядке значения статистического показателя в последовательности выборок, используемый для управления процессом и снижения изменчивости процесса.

Примечание 1 — Порядок нанесения на карту значений обычно привязан по времени или порядку отбора выборок.

Примечание 2 — Применение контрольной карты обычно наиболее эффективно, когда на ней отражают показатель процесса, коррелированный с качеством готовой продукции или услуги.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.1]

3.2 **контрольная карта Шухарта** (Shewhart control chart): Контрольная карта с контрольными границами Шухарта, предназначенная для разделения причин изменчивости контролируемой характеристики на случайные или специальные.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.2]

Издание официальное

3.3 **приемочная контрольная карта** (acceptance control chart): Контрольная карта, предназначенная для оценки соответствия изображаемой на карте контролируемой характеристики установленным допускам.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.3]

3.4 **контрольная карта регулировки процесса** (process adjustment control chart): Контрольная карта, использующая модель прогнозирования процесса, предназначенная для оценки и отражения на графике прогнозируемой тенденции изменений процесса (в случае отсутствия корректировок процесса), а также определения величины изменений, необходимых для поддержания процесса в приемлемых границах.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.3]

3.5 **контрольная карта кумулятивных сумм**, КУСУМ-карта (cumulative sum control chart, CUSUM chart): Контрольная карта, на которой отображают кумулятивную сумму отклонений статистик последовательных выборок от целевого значения для выявления изменений характеристики процесса.

Примечание 1 — Ордината каждой нанесенной точки представляет собой алгебраическую сумму ординаты предыдущей точки и самого последнего отклонения от целевого или контролируемого значения.

Примечание 2 — Наиболее эффективно выявление изменений характеристики процесса в ситуации, когда контролируемой характеристикой является общее среднее значение.

Примечание 3 — КУСУМ-карта может быть использована для контроля, диагностики и прогнозирования поведения наблюдаемой характеристики.

Примечание 4 — При использовании КУСУМ-карты для контроля ее интерпретируют с помощью накладываемых на нее масок (например, *V*-маски). Сигнал возникает в том случае, когда линия кумулятивной суммы пересекает границу маски или касается ее.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.5]

3.6 **карта контроля по количественному признаку** (variables control chart): Контрольная карта Шухарта, предназначенная для представления данных, измеряемых по непрерывной шкале.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.6]

3.7 **карта контроля по альтернативному признаку** (attribute control chart): Контрольная карта Шухарта, предназначенная для представления категоризированных данных.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.7]

3.8 **контрольная карта числа несоответствий**, *c*-карта (count control chart, c chart): Карта контроля по альтернативному признаку, предназначенная для отображения количества появления определенных событий.

Примечание — Величиной, характеризующей количество появлений определенного события, могут быть, например, количество отсутствующих, количество продаж и т. п. В области качества событиями являются наличие несоответствий и доля несоответствующих единиц продукции в выборках фиксированного объема. Примеры — дефект в каждых 100 м^2 ткани, ошибки в каждых 100 бухгалтерских документах.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.8]

3.9 **контрольная карта числа несоответствий на единицу (продукции)**, *u*-карта (count per unit control chart, u chart): Карта контроля по альтернативному признаку, предназначенная для оценки количества случайных событий на единицу продукции.

Примечание — Величиной, характеризующей количество появлений определенного события, могут быть, например, количество отсутствующих и количество лидеров продаж. В области качества событиями являются наличие несоответствий и доля несоответствующих единиц продукции в выборках непостоянного объема.

3.10 **контрольная карта числа несоответствующих единиц (продукции),** *np*-карта (number of categorized units control chart, np chart): Карта контроля по альтернативному признаку, предназначенная для оценки количества единиц продукции данного класса при постоянном объеме выборки.

Примечание — В области качества классом является класс «несоответствующих единиц продукции».

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.10]

3.11 **контрольная карта долей или процента**, *p*-карта (proportion or percent categorized units control chart, p chart): Карта контроля по альтернативному признаку для оценки доли единиц продукции данного класса от общего количества единиц продукции в выборке, выраженной в виде пропорции или процента.

Примечание 1 — В области качества классом обычно является класс «несоответствующих единиц продукции».

Примечание 2 — Как правило, *p*-карты применяют в тех случаях, когда объем выборки является непостоянным.

Примечание 3 — Данные на *p*-карту могут быть нанесены в виде доли или процента.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.11]

3.12 **контрольная карта средних арифметических**, *Xbar*-карта (Xbar control chart, average control chart): Карта контроля по количественному признаку, предназначенная для оценки изменчивости процесса на основе средних арифметических в подгруппах.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.12]

3.13 **контрольная карта медиан** (median control chart): Карта контроля по количественному признаку, предназначенная для оценки изменчивости процесса на основе значений медиан в подгруппах.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.13]

3.14 **контрольная карта скользящих средних** (moving average control chart): Контрольная карта, предназначенная для оценки состояния процесса по средним арифметическим последних *n* наблюдений.

Примечание 1 — Такая карта особенно полезна, когда доступно только одно наблюдение в подгруппе. Примеры — характеристики качества процесса, такие как температура, давление, время.

Примечание 2 — Новое наблюдение заменяет последнее из имеющихся (n + 1) наблюдений.

Примечание 3 — Недостатком карты является отсутствие весовых коэффициентов при вычислении среднего арифметического, учитывающих состав используемых *n* точек.

3.15 **контрольная карта индивидуальных значений**, *X*-карта (individuals control chart, X control chart): Карта контроля по количественному признаку, предназначенная для оценки изменчивости процесса на основе индивидуальных наблюдений в выборке.

Примечание 1 — Данную контрольную карту обычно применяют вместе с контрольной картой скользящих размахов с $n = 2$.

Примечание 2 — *X*-карта не использует преимущества усреднения, позволяющего использовать нормальное распределение в соответствии с центральной предельной теоремой.

Примечание 3 — Индивидуальные значения обычно обозначают x_1, x_2, x_3, ... Иногда вместо x используют обозначение y.

Примечание 4 — При использовании данной карты обычно символом *R* обозначают скользящий размах, который представляет собой абсолютное значение разности двух последовательных значений, т. е.:

$|x_1 - x_2|$, $|x_2 - x_3|$ и т. д.

Примечание — Адаптированное определение по ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.15.

3.16 **контрольная карта экспоненциально взвешенных скользящих средних,** EWMA-карта (exponentially weighted moving average control chart, EWMA control chart): Контрольная карта, предназначенная для оценки изменчивости процесса по экспоненциально сглаженным скользящим средним арифметическим значениям.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.16]

3.17 **контрольная карта с трендом** (trend control chart): Контрольная карта, предназначенная для оценки изменчивости процесса на основе отклонений средних арифметических по подгруппам от ожидаемого тренда уровня процесса.

Примечание 1 — Тренд может быть определен экспериментально или методами регрессионного анализа.

Примечание 2 — Тренд — это тенденция изменения центральной линии процесса после исключения случайных изменений и циклических воздействий, если наблюдаемые значения представлены на графике в порядке, соответствующем времени наблюдений.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.17]

3.18 **контрольная карта размахов**, *R*-карта (range control chart, R chart): Карта контроля по количественному признаку, предназначенная для оценки изменчивости процесса по размахам в подгруппах.

Примечание 1 — Значение размаха в подгруппе *R* представляет собой разность наибольшего и наименьшего наблюдений в подгруппе.

Примечание 2 — Среднее арифметическое размахов для всех подгрупп обозначают символом $\bar{R}$.

Примечание 3 — Адаптированное определение по ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.18.

3.19 **контрольная карта стандартных отклонений**, s-карта (s chart, standard deviation control chart): Карта контроля по количественному признаку, предназначенная для оценки изменчивости процесса по выборочным стандартным отклонениям в подгруппах.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.19]

3.20 **контрольная карта скользящих размахов** (moving range control chart): Карта контроля по количественному признаку, предназначенная для оценки изменчивости процесса по размаху последовательных *n* наблюдений.

Примечание — Новое наблюдение заменяет старейшее из (n + 1) последних наблюдений.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.20]

3.21 **многомерная контрольная карта** (multivariate control chart): Контрольная карта, предназначенная для оценки изменчивости процесса на основе данных единственной выборочной статистики двух или большего количества коррелированных переменных для каждой подгруппы.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.21]

3.22 **контрольная карта многомерной характеристики** (multiple characteristic control chart): Карта контроля по альтернативному признаку для оценки изменчивости процесса на основе более чем одной характеристики качества.

3.23 **контрольная карта баллов качества** (demerit control chart quality score char): Контрольная карта многомерной характеристики, предназначенная для оценки процесса на основе присвоения весовых коэффициентов событиям в зависимости от их значимости.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.23]

3.24 **регулирование процесса** (process adjustment): Действия, направленные на сокращение отклонений от целевого значения выходной характеристики, основанные на упреждающем управлении и/или управлении с обратной связью.

Примечание — Непрерывный мониторинг определяет, находятся ли процесс и система регулирования процесса в состоянии статистической управляемости.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.24]

3.25 **упреждающее управление** (feed-forward control): Формирование соответствующих компенсационных изменений контролируемой переменной на основе измерения отклонений входной переменной.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.25]

3.26 **управление с обратной связью** (feedback control): Формирование соответствующих компенсационных изменений контролируемой переменной на основе отклонений от целевого значения или сигнала ошибки выходной характеристики.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.26]

3.27 **контролируемая переменная** (control variable): Переменная, характеризующая процесс, от которой зависит сигнал к действиям, вызывающим изменения значений выходных характеристик процесса.

Примечание 1 — Сигнал к действиям может быть вызван изменениями характеристик процесса.

Примечание 2 — Адаптированное определение по ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.27.

3.28 **автокорреляции** (autocorrelation): Корреляция между наблюдениями характеристики, упорядоченными по времени.

[ИСО 3534-2:2006, статья 2.3.28]

4 Обозначения

n — объем подгруппы;
p — процент или доля единиц продукции;
R — размах (для SPC, приемочного контроля);
$\overline{R}$ — среднее арифметическое размахов <для SPC, приемочного контроля>;
s — выборочное стандартное отклонение;
x — измеряемое значение;
$\overline{x}$ — значение среднего арифметического в подгруппе.

Примечание 1 — Необходимо отметить, что Директива ИСО/МЭК, Часть 2, заставляет отступать от обычного использования аббревиатуры SPC в части различий между элементами аббревиатуры и символами. В Международной организации по стандартизации (ИСО) элемент аббревиатуры и символ отличаются по виду двумя способами: шрифтом и расположением. Элементы аббревиатуры изображают прямым шрифтом Arial, а символы курсивным шрифтом Times New Roman или Greek. Следует помнить, что аббревиатура может содержать несколько букв, а символы состоят из единственной буквы. Например, обычно для верхней контролируемой границы используют аббревиатуру *UCL*, а для обозначения этой величины используют символ U_{CL}. Это необходимо для того, чтобы избежать неверного понимания символов.

Примечание 2 — В случаях, когда обозначение или аббревиатура имеют различный смысл в различных областях применения, область применения указана в скобках < >. Это позволяет избежать введения незнакомой аббревиатуры и новых символов. Например, аббревиатура «R» и символ «R» имеют различные значения в метрологии и статистическом управлении производственными процессами (SPC) и статистическом приемочном контроле. Символ «R» при этом дифференцирован следующим образом:

R — воспроизводимость <в метрологии>;
R — размах <в SPC и статистическом приемочном контроле>.

5 Основные принципы

5.1 Контрольная карта

Контрольная карта — графический способ изображения данных о состоянии процесса, который позволяет визуализировать изменчивость процесса. Через определенные интервалы времени отбирают подгруппы единиц продукции установленного объема, для которых определяют значение характеристики или наличие признака. Полученные таким образом данные, как правило, представляют в виде соответствующей статистики, которую отражают на контрольной карте. Типичная контрольная карта состоит из центральной линии, которая отражает уровень, вокруг которой в среднем изменяется контролируемая статистика. Кроме того, на контрольной карте имеются две линии, называемые контрольными границами, которые расположены по обе стороны от центральной линии и определяют область в виде полосы, в пределах которой статистическая величина в среднем изменяется случайным образом, если процесс находится в статистически управляемом состоянии.

Две контрольные границы используют для принятия решения о состоянии процесса. Границы определяют ширину полосы, которая, отчасти, зависит от собственной изменчивости процесса. Если полученная статистика находится внутри полосы, делают вывод, что процесс находится в состоянии статистической управляемости и, следовательно, процесс может функционировать без изменений. Однако значение статистики вне пределов контрольных границ указывает, что процесс может быть неконтролируемым. Контрольная карта в этом случае сигнализирует, что может присутствовать специальная причина изменчивости и, следовательно, необходимо воздействовать на процесс.

Воздействия на процесс, которые могут быть предприняты, включают в себя:

a) проведение исследований для определения источников специальной причины изменчивости в целях устранения, сокращения или восстановления влияния этой причины в будущем;

b) регулирование процесса;

c) продолжение функционирования процесса с учетом оценки риска;

d) остановку процесса и проведение корректирующих действий до их завершения;

e) в случаях, когда специальные причины дают положительные последствия (например, при усовершенствовании процесса), сохранение действия специальной причины, чтобы по возможности она стала постоянной.

Иногда на контрольную карту наносят еще две границы — предупреждающие границы. Если по результатам наблюдений точка находится вне предупреждающих границ, но внутри контрольных границ, то, несмотря на то что никаких воздействий на процесс не требуется, необходимо обратить внимание на процесс для выявления наличия (или отсутствия) специальной причины изменчивости процесса. В этом случае может быть целесообразным сокращение интервала времени между отбором выборок и/или увеличением объема выборок для определения наличия изменений процесса. Если на контрольную карту нанесены предупреждающие границы, контрольные границы иногда называют «границами действия».

Для принятия решения о состоянии процесса используют также дополнительные правила, основанные на анализе расположения данных внутри контрольных границ. Эти правила, часто называемые правилами принятия решений, установлены в ИСО 8258.

Если целью контроля является решение о приемлемости процесса, могут быть использованы дополнительные границы, называемые приемочными, устанавливающие критерий решения о приемлемости процесса (см. 5.3).

5.2 Статистическое управление процессом

Контрольные карты часто используют для оценки стабильности процесса. Процесс является статистически управляемым, если он находится под воздействием только случайных причин, т. е. на него не воздействуют экстраординарные, неожиданные, специальные причины. Такие специальные причины могут воздействовать как на уровень процесса, так и на его изменчивость или на то и другое одновременно.

В основном, если процесс находится в состоянии статистической управляемости, можно достаточно достоверно предсказать его поведение, тогда как при наличии специальных причин поведение процесса не может быть спрогнозировано без информации о наличии и воздействии этих причин. Процесс, который не находится в состоянии статистической управляемости, является неконтролируемым и требует усилий для приведения его в статистически управляемое состояние. Для некоторых экономических или природных явлений могут отсутствовать способы воздействия на процесс, и контрольная карта в этом случае служит для идентификации отсутствия контроля.

5.3 Приемлемость процесса

Кроме контроля стабильности процесса контрольные карты используют также для принятия решения о приемлемости процесса. Если процесс находится в состоянии статистической управляемости, можно принять с соответствующими ошибками решение, соответствует ли результат работы процесса (продукция или услуга) установленным требованиям. Такое применение контрольной карты наиболее эффективно, когда изменчивость процесса не велика по сравнению с установленным допуском. В таких ситуациях уровень процесса может временно приблизиться к границе неконтролируемого состояния, хотя продукция и услуги все еще соответствуют установленным требованиям. Контрольную карту в этом случае используют для обеспечения приемлемого статуса процесса несмотря на изменения уровня процесса. В этом случае необходимо использовать контрольные карты в соответствии с ИСО 7966.

5.4 Управление процессом с естественным дрейфом

Если под воздействием устранимых причин появляется дрейф уровня процесса, например при контроле концентрации химического вещества в партии, управляя концентрацией компенсационной составляющей, можно регулировать уровень процесса. В этой ситуации могут быть использованы специально разработанные контрольные карты, позволяющие определить, когда и как необходимо отрегулировать процесс, чтобы компенсировать такие воздействия. Такой тип контроля часто приводит к существенному уменьшению изменчивости процесса. В частности, он гарантирует, что регулировка процесса не будет выполняться чаще, чем необходимо (излишняя регулировка), что может увеличить собственную изменчивость процесса.

5.5 Вероятность ошибочных решений

При оценке состояния управляемости процесса на основе установленных правил принятия решений и данных ограниченной выборки могут быть приняты ошибочные решения двух типов.

Ошибка первого рода возникает, когда на основе наблюдений, нанесенных на контрольную карту, принимают решение о том, что процесс не находится в статистически управляемом состоянии и нужны корректирующие действия, в то время как на самом деле процесс функционирует в пределах воздействия случайных причин. Следовательно, процесс ошибочно объявляют нестабильным. Вероятность такой ошибки называют ошибкой первого рода (или α-риском) и обозначают α.

Ошибка второго рода возникает, когда под воздействием специальной причины процесс является нестабильным, но на основе данных, нанесенных на контрольную карту, принимают решение о том, что процесс является стабильным. Пока данные на контрольной карте не покажут истинное состояние процесса, его ошибочно будут считать стабильным. Вероятность такой ошибки называют ошибкой второго рода (или β-риском) и обозначают β.

Ошибки первого и второго рода зависят от контрольных границ, правил принятия решения и объема выборки, соответствующий выбор которых позволяет ограничить ошибки.

5.6 План сбора данных

5.6.1 Общие положения

Самым важным элементом сбора данных является выбор контролируемых характеристик и идентификация места или стадии для контроля. Способ сбора данных имеет фундаментальное значение при использовании контрольной карты для эффективного распознавания случайных и специальных причин. На основе понимания особенностей процесса и собираемых данных следует уделить особое внимание тому, как формировать выборки или подгруппы, какими должны быть их объемы и частота, с которой их отбирают.

5.6.2 Оценка процесса измерения

До выполнения действий по управлению процессом важно обеспечить валидацию процесса измерений. Изменчивость, связанную с процессом измерения, необходимо оценить и убедиться в том, что процесс способен выявлять отклонения в продукции, а сигналы контрольной карты не содержат ошибок измерения (см. ИСО 10012).

5.6.3 Отбор выборок

Выборки — это подгруппы единиц продукции, изготовленных контролируемым процессом, отобранные в соответствии с установленным способом. В качестве данных о характеристиках продукции используют такие статистики, как число несоответствий, среднее арифметическое или размах, их вычисляют и отображают на контрольной карте.

Рациональные выборки или подгруппы следует отбирать так, чтобы каждая подгруппа была настолько однородна, насколько позволяет процесс. Предполагается, что в пределах рациональной подгруппы изменения могут быть вызваны только случайными причинами.

Эти причины являются источниками собственной изменчивости процесса в течение долгого времени. Рациональные подгруппы отбирают для обнаружения специальных причин изменчивости между подгруппами. Краткосрочную изменчивость измеряют, используя изменчивость в пределах последовательности однородных подгрупп, и на ее основе определяют положение контрольных границ на контрольной карте, в то время как долгосрочную изменчивость обычно оценивают по изменениям между подгруппами. Хорошим основанием для формирования подгрупп является время, поскольку такой подход позволяет обнаружить специальные причины, появление которых требует некоторого времени. Однако другие основания, такие как необходимость изучить изменчивость от оператора к оператору, от машины к машине или от поставщика к поставщику, могут потребовать формирования подгрупп, основанных на группировке по операторам, машинам или поставщикам.

Рациональная подгруппа должна отражать воздействие всех причин случайных изменений. Например, серия повторных измерений на образце материала может не отражать влияние расположения образца в приборе или способа его получения. В таких условиях повторные наблюдения дают нереалистично низкую оценку собственной изменчивости измерений. Таким образом, почти по любому фактическому измерению процесс будет оценен как «нестабильный».

5.6.4 Объем выборки

Объем выборки должен быть выбран так, чтобы обеспечить возможность обнаружения небольших изменений процесса и низкий риск необнаружения специальных причин. Больший объем выборки является более дорогостоящим, но обеспечивает более точную оценку процесса и, следовательно, более эффективный контроль. Однако если выборка является слишком большой, специальные причины могут воздействовать на процесс в период отбора выборки, вызывая увеличение изменчивости внутри выборки, следовательно, контрольные границы могут оказаться слишком широкими, а значит, многие специальные причины могут быть не обнаружены.

При контроле по альтернативному признаку необходимый объем выборки для обнаружения изменений долей обычно должен быть существенно больше, чем объем выборки для контроля по количественному признаку, так как данные контроля по альтернативному признаку содержат намного меньше информации, чем данные контроля по количественному признаку.

В некоторых случаях формирование подгруппы нерационально, и целесообразно собирать информацию по отдельным единицам продукции в выборках единичного объема. Это относится к ситуации, когда контроль является разрушающим или отбор выборки требует больших затрат, или когда повторные измерения процесса отличаются только ошибками анализа или погрешностью инструмента.

5.6.5 Частота отбора выборок

Частота отбора выборок зависит от величины изменений процесса, которые необходимо своевременно обнаружить, а также от стоимости процесса, функционирующего в состоянии отсутствия статистической управляемости. Чем меньше изменения, которые необходимо обнаружить, тем большее количество выборок заданного размера отобрано до появления сигнала на карте. Сокращение периода между отборами выборок сокращает период обнаружения таких отклонений процесса, когда процесс может выйти из стабильного состояния, что приведет к изготовлению дефектной продукции. Однако при определении периода отбора выборок следует учитывать стоимость отбора и контроля выборки. Периодичность отбора выборок следует назначать так, чтобы она не совпадала с периодом изменения параметров, которые могут вызывать изменение процесса (например, отбор выборки в начале рабочего дня, когда температура ниже, или отбор каждой 50-й единицы продукции в начале партии сырья или в начале смены).

5.7 Карты контроля по количественному и альтернативному признаку

Контрольные карты могут быть применены как для количественных, так и для альтернативных данных. Количественные данные — это результаты наблюдений, проводимых с помощью измерений и записи числовых значений контролируемого показателя рассматриваемых единиц выборки, что предполагает некоторую непрерывную шкалу изменения этого показателя. Альтернативные данные — это результаты наблюдений наличия (или отсутствия) определенного признака или атрибута для каждой рассматриваемой единицы выборки и подсчета числа единиц, имеющих (или не имеющих) данный признак, или числа таких признаков, имеющихся в единице. Результаты затем представляют в виде частоты или процента (доли).

В основном контрольные карты, используемые для количественных данных (называемые картами контроля по количественному признаку), отличаются от контрольных карт, используемых для альтернативных данных (называемых картами контроля по альтернативному признаку), по виду распределений контролируемых характеристик.

В большинстве случаев карты контроля по количественному признаку применяют в случае, когда результаты наблюдений являются статистически независимыми и могут быть описаны нормальным распределением. В результате используют два вида контрольных карт — для контроля среднего и для контроля изменчивости процесса. На карте первого вида в качестве меры положения используют выборочное среднее, медиану или единственную измеряемую характеристику (если выборка содержит только одну единицу продукции). На карте второго вида в качестве меры разброса или изменчивости в пределах выборки используют стандартное отклонение, выборочный размах или абсолютную разность двух последовательных наблюдений, если выборка содержит только одну единицу продукции в единицу времени. Для эффективного контроля по количественному признаку применяют оба вида карт.

Расстояние между контрольными границами на контрольной карте среднего является функцией изменчивости, контролируемой по карте разброса. Поэтому важно при построении контрольной карты среднего процесса удостовериться, что процесс является статистически стабильным относительно собственного разброса.

В большинстве случаев применение карт контроля по альтернативному признаку обычно используют биномиальное распределение или распределение Пуассона. Каждое из этих распределений имеет единственный параметр, который контролируют для оценки стабильности процесса. Поэтому в случае контроля по альтернативному признаку применяют единственную контрольную карту. Контрольные границы такой карты находят на основе объема выборки и определенных доли или количества несоответствующих единиц продукции.

6 Виды контрольных карт

Контрольные карты, установленные в настоящем стандарте, предназначены для работы со следующими характеристиками процесса: стабильность процесса и приемлемость процесса.

Если необходимо достигнуть или поддерживать стабильность процесса, могут быть использованы контрольные карты Шухарта (см. ИСО 8258) и другие контрольные карты [CUSUM-карты (см. ИСО 7871), карты экспоненциально взвешенного скользящего среднего (*EWMA*[1)], карты скользящего среднего (*MA*[2)]].

Если контрольные карты применяют для приемки процесса, необходимо использовать приемочные контрольные карты (см. ИСО 7966). Однако в соответствии с ИСО 7966 сначала должно быть проведено исследование с помощью контрольной карты Шухарта, предназначенное для валидации использования приемочной контрольной карты. Кроме того, необходимо обеспечить контроль изменчивости процесса.

Некоторые из перечисленных контрольных карт описаны в разделах 7 и 8.

Кроме того, существуют статистические методы, описанные в разделе 9, которые необходимо применять, когда невозможно привести или поддержать процесс в состоянии статистической управляемости. Эти методы позволяют удерживать процесс так близко к цели, насколько это возможно.

7 Карты стабильности процесса

7.1 Общие положения

Существуют два основных типа контрольных карт Шухарта.

На контрольной карте первого типа отсутствуют предварительно установленные контрольные границы. В картах этого типа применяют контрольные границы, построенные на основе данных выборки или подгруппы. Контрольную карту первого типа используют для определения наличия в серии наблюдений отклонений, превышающих ожидаемые случайные отклонения. В основном этот тип контрольных карт используют для выявления любых видов отсутствия управляемости процесса, особенно на этапе исследований и разработки, ранних исследовательских испытаний, в начале производства и при исследовании услуг. Этот тип контрольной карты полезен для оценки изменчивости новых процессов, продукции или услуги, включая изменчивость метода измерения. На данном этапе при интерпретации результатов следует проявлять осторожность, т. к. контрольные границы являются функцией данных наблюдения.

[1)] EWMA — exponentially weighted moving average.

[2)] MA — moving average.

Ко второму типу относят контрольные карты с установленными контрольными границами, построенными на основе стандартных значений контролируемых характеристик. Стандартные значения могут быть установлены на основе:

a) предшествующих представительных данных (например, полученных из опыта использования контрольных карт с отсутствующими, предварительно установленными контрольными границами);

b) экономических соображений, потребностей в услуге и затрат на производство;

c) целевого значения, указанного в технической документации.

Эту форму контрольной карты используют для мониторинга процессов, контролируя, не отклоняются ли наблюдаемые выборочные значения от принятых стандартных значений более ожидаемого при наличии только случайных причин.

Предпочтительно, чтобы стандартные значения были определены в соответствии с перечислением a), поскольку переход от использования контрольной карты без предварительно установленных контрольных границ к использованию контрольных карт с установленными контрольными границами требует непрерывного контроля процесса.

Необходимо отметить, что использование контрольных карт второго типа позволяет оценить не только постоянство причин, влияющих на процесс, но также оценить соответствие изменения контролируемого параметра под воздействием этих причин установленным целевым значениям.

7.2 Неполный перечень контрольных карт Шухарта и других контрольных карт этого вида

7.2.1 Общие положения

Данный перечень включает три категории контрольных карт. Первые две предназначены для контроля независимых наблюдений, полученных из одной или нескольких подгрупп. Третья категория предназначена для контроля данных, для которых требование независимости не выполняется.

7.2.2 Контрольные карты, использующие данные только одной подгруппы для каждого наносимого на карту значения

7.2.2.1 Карты контроля по количественному признаку

Контрольные карты, использующие данные только одной подгруппы для каждого наносимого на карту значения, включают следующие виды контрольных карт:

a) *Xbar*-карты для контроля и изменения среднего процесса и *R*-карты выборочных размахов для контроля разброса или *Xbar*-карты и *s*-карты (контрольные карты выборочного стандартного отклонения). При этом вместо контрольной карты выборочного среднего может быть использована контрольная карта медиан;

b) *X*-карты и контрольные карты скользящих размахов (см. 7.2.3);

c) многомерные контрольные карты.

Многомерные контрольные карты используют для обнаружения изменений среднего процесса или изменения взаимосвязи (ковариации) между несколькими характеристиками. Как правило, только одну комплексную статистическую величину, получаемую на основе комбинации нескольких характеристик, которые необходимо контролировать, наносят на контрольную карту.

7.2.2.2 Карты контроля по альтернативному признаку

Контрольные карты, использующие данные контроля по альтернативному признаку только по единственной подгруппе для каждого наносимого на карту значения, охватывают следующие виды контрольных карт:

a) *p*-карта (контрольная карта долей или процента, отнесенных к определенной категории единиц продукции);

b) *np*-карта (контрольная карта количества единиц продукции, отнесенных к определенной категории,);

c) *c*-карта (контрольная карта количества событий);

d) *u*-карта (контрольная карта количества событий на единицу).

7.2.3 Контрольные карты, использующие данные нескольких подгрупп для каждого наносимого на карту значения

7.2.3.1 Контрольная карта скользящих размахов (и *X*-карта, см. 7.2.2.1)

В некоторых случаях на *X*-карте отмечают отдельные наблюдения. Значение скользящего размаха (разности между двумя последовательными наблюдениями) затем наносят на карту размахов для оценки и контроля изменчивости процесса.

7.2.3.2 CUSUM-карта, карта кумулятивных сумм (см. ИСО 7871).

Кумулятивные суммы отклонений отдельных наблюдений или значения объединенных статистик подгруппы, таких как $\bar{x}$, *R*, *s* и *p*, отмечают на карте. Состояние управляемости процесса определяют с помощью *V*-маски. Эта карта обычно более чувствительна (быстрее реагирует) к небольшим изменени-

ям состояния процесса, чем обычная контрольная карта Шухарта. Аналогично для случаев, когда целью является обнаружение нестандартных состояний, а не графическое представление последовательных данных, используют табличный метод CUSUM, для которого не требуется использовать карту, но аналогичный по применению. В этом случае правило принятия решения, заменяющее *V*-маску, основано на расчетах. Полезной особенностью метода CUSUM (графического или табличного) является возможность определения точки, в которой, возможно, произошло изменение параметров процесса.

7.2.3.3 Карты экспоненциально взвешенного скользящего выборочного среднего *EWMA*

Отдельные наблюдения или выборочные средние по подгруппам или размахи подгрупп, или стандартные отклонения подгрупп и все предыдущие наблюдения усредняют, но более ранние данные используют с прогрессивно уменьшающимися весовыми коэффициентами. Вследствие большего влияния последних наблюдений данная контрольная карта более чувствительна (быстрее реагирует) к небольшим изменениям процесса, но менее чувствительна (медленнее реагирует) к большим изменениям процесса в отличие от контрольной карты Шухарта.

7.2.4 Контрольные карты для зависимых (автокоррелированных) наблюдений

Обычно при использовании контрольных карт для количественных данных применяют предположение о том, что в случае, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии, наблюдения являются независимыми и подчиняются нормальному распределению с постоянными средним и стандартным отклонениями. А выход процесса из устойчивого состояния приводит к изменениям среднего или стандартного отклонения процесса (или обоих).

Одним из самых важных предположений относительно данных при использовании контрольных карт является предположение о независимости наблюдений. Обычные контрольные карты не дают хорошего результата, если данные наблюдений контролируемой характеристики имеют даже слабую связь во времени, т. е. подвержены автокорреляции. Очевидно, что в этом случае контрольные карты будут давать недостоверные результаты. К сожалению, предположение о независимости или некоррелированности наблюдений не выполняется для некоторых производственных процессов. Одним из примеров такой ситуации являются химические процессы, для которых последовательные измерения характеристик процесса, а также изготавливаемой процессом продукции часто сильно коррелированны. Другим примером является автокорреляция между результатами автоматизированного контроля измерений, выполняемых на каждой единице продукции, в соответствии со временем изготовления.

Один способ работы с автокоррелированными данными — это отбирать выборки данных о процессе более редко, что позволяет ослабить корреляцию данных в выборке. Но такой подход не позволяет эффективно использовать доступные данные и требует намного больше времени для обнаружения изменений процесса, чем при использовании всех данных.

Предпочтительный подход в этой ситуации состоит в рассмотрении дрейфа, или блужданий как неотъемлемых составляющих процесса. Данные, скорректированные с учетом таких динамических изменений, вызванных автокорреляцией, контролируют. Корреляционную схему данных описывают с помощью подходящей модели временных рядов. Такая модификация данных позволяет устранить автокорреляцию, а модифицированные данные, называемые остатками, являются некоррелированными и могут быть соответственно представлены на контрольной карте.

7.2.5 Возможности процесса

Если только процесс функционирует в состоянии статистической управляемости, его параметры могут быть спрогнозированы, а его возможности удовлетворять установленным требованиям могут быть оценены (см. ИСО 8258).

8 Приемочные контрольные карты

8.1 Общие положения

Приемочные контрольные карты используют для принятия решения о приемлемости процесса на основе контроля доли значений контролируемых параметров за границами поля допуска. Для этих целей могут быть использованы два типа контрольных карт. Так как эффективность контрольных карт зависит от наличия устойчивости изменчивости процесса, необходимо помнить, что для контроля изменчивости внутри подгруппы использование *R* (или *s*) карт является обязательным.

Особенность приемочной контрольной карты в отличие от обычной контрольной карты Шухарта состоит в том, что процесс не требует удержания его около некоторого единственного стандартного уровня до тех пор, пока разброс внутри подгрупп можно считать удовлетворительным. При этом процесс может протекать на любом уровне или уровнях в пределах некоторой зоны, установленной на основе вычислений. Предполагают, что некоторые неслучайные причины вызывают сдвиги уровня процесса, но

они настолько малы относительно установленных требований, что проводить жесткое управление неэффективно. Это означает, что слишком тщательное отслеживание уровня процесса потребует больших затрат и, кроме того, может увеличить изменчивость процесса. С другой стороны, некоторые сдвиги уровня весьма значительны для раннего обнаружения, и важно принимать во внимание риск их необнаружения.

Ключевое отличие этой контрольной карты от контрольной карты Шухарта и других аналогичных контрольных карт — учет требований, которые не определяются из самого процесса и его статистически управляемого состояния.

8.2 Приемочные контрольные карты

Приемочные контрольные карты учитывают как риск ошибочного отклонения процесса, функционирующего на приемлемом уровне, так и риск ошибочной приемки процесса, функционирующего на неприемлемом уровне. Процедура составления карты состоит в следующем.

Зона приемки процесса ограничена приемочными уровнями процесса и рядом браковочных уровней процесса. Вычисляют объем выборки подгрупп, соответствующий установленным ошибке первого рода (альфа-риску отклонения процесса) и ошибке второго рода (бета-риску приемки процесса). Затем вычисляют контрольные границы и наносят их на контрольную карту для принятия решения оператором процесса.

8.3 Модифицированные контрольные карты, или контрольные карты с модифицированными границами

Модифицированная контрольная карта позволяет обеспечить заданный уровень доверия тому, что процесс функционирует на удовлетворительном уровне и доля изготовленной им несоответствующей продукции составляет не более заданной доли для данной подгруппы.

Модифицированные границы допускают изменения среднего процесса в пределах заданного диапазона, что соответствует тому, что доля несоответствующей продукции составляет не более заданной доли.

9 Регулирование процесса

Иногда невозможно привести процесс в состояние статистической управляемости или поддерживать его на этом уровне, поскольку некоторое количество отклонений может быть устранено или в достаточной мере уменьшено. Причины таких отклонений могут быть неизвестными или их устранение может требовать больших затрат. Контрольные карты в данном случае применяют не для выявления неслучайных причин, а для поддержания процесса в границах целевого уровня. Это требует применения моделей прогнозирования поведения процесса, позволяющих предвидеть, что станет, если процесс будет функционировать без изменений и при выполнении немедленных действий по регулировке процесса для препятствия отклонениям процесса от целевого уровня. Так как параметры модели, используемой для прогнозирования поведения процесса, в большой степени зависят от его особенностей, контрольные карты для регулирования процесса должны быть построены с учетом упомянутых особенностей.

В отличие от предыдущих контрольных карт, прогноз уровня процесса основан на предположении о том, что процесс и далее будет сохранять наблюдаемые тенденции изменения. При наличии хорошей модели прогноза ее использование может быть очень эффективным для ослабления изменчивости процесса. Однако применение слишком грубой модели может привести к увеличению изменчивости процесса. Эффективность модели прогноза может быть оценена путем фиксирования на контрольной карте Шухарта предсказанных и фактических значений и проверки прогнозируемого состояния статистической управляемости.

Регулирование процесса основано на следующем:

1) прогнозировании следующего наблюдения на основе использования модели прогноза;

2) оценке разности между прогнозируемым и целевым значениями;

3) уменьшении разности путем изменения контролируемого показателя, если это возможно. В этом случае изменение контролируемого показателя, являющегося параметром процесса, приводит к изменению продукции, изготавливаемой процессом.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 3534-2:2006	—	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.		

Библиография

[1] ISO 3534-1 Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability

[2] ISO/TR 7871:1997 Cumulative sum charts — Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques[1)]

[3] ISO 7966:1993 Acceptance control charts[2)]

[4] ISO 8258:19912) Shewhart control charts[3)]

[5] ISO 10012:2003 Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment[4)]

[6] ISO 11462-1:2001 Guidelines for implementation of statistical process control (SPC) — Part 1: Elements of SPC[5)]

[7] ISO/IEC Directives Part 2 Rules for the structure and drafting of International Standards References [8] to [14] are recommended for further reading on the subject, but do not constitute an inclusive list

[8] GRANT, EUGENE, L. and LEAVENWORTH, RICHARD, S. Statistical Quality Control, 7th ed., McGraw-Hill, New York, 1996

[9] ISHIKAWA, KAORU. Introduction to Quality Control, 3A Corporation, Tokyo, Japan, 1990

[10] MONTGOMERY, DOUGLAS, C. Introduction to Statistical Quality Control, 4th ed., John Wiley and Sons, New York, 2001

[11] RYAN, THOMAS, P. Statistical Methods for Quality Improvement, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 2000

[12] SHEWHART, WALTER, A. Economic Control of Quality of Manufactured Product, Van Nostrand, D. Inc., New York, 1931. Republished by American Society for Quality (1980)

[13] WHEELER, DONALD, J. Understanding Variation; The Key to Managing Chaos, 2nd ed., SPC Press, Tennessee, 1999

[14] Statistical Process Control (SPC), 2nd ed., ASQ and AIAG, 2005

[1)] Международный стандарт ISO/TR 7871:1997 заменен на ISO 7870-4:2011 «Culmulative sum charts — Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques».

[2)] Международному стандарту ISO 7966:1993 соответствует ГОСТ Р 50779.43—99 (ИСО 7966:1993) «Статистические методы. Приемочные контрольные карты».

[3)] Международному стандарту ИСО 8258:1991 соответствует ГОСТ Р 50779.42—99 (ИСО 8258:1991) «Статистические методы. Контрольные карты Шухарта».

[4)] Международному стандарту ISO 10012:2003 соответствует ГОСТ Р ИСО 10012—2008 «Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию».

[5)] Международному стандарту ISO 11462-1:2001 соответствует ГОСТ Р ИСО 11462-1—2007 «Статистические методы. Руководство по внедрению статистического управления процессами. Часть 1. Элементы».

УДК 658.562.012.7:65.012.122:006.352 ОКС 03.120.30 Т59

Ключевые слова: статистический приемочный контроль, контроль по альтернативному признаку, контрольная карта, контрольная карта Шухарта, приемочная контрольная карта, статистическое управление процессом, приемлемость процесса, выборка, отбор выборки, единица продукции, несоответствие, несоответствующая единица продукции, процент несоответствующих единиц продукции, объем выборки

Редактор *А.Д. Стулова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 16.07.2012. Подписано в печать 27.07.2012. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,87. Тираж 126 экз. Зак. 653.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru