ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р ИСО 22514-2— 2015**

## Статистические методы

# УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

### Часть 2

## Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени

**ISO 22514-2:2013**
**Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models (IDT)**

**Издание официальное**

**Москва**
**Стандартинформ**
**2016**

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 125 «Применение статистических методов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 ноября 2015 г. № 1909-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 22514-2:2013 «Статистические методы в управлении процессами. Воспроизводимость и пригодность. Часть 2. Воспроизводимость и пригодность моделей процессов, зависящих от времени» (ISO 22514-2:2013 «Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models», IDT)

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

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 21747—2010

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

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, определения, обозначения и сокращения . . . . . 1
4 Анализ процесса . . . . . 2
5 Модели распределения, зависимые от времени . . . . . 3
6 Индексы воспроизводимости и пригодности процесса . . . . . 13
7 Отчет об индексах пригодности/воспроизводимости процесса . . . . . 19
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов, указанных в нормативных ссылках настоящего стандарта, национальным стандартам Российской Федерации . . . . . 20
Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов, указанных в библиографии настоящего стандарта, национальным стандартам Российской Федерации . . . . . 21
Библиография . . . . . 22

## Введение

Существует много международных, региональных и национальных стандартов в области воспроизводимости и пригодности процессов. Как правило, они предполагают, что процесс находится в состоянии статистической управляемости и является стационарным с характеристиками, подчиняющимися нормальному распределению. Однако всесторонний анализ производственных процессов показывает, что процессы редко остаются в таком состоянии в течение продолжительного времени.

Настоящий стандарт позволяет оценить свойства воспроизводимости и пригодности производственных процессов для большой совокупности типовых условий. Эти условия связаны с характером изменения среднего и дисперсии процесса. В том числе рассмотрены ситуации, когда среднее и дисперсия являются постоянными, изменяются в соответствии с некоторой тенденцией или изменяются случайным образом. Воспроизводимость и пригодность также могут быть исследованы в ситуации, когда распределение характеристик изменяется во времени.

В других частях серии ИСО 22514 приведены рекомендации по оценке индексов пригодности и воспроизводимости. Следует заметить, что формулы, приведенные в настоящем стандарте, соответствуют точечным оценкам индексов. По возможности рекомендуется определять доверительные интервалы для этих оценок индексов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Статистические методы**

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ**

**Часть 2**

# Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени

Statistical methods. Process management. Part 2. Process capability and performance of time-dependent process models

**Дата введения — 2016—07—01**

## 1 Область применения

В настоящем стандарте установлены методы определения статистик для оценки воспроизводимости и пригодности характеристик процесса или продукции. В стандарте рассмотрено восемь возможных видов распределений этих характеристик. Для каждого распределения приведены формулы расчета статистик.

Статистические методы, установленные в настоящем стандарте, распространяются только на непрерывные характеристики качества. Они применимы к любым процессам в промышленном или экономическом секторе.

Примечание — Данный метод обычно применяют для продукции, выпускаемой крупными сериями (большое количество последовательных результатов процесса), но он может быть также использован для продукции, выпускаемой малыми сериями (небольшое количество результатов процесса).

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ИСО 5479, Статистическая обработка данных. Критерии отклонения от нормального распределения (ISO 5479 Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution)

ИСО 22514-1:2014 Статистические методы в управлении процессами. Воспроизводимость и пригодность. Часть 1. Основные принципы (ISO 22514-1:2014 Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 1: General principles and concepts)

## 3 Термины, определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 3534-2 и ИСО 22514-1 и следующие обозначения.

### 3.1 Обозначения

$C_p$ — индекс воспроизводимости процесса;

$C_{pk}$ — меньший индекс воспроизводимости процесса;

$C_{pkL}$ — нижний индекс воспроизводимости процесса;

**Издание официальное**

$C_{pkU}$ — верхний индекс воспроизводимости процесса;

$c_4$ — константа, корректирующая оценку $\sigma$ по подгруппам объема $n$;

$\Delta$ — изменчивость процесса;

$\Delta_L$ — разность между квантилями $X_{mid}$ и $X_{0,135\ \%}$ распределения характеристики продукции;

$\Delta_U$ — разность между квантилями $X_{99,865\ \%}$ и $X_{mid}$ распределения характеристики продукции;

$d_2$ — константа, соответствующая подгруппе объема $n$;

$k$ — количество подгрупп одинакового размера $n$;

$\mu$ — математическое ожидание генеральной совокупности исследуемой характеристики;

$L$ — нижняя граница поля допуска;

$M_{l,d}$ — методы вычисления параметров: $l$ — положения процесса, $d$ — изменчивость процесса;

$N$ — объем выборки;

$p_L$ — нижняя доля несоответствующих единиц продукции;

$p_t$ — общая доля несоответствующих единиц продукции;

$p_U$ — верхняя доля несоответствующих единиц продукции;

$P_p$ — индекс пригодности процесса;

$P_{pk}$ — меньший индекс пригодности процесса;

$P_{pkL}$ — нижний индекс пригодности процесса;

$P_{pkU}$ — верхний индекс пригодности процесса;

$R_i$ — размах $i$-й подгруппы;

$s$ — выборочное значение стандартного отклонения;

$\sigma$ — истинное стандартное отклонение совокупности;

$S$ — выборочное стандартное отклонение, статистика;

$S_i$ — выборочное стандартное отклонение $i$-й подгруппы;

$S_t$ — общее выборочное стандартное отклонение;

$U$ — верхняя граница поля допуска;

$X_{0,135\ \%}$ — квантиль распределения уровня 0,135 %;

$X_{99,865\ \%}$ — квантиль распределения уровня 99,865 %;

$X_{50\ \%}$ — квантиль распределения уровня 50 %;

$X_{mid}$ — медиана распределения.

### 3.2 Сокращения

ANOVA — дисперсионный анализ;

SPC — статистическое управление процессом.

## 4 Анализ процесса

Целью анализа процесса является исследование свойств процесса. Знания о процессе необходимы для эффективного управления процессом и соответствия продукции, изготавливаемой процессом, установленным требованиям. Предполагается, что был выполнен предварительный анализ процесса и осуществлены необходимые улучшения процесса.

Свойства рассматриваемой характеристики в общем случае могут быть описаны распределением, параметрами положения, изменчивости и формы, которые являются функциями времени. Различные модели таких распределений, параметры которых являются функциями времени, рассмотрены в разделах 6 и 7. Для определения подходящей модели распределения используют статистические методы [например, оценку параметров, дисперсионный анализ (ANOVA)], графические методы (например, графики вероятности, контрольные карты).

Значения рассматриваемых характеристик, как правило, определяют на основе выборок, отобранных из процесса. Объем выборки и частоту ее отбора следует определять в зависимости от типа процесса и вида продукции. Отобранные выборки должны отражать все важные изменения процесса. Для рассматриваемой характеристики выборки должны быть представительными. Для оценки стабильности процесса используют контрольные карты. Рекомендации по использованию контрольных карт приведены в ИСО 7870-2.

## 5 Модели распределения, зависимые от времени

Свойства исследуемой характеристики в течение короткого интервала времени характеризуют мгновенное распределение. Обычно это период времени, в течение которого отбирают выборку (например, подгруппу) из процесса. Непрерывное наблюдение за процессом в течение длительного времени позволяет определить результирующее распределение процесса и построить его зависимость от времени, которая отражает:

- мгновенное распределение рассматриваемой характеристики;
- изменения параметров положения, изменчивости и формы во времени.

На практике результирующее распределение может быть представлено целым набором данных, например, при применении SPC используют данные всех подгрупп, полученные при наблюдении за процессом.

Модели распределения, зависящего от времени, могут быть отнесены к одной из четырех групп в зависимости от того являются ли параметры положения и изменчивости постоянными или изменяются с течением времени (см. таблицу 1).

a) Модель A. Параметры положения и изменчивости процесса являются постоянными. В этом случае все средние и дисперсии мгновенных распределений равны друг другу и параметрам результирующего распределения.

b) Модель B. Параметр изменчивости процесса изменяется во времени, а параметр положения процесса остается постоянным.

c) Модель C. Параметр изменчивости процесса является постоянным, а параметр положения изменяется во времени.

d) Модель D. Параметры положения и изменчивости процесса изменяются во времени.

Модели могут быть классифицированы в зависимости от того, являются ли изменения моментов случайными, систематическими или теми и другими.

Примечание — В литературе по анализу временных рядов модель A1 называют стационарной, модель A2 — стационарной моделью второго порядка.

4 Таблица 1 — Классификация моделей зависимости распределения от времени

| Стандартное отклонение процесса s(*t*) | Среднее процесса μ(*t*) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Постоянное | | | Не постоянное | | | | |
| | Распределение | A | | Параметр положения, распределения | C | | | |
| | | A1 | A2 | | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Постоянное | Кратковременное распределение | Нормальное распределение | Не нормальное распределение — (унимодальное) | Изменение параметра положения во времени | Случайное | Случайное | Систематическое (например, тренд) | Систематическое и случайное (например, от партии к партии) |
| | | | | Вид мгновенного распределения | Нормальное распределение | Нормальное распределение | Нормальное распределение | Нормальное распределение |
| | | | | Вид результирующего распределения | Нормальное распределение | Не нормальное распределение (унимодальное) | Нормальное или не нормальное распределение | Распределение любого вида (например, мультимодальное) |
| Не постоянное | Вид результирующего распределения | B | | Результирующее распределение | D | | | |
| | | Унимодальное распределение любого вида | | | Любая форма | | | |

В таблице 2 приведены основные характеристики моделей зависимости распределения от времени. Графическое представление моделей приведено на рисунках 1—8. Подклассы распределений для моделей A и C введены из-за их практического значения. Они отличаются формой результирующего распределения и причинами, по которым процесс находится в неуправляемом состоянии.

Таблица 2 — Основные характеристики моделей распределения

| Характеристика | Модели распределения зависимого от времени[a] | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A1 | A2 | B | C1 | C2 | C3 | C4 | D |
| Параметр положения | c | c | c | r | r | s | s | S |
| Параметр изменчивости | c | c | s/r | c | c | c | c | s/r |
| Мгновенное распределение | nd | 1m | nd | nd | nd | as | as | as |
| Результирующее распределение | nd | 1m | 1m | nd | 1m | as | as | as |
| Рисунок | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

Параметр положения/изменчивости:
c — параметр остается постоянным;
r — параметр изменяется случайным образом;
s — параметр изменяется систематически.
Мгновенное/результирующее распределение:
nd — нормальное распределение;
1m — унимодальное (не нормальное распределение);
as — любая форма распределения

[a] Выбор модели является результатом анализа процесса.

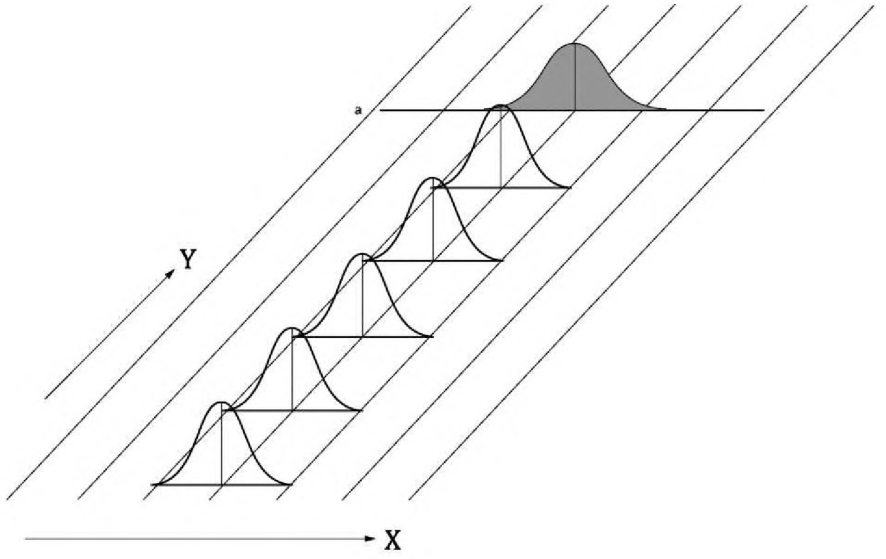
Для каждой модели распределения, зависящего от времени, показано несколько мгновенных распределений и соответствующее результирующее распределение. Распределения приведены в виде наброска распределения (не в масштабе).

Выбор моделей и их проверка требуют обширного анализа данных. Для этого обычно требуется использование статистического программного обеспечения.

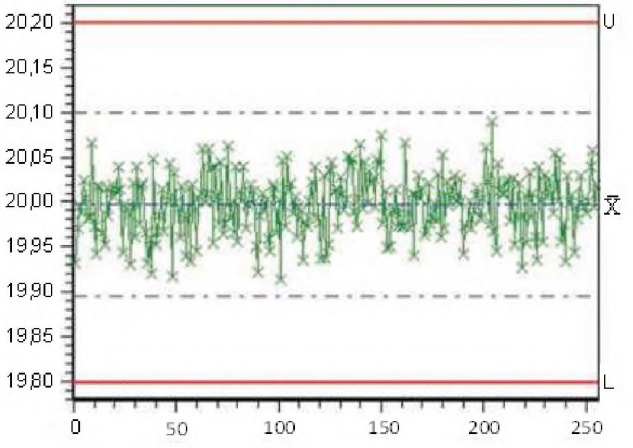
Для модели A1 (см. рисунок 1) характерны следующие особенности (например, длина детали для процесса, находящегося в состоянии статистической управляемости):

- параметр положения — постоянный;
- параметр изменчивости — постоянный;
- мгновенное распределение — нормальное;
- результирующее распределение — нормальное.

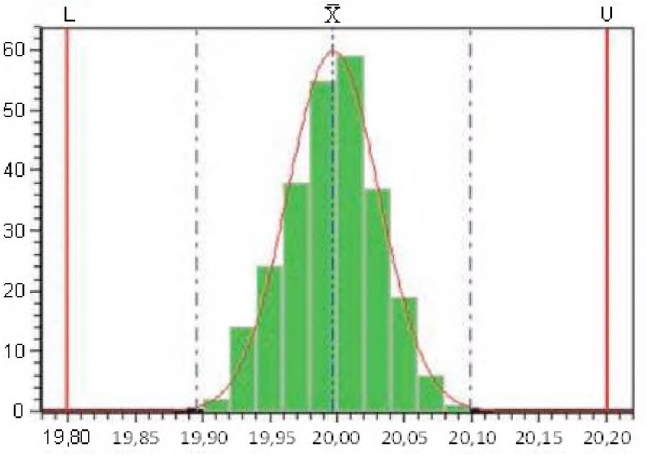
Этот процесс находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель A1




b) Пример временной диаграммы модели A1




c) Пример гистограммы для модели A1

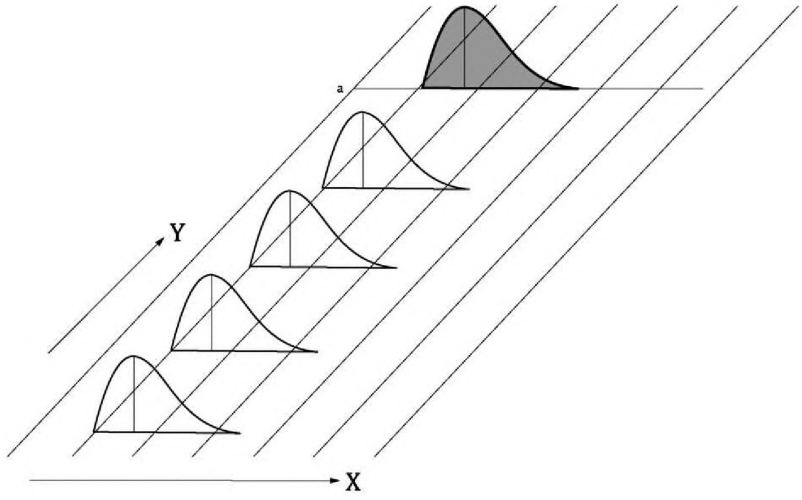
X — значение характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 1 — Графическое представление модели A1

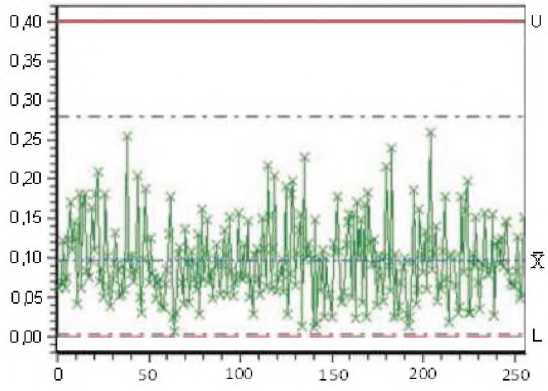
Для модели А2 (см. рисунок 2) характерны следующие особенности (например, шероховатость поверхности детали для физически ограниченных характеристик):

- параметр положения — постоянный;
- параметр изменчивости — постоянный;
- мгновенное распределение — унимодальное (не нормальное);
- результирующее распределение — унимодальное (не нормальное).

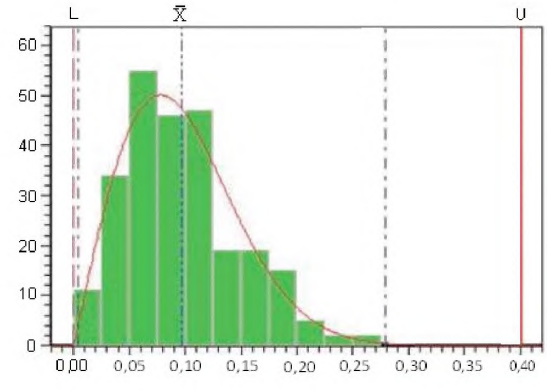
Этот процесс находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель А2




b) Пример временной диаграммы модели А2




c) Пример гистограммы для модели А2

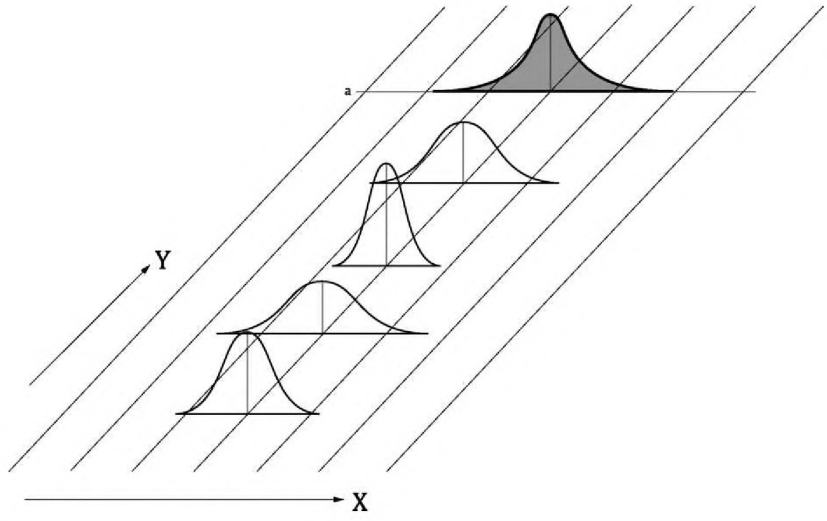
X — значения характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 2 — Графическое представление модели А2

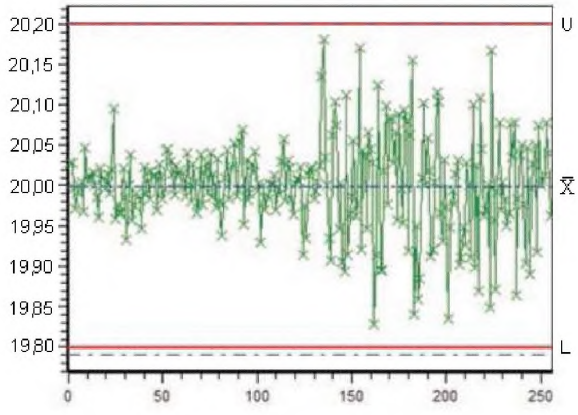
Для модели В (см. рисунок 3) характерны следующие особенности (например, различное изнашивание шпинделей на многошпиндельном токарном автомате с равным центрированием):

- параметр положения — постоянный;
- параметр изменчивости изменяется систематически или случайным образом;
- мгновенное распределение — нормальное;
- результирующее распределение — унимодальное (не нормальное).

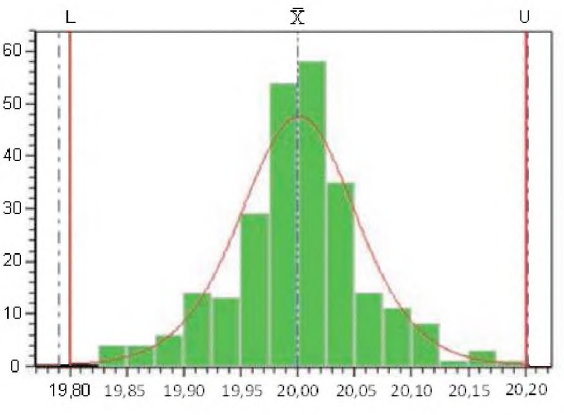
Этот процесс не находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель B




b) Пример временной диаграммы модели B




c) Пример гистограммы модели B

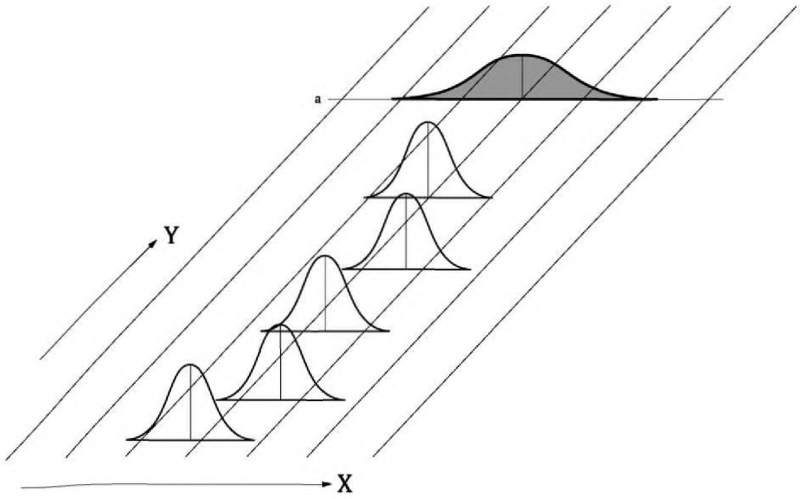
X — значение характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 3 — Графическое представление модели B

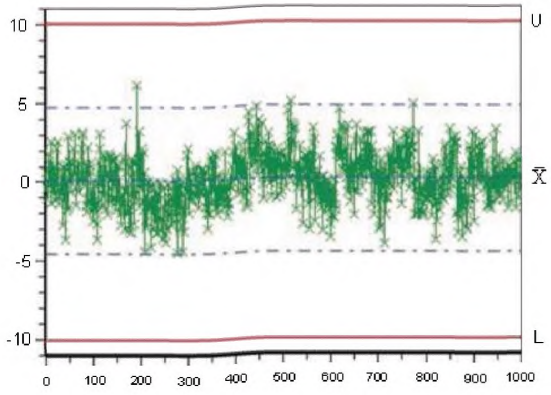
Для модели C1 (см. рисунок 4) характерны следующие особенности (например, различная центровка зажимных креплений деталей):

- параметр положения — случайный (нормальное распределение);
- параметр изменчивости — постоянный;
- мгновенное распределение — нормальное;
- результирующее распределение — нормальное.

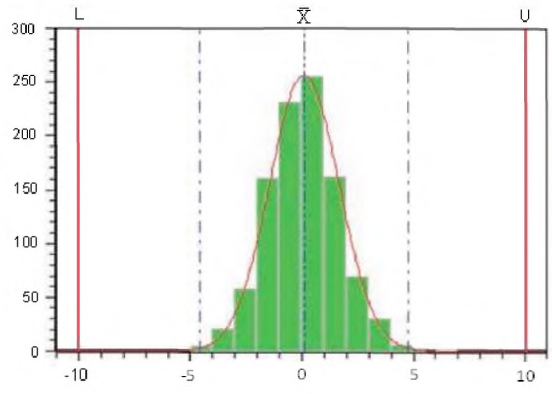
Этот процесс не находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель С1




b) Пример временной диаграммы модели С1




c) Пример гистограммы модели С1

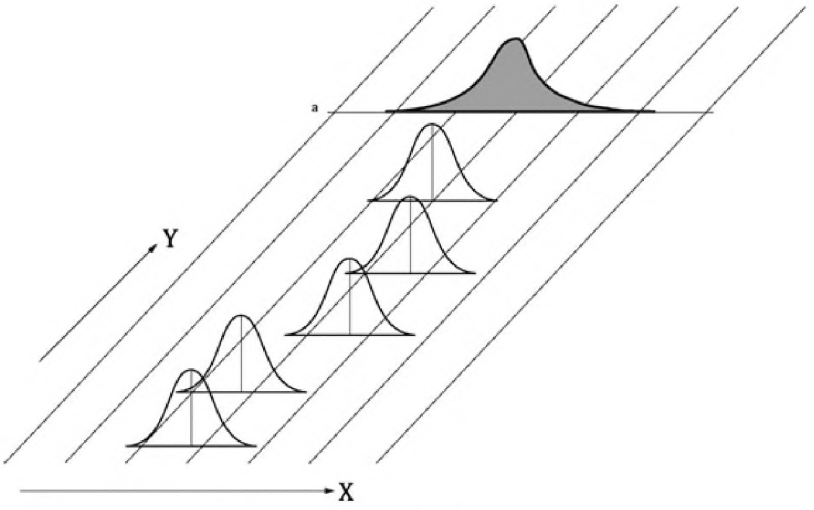
X — характерные значения; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 4 — Графическое представление модели С1

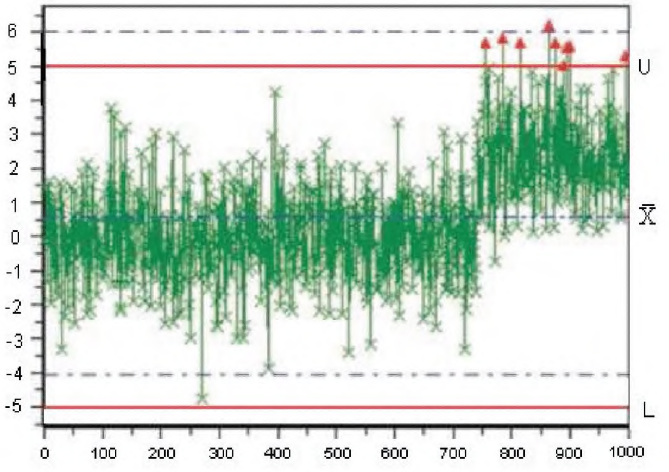
Для модели С2 (см. рисунок 5) характерны следующие особенности (например, наличие установленных инструментов):

- параметр положения — случайный (не нормальное унимодальное распределение);
- параметр изменчивости — постоянный;
- мгновенное распределение — нормальное;
- результирующее распределение — унимодальное (не нормальное) распределение.

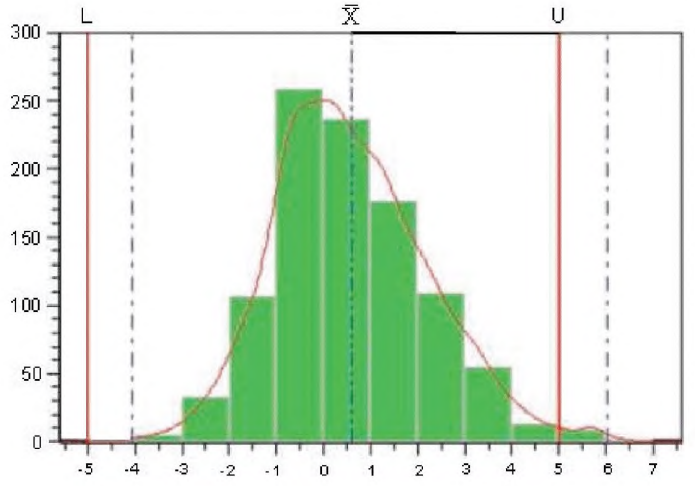
Этот процесс не находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель С2




b) Пример временной диаграммы модели С2




c) Пример гистограммы модели С2

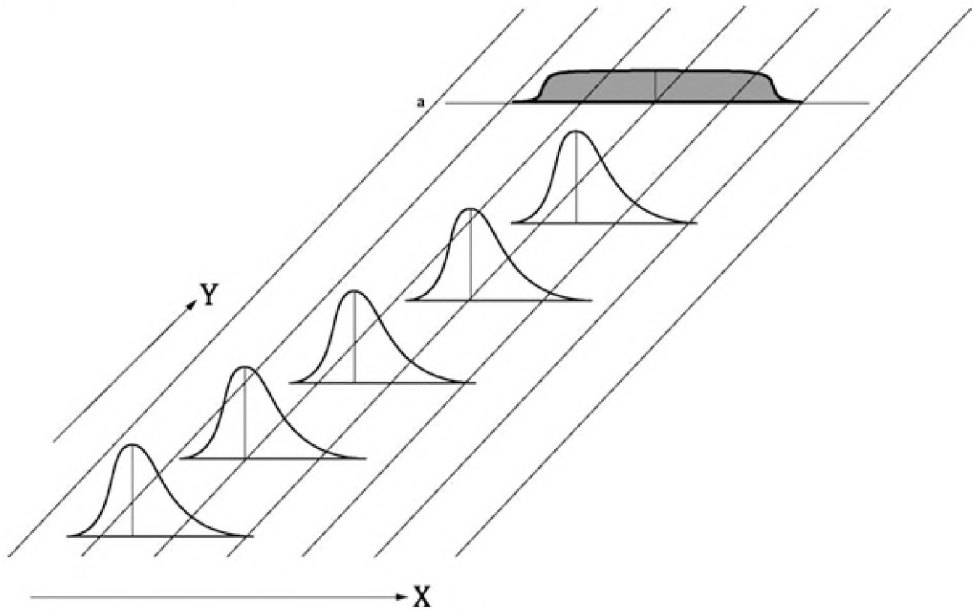
X — значение характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 5 — Графическое представление модели С2

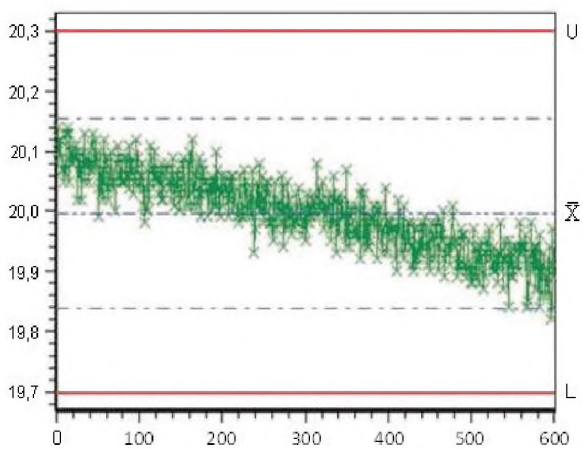
Для модели С3 (см. рисунок 6) характерны следующие особенности:

- параметр положения функционально зависит от времени (например, тренд, вызванный изнашиванием инструмента или условиями производства);
- параметр изменчивости — постоянный;
- мгновенное распределение любой формы;
- результирующее распределение любой формы.

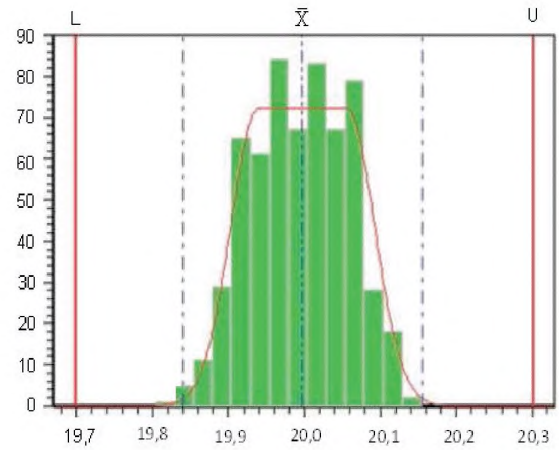
Этот процесс не находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель С3




b) Пример временной диаграммы модели С3




c) Пример гистограммы модели С3

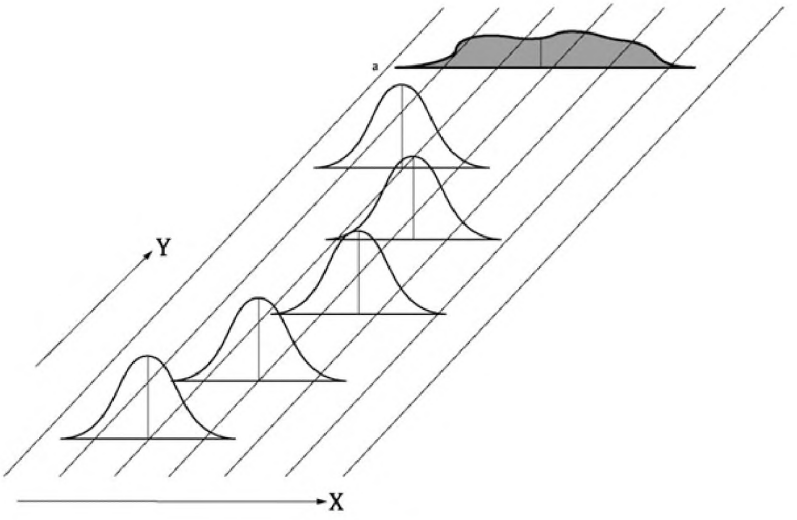
X — значения характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 6 — Графическое представление модели С3

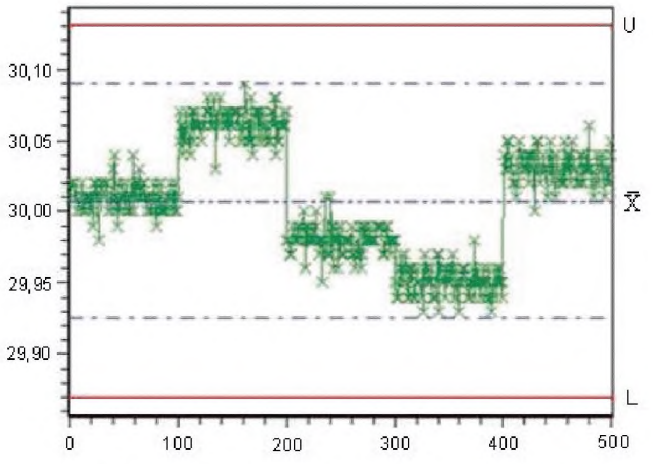
Для модели С4 (см. рисунок 7) характерны следующие особенности:

- изменения параметра положения сначала систематические, затем случайные (например, влияние износа и смена инструмента или изменение партии входного сырья);
- параметр изменчивости — постоянный;
- мгновенное распределение любой формы;
- результирующее распределение любой формы.

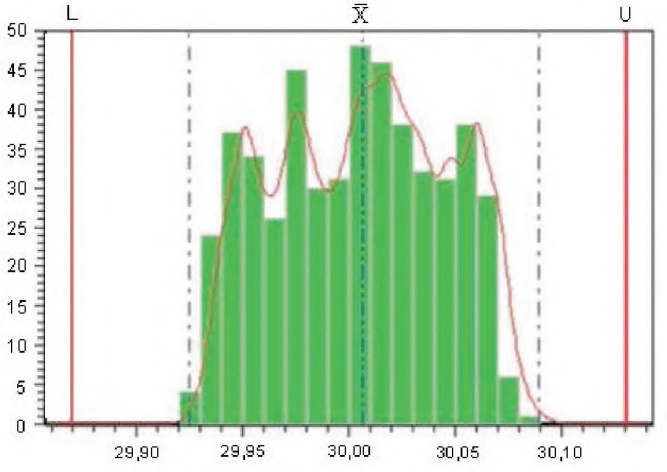
Этот процесс не находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель С4




b) Пример временной диаграммы модели С4




c) Пример гистограммы модели С4

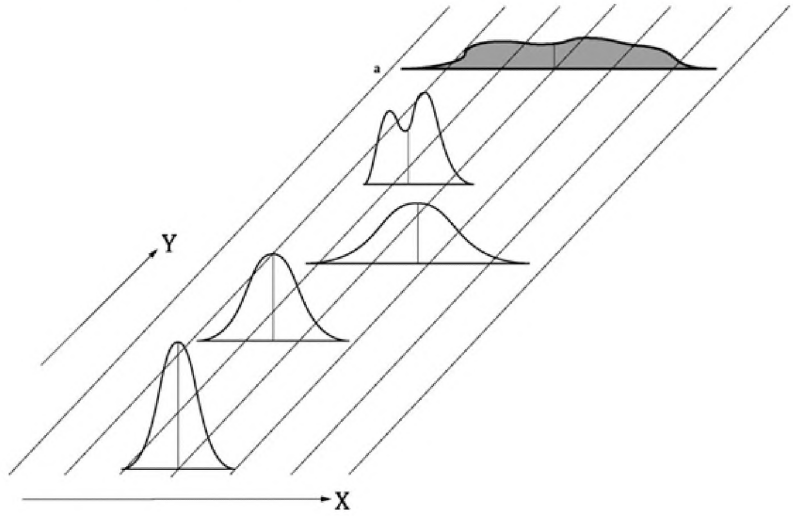
X — значение характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 7 — Графическое представление модели С4

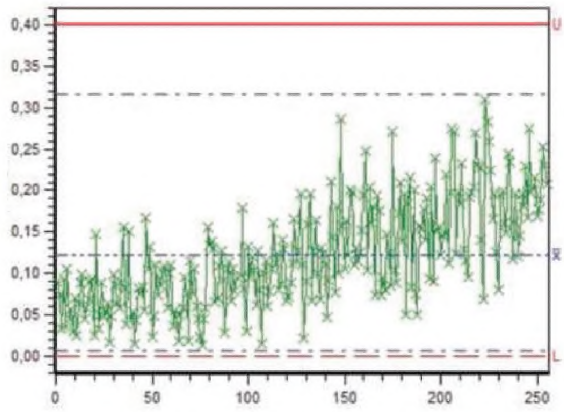
Для модели D (см. рисунок 8) характерны следующие особенности (например, процесс с несколькими состояниями):

- изменения параметра положения систематическое и случайное;
- изменения параметра изменчивости систематическое и случайное;
- мгновенное распределение любой формы;
- результирующее распределение любой формы.

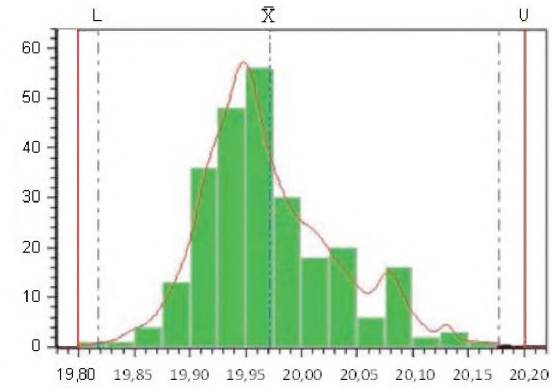
Этот процесс не находится в состоянии статистической управляемости.




a) Модель D




b) Пример временной диаграммы модели D




c) Пример гистограммы модели D

X — значения характеристики; Y — время; a — результирующее распределение

Рисунок 8 — Графическое представление модели D

## 6 Индексы воспроизводимости и пригодности процесса

### 6.1 Методы определения индексов воспроизводимости и пригодности. Краткий обзор

#### 6.1.1 Общие положения

Основой определения статистик воспроизводимости и пригодности процесса является распределение характеристики продукции.

Вычисление индексов пригодности и воспроизводимости основано на определении оценок параметров положения и изменчивости измеряемой характеристики и их соотношению с допусками.

Общее графическое представление приведено на рисунке 9.

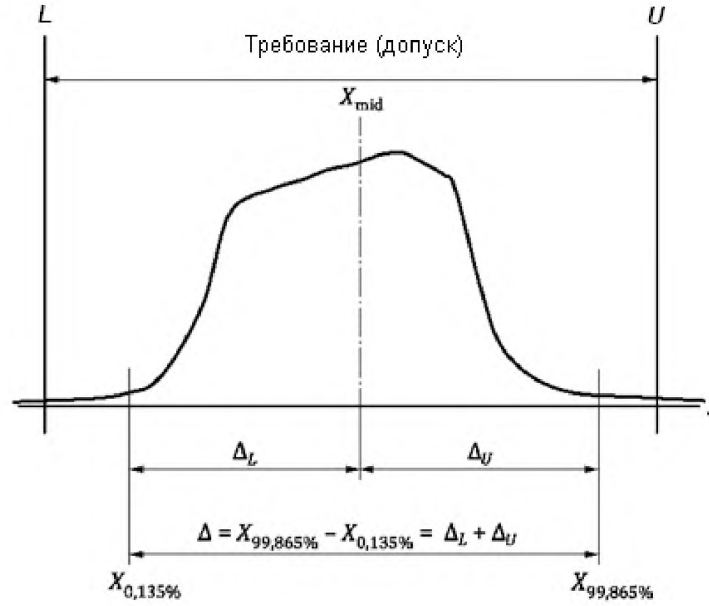



Рисунок 9 — Графическое представление общего геометрического метода

На рисунке 9 $X_{mid}$ показывает положение процесса; $\Delta$ показывает изменчивость процесса. Их точные определения в зависимости от метода будут даны позже. Изменчивость ограничена нижним опорным значением $X_{0,135\ \%}$ и верхним опорным значением $X_{99,865\ \%}$. Тогда

$$\Delta_L = X_{mid} - X_{0,135\ \%}. \quad (1)$$

$$\Delta_U = X_{99,865\ \%} - X_{mid}. \quad (2)$$

Индексы пригодности процесса равны отношению разности границ поля допуска к разности верхнего и нижнего опорных значений.

Индекс пригодности процесса:

$$P_p = \frac{U - L}{\Delta}. \quad (3)$$

Нижний индекс пригодности:

$$P_{pkL} = \frac{X_{mid} - L}{\Delta_L}. \quad (4)$$

Верхний индекс пригодности процесса:

$$P_{pkU} = \frac{U - X_{mid}}{\Delta_U}. \quad (5)$$

Меньший индекс пригодности процесса:

$$P_{pk} = \min(P_{pkL}, P_{pkU}). \quad (6)$$

Если процесс находится в состоянии статистической управляемости, может быть определен индекс воспроизводимости. Формулы расчета аналогичны формулам для индекса пригодности.

Индекс воспроизводимости:

$$C_{\mathrm{p}} = \frac{U-L}{\Delta}. \quad (7)$$

Нижний индекс воспроизводимости:

$$C_{\mathrm{pk}L} = \frac{X_{\mathrm{mid}} - L}{\Delta_L}. \quad (8)$$

Верхний индекс воспроизводимости:

$$C_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - X_{\mathrm{mid}}}{\Delta_U}. \quad (9)$$

Меньший индекс воспроизводимости:

$$C_{\mathrm{pk}} = \min(C_{\mathrm{pk}L}, C_{\mathrm{pk}U}). \quad (10)$$

Существуют различные оценки для параметров положения $\mu$ и изменчивости $\Delta$ для заданного набора данных.

**ВНИМАНИЕ — Необходимо помнить, что не следует делать сопоставление значений индексов воспроизводимости и пригодности, полученных с помощью различных методов. Такое сопоставление не имеет смысла.**

### 6.1.2 Вычисление параметра положения

Параметр положения процесса $X_{\mathrm{mid}}$ может быть вычислен с помощью формул, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 — Методы вычисления параметра положения

| Номер метода, $l$ | Метод вычисления параметра положения/формулы $M_{l,d}$ | Номер формулы |
|---|---|---|
| 1 | $\widehat{X}_{\mathrm{mid}} = \overline{\overline{x}} = \frac{1}{k \cdot n}\sum x_i$ | (11) |
| 2 | $\widehat{X}_{\mathrm{mid}} = \tilde{\tilde{x}} = X_{50\ \%} = \left\{ \begin{array}{ll} x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}; & \text{если } n - \text{нечетное} \\ \frac{1}{2}\left[x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)}\right]; & \text{если } n - \text{четное} \end{array} \right\}$ порядковая статистика $x_i$ | (12) |
| 3 | $\widehat{X}_{\mathrm{mid}} = \overline{\overline{\overline{x}}} = \frac{1}{k}\sum \overline{x}_i$ | (13) |
| 4 | $\widehat{X}_{\mathrm{mid}} = \overline{\tilde{\tilde{x}}} = \frac{1}{k}\sum \tilde{x}_i$ | (14) |

$x_i$ — отдельные значения;
$n$ — количество значений в подгруппе;
$\overline{x}_i$ — среднее $i$-й подгруппы;
$k$ — количество подгрупп объема $n$;
$\tilde{x}_i$ — медиана $i$-й подгруппы.

### 6.1.3 Вычисление параметра изменчивости

Параметр изменчивости процесса может быть определен одной из формул, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 — Методы вычисления параметра изменчивости

| Номер метода, $d$ | Метод вычисления параметра изменчивости $M_{l,d}$ | № |
|---|---|---|
| 1 | $\hat{\Delta} = X_{99,865\ \%} - X_{0,135\ \%}$;<br>$\hat{\Delta}_U = X_{99,865\ \%} - X_{mid}$; $\hat{\Delta}_L = X_{mid} - X_{0,135\ \%}$ | (15) |
| 2 | $\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_U = 3\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_L = 3\hat{\sigma}$, где $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum s_i^2}{k}}$ | (16) |
| 3 | $\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_U = 3\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_L = 3\hat{\sigma}$, где $\hat{\sigma} = \frac{\sum s_i}{k c_4}$ | (17) |
| 4 | $\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_U = 3\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_L = 3\hat{\sigma}$, где $\hat{\sigma} = \frac{\sum R_i}{k d_2}$ | (18) |
| 5 | $\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_U = 3\hat{\sigma}$; $\hat{\Delta}_L = 3\hat{\sigma}$, где $\hat{\sigma} = s_t = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum (x_i - \bar{x})^2}$ | (19) |
| $s_i^2$ — оценка дисперсии $i$-й подгруппы;<br>$s_i$ — стандартное отклонение $i$-й подгруппы;<br>$k$ — количество подгрупп объема $n$;<br>$R_i$ — размах $i$-й подгруппы;<br>$s_t$ — стандартное отклонение общего набора данных. | | |

Таблицы значений коэффициентов $c_4$ и $d_2$ приведены в ИСО 7870-2.

Нижние индексы $l$ и $d$ в обозначении метода $M_{l,d}$ использованы для обозначения формул оценки параметра изменчивости. Индекс $l$ относится к формулам для вычисления оценки параметра положения $\mu$ [формулы (11)—(14)]. Индекс $d$ относится к формулам для вычисления оценки параметра изменчивости $\Delta$ [формулы (15)—(19)].

### 6.1.4 Вычисление $X_{0,135\ \%}$ и $X_{99,865\ \%}$

Для определения оценки $X_{0,135\ \%}$ и $X_{99,865\ \%}$ использованы следующие процедуры:

a) Подбирают распределение, соответствующее полученному набору данных, определяют оценки $X_{0,135\ \%}$ и $X_{99,865\ \%}$ в соответствии с этим распределением.

b) Определяют оценки $X_{0,135\%}$ и $X_{99,865\%}$ непосредственно по объединенному набору данных. Для получения оценок $X_{0,135\ \%}$ и $X_{99,865\ \%}$ в этой процедуре, объем общего набора данных должен быть достаточно большим. Например, если объем общей выборки равен 1000, в качестве оценок $X_{0,135\ \%}$ и $X_{99,865\ \%}$ выбирают минимальное и максимальное значения этого набора данных.

c) Определяют оценки $X_{0,135\ \%}$ и $X_{99,865\ \%}$ с использованием вероятностной бумаги (см. ИСО 5479). Если данные не подчиняются нормальному распределению, необходимо использовать другой рабочий лист.

Для вычисления индекса следует использовать обозначение $M_{l,d}$, где $l$ определяет метод вычисления параметра положения $a$, $d$ определяет метод вычисления параметра изменчивости.

***Пример — Метод $M_{12}$ основан на вычислении среднего и дисперсии.***

***- Оценка $\hat{\Delta}$ для d = 1 является наиболее общей, она может быть использована в любых условиях.***

***- Оценка $\hat{\Delta}$ для d = 2, 3 и 4 распространяется только на подгруппу. Ее следует использовать для модели А1 процесса только потому, что она пренебрегает различиями между подгруппами.***

***- Оценки $\hat{\Delta}$ для d = 2, 3, 4 и 5 предполагают, что данные имеют нормальное распределение. В противном случае результат будет зависеть от вида распределения.***

Примечание — $\hat{\Delta}$ также называют опорным интервалом.

### 6.2 Односторонние границы поля допуска

Односторонние границы поля допуска можно рассматривать аналогично двухсторонним границам поля допуска (см. рисунок 10 и 11).

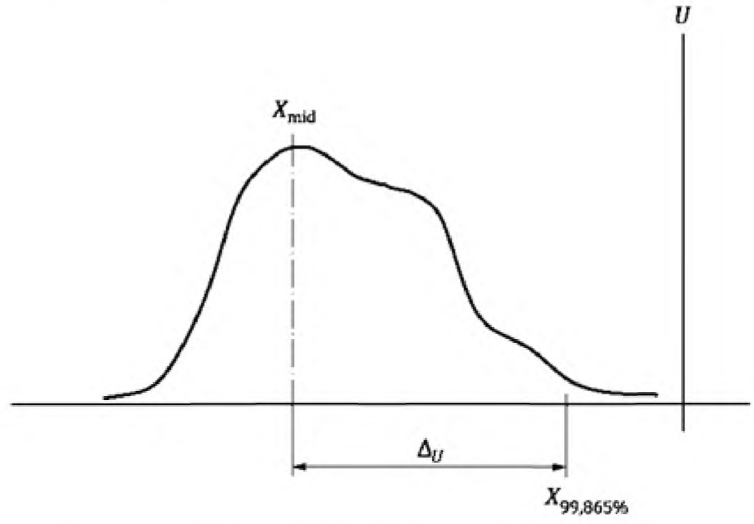



Рисунок 10 — Графическое представление метода вычисления $\Delta_U$

Для верхней границы поля допуска используют следующие формулы.

Верхний индекс пригодности процесса:

$$P_{pkU} = \frac{U - X_{mid}}{\Delta_U}. \quad (20)$$

Меньший индекс пригодности процесса:

$$P_{pk} = P_{pkU}. \quad (21)$$

Если процесс находится в состоянии статистической управляемости, может быть определен индекс воспроизводимости по тем же формулам, что и для соответствующих индексов пригодности процесса.

Верхний индекс воспроизводимости:

$$C_{pkU} = \frac{U - X_{mid}}{\Delta_U}. \quad (22)$$

Меньший индекс воспроизводимости:

$$C_{pk} = C_{pkU}. \quad (23)$$

Значения $X_{99\,865\,\%}$ и $X_{mid}$ определяют как в методе $M_{21}$. См. рисунок 11.

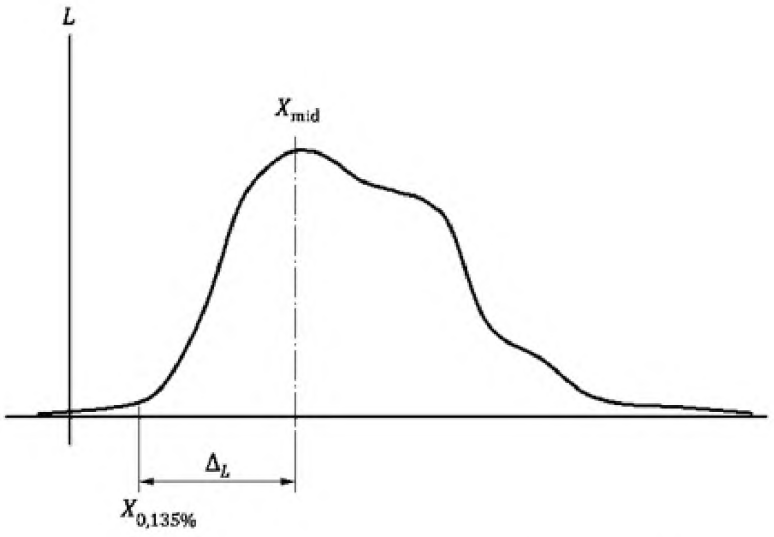



Рисунок 11 — Графическое представление метода вычисления $\Delta_L$

В случае нижней границы поля допуска используют следующие формулы.

Нижний индекс пригодности процесса:

$$P_{pkL} = \frac{X_{mid} - L}{\Delta_L}. \quad (24)$$

Меньший индекс пригодности процесса:

$$P_{pk} = P_{pkL}. \quad (25)$$

Если процесс находится в состоянии статистической управляемости, может быть определен индекс воспроизводимости. Формулы аналогичны соответствующим формулам для индекса пригодности.

Нижний индекс воспроизводимости:

$$C_{pkL} = \frac{X_{mid} - L}{\Delta_L}. \quad (26)$$

Меньший индекс воспроизводимости:

$$C_{pk} = C_{pkL}. \quad (27)$$

Значения $X_{0,135\ \%}$ и $X_{mid}$ определяют как в методе $M_{21}$.

### 6.3 Использование различных методов вычисления

Для конкретной модели распределения не могут быть использованы все методы вычислений. В таблице 5 приведены методы вычисления индексов, применимые к приведенным моделям.

Таблица 5 — Индексы воспроизводимости процесса

| | Модель | A1 | A2 | B | C1 | C2 | C3 | C4 | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вычисление дисперсии | 1 | a | | a | | | | | |
| | 2 | a | a | a | a | a | a | a | a |
| | 3 | a | | | | | | | |
| | 4 | a | a | a | | | | | |

*Окончание таблицы 5*

| | Модель | A1 | A2 | B | C1 | C2 | C3 | C4 | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вычисление дисперсии | 1 | a | a | a | a | a | a | a | a |
| | 2 | a | | | | | | | |
| | 3 | a | | | | | | | |
| | 4 | a | | | | | | | |
| | 5 | a | a | a | a | | | | a |
| [a] Указывает на те методы, которые могли использоваться для вычисления индексов. | | | | | | | | | |

## 7 Отчет об индексах пригодности/воспроизводимости процесса

Если для квалификации процесса использованы статистические данные о воспроизводимости/пригодности процесса, это должно быть указано в отчете со ссылкой на настоящий стандарт. В отчете должны быть указаны методы вычисления параметров положения и изменчивости, количество значений, используемых в качестве основы для вычисления, а также неопределенность измерений.

Также в отчете может быть приведена другая информация, например:

- частота отбора выборок;
- время и продолжительность отбора данных; обоснование выбора модели изменения распределения во времени;
- технические условия (партии, операторы, инструменты).

Пример отчета приведен в таблице 6.

Таблица 6 — Пример отчета об индексах воспроизводимости процесса

| | |
|---|---|
| Индекс воспроизводимости процесса | $C_p$ = 1,68 |
| Меньший индекс воспроизводимости процесса | $C_{pk}$ = 1,47 |
| Метод вычисления | $M_{1,1}$ |
| Количество значений, используемых для вычисления | 2000 |
| Неопределенность измерений | 0,002 мм |
| Модель изменения распределения во времени | A1 |
| Метод вычисления $M_{1,1}$ подразумевает, что вычисление воспроизводимости проведено с использованием среднего числа и опорного интервала как оценок параметров положения и изменчивости. | |

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов, указанных в нормативных ссылках настоящего стандарта, национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта |
|---|---|---|
| ИСО 3534-2:2006 | — | * |
| ИСО 5479:1997 | IDT | ГОСТ Р ИСО 5479-2002 «Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения» |
| ИСО 22514-1:2014 | IDT | ГОСТ Р ИСО 22514-1—2015 «Статистические методы. Управление процессами. Часть 1. Общие принципы» |

* 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.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт.

**Приложение ДБ**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов, указанных в библиографии настоящего стандарта, национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДБ.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта |
|---|---|---|
| ИСО 3534-1:2006 | — | * |
| ИСО 7870-2:2013 | IDT | ГОСТ Р ИСО 7870-2—2015 «Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта» |
| ISO 9000:2005 | IDT | ГОСТ ISO 9000—2011 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» |
| ISO/TR 22514-4:2007 | IDT | ГОСТ Р 50779.46—2012/ISO/TR 22514-4:2007 «Статистические методы. Управление процессами. Часть 4. Оценка показателей воспроизводимости и пригодности процесса» |

* 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.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт.

## Библиография


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

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

[3] ISO 9000:2005 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary

[4] ISO/TR 22514-4:2007 Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 4: Process capability estimates and performance measures

[5] Kotz & Lovelace (1998). Process Capability Indices in Theory and Practice

УДК 658.562.012.7:65.012.122:006.354 ОКС 03.120.30 Т59

Ключевые слова: спецификация, верхняя граница поля допуска, нижняя граница поля допуска, интервал требований, целевое значение, распределение характеристики продукции, границы опорного интервала характеристики продукции, опорный интервал характеристики продукции, условия воспроизводимости процесса, условия пригодности процесса, индекс воспроизводимости процесса, индекс пригодности процесса

Редактор *Л.Б. Базякина*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Подписано в печать 08.02.2016. Формат 60 ×84 1/8.
Усл. печ. л. 3,26. Тираж 33 экз. Зак. 109.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru