МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 7870-3— 2023

Статистические методы

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Часть 3

Приемочные контрольные карты

(ISO 7870-3:2020, Control charts — Part 3: Acceptance control charts, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 125 «Применение статистических методов»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 марта 2023 г. № 160-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 апреля 2023 г. № 281-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 7870-3—2023 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2024 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 7870-3:2020 «Контрольные карты. Часть 3. Приемочные контрольные карты» («Control charts — Part 3: Acceptance control charts», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© ISO, 2020

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

В Российской Федерации 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 и сокращения 2
5 Описание составления карты приемочного контроля 3
6 Приемочный контроль процесса 4
7 Требования 5
8 Процедуры расчета 5
9 Примеры 8
10 Коэффициенты для расчета приемочных контрольных границ 10
11 Модифицированные приемочные контрольные карты 11
Приложение А (обязательное) Использование нормальной вероятностной бумаги для составления приемочной контрольной карты 12
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 18
Библиография 19

Введение

Приемочная контрольная карта[1)] сочетает в себе рассмотрение последствий управления процессом с элементами приемочного контроля. Это — подходящий инструмент, помогающий принимать решения о приемлемости процесса. Основанием для принятия решения может быть следующее:

a) соответствие установленного процента единиц продукции или услуги, произведенных процессом, требованиям спецификации;

b) смещение процесса за пределы некоторой допустимой зоны расположения уровня процесса.

Отличием приведенного в настоящем стандарте подхода от большей части подходов приемочного контроля является акцент на приемлемости процесса, а не на решениях о дальнейших действиях с продукцией.

Отличие от обычных способов применения контрольных карт заключается в том, что в управление процессом введена концепция приемлемости процесса. Решение об управляемости процесса, как правило, не связано с требованием стабильности относительно единственного стандартного уровня процесса; до тех пор, пока вариабельность/изменчивость внутри подгрупп остается стабильной и намного меньшей ширины допуска, процесс может (в отношении принятия) иметь любой уровень в пределах зоны приемлемости его уровней с точки зрения допусков. Таким образом, предполагается, что некоторые особые причины приводят к сдвигам уровня процесса, достаточно малым по отношению к требованиям, было бы нерационально пытаться их слишком жестко контролировать для принятия процесса.

Следует заметить, что использование приемочной контрольной карты не исключает возможности выявления и устранения особых причин с целью дальнейшего улучшения процесса.

Проверка стабильности процесса остается необходимой. Поэтому обязателен мониторинг переменных с использованием контрольных карт Шухарта типа карт размахов или контрольных карт выборочных стандартных отклонений для подтверждения того, что изменчивость внутри рациональных подгрупп остается стабильной. Дополнительные исследования распределения встречающихся уровней процесса формируют дополнительный источник информации. Для обоснования применимости приемочной контрольной карты необходимо провести предварительное исследование процесса с помощью контрольной карты Шухарта.

[1)] В Республике Беларусь контрольные карты называют также картами управления.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Статистические методы

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Часть 3

Приемочные контрольные карты

Statistical methods. Control charts. Part 3. Acceptance control charts

Дата введения — 2024—01—01

1 Область применения

В настоящем стандарте приведено руководство по использованию приемочных контрольных карт и установлены общие процедуры определения объема выборки, границ действия и критериев принятия решений. Приемочную контрольную карту следует использовать только в тех случаях:

a) когда изменчивость/вариабельность (далее — изменчивость) внутри подгрупп стабильна, а полную изменчивость эффективно оценивают;

b) достигнут высокий уровень воспроизводимости процесса.

Приемочную контрольную карту, как правило, используют, когда исследуемая переменная процесса подчиняется нормальному распределению; однако эта карта может быть применена и к ненормальному распределению. Примеры, приведенные в настоящем стандарте, иллюстрируют большое количество обстоятельств, в которых данный метод имеет преимущества; в примерах приведены подробные сведения об определении объема выборки, границ действий и критериев принятия решений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 3534-1, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability (Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей)

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

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO 3534-1, ISO 3534-2, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в области стандартизации по следующим адресам:

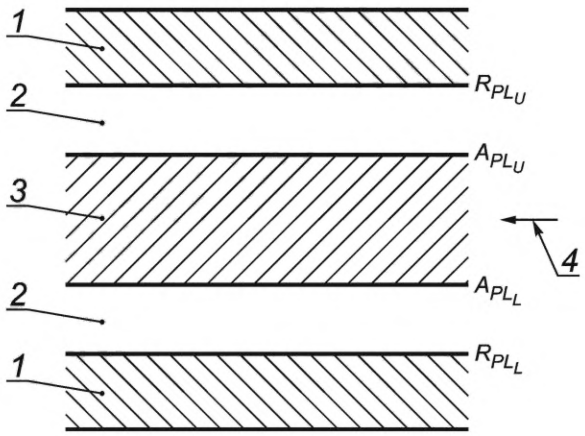
- платформа онлайн-просмотра ISO: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия IEC: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.1 **приемлемый процесс** (acceptable process): Процесс, центральная линия которого на контрольной карте Шухарта находится в пределах зоны приемлемости процесса.

Издание официальное

Примечание 1 — В идеале выборочное среднее $\overline{X}$ на такой контрольной карте должно находиться вблизи целевого значения.

Примечание 2 — Зона приемлемости процесса показана на рисунке 1. Информация о контрольной карте Шухарта приведена в ISO 7870-2.



1 — зона отклонения процесса; *2* — зона индифферентности; *3* — зона приемлемости процесса; *4* — целевой уровень; R_{PL_U} — линия верхней границы RPL; A_{PL_U} — линия верхней границы APL; A_{PL_L} — линия нижней границы APL; R_{PL_L} — линия нижней границы RPL

Рисунок 1 — Границы в случае двусторонних требований: верхняя и нижняя линии APL и RPL по отношению к процессам приемлемого, отклоняемого и безразличного (пограничного) качества

4 Обозначения и сокращения

Примечание — Директивы ИСО/МЭК требуют отступления от общепринятого в SPC использования различий между аббревиатурами и обозначениями. Аббревиатура и обозначение величины могут отличаться по внешнему виду двумя способами: типом шрифта и его стилем. Чтобы различать аббревиатуры и обозначения, для аббревиатур использован прямой шрифт Arial, а для обозначений — курсивный Times New Roman или буквы греческого алфавита, в зависимости от обстоятельств. Аббревиатуры могут содержать несколько букв, обозначения состоят только из одной буквы. Например, общепринятая аббревиатура для границы зоны приемлемости процесса, APL, допустима, но ее обозначение в уравнениях: A_{PL}. Это позволяет избежать неправильного толкования формул.

4.1 Обозначения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения:

A_{CL} — приемочная контрольная граница;

A_{PL} — приемлемый уровень процесса;

L — нижняя граница поля допуска;

n — объем выборки (подгруппы);

p_0 — приемлемая доля несоответствующих единиц продукции;

p_1 — отклоняемая доля несоответствующих единиц продукции;

P_a — вероятность приемки;

R_{PL} — уровень отклонения процесса или неприемлемая зона процесса;

T — целевое значение, т. е. оптимальное значение характеристики;

U — верхняя граница поля допуска;

$\overline{X}$ — выборочное среднее переменной X, наносимое на контрольную карту;

z — переменная, имеющая нормальное распределение с нулевым средним и единичным стандартным отклонением;

z'_p — нормальное отклонение, превышающее $100p'$ % отклонения в указанном направлении (аналогично для z_α, z_β и т. д.);

α — вероятность отклонения процесса, центрированного на APL;

β — вероятность принятия (не отклонения) процесса, центрированного на RPL;

μ — среднее процесса (истинное);

σ_w — стандартное отклонение внутри подгрупп, соответствующее присущей процессу изменчивости;

$\sigma_{\bar{X}}$ — стандартное отклонение выборочных средних по подгруппам, соответствующее присущей процессу изменчивости $\sigma_{\bar{X}} = \sigma_w / \sqrt{n}$.

4.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:
ACL — приемочные контрольные границы;
APL — приемлемый уровень процесса;
L — нижняя граница поля допуска (использована в качестве нижнего индекса);
OC — оперативная характеристика;
RPL — уровень отклонения процесса или зона неприемлемости процесса;
U — верхняя граница поля допуска (использована в качестве нижнего индекса).

5 Описание составления карты приемочного контроля

В стремлении к изготовлению приемлемой продукции или услуги часто существует некоторая свобода в стратегии приближения процесса к его целевому уровню. Вклад факторов положения в общую изменчивость является дополнительным к присущей процессу изменчивости отдельных элементов на данном уровне. В большинстве случаев следует ожидать некоторых допустимых сдвигов уровня процесса. Эти сдвиги обычно возникают под влиянием особой причины, которая не может быть устранена из-за технических или экономических ограничений. Они, как правило, возникают с нечастыми или нерегулярными интервалами, но редко могут быть рассмотрены в качестве случайных составляющих дисперсии.

Существует несколько различных подходов к рассмотрению факторов положения, способствующих росту изменчивости помимо присущей процессу внутренней изменчивости. Одной из крайностей является подход, при котором вся изменчивость, приводящая к отклонениям от целевого значения, должна быть минимизирована. Сторонники такого подхода стремятся улучшить воспроизводимость процесса для поддержания его в более жестких границах допуска, чтобы способствовать повышению качества процесса или продукции.

Другой крайностью является подход, согласно которому, если уже достигнут высокий уровень воспроизводимости процесса, попытки улучшения воспроизводимости процесса не только неэкономичны и расточительны, но и могут быть контрпродуктивными. Это часто является результатом поощрения «вмешательства» в работу процесса (чрезмерного контроля) со стороны специалистов, имеющих квалификацию в области контроля, а не программ улучшения качества продукции или процесса.

Карта приемочного контроля полезна в качестве логичного и простого описания широкого спектра таких подходов. Она проводит различие между внутренней изменчивостью, случайно возникающей в процессе, и дополнительными факторами положения, воздействующими на процесс более редко.

При возникновении сдвига процесс может стабилизироваться на новом уровне до появления следующего аналогичного события. В промежутках между такими возмущениями процесс работает стабильно с присущей ему изменчивостью.

Примером такой ситуации является процесс, использующий большие однородные партии сырья. Изменчивость внутри партии можно рассматривать как внутреннюю изменчивость. При появлении новой партии материала отклонение процесса от целевого значения может отличаться от отклонения при работе с предыдущей партией. Изменения, возникающие при смене партии, появляются через дискретные интервалы времени.

Пример такой изменчивости внутри партии и между партиями вполне может иметь место в ситуации, когда специальный штамп вырубает деталь машины. Целью карты является определение момента, когда штамп износился до такой степени, что его нужно ремонтировать или заменить. Интенсивность износа штампа зависит от твердости последовательных партий материала, и поэтому трудно предсказуема. Далее будет показано, что использование карты приемочного контроля позволяет определить соответствующее время обслуживания штампа.

Карта приемочного контроля основана на контрольной карте Шухарта (т. е. картах $\bar{X} - R$ или $\bar{X} - s$), но построена таким образом, что среднее процесса может выйти за контрольные границы контрольной карты Шухарта, если границы поля допуска достаточно широки, или ограничиваться более узкими границами, если внутренняя изменчивость процесса сравнительно велика или составляет большую долю от величины допуска.

В таких случаях необходима защита от такого отклонения процесса от целевого значения, которое приводит к некоторому заранее заданному нежелательному проценту единиц продукции, выходящих за границы поля допуска, или к чрезмерному сдвигу уровня процесса.

При построении карты средних по данным процесса в последовательности производства можно заметить постоянные изменения значений выборочных средних. В центральной зоне (зоне приемлемости процесса, рисунок 1) находится бесспорно приемлемая продукция. Данные во внешних зонах (рисунок 1) представляют процесс, который производит бесспорно неприемлемую продукцию.

Между внутренней и внешней зонами находятся зоны, где продукция является приемлемой, но есть признаки того, что за процессом следует наблюдать, и по мере приближения к внешней зоне могут быть выполнены корректирующие действия. Соответствующие критерии являются основными понятиями карт приемочного контроля. Описание карт контроля в настоящем стандарте предназначено для определения практических методов установления соответствующих линий действий для ситуаций с односторонним и двусторонним полем допуска.

Поскольку невозможно провести единую разделительную линию, четко отделяющую приемлемый уровень качества от неудовлетворительного, необходимо определить уровень процесса, который следует принимать почти всегда, с вероятностью $(1 - \alpha)$. Он называется приемлемым уровнем процесса (APL) и указывает внешнюю границу зоны приемлемого процесса по отношению к целевому значению (см. рисунок 1).

Любой процесс с центральной линией, расположенной по отношению к целевому значению ближе, чем APL, имеет вероятность непринятия менее α. Таким образом, чем ближе процесс к целевому значению, тем меньше вероятность того, что удовлетворительный процесс не будет принят.

Также необходимо определить уровень процессов, которые почти никогда не должны быть приняты $(1 - \beta)$. Этот нежелательный уровень процесса обозначают как уровень отклонения процесса (RPL). Любой процесс, центральная линия которого расположена дальше от целевого значения, чем RPL, имеет вероятность принятия меньше β.

Процессы, уровни которых лежат между APL и RPL, дают продукцию пограничного качества. То есть уровни процесса, расположенные между APL и RPL, представляют качество, которое не настолько хорошо, чтобы корректировка процесса была бы пустой тратой времени или чрезмерным контролем, и не настолько плохо, чтобы продукцию нельзя было бы использовать без изменения уровня процесса. Эту область часто называют «зоной индифферентности». Ширина этой зоны зависит от требований к конкретному процессу и соответствующих рисков, которые могут быть приняты. Чем уже зона индифферентности, т. е. чем ближе APL и RPL друг к другу, тем больше должен быть объем выборки. Такой подход дает реальную оценку результативности любой системы приемочного контроля и обеспечивает описательный метод демонстрации того, что данная система контроля должна делать.

Как и в случае любой системы приемочного контроля, для формирования карты приемочного контроля необходимы следующие четыре элемента:

a) приемлемый уровень процесса (APL), соответствующий одностороннему риску α;

b) уровень отклонения процесса (RPL), соответствующий одностороннему риску β;

c) критерий действий или приемочные контрольные границы (ACL);

d) объем выборки (n).

Примечание — В основном, риски в настоящем стандарте являются односторонними. В случае двустороннего поля допуска это либо риск выхода за верхнюю границу 5 %, либо риск выхода за нижнюю границу 5 %. Это приводит к общему риску 5 % (не 10 %).

Простота применения имеет решающее значение для использования приемочной контрольной карты. Оператору, использующему карту, должны быть известны только приемочные контрольные границы и инструкция по отбору выборки (т. е. объем выборки, частота или метод отбора), хотя обучение оператора пониманию несложно и может быть полезным. Таким образом, эти карты не более сложны при использовании, чем карты Шухарта. Мастер, менеджер по качеству или опытный оператор без затруднений смогут рассчитать контрольные границы и получить более глубокое представление о процедуре приемки процесса и последствиях контроля.

6 Приемочный контроль процесса

6.1 Построение контрольной карты

Выборочное среднее характеристики качества наносят на карту приемочного контроля следующим образом. Для каждой выборки на карте по горизонтали отображают точку с идентификационным номером, соответствующим номеру выборки, времени и т. п., по вертикали — соответствующее выборочное среднее.

6.2 Интерпретация карты

Если нанесенная на карту точка находится выше верхней границы приемочного контроля ACL_U или ниже нижней границы приемочного контроля ACL_L, процесс считают неприемлемым.

Если нанесенная на карту точка находится близко к контрольной границе, для принятия решения следует использовать числовые значения.

7 Требования

Теоретически, требование к любым двум основным элементам карты APL (с риском α), RPL (с риском β), приемочным контрольным границам (ACL) и объему выборки (n) системы приемочных контрольных карт определяет оставшиеся два элемента; однако на практике важно, чтобы сначала был определен APL (с риском α). Кроме того, значение σ_w в пределах рациональной подгруппы должно быть известно или оценено с использованием контрольных карт в виде $\hat{\sigma}_w = \overline{R} / d_2$ или $\overline{s}/c_4$. Для достоверности вычисления важно, чтобы присущая случайная изменчивость находилась в состоянии статистической управляемости. Это обеспечивает мониторинг с помощью контрольной карты Шухарта для размахов или стандартных отклонений (см. ISO 7870-2).

Могут быть выбраны два варианта пар определяемых элементов.

a) Определение APL и RPL вместе с соответствующими рисками α и β, а также определение объема выборки (n) и приемочных контрольных границ (ACL).

Часто в приемочных контрольных картах выбирают α = 0,05, поскольку существует несколько ситуаций, когда процесс непрерывно приближается к APL. Это означает, что вероятность отклонения с каждой стороны целевого значения T меньше α.

Этот вариант, как правило, используют в ситуациях:

1) когда приемлемость процесса определяют либо по экономическим, либо по другим практическим соображениям с точки зрения воспроизводимости процесса, при этом учитывают небольшие дискретные сдвиги уровня процесса в дополнение к присущей случайной изменчивости, или с точки зрения предельно допустимого уровня несоответствий в виде единиц продукции с характеристикой, выходящей за границы поля допуска;

2) когда неприемлемость процесса определяют либо по практическим соображениям в виде неоправданно больших сдвигов уровня процесса, либо с точки зрения уровня процесса, приводящего к неудовлетворительному проценту единиц продукции с характеристикой, выходящей за границы поля допуска;

b) Определение APL (с α) и объема выборки n, и определение RPL для заданной вероятности β и ACL.

Этот вариант используют, когда приемлемые процессы определены, как в 1) выше, и когда существует ограничение, определяющее допустимый объем выборки. В большинстве случаев вариант a) предпочтительнее.

В примерах, приведенных в настоящем стандарте, рассмотрены случайные данные, описанные в случае двусторонних требований с границами и уровнями выше и ниже целевого значения. Однако этот метод в равной степени применим для односторонних требований. Кроме того, не требуется, чтобы выбранные значения выше и ниже целевого значения были симметричны, если требуется большая широта с любой стороны. Если выбраны разные значения выше и ниже целевого значения, объем выборки должен соответствовать более жесткой ситуации (т. е. должно быть использовано меньшее расстояние между APL и RPL) (см. 8.1.1).

8 Процедуры расчета

8.1 Выбор пар элементов

8.1.1 Определение элементов APL и RPL

В случае переменных ($\overline{X}$) APL может быть выбран несколькими способами. Если известны границы поля допуска, а также соответствующее распределение характеристик элементов совокупности, APL может быть определен в виде приемлемой доли (или процента) p_0 несоответствующих единиц продукции, которая может возникнуть, когда процесс находится вблизи APL (см. рисунок 2). Если распределение является нормальным (распределением Гаусса), можно использовать одностороннюю таблицу значений стандартной переменной z, где

$$p = \int_{z_p}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx.$$

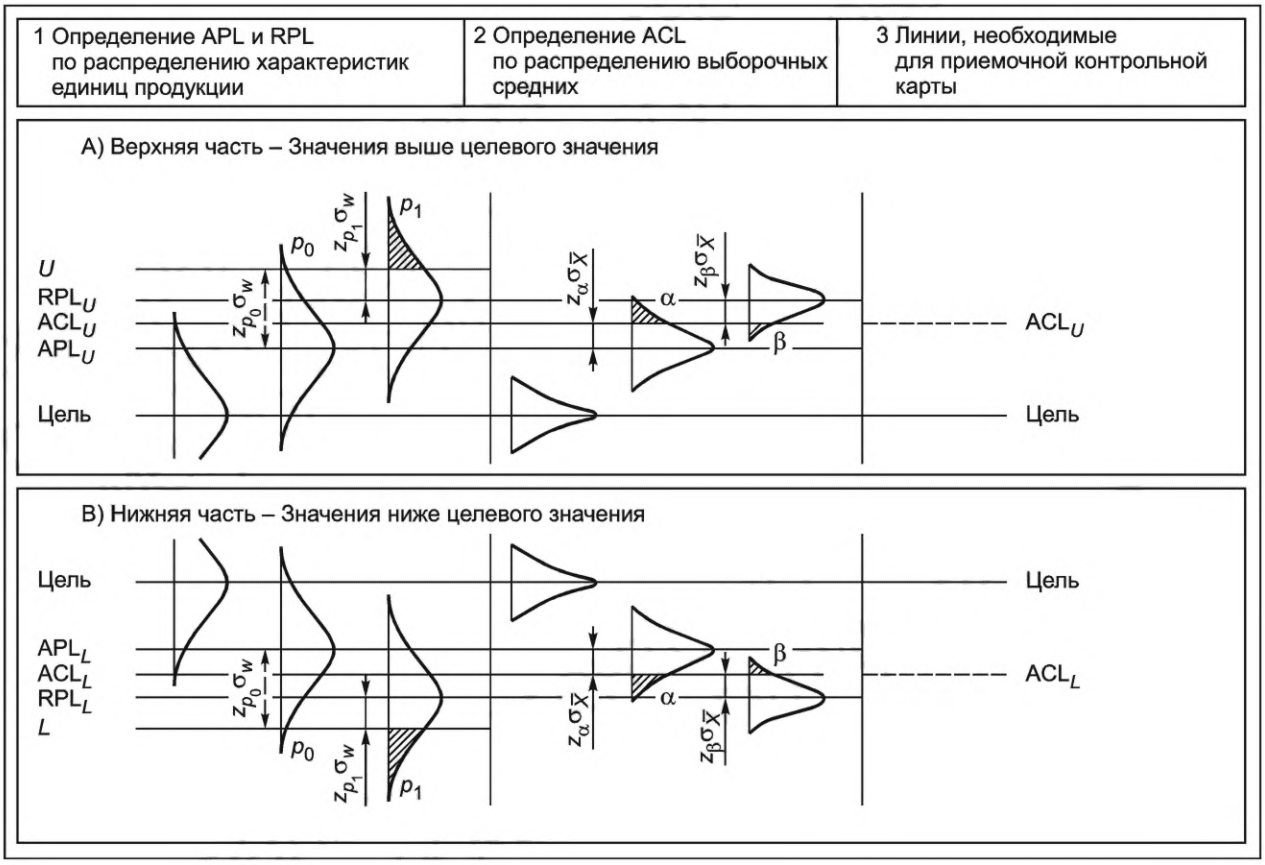


Рисунок 2 — Границы и определяемые элементы приемочной контрольной карты

Для выборок с объемом, равным четырем единицам продукции и более, предположение о нормальном распределении для целей контроля, как правило, справедливо для построения карты $\overline{X}$. Однако интерпретация доли (процента) несоответствующих единиц продукции, соответствующих уровням APL и RPL, зависит от распределения. Таким образом, для других распределений следует применять соответствующие таблицы и соответствующим образом заменять значения стандартного нормального отклонения z_{pt}. Преимущество z-подхода в этом случае заключается в том, что границы и определяемые элементы находятся выше и ниже центра, так что удобно иметь одинаковые значения α и β по обе стороны от целевого значения, вместо того чтобы иметь дело с α и $(1 - \alpha)$ или β и $(1 - \beta)$, в зависимости от того, на какой стороне от центра находится процесс. Это также помогает в геометрической интерпретации, так как

$$z_\alpha\sigma_{\bar{X}} + z_\beta\sigma_{\bar{X}} = R_{PL} - A_{PL}$$

Верхняя APL: $A_{PL_U} = U - z_{p_0}\sigma_w$
Нижняя APL: $A_{PL_L} = L + z_{p_0}\sigma_w$

См. пример 1 в 9.1, где $\overline{X}$-карты с APL и RPL определяют в виде процента несоответствующих единиц продукции. Блок-схема процедуры расчета показана на рисунке 3.

В некоторых случаях выбор значения APL может не иметь прямого отношения к границам поля допуска и может быть сделан произвольно. Опыт может показать, что «неэкономичные» или «трудно регулируемые» причины сдвигов уровня процесса соответствуют узкому диапазону. Граница этого диапазона (полосы) может быть произвольно обозначена APL (см. пример 2 в 9.2). В этом случае предположение о нормальном распределении не используют, поскольку APL напрямую не связана с границами поля допуска.

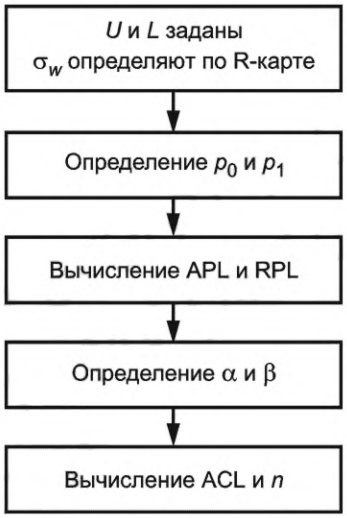


Рисунок 3 — Блок-схема процедуры расчетов (определяемые элементы APL и RPL)

Аналогично RPL может быть выбрана несколькими способами. Это может быть связано с границами поля допуска путем определения неприемлемой доли (процента) p_1 несоответствующих единиц продукции, которая может возникнуть, когда процесс сфокусирован на RPL.

Верхняя RPL: $R_{PL_U} = U - z_{p_1}\sigma_w$

Нижняя RPL: $R_{PL_L} = L + z_{p_1}\sigma_w$

Как только APL и α, а также RPL и β определены, верхняя приемочная контрольная граница (A_{CL_U}) имеет вид:

$$A_{CL_U} = A_{PL_U} + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta}\right)\left(R_{PL_U} - A_{PL_U}\right),$$

где z_α и z_β — точки, отсекающие доли распределения α и β, соответственно.

Нижняя приемочная контрольная граница имеет вид:

$$A_{CL_L} = A_{PL_L} - \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta}\right)\left(A_{PL_L} - R_{PL_L}\right).$$

Если риски α и β выбраны равными, приемочная контрольная граница находится в середине между APL и RPL.

Объем выборки может быть рассчитан по формуле

$$n = \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta)\sigma_w}{R_{PL} - A_{PL}}\right]^2.$$

Для асимметричных границ (см. последний абзац раздела 7) объем выборки может быть рассчитан по формуле:

$$n = \max\left\{\left[\frac{(z_{\alpha,U} + z_{\beta,U})\sigma_w}{R_{PL_U} - A_{PL_U}}\right]^2 \text{ или } \left[\frac{(z_{\alpha,L} + z_{\beta,L})\sigma_w}{R_{PL_L} - A_{PL_L}}\right]^2\right\}.$$

Вместо этих вычислений можно использовать вероятностную бумагу (номограмму), которая также представляет кривую ОС (оперативной характеристики). Как метод расчета, так и метод применения вероятностной бумаги просты в использовании (см. приложение А).

8.1.2 Определение элементов APL, α, β и *n*

APL может быть выбрана в соответствии с 8.1.1. Объем выборки может быть определен исходя из удобства работы оператора, или он может быть введен в качестве пробного предложения, чтобы выяснить, каким значениям RPL и β он соответствует. Если эти значения не подходят, процесс повторяют или используют другую комбинацию для вычисления *n*. На основе значений APL, α и *n*:

$$A_{CL_U} = A_{PL_U} + z_\alpha \sigma_w / \sqrt{n}$$

$$A_{CL_L} = A_{PL_L} - z_\alpha \sigma_w / \sqrt{n}$$

$$R_{PL_U} = A_{CL_U} + z_\beta \sigma_w / \sqrt{n}$$

$$R_{PL_L} = A_{CL_L} - z_\beta \sigma_w / \sqrt{n}$$

См. пример 2 в 9.2. Блок-схема процедуры расчетов показана на рисунке 4.

8.2 Частота отбора выборок

Взаимосвязь объема выборки и рисков α и β рассмотрена выше. Определение частоты отбора выборок не рассмотрено в настоящем стандарте. Если история процесса показывает хорошо управляемую, присущую процессу изменчивость, и сдвиги уровня процесса обычно в пределах зоны приемки процесса, то частота отбора выборок может быть относительно низкой по сравнению с частотой отбора выборок для процессов, демонстрирующих меньшую стабильность. Потери от ошибочных решений в некоторой степени рассмотрены при выборе значений α и β, но они также явно связаны с частотой отбора выборок.

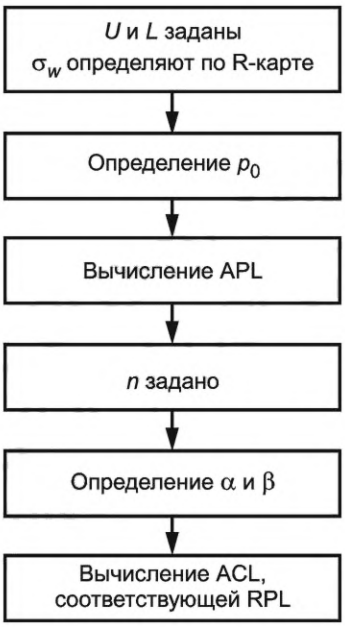


Рисунок 4 — Блок-схема процедуры расчетов (определение элементов APL, α, β и n)

9 Примеры

9.1 Пример 1 (см. также рисунки А.3 и А.4)

Операция: наполнение бутылок раствором 10,0 см^3 ± 0,5 см^3.

Измерение: количество раствора; номинальное значение 10 см^3.

Изменчивость: известно, что присущая процессу изменчивость, обусловленная случайными причинами, имеет нормальное распределение. Из прошлого опыта установлено, что σ_w = 0,1 см^3.

Цель: желательно принять настройку оператора, если менее 0,1% заполненных бутылок имеют объем раствора выше и/или ниже диапазона 10,0 см^3 ± 0,5 см^3. Желательно отказаться от настройки оператора, если более 2,5 % заполненных бутылок имеют объем раствора выше и/или ниже 10,0 см^3 ± 0,5 см^3.

Для расчета APL и RPL использованы следующие данные:

- верхняя граница поля допуска: U = 10,5 см^3;
- нижняя граница поля допуска: L = 9,5 см^3;
- стандартное отклонение процесса: σ_w = 0,1 см^3.

Критическое значение z нормального распределения (значение границы площади хвоста распределения, равное выбранной доле единиц продукции, характеристика которых выходит за пределы поля допуска):

$z_{p_0} = 3{,}090$ для $p_0 = 0{,}001$,

$z_{p_1} = 1{,}960$ для $p_1 = 0{,}025$

Оценка дает:

$$A_{PL}\begin{cases} U - z_{0{,}001}\sigma_w = 10{,}5 - 3{,}090 \times 0{,}1 = 10{,}191 \\ L + z_{0{,}001}\sigma_w = 9{,}5 + 3{,}090 \times 0{,}1 = 9{,}809 \end{cases}$$

$$R_{PL}\begin{cases} U - z_{0{,}025}\sigma_w = 10{,}5 - 1{,}960 \times 0{,}1 = 10{,}304 \\ L + z_{0{,}025}\sigma_w = 9{,}5 + 1{,}960 \times 0{,}1 = 9{,}696 \end{cases}$$

Решено принять уровень риска α, равный 5%, и уровень риска β, равный 5 %, так что $z_\alpha = z_\beta = 1{,}645$, следовательно:

$$A_{CL_U} = A_{PL_U} + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta}\right)\left(R_{PL_U} - A_{PL_U}\right) = 10{,}191 + 0{,}5(10{,}304 - 10{,}191) = 10{,}2475;$$

$$A_{CL_L} = A_{PL_L} - \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta}\right)\left(A_{PL_L} - R_{PL_L}\right) = 9{,}809 - 0{,}5(9{,}809 - 9{,}696) = 9{,}7525.$$

Объем выборки составляет:

$$n = \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta)\sigma_w}{R_{PL} - A_{PL}}\right]^2 = \left[\frac{(1{,}645 + 1{,}645) \times 0{,}1}{0{,}113}\right]^2 = (2{,}912)^2 = 8{,}48.$$

Объем выборки округляют до $n = 9$, чтобы гарантировать, что риски не превышают значений α и β.

Интерпретация результатов приводит к следующим выводам.

a) Настройки оператора, отклоняющие процесс от номинального уровня на ±0,191 см^3 или менее (что означало бы, что менее 0,1% бутылок выходят за границы поля допуска), с высокой уверенностью (95 % или выше) принимаются.

b) Настройки оператора, отклоняющие процесс от номинального уровня на ± 0,304 см^3 или более (что означало бы, что более 2,5 % отдельных бутылок будут превышать технические характеристики), с высокой уверенностью (95 % или выше) отвергаются.

c) Настройки оператора, отклоняющие процесс от номинального уровня более чем на ±0,191 см^3, но менее чем на ±0,304 см^3, могут быть отклонены или не отклонены для перенастройки. Они считаются недостаточно плохими, чтобы отклонять процесс, и недостаточно хорошими, чтобы принять процесс. Они представляют собой пограничное или «индифферентное» качество в отношении точности настроек.

9.2 Пример 2 (см. также рисунок А.5)

Операция: процесс нанесения покрытия.

Измерение: толщина покрытия.

Изменчивость: присущая изменчивость покрытия узких продольных полос, измеренных поперек покрытия, характеризуется стандартным отклонением внутри полос вдоль покрытия; $\sigma_w = 0{,}005$.

Цель: поскольку однородность от полосы к полосе важнее фактического уровня, решено, что полосы со средними значениями, отклоняющимися от общего выборочного среднего всех полос менее чем на ±0,008 мм, должны быть приняты с риском отклонения менее $\alpha = 5$ %. Для удобства работы установлен объем выборки $n = 4$. Таким образом, заданные параметры составляют $\sigma_w = 0{,}005$, а также

$A_{PL_L} = -0{,}008$ соответствует $\alpha = 0{,}05$ и $z_\alpha = 1{,}645$,

$A_{PL_U} = +0{,}008$ соответствует $\alpha = 0{,}05$ и $z_\alpha = 1{,}645$.

Нижняя приемочная контрольная граница имеет вид:

$$A_{CL_L} = A_{PL_L} - z_\alpha\sigma_{\overline{X}} = -0{,}008 - 1{,}645 \times \frac{0{,}005}{\sqrt{4}} = -0{,}012.$$

Нижний уровень отклонения процесса, соответствующий риску β, $\beta = 0{,}05$, составляет

$$R_{PL_L} = A_{CL_L} - z_\beta\sigma_{\overline{X}} = -0{,}012 - 1{,}645 \times \frac{0{,}005}{\sqrt{4}} = -0{,}016.$$

Аналогично

$$A_{CL_U} = A_{PL_U} + z_\alpha \sigma_{\overline{X}} = 0{,}012.$$

$$R_{PL_U} = A_{CL_U} + z_\beta \sigma_{\overline{X}} = 0{,}016.$$

Интерпретация полученных результатов приводит к следующим выводам.

a) Полосы поперек покрытия, средняя толщина которых отличается от средней толщины всего покрытия на ±0,008 мм или менее, обоснованно обеспечивают (95% или выше) приемлемую однородность.

b) Полосы поперек покрытия, средняя толщина которых отличается от средней толщины всего покрытия на ±0,016 мм или более, обоснованно обеспечивают (95% или выше) отклонение из-за отсутствия однородности.

c) В полосах поперек покрытия, средняя толщина которых отличается от средней толщины всего покрытия более чем на ±0,008 мм, но менее чем на ±0,016 мм, возможно решение об отклонении из-за отсутствия однородности и возможно принятие. Такие отклонения по толщине недостаточно малы для решения о принятии и недостаточно велики для решения об отклонении.

Важно помнить: если эта «зона индифферентности» от 0,008 мм до 0,016 мм слишком велика, ее можно уменьшить за счет увеличения объема выборки. Для n = 16 (вместо n = 4) приемочные контрольные границы составляют ±0,010 мм, а значения RPL составляют ±0,012 мм. Если вместо сокращения зоны индифферентности принято решение о повышении однородности покрытий, APL может быть сдвинут ближе к номинальному значению. Например, если принято решение о том, что отклонение в ±0,004 мм является границами 95%-й защиты при приемке, то для объема выборки 4 новые приемочные границы составят ±0,008 мм, а значения RPL составят ±0,012 мм.

10 Коэффициенты для расчета приемочных контрольных границ

Коэффициенты приемочных контрольных границ получены на основе вероятностей нормального распределения с одним хвостом, если APL лежат между 0,85 $\sigma_w / \sqrt{n}$ и целевым уровнем при α = 0,05 и между 0,67 $\sigma_w / \sqrt{n}$ и целевым уровнем при α = 0,01. Эти значения являются внешней границей для ситуаций, представляющих «жесткие» требования спецификации, для которых риск α должен быть соответствующим образом разделен по обе стороны от целевого значения. В таблице 1 приведены:

a) множитель $\sigma_w / \sqrt{n}$; расстояние APL от целевого уровня;

b) множитель $\sigma_w / \sqrt{n}$; расстояние ACL от целевого уровня, представляющее собой сумму APL и соответствующей составляющей z для различных двусторонних рисков α;

c) значение P_a для APL с использованием вероятностной бумаги, аналогичной приведенной на рисунках А.1—А.5.

Следует отметить, что если разность APL и целевого значения невелика по сравнению с σ_w, т. е. для ситуаций с «жесткой» спецификацией, то приемочная контрольная карта не применима.

Таблица 1 — Коэффициенты для расчета приемочных контрольных границ

α = 0,05				α = 0,01			
Разность APL и целевого значения	z	Разность ACL и целевого значения	P_a	Разность APL и целевого значения	z	Разность ACL и целевого значения	P_a
кол.1	кол. 2	кол.3 (кол.1 + кол.2)	кол.4	кол.5	кол.6	кол.7 (кол.5 + кол. 6)	кол. 8
≥0,85	1,65	≥2,50	0,950	≥0,67	2,33	≥3,00	0,990
0,80	1,65	2,45	0,951	0,60	2,33	2,93	0,990
0,70	1,66	2,36	0,952	0,50	2,33	2,83	0,990
0,60	1,67	2,27	0,953	0,40	2,37	2,77	0,991
0,50	1,68	2,18	0,954	0,30	2,37	2,67	0,991

Окончание таблицы 1

$\alpha = 0{,}05$				$\alpha = 0{,}01$			
Разность APL и целевого значения	z	Разность ACL и целевого значения	P_a	Разность APL и целевого значения	z	Разность ACL и целевого значения	P_a
кол.1	кол. 2	кол.3 (кол.1 + кол.2)	кол.4	кол.5	кол.6	кол.7 (кол.5 + кол. 6)	кол. 8
0,40	1,71	2,11	0,956	0,20	2,41	2,61	0,992
0,30	1,75	2,05	0,960	0,10	2,52	2,62	0,994
0,20	1,80	2,00	0,964	0,00	2,58	2,58	0,995
0,10	1,87	1,97	0,969				
0,00	1,96	1,96	0,975				

Примечание — Коэффициенты, приведенные в таблице, предназначены для определения положения линий приемочных и контрольных границ:

APL = целевое значение ± (коэффициент)[a] $\left(\sigma_w / \sqrt{n}\right)$;

ACL = целевое значение ± (коэффициент)[b] $\left(\sigma_w / \sqrt{n}\right)$.

[a] Следует использовать соответствующий коэффициент из столбцов 1 или 5.
[b] Следует использовать соответствующий коэффициент из столбцов 3 или 7.

11 Модифицированные приемочные контрольные карты

Модифицированная приемочная контрольная карта является частным случаем приемочной контрольной карты процесса, в которой приемочные контрольные границы могут быть определены на основе границ поля допуска, как показано ниже

$$A_{PL_U} = U - z_{p_0}\sigma_w$$

$$A_{PL_L} = L + z_{p_0}\sigma_w$$

$$A_{CL_U} = A_{PL_U} + z_\alpha\sigma_w / \sqrt{n}$$

$$A_{CL_L} = A_{PL_L} - z_\alpha\sigma_w / \sqrt{n}$$

Такие приемочные контрольные границы находятся внутри границ поля допуска. Процедура определения границ аналогична процедуре, приведенной в примере 1 в 9.1; однако она не позволяет определить риск β для уровней отклонения процесса и не дает правил определения объема выборки.

Приложение А
(обязательное)

Использование нормальной вероятностной бумаги для составления приемочной контрольной карты

А.1 Общие положения

Для составления приемочной контрольной карты вместо вычислений можно использовать вероятностную бумагу. Такой подход обладает преимуществом получения любой информации о соответствующей кривой ОС.

А.2 Приемочные контрольные карты для среднего процесса μ

Вероятностная бумага, используемая для (приближенно) нормально распределенных процессов, приведена на рисунке А.1. При использовании линейной шкалы по горизонтальной оси, любая кривая ОС (вероятность принятия P_a как функция среднего процесса μ) может быть представлена в виде прямой путем выбора соответствующей шкалы по вертикальной оси.

Принцип односторонней процедуры представлен на рисунке А.2. Кривая ОС представляет собой прямую линию. Для $\alpha = \beta$ приемочная контрольная граница равна значению μ, соответствующему вероятности приемки P_a = 0,5 или 50 %. Наклон кривой ОС зависит от масштаба, выбранного по горизонтальной оси, от стандартного отклонения процесса σ, и связан с объемом выборки *n*. Взаимосвязь этих параметров представлена пунктирной линией, параллельной кривой ОС. Эта пунктирная линия необходима для составления контрольной карты. Помимо стандартного отклонения процесса σ, при составлении контрольной карты используют четыре параметра:

a) приемлемый уровень процесса с вероятностью принятия $P_a = 1 - \alpha$, $\mu_{APL} = A_{PL}$;

b) уровень отклонения процесса с вероятностью принятия $P_a = \beta$; $\mu_{RPL} = R_{PL}$;

c) приемочную контрольную границу, μ_{ACL} = ACL;

d) объем выборки *n*.

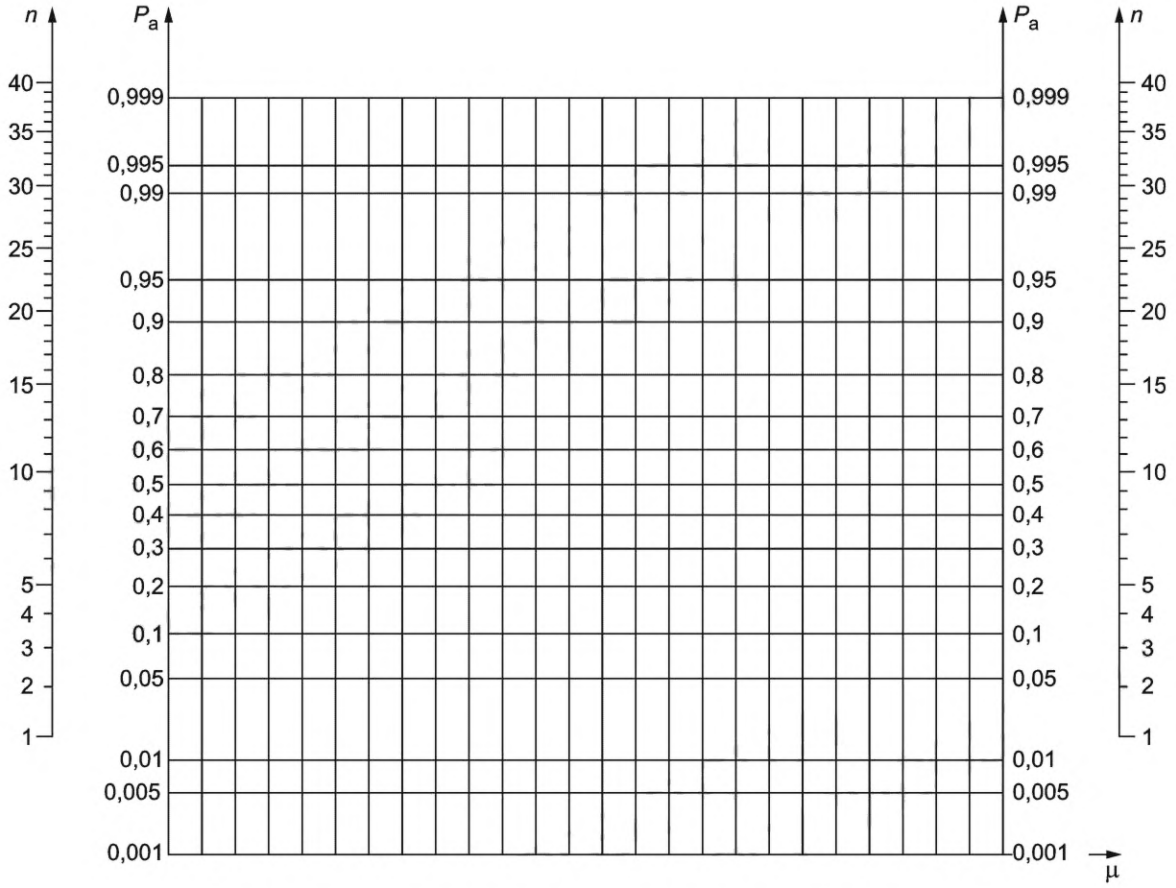
Если заданы любые два из этих четырех параметров, можно рассчитать оставшиеся два параметра. Следующие примеры подробно это иллюстрируют.

ПРИМЕР 1 (см. рисунки А.3 и А.4)

Дано: APL с $P_a = 1 - \alpha$
RPL с $P_a = \beta$

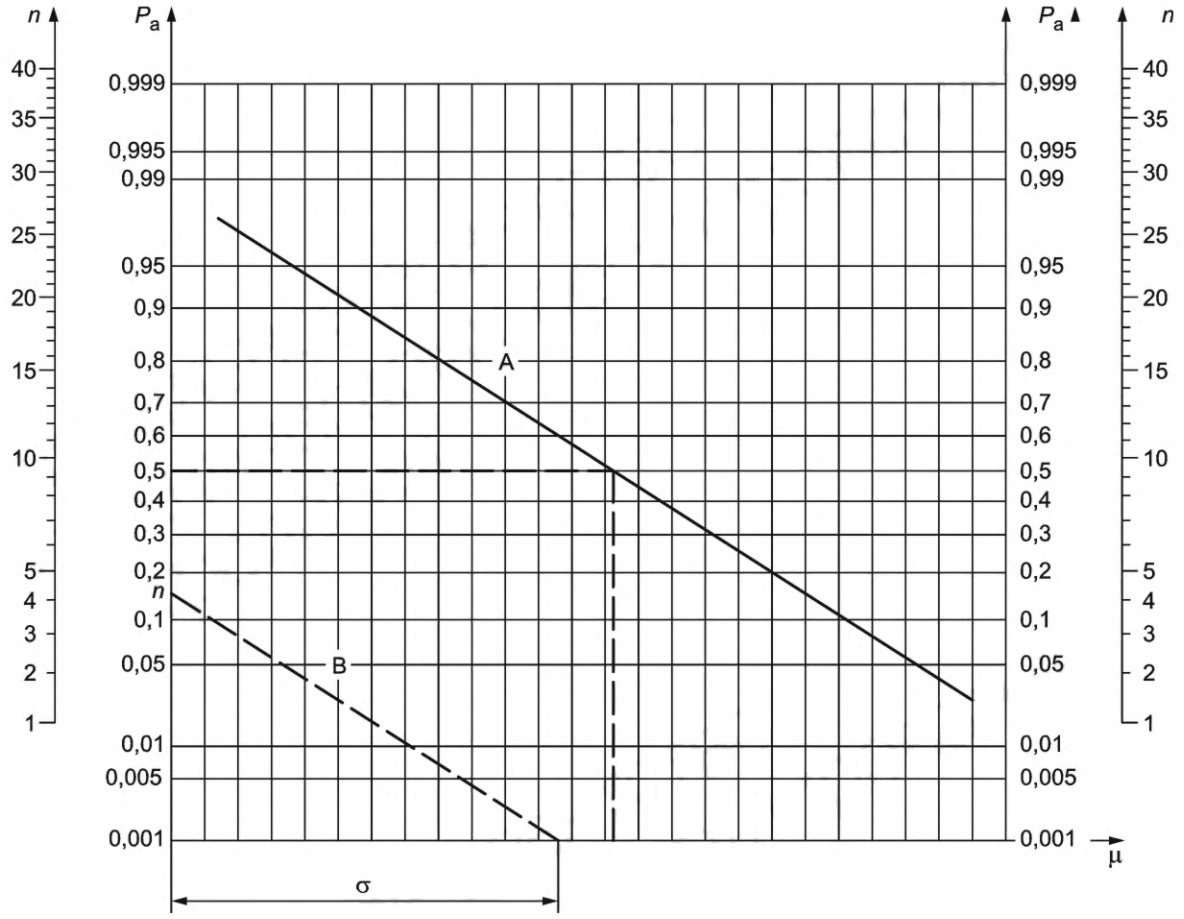
ПРИМЕР 2 (см. рисунок А.5)

Дано: APL с $P_a = 1 - \alpha$
n; σ



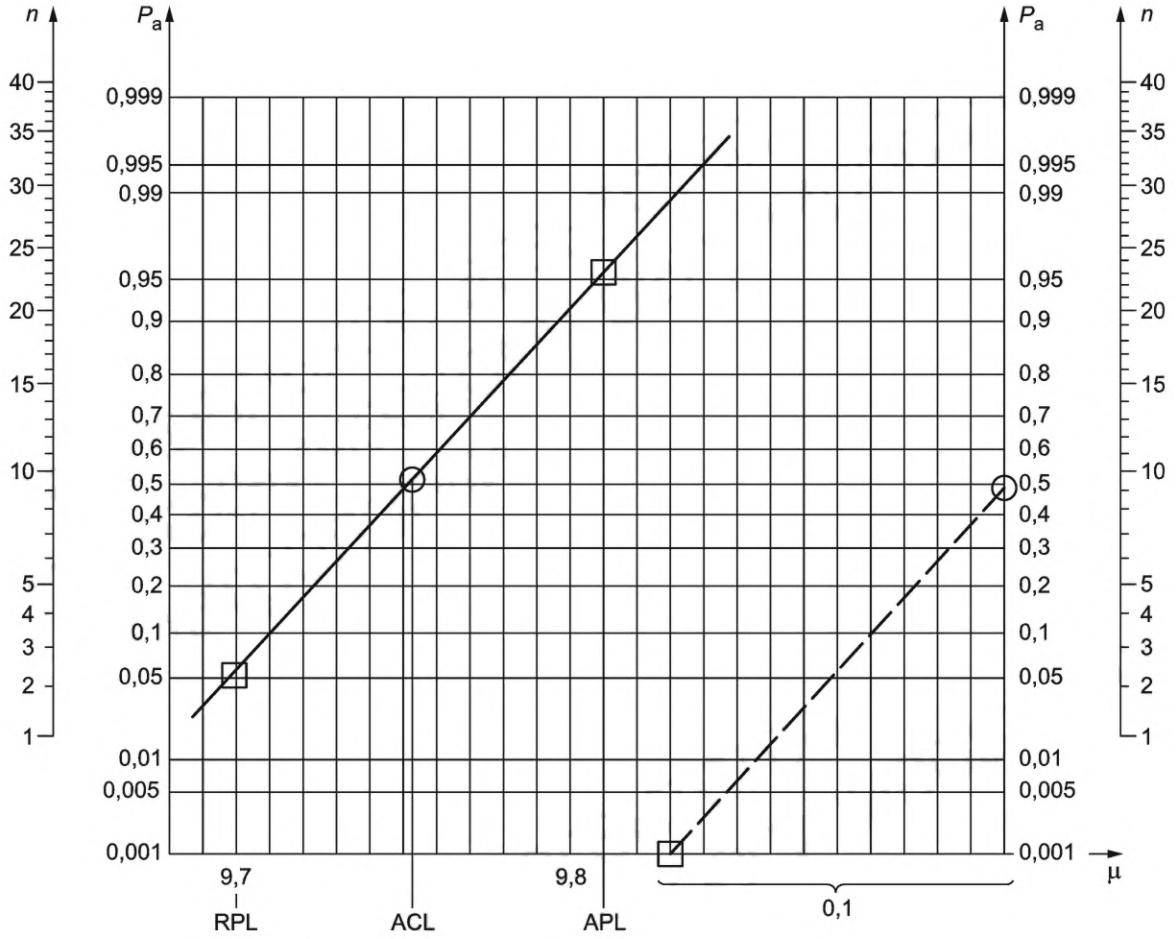
P_a — вероятность приемки; μ — среднее процесса; n — объем выборки; $P_a = P_a(\mu)$

Рисунок А.1 — Нормальная вероятностная бумага для составления приемочной контрольной карты



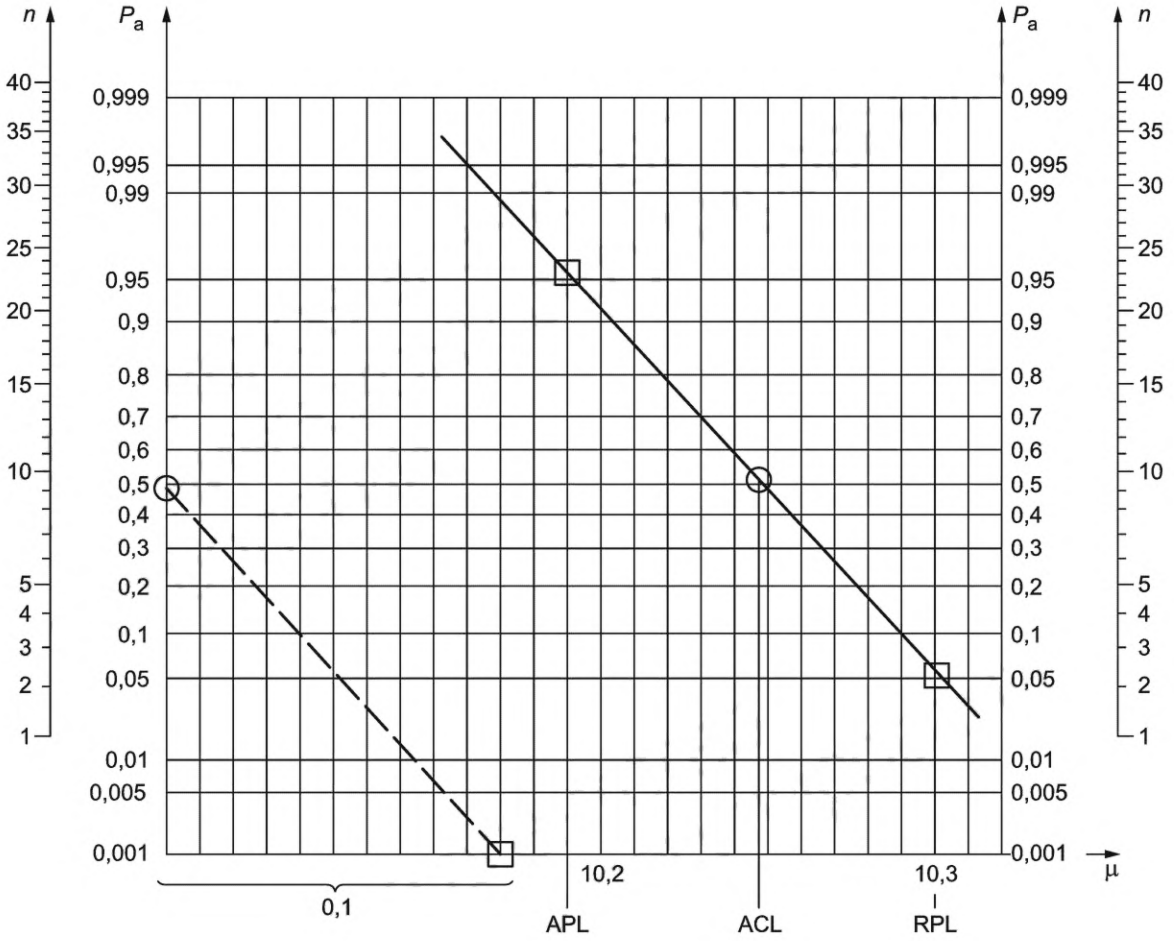
P_a — вероятность приемки; μ — среднее процесса; n — объем выборки; σ — стандартное отклонение (присущая процессу изменчивость); $P_a = P_a(\mu)$; A — оперативная характеристика; B — прямая, параллельная оперативной характеристике

Рисунок А.2 — Приемочная контрольная карта — односторонний подход



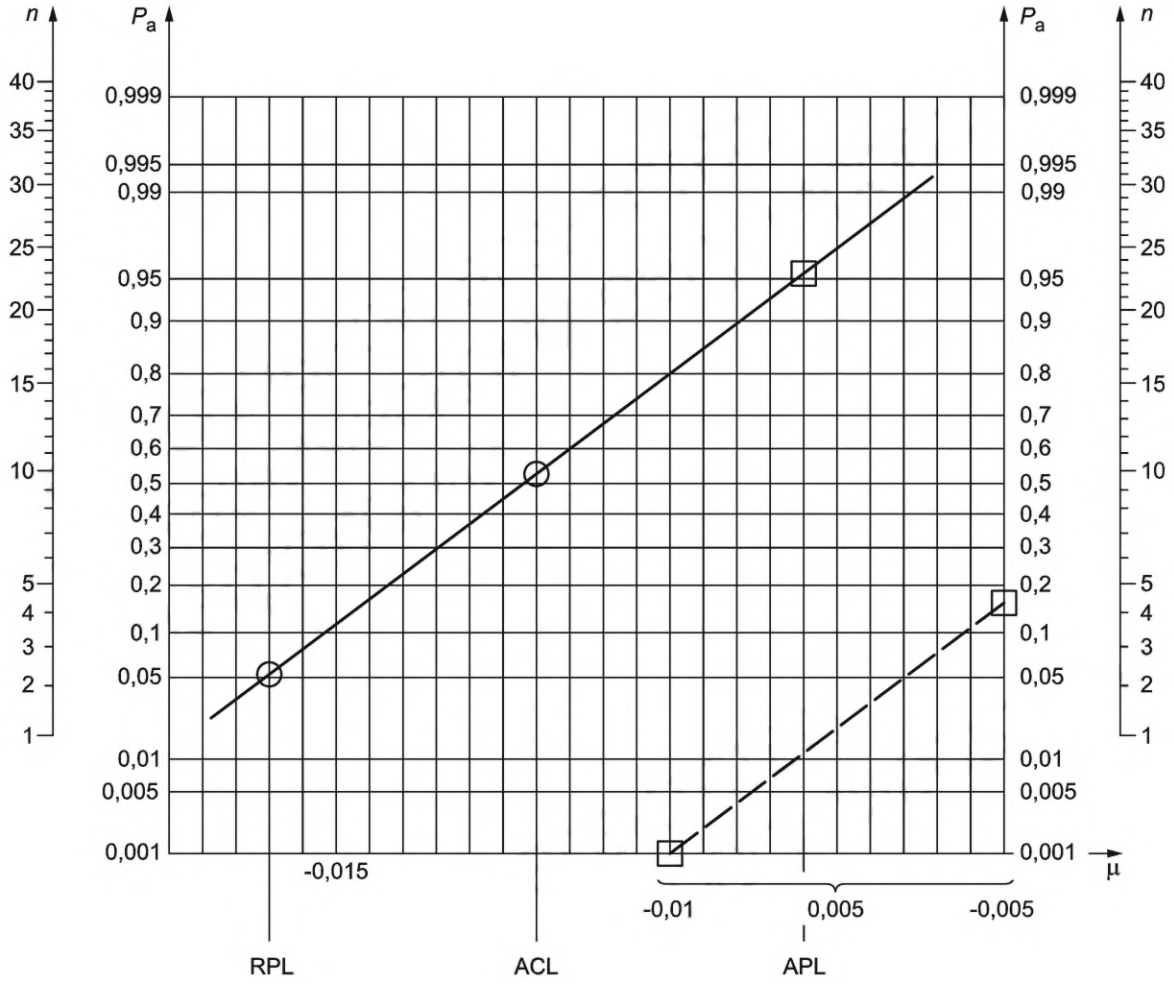
P_a — вероятность приемки; μ — среднее процесса; n — объем выборки; ACL — приемочные контрольные границы; APL — приемлемый уровень процесса; RPL — уровень отклонения процесса или зона неприемлемости процесса; □ — заданное значение; ○ — рассчитанное значение

Рисунок А.3 — Приемочная контрольная карта — пример 1



P_a — вероятность приемки; μ — среднее процесса; n — объем выборки; ACL — приемочные контрольные границы; APL — приемлемый уровень процесса; RPL — уровень отклонения процесса или зона неприемлемости процесса; □ — заданное значение; ○ — рассчитанное значение

Рисунок А.4 — Приемочная контрольная карта — пример 1



P_a — вероятность приемки; μ — среднее процесса; n — объем выборки; ACL — приемочные контрольные границы; APL — приемлемый уровень процесса; RPL — уровень отклонения процесса или зона неприемлемости процесса; □ — заданное значение; ○ — рассчитанное значение

Рисунок А.5 — Приемочная контрольная карта — пример 2

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 3534-1	—	*
ISO 3534-2	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Официальный перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде стандартов.

Библиография

[1] Belz M.H. Statistical Methods for the Process Industries. John Wiley & Sons, New York, 1973

[2] Duncan A.J. Quality Control and Industrial Statistics. 5th Edition, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, IL, 1986

[3] Freund R.A. Acceptance Control Charts. Industrial Quality Control, 14(4), October 1957

[4] Freund R.A. A Reconsideration of the Variables Control Chart. Industrial Quality Control, 16(11), May 1960

[5] Rickmers A.D., Todd H.N. Statistics. An Introduction, McGraw-Hill Book Co., New York, 1967

[6] Shewhart W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product (originally D. Van Nostrand Co., Inc., New York, 1931), republished by American Society for Quality Control, Inc., Milwaukee, WI, 1980

[7] ISO 7870-1 Control charts — Part 1: General guidelines

[8] ISO 7870-2 Control charts — Part 2: Shewhart control charts

[9] ISO 7870-4 Control charts — Part 4: Cumulative sum charts

УДК 658.562.012.7:65.012.122:006.352 МКС 03.120.30

Ключевые слова: статистический приемочный контроль, контроль по альтернативному признаку, контрольная карта, приемочная контрольная карта, выборка, несоответствие, несоответствующая единица продукции, процесс, среднее процесса, приемочные контрольные границы, зона приемлемости процесса, зона неприемлемости процесса, оперативная характеристика

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 28.04.2023. Подписано в печать 16.05.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,24.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru