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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 22514-3— 2024

Статистические методы

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

Часть 3

Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции

(ISO 22514-3:2020, Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 3: Machine performance studies for measured data on discrete parts, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

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 января 2024 г. № 169-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
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 февраля 2024 г. № 198-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 22514-3—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2024 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 22514-3:2020 «Статистические методы в управлении процессами. Воспроизводимость и пригодность. Часть 3. Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции» («Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 3: Machine performance studies for measured data on discrete parts», IDT).

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

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

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 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», 2024



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 2
5 Условия применения 2
6 Сбор данных 4
7 Анализ 4
8 Отчетность 13
9 Действия, выполняемые после исследования пригодности машины 14
Приложение А (справочное) Вспомогательная таблица и рабочая таблица 15
Библиография 17

Введение

В настоящем стандарте установлено руководство по определению приемлемости единиц продукции, последовательно изготовленных одной единицей оборудования или системой, состоящей из нескольких единиц оборудования (далее — машина), в соответствии с принятыми критериями. Такая потребность часто встречается в машиностроительной отрасли в случаях, когда проведение такого исследования является одной из целей приемочных испытаний. Данные исследования также применяют для диагностики текущего состояния машины и при решении других задач. Метод, установленный в настоящем стандарте, универсален и применим во многих ситуациях.

Исследование пригодности машины позволяет получить информацию о функционировании машины в условиях максимально возможных ограничений воздействия внешних источников изменчивости, что характерно для многофакторного процесса и многоуровневых ситуаций. Данные, собранные в процессе исследования, могут относиться к объектам, последовательно изготавливаемым машиной, но возможен и иной подход к сбору данных в зависимости от требований исследования. Предполагается, что данные, как правило, собраны вручную.

Процедура выполнения исследований и отчетность будут полезны инженерам, начальникам производственных подразделений и руководителям при принятии решения о приобретении машины, о постановке ее на техническое обслуживание или при определении уровня изменчивости, присущего машине.

Поправка к ГОСТ ISO 22514-3—2024 Статистические методы. Управление процессами. Часть 3. Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

(ИУС № 10 2024 г.)

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

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

Часть 3

Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции

Statistical methods. Process management. Part 3. Machine performance studies for measured data on discrete parts

Дата введения — 2024—06—01

1 Область применения

В настоящем стандарте установлен порядок проведения краткосрочных исследований пригодности машины (включая устройства, приборы, аппараты)[1)] на основе последовательно изготовленных единиц продукции в условиях повторяемости. Количество наблюдений, подлежащих анализу, зависит от особенностей используемых данных или от производительности машины (скорости производства единиц продукции). Методы, приведенные в настоящем стандарте, не могут быть использованы, если объем полученной выборки составляет менее 30 наблюдений. В настоящем стандарте описаны методы обработки данных и выполнения вычислений. Кроме того, в настоящем стандарте установлены способы оценки индексов пригодности машины и действия, предпринимаемые по результатам анализа пригодности машины.

Настоящий стандарт не применим, если в период проведения исследований возможны проявления износа машины, а также при наличии автокорреляции между наблюдениями. В настоящем стандарте не рассмотрен случай автоматизированного сбора большого количества данных (например, при поступлении тысяч единиц наблюдений за минуту).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте термины и определения отсутствуют.

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 .

[1)] *См. также ГОСТ ISO 12100—2013, п. 3.1.*

Издание официальное

4 Обозначения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения:

P — вероятность;

P_m — индекс пригодности машины;

P_{mk_L} — нижний индекс пригодности машины;

P_{mk_U} — верхний индекс пригодности машины;

P_{mk} — минимальный индекс пригодности машины;

f — абсолютная частота;

Σf — совокупная абсолютная частота;

Σf % — совокупная относительная частота в процентах;

i — индекс, используемый для идентификации значений переменной;

L — нижняя граница поля допуска;

n — объем выборки;

$X_{\alpha \cdot \%}$ — квантиль распределения уровня α100 %, процентиль;

X_i — i-е значение в выборке;

σ — стандартное отклонение совокупности (истинное);

S — выборочное стандартное отклонение;

U — верхняя граница поля допуска;

z_α — квантиль стандартного нормального распределения (площадь под плотностью распределения от $-\infty$ до α);

μ — среднее совокупности (истинное), характеризующее положение распределения наблюдений;

$\overline{X}$ — среднее арифметическое, выборочное среднее;

χ_α^2 — квантиль распределения хи-квадрат уровня α.

5 Условия применения

5.1 Общие положения

Условия применения метода, приведенные в 5.2 и 5.6, являются минимальными и, при необходимости, могут быть дополнены. При выполнении исследований данного типа важно поддерживать постоянными все факторы (кроме факторов, относящихся к самой машине), которые могут повлиять на результаты; поэтому для правильного исследования машины необходимо обеспечить, например, участие одного и того же оператора, использование одной и той же партии материалов и т. п.

5.2 Количество используемых единиц продукции

Объем выборки, как правило, составляет 100 единиц продукции. Однако, если значения исследуемых характеристик не подчиняются нормальному распределению, объем выборки должен быть не менее 100 единиц продукции. Методы, приведенные в настоящем стандарте, также могут быть использованы при проведении аудита процесса. В этом случае объем выборки может быть уменьшен, например, до 50 единиц продукции.

Примечание 1 — Это необходимо для того, чтобы гарантировать возможность расчета достаточно узкого доверительного интервала для индексов пригодности машины при использовании нормального распределения. Интервал составляет приблизительно ±12 % от оценки индекса пригодности с уровнем доверительной вероятности 90 % и объемом выборки 100 единиц.

Машины определенных видов затрачивают значительное время на изготовление одной единицы продукции, поэтому для изготовления 100 единиц продукции таким машинам необходим достаточно большой интервал времени. В этом случае необходимо работать с имеющимися данными. Минималь-

ный объем выборки, рекомендованный для описанных в настоящем стандарте методов, составляет 30 единиц продукции.

Примечание 2 — Для выборок меньшего объема существуют специальные методы анализа, не рассмотренные в настоящем стандарте.

В случае высокой производительности машины, например при изготовлении заклепок, когда 100 единиц продукции изготавливают за несколько секунд, стратегия отбора выборки может быть изменена. В данной ситуации для изучения функционирования машины может потребоваться проведение нескольких исследований с различными способами отбора выборки.

5.3 Используемые материалы

Необходимо убедиться, что все исходные материалы, используемые в исследовании, проверены на соответствие установленным требованиям и принадлежат к одной партии. Не рекомендуется проводить исследование с использованием материалов, не соответствующих установленным требованиям, поскольку это может привести к нерепрезентативным результатам.

Следует проявлять осторожность и не вводить при работе другие источники изменчивости кроме исследуемых. Типичным примером является ситуация, когда при производстве одной партии продукции используемая партия материала должна быть заменена на другую партию материала, а изменчивость партии материала при выполнении исследования не учитывают. В этом случае при анализе следует использовать только данные, полученные при работе с одной партией материала.

5.4 Измерительная система

Необходимо убедиться, что измерительная система, используемая при проведении исследования, обладает надлежащими свойствами и поверена (откалибрована), а изменчивость измерительной системы оценена количественно и минимальна. Следует провести специальные исследования, чтобы установить величину составляющей изменчивости данных, соответствующей измерительной системе. В идеале измерительная система должна иметь суммарную стандартную неопределенность u_{MS} менее 10 % от стандартного отклонения характеристики, используемой при анализе машины, при условии правильного определения суммарной стандартной неопределенности, как при проведении анализа измерительных систем. Кроме суммарной стандартной неопределенности должны быть рассмотрены смещение, градуировка, линейность и разрешающая способность измерительной системы. Разрешение должно быть менее 1/20 от интервала установленных требований.

Целесообразно рассчитывать расширенную неопределенность U_{MP} процесса измерений и представлять результат в процентах от заданной длины поля допуска. Если расширенная неопределенность U_{MP} не превышает 15 % от длины поля допуска, в зависимости от области применения ее считают приемлемой. Если U_{MP} превышает 15 %, процесс измерений следует считать неприемлемым. При выполнении исследования с использованием процесса измерения с неопределенностью хуже указанных требований в результате анализа могут быть сделаны неверные выводы. Дополнительная информация о расчете воспроизводимости измерительной системы и процесса измерений приведена в ISO 22514-7. Пользователи, выполняющие анализ измерительных систем и оценивающие повторяемость и воспроизводимость, могут использовать ISO/TR 12888.

5.5 Выполнение исследования

При проведении исследования необходимо обеспечить бесперебойную работу машины в нормальных условиях эксплуатации. При этом следует учитывать время прогрева машины, необходимое для приведения ее в обычное рабочее состояние и настройки машины на номинальное значение исследуемой характеристики. Если в процессе исследования машина по какой-либо причине была остановлена, следует повторить исследование либо проанализировать полученные данные, если было собрано достаточно данных и условия повторяемости при этом не были нарушены. Ни при каких обстоятельствах для вывода о приемлемости работы машины не следует использовать менее 30 последовательных результатов наблюдений.

5.6 Особые условия

При исследовании машины с несколькими приспособлениями, несколькими камерами или многопоточной машины для целей анализа пригодности машины каждое приспособление, каждую камеру и

каждый поток следует рассматривать как отдельную машину, поскольку одновременная работа потоков и приспособлений может нарушить условия повторяемости.

При исследовании машины с несколькими камерами могут быть проведены дополнительные исследования по изучению различий между камерами и внутри камер (см. ISO 22514-8).

6 Сбор данных

6.1 Прослеживаемость данных

Прослеживаемость данных необходима для исследования значений, выделяющихся среди остальной совокупности полученных значений. При сборе данных должна быть сохранена последовательность их появления, это позволяет построить временной ряд данных и выявить непредвиденные изменения наблюдаемой характеристики. Причины появления выделяющихся значений данных необходимо исследовать и принять решение о приемлемости таких данных. Рекомендуется вести специальный журнал для записей обо всех настройках машины, ее предыдущей эксплуатации, техническом обслуживании и обо всех событиях во время исследований, таких как регулировки машины.

6.2 Хранение образцов

Если испытания, проводимые в процессе анализа, не являются разрушающими, все образцы должны быть сохранены для проведения необходимых последующих исследований. Образцы утилизируют только после завершения исследования и получения выводов и заключений.

6.3 Запись данных

Данные должны быть четко записаны либо в электронном виде, либо с помощью специально разработанных таблиц, куда данные заносят в виде чисел с соответствующим количеством значащих цифр, обычно на одну значащую цифру больше, чем при задании границ поля допуска. Количество значащих цифр должно быть определено до начала выполнения измерений и зависит от разрешающей способности средств измерений.

7 Анализ

7.1 Общие положения

Анализ данных, полученных в ходе исследования, как правило, выполняют с использованием компьютерных программ или вручную, соответствующие примеры приведены в данном разделе.

7.2 График наблюдений[1)]

7.2.1 Цель

При проведении исследования машины важно понимать, принадлежат ли собранные данные одному и тому же распределению и стабильна ли его форма. Возможны ситуации, когда условия внутри исследуемой машины приводят к отклонению ее настроек, что влияет на распределение полученных данных. Возможны ситуации, когда в машине сделаны несанкционированные настройки или данные были перепутаны. В этом случае необходимо остановить исследование и начать его заново. Для выявления таких событий полезен график наблюдений. Закономерность на графике наблюдений, представленном на рисунке 1 (см. также таблицу 1), в виде небольшого тренда в пределах первых 25 наблюдений, может быть вызвана какими-либо нарушениями в работе машины или ее неправильным использованием.

Если такое систематическое воздействие доказано, необходимо принять специальные меры в зависимости от обстоятельств. Это могут быть различные действия от повторения всего исследования до анализа данных об отдельных частях машины или исключения из обработки некоторых результатов.

[1)] *График наблюдений — это график, на котором результаты наблюдений представлены в соответствии со временем их получения. Синонимом термина «график наблюдений» является термин «временная диаграмма».*

В ISO 7870-1 в качестве помощи по интерпретации графика приведены руководство по применению контрольных карт и соответствующие статистические критерии, которые следует применять при анализе графиков, таких как приведенный на рисунке 1.

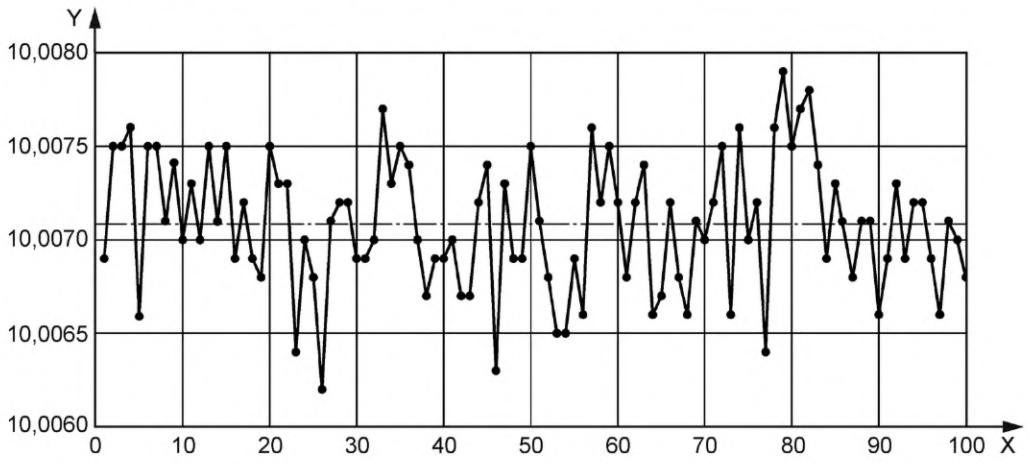
7.2.2 Анализ графика

График данных анализируют на наличие признаков нестабильности. Нестабильность проявляется в виде ступенчатого изменения данных. Может проявляться и такой признак, как дрейф. Можно использовать контрольные границы и правила работы с контрольной картой для простой оценки любых других рассматриваемых причин изменения данных и для проверки наличия выбросов. Данные могут быть размещены на карте индивидуального и скользящего размаха. (Дополнительная информация приведена в ISO 7870-2.)

Существует достаточное количество программных средств, заменяющих вычисления вручную. Их преимуществом являются быстрота и легкость построения графиков наблюдений.

Таблица 1 — Пример 1 — Пример наблюдаемых значений

Образец №	От 1 до 10	От 11 до 20	От 21 до 30	От 31 до 40	От 41 до 50	От 51 до 60	От 61 до 70	От 71 до 80	От 81 до 90	От 91 до 100
Диаметр в мм	10,006 9	10,007 3	10,007 3	10,006 9	10,007 0	10,007 1	10,006 8	10,007 2	10,007 7	10,006 9
	10,007 5	10,007 0	10,007 3	10,007 0	10,006 7	10,006 8	10,007 2	10,007 5	10,007 8	10,007 3
	10,007 5	10,007 5	10,006 4	10,007 7	10,006 7	10,006 5	10,007 4	10,006 6	10,007 4	10,006 9
	10,007 6	10,007 1	10,007 0	10,007 3	10,007 2	10,006 5	10,006 6	10,007 6	10,006 9	10,007 2
	10,006 6	10,007 5	10,006 8	10,007 5	10,007 4	10,006 9	10,006 7	10,007 0	10,007 3	10,007 2
	10,007 5	10,006 9	10,006 2	10,007 4	10,006 3	10,006 6	10,007 2	10,007 2	10,007 1	10,006 9
	10,007 5	10,007 2	10,007 1	10,007 0	10,007 3	10,007 6	10,006 8	10,006 4	10,006 8	10,006 6
	10,007 1	10,006 9	10,007 2	10,006 7	10,006 9	10,007 2	10,006 6	10,007 6	10,007 1	10,007 1
	10,007 4	10,006 8	10,007 2	10,006 9	10,006 9	10,007 5	10,007 1	10,007 9	10,007 1	10,007 0
	10,007 0	10,007 5	10,006 9	10,006 9	10,007 5	10,007 2	10,007 0	10,007 5	10,006 6	10,006 8



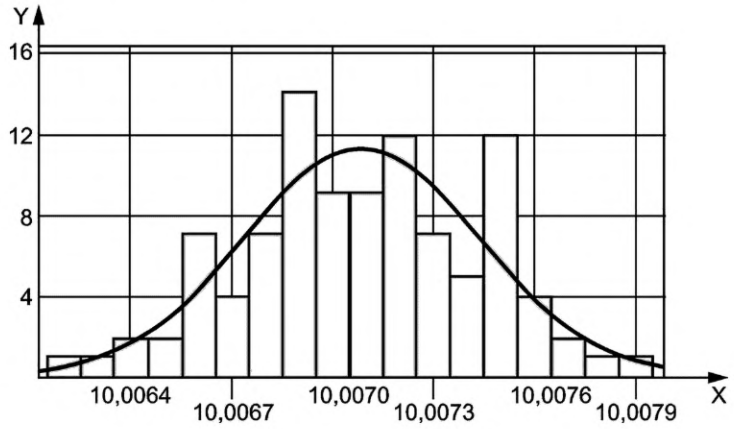
X — номер наблюдения *i*; Y — диаметр, мм

Рисунок 1 — Пример 1 — График наблюдений

7.3 Анализ распределения данных

7.3.1 Анализ с применением программных средств

Данные должны быть введены в программное средство и на их основе должна быть получена гистограмма. Существует набор программных средств, позволяющих сделать такой анализ. На рисунке 2 показана гистограмма данных, приведенных на рисунке 1.



X — диаметр, мм; Y — абсолютная частота *f*

Рисунок 2 — Пример 1 — Гистограмма для нормально распределенных данных

7.3.2 Проверка вида распределения данных

Исследование вида распределения данных позволяет проверить их на соответствие одному из известных законов распределения. Если данные не соответствуют предполагаемому виду распределения, необходимо исследовать причину этого явления. Если данные не соответствуют нормальному распределению, может возникнуть необходимость в использовании другого распределения. Использование нормального распределения в этом случае может привести к ошибочным результатам. Несоответствие нормальному распределению может возникнуть в случае, когда данные каким-либо образом ограничены, например если данные — это результаты измерений механического напряжения или отклонения от соосности. Ненормальность данных возможна, если для геометрического размера или характеристики установлено поле допуска. В библиографии приведены документы, которые могут помочь в определении соответствия данных известному закону распределения (например, ISO 5479), а также в использовании других статистических процедур, не рассмотренных в настоящем стандарте).

Особые случаи, такие как асимметричные распределения и бимодальные данные, рассмотрены в 7.5.

Если аналогичные исследования были проведены ранее, можно ожидать, что вид распределения сохраняется. Инженерные знания также могут подсказать, какой должна быть форма распределения, это может быть важным аргументом, если распределение выглядит необычным. Может возникнуть неслучайная закономерность; в этом случае необходимо провести специальный анализ.

Если используемая компьютерная программа не проверяет соответствие данных нормальному распределению, могут быть получены ложные результаты.

7.3.3 Предварительная обработка данных

Вычисляют выборочное среднее $\overline{X}$ и выборочное стандартное отклонение *S*. При записи выборочного среднего, как правило, используют на один десятичный знак больше, чем при записи необработанных данных, а при записи выборочного стандартного отклонения — на три десятичных знака больше. Если распределение не является нормальным, записывают выборочные статистики, соответствующие параметрам предполагаемого распределения.

7.3.4 Обработка вручную

Простым способом анализа формы распределения является построение рабочей таблицы.

Данные упорядочивают по классам. Если количество классов не предопределено разрешением измерительного прибора, количество классов должно составлять от 5 до 20.

Для определения ширины класса определяют диапазон данных и делят его на количество классов. Общая рекомендация состоит в использовании количества классов, приблизительно равного $\sqrt{n}$. Результат необходимо округлить до следующего подходящего целого числа, кратного разрешению.

В качестве нижней границы первого класса может быть использовано минимальное значение данных минус 0,5 разрешения или подходящая меньшая естественная граница округления. Для вычисления верхней границы класса и нижней границы следующего класса прибавляют ширину класса. Эти процедуры продолжают до тех пор, пока не будет определена верхняя граница последнего класса. Для исключения пересечения классов нижнюю границу в класс не включают (>), а верхнюю включают (≤).

Для целей масштабирования среднюю точку каждого класса вычисляют в виде половины суммы нижней и верхней границ класса.

Часто используют объединение данных в группы по пять; такой пример представлен на рисунке 3. В этом примере использована ширина класса 5 мкм. Гистограмма имеет форму колокола, распределение можно считать нормальным.

Дополнительную информацию о форме распределения можно получить при нанесении данных на график вероятности.

Накопленные абсолютные частоты Σf представляют собой текущую сумму значений абсолютных частот f по всем классам распределения. Накопленная относительная частота Σf % для каждого класса — это доля данных ниже верхней границы класса в процентах. Она может быть вычислена для набора данных размера n по формуле $\Sigma f\,\% = \Sigma\, f/n \cdot 100$. Совокупные относительные частоты Σf % отображают на графике вероятности выше верхних границ классов.

Если прямая линия наилучшего соответствия нормальному распределению на графике вероятности проходит через совокупность точек без отклонений, данные можно считать нормально распределенными. В этом случае выборочное среднее $\overline{X}$ и выборочное стандартное отклонение S можно использовать для определения индексов пригодности в соответствии с 7.6.2.

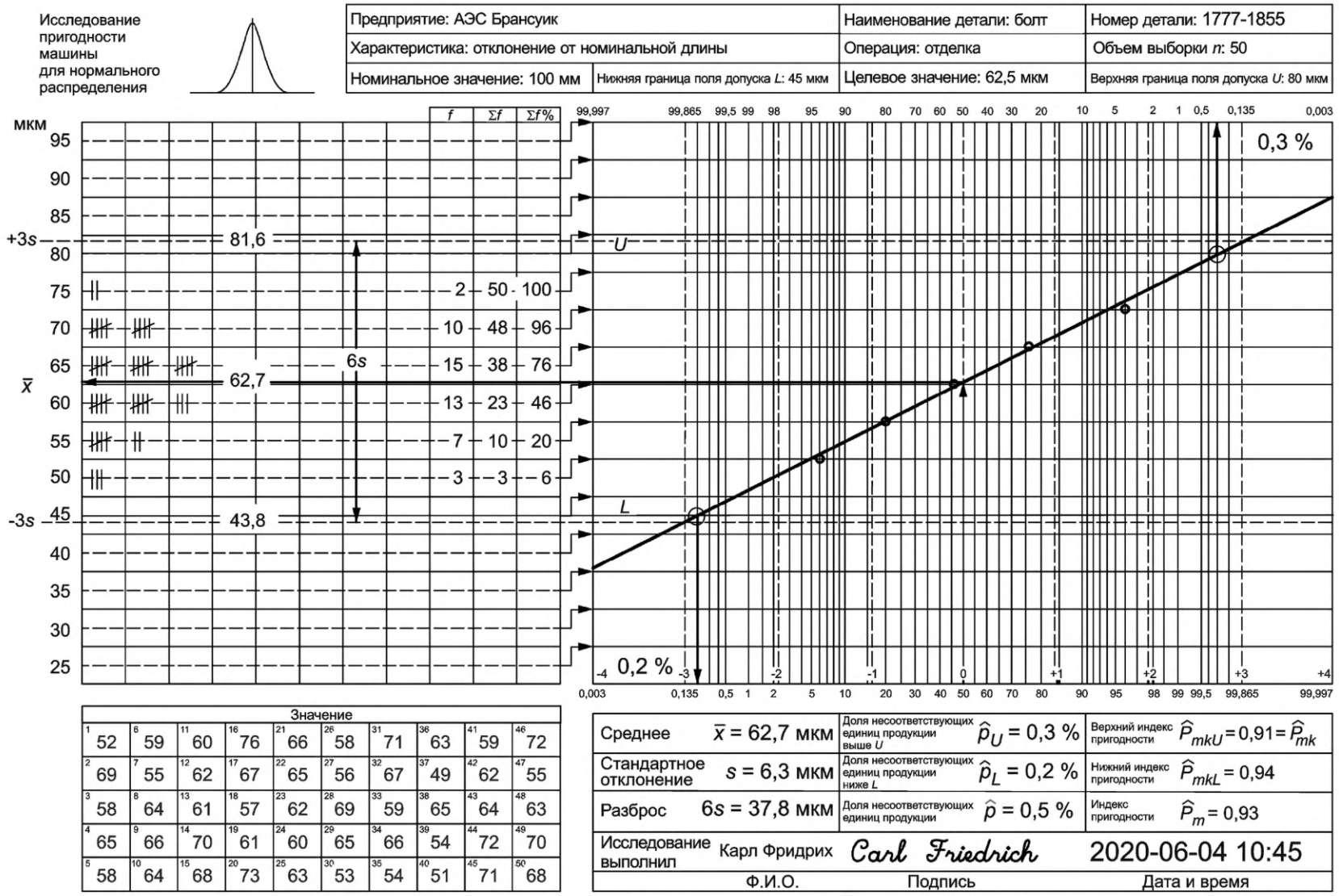
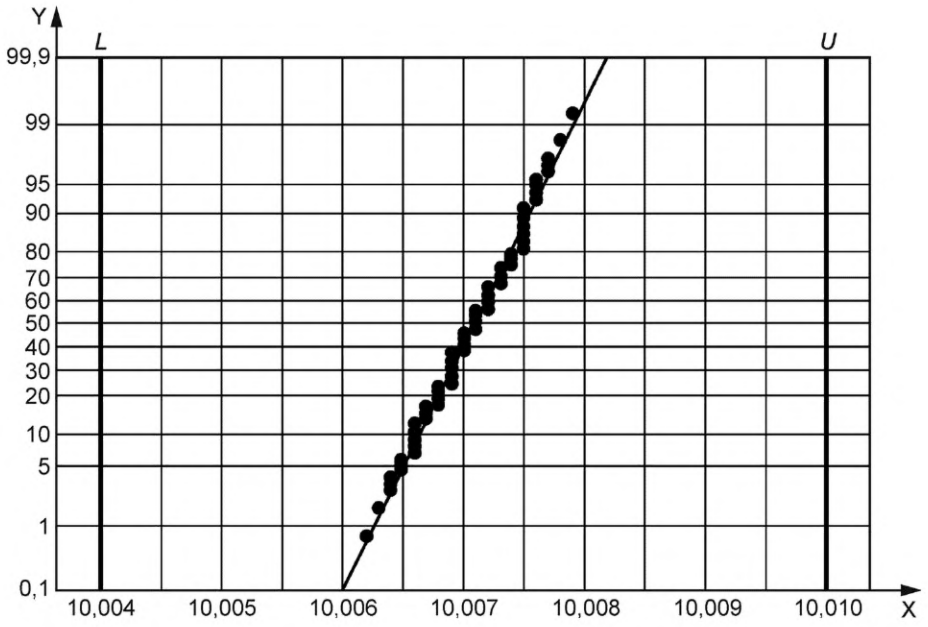


Рисунок 3 — Пример 2 — Рабочая таблица для нормально распределенных данных

7.4 Построение графика вероятности

7.4.1 Общие положения

На основе полученных данных строят график вероятности (см. таблицу 1). Его можно построить с применением программного средства или вручную, как описано в 7.3.4. Пример результатов обработки одним из программных средств показан на рисунке 4.



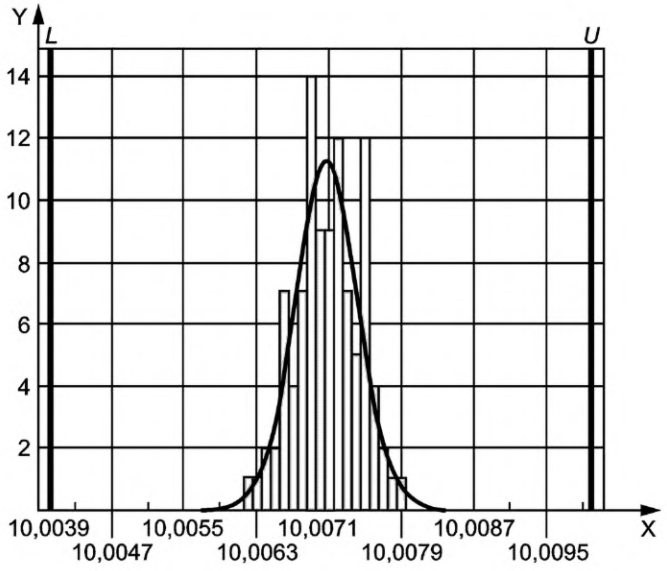
X — диаметр, мм; Y — уровень вероятности *P*, %

Рисунок 4 — Пример 1 — График вероятности для нормально распределенных данных

7.4.2 Анализ данных

На рисунке 5 показан типичный результат анализа данных с использованием программного средства, который показывает пригодность машины.

Данные соответствуют приведенным в таблице 1.



X — диаметр, мм; Y — абсолютная частота *f*

Рисунок 5 — Пример 1 — Анализ пригодности машины для нормально распределенных данных

7.5 Особые случаи

7.5.1 Данные указывают на асимметричное распределение

Бывают ситуации, когда в процессе исследования машины данные указывают на асимметричное распределение исследуемой характеристики. Как правило, это происходит при наличии естественных границ, за которыми данные не могут быть получены. Примером этого является измерение концентричности, когда невозможно получение значений меньше нуля.

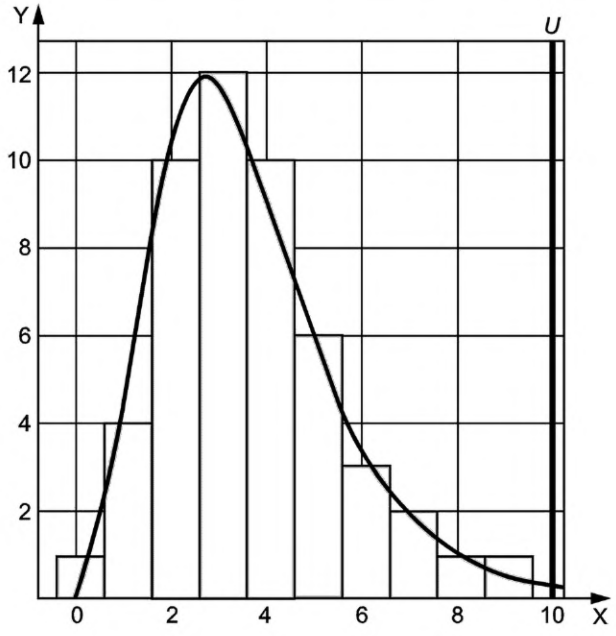
Для анализа асимметричного распределения необходимо выбрать другое распределение вероятностей, более подходящее полученным данным. Пример метода приведен в таблице 2 и на рисунке 6, он соответствует распределению экстремальных значений.

Для асимметричных распределений процентили $\hat{X}_{99,865\,\%}$, $\hat{X}_{0,135\,\%}$, $\hat{X}_{50\,\%}$ могут быть использованы при определении индексов пригодности в соответствии с 7.6.1.

Если задана только одна граница поля допуска, можно рассчитать только индекс $\hat{P}_{mk}$. Индекс вычисляют с использованием соответствующей границы, либо *L*, либо *U*.

Таблица 2 — Пример 3 — Пример наблюдаемых значений

Образец №	От 1 до 5	От 6 до 10	От 11 до 15	От 16 до 20	От 21 до 25	От 26 до 30	От 31 до 35	От 36 до 40	От 41 до 45	От 45 до 50
Отклонение от соосности, мкм	2	2	7	0	1	1	3	5	5	2
	6	2	4	5	6	3	2	3	4	3
	4	3	4	3	3	2	3	2	5	3
	6	4	4	7	5	1	5	2	4	2
	1	3	3	4	2	3	4	4	9	8



X — отклонение от соосности, мкм; Y — абсолютная частота *f*

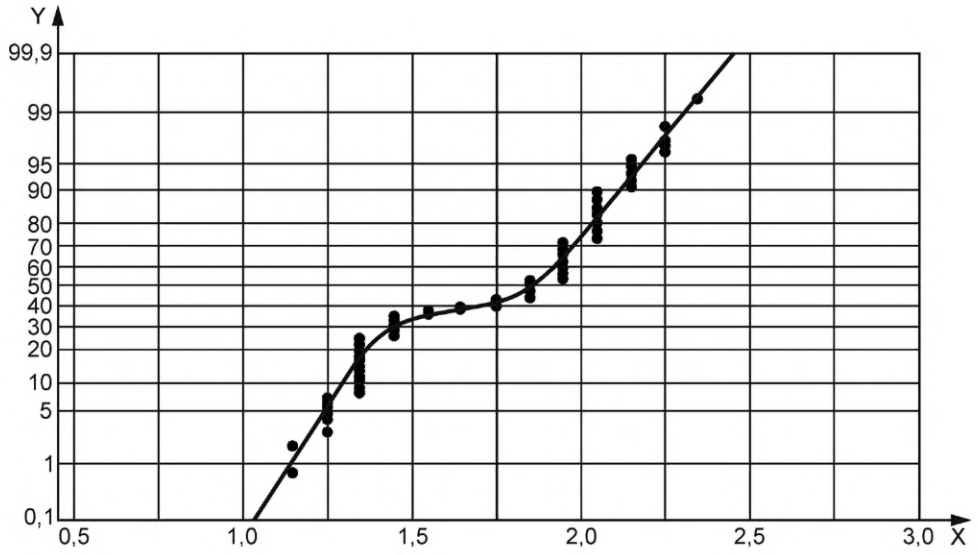
Рисунок 6 — Пример 3 — Анализ пригодности машины с использованием распределения экстремальных значений

7.5.2 Бимодальные данные

Если во время исследования проводят регулировку машины, то с большой вероятностью это повлияет на результаты исследования и приведет к появлению многомодального распределения. Например, возникает распределение с двумя (или несколькими) модами, каждая из которых соответствует разным настройкам машины. Это характерно для машины, имеющей несколько инструментов или ка-

мер, когда полученные образцы смешивают вместе. Это также может указывать на то, что в работе машины имеются отклонения.

Бимодальные (или мультимодальные) данные при нанесении на нормальную вероятностную бумагу не дают прямолинейного графика. Вместо этого на графике возникает другая форма кривой, как показано на рисунке 7.



X — расстояние, мм; Y — уровень вероятности *P*, %

Рисунок 7 — Пример 4 — График вероятности для бимодальных данных

Примечание — Значения нанесены одно над другим, как видно на рисунке 7. Это сделано для того, чтобы можно было видеть все данные.

Если данные получены с использованием разных инструментов или камер, их следует по возможности разделить на соответствующие совокупности и провести анализ для каждой совокупности отдельно, как описано в 7.4.2.

На рисунке 7 приведен пример графика данных, формирующих бимодальное распределение. Если в процессе исследования выявлена такая форма кривой, следует установить и по возможности устранить предполагаемую причину этого явления. Возможно несколько причин появления бимодальности, одна из них состоит в том, что во время исследований была произведена настройка машины, что привело к появлению двух мод. Простой график наблюдений (данных) может проиллюстрировать это явление. На рисунке 1 приведен пример такого графика наблюдений. После выявления причины, возможно, следует повторить исследование. График наблюдений — отличный способ выявления проблем в процессе сбора данных. В качестве альтернативы графику наблюдений можно использовать контрольную карту. Контрольная карта имеет несколько преимуществ по сравнению с графиком наблюдений, поскольку она способна давать сигналы об изменениях данных. Однако, как и в случае с графиком наблюдений, необходимо знать последовательность, в которой были получены данные.

В случае бимодальных или мультимодальных распределений для определения индексов пригодности в соответствии с 7.6.1 могут быть использованы процентили $\hat{X}_{99,865\,\%}$, $\hat{X}_{0,135\,\%}$, $\hat{X}_{50\,\%}$.

7.5.3 Усеченные данные

При выполнении некоторых исследований могут быть получены усеченные данные. Это может быть связано с особенностями отображения данных. Примером является случай, когда средство испытаний или контроля измеряет, например, сопротивление, Ом, диэлектрика, но отображает только значения выше 5 Ом. В такой ситуации для анализа полученных данных следует обратиться за консультацией к специалисту.

Чтобы избежать возможности получения ошибочных результатов, формулы для расчета индексов пригодности машины, приведенные в 7.6, не следует применять к усеченным данным.

7.5.4 Цензурированные данные

Цензурированные данные возникают в ситуации, когда определенные значения игнорируют. Цензурированные данные могут быть получены при использовании некоторой стратегии отбора выборки, например отбора результатов только из первых двух камер машины с четырьмя камерами. Значения, полученные из камер с номерами три и четыре, исключают из анализа. Появление цензурированных данных может быть вызвано действиями какого-либо устройства управления машиной, не обязательно известными экспериментатору или аналитику. Другим примером является ситуация, когда детали отсортированы перед анализом и данные обо всех деталях большого или малого размера исключены из набора данных.

Следствием использования цензурированных данных могут быть ошибочные выводы о пригодности машины. Такие данные формируют нетипичный вид графика по рабочей таблице, поэтому аналитику следует обратиться за консультацией к специалисту.

Чтобы избежать возможности получения ошибочных результатов, формулы для расчета индексов пригодности машины, приведенные в 7.6, не следует применять к цензурированным данным.

7.6 Вычисление индексов пригодности машины

7.6.1 Общая процедура

7.6.1.1 Общие положения

Должна быть определена фактическая функция распределения и по ней рассчитаны процентили $\hat{X}_{0,135\,\%}$, $\hat{X}_{99,865\,\%}$. Их подставляют в формулы для оценки индексов. В качестве альтернативы их можно оценить по графику на вероятностной бумаге, однако этот метод допускает возможность ошибки.

Примечание — Ранее индексы обозначали C_m, C_{mk_L} и C_{mk_U}. Поскольку в настоящем стандарте не рассмотрены вопросы статистического контроля, вместо них далее использованы обозначения $\hat{P}_m$, $\hat{P}_{mk_L}$ и $\hat{P}_{mk_U}$, это обеспечивает совместимость с показателями пригодности процесса.

7.6.1.2 Оценка индекса P_m

Для оценки индекса используют следующее выражение:

$$\hat{P}_m = \frac{U - L}{\hat{X}_{99,865\%} - \hat{X}_{0,135\%}}.$$

7.6.1.3 Оценка индекса P_{mk}

Для оценки индексов используют следующие выражения:

$$\hat{P}_{mk_U} = \frac{U - \hat{X}_{50\%}}{\hat{X}_{99,865\%} - \hat{X}_{50\%}},$$

$$\hat{P}_{mk_L} = \frac{\hat{X}_{50\%} - L}{\hat{X}_{50\%} - \hat{X}_{0,135\%}}.$$

Индексом P_{mk} является минимум из этих оценок

$$\hat{P}_{mk} = \min\left\{\hat{P}_{mk_U}, \hat{P}_{mk_L}\right\}.$$

Примечание — «Крышечки» над индексами указывают на то, что это оценки истинных значений.

7.6.2 Данные, соответствующие нормальному распределению

7.6.2.1 Оценка индекса P_m

Для оценки индекса используют следующее выражение:

$$\hat{P}_m = \frac{U - L}{6S}.$$

7.6.2.2 Оценка индекса P_{mk}

Для оценки индексов используют следующие выражения:

$$\hat{P}_{mk_U} = \frac{U - \bar{X}}{3S},$$

$$\hat{P}_{mk_L} = \frac{\bar{X} - L}{3S}.$$

Индексом P_{mk} является минимум из этих оценок

$$\hat{P}_{mk} = \min\left\{\hat{P}_{mk_U}, \hat{P}_{mk_L}\right\}.$$

Примечание — «Крышечки» над индексами указывают на то, что это оценки истинных значений.

7.6.2.3 Оценка доли вне поля допуска

Определив $\hat{P}_{mk}$, долю вне поля допуска можно определить по таблице А.1. Например, если $\hat{P}_{mk_U}$ составляет 0,85, искомая доля вне поля допуска составляет 0,005 4.

8 Отчетность

8.1 Отчет об исследовании

Отчет об исследовании должен содержать следующую информацию:

a) место проведения исследования и тип процесса, частью которого является машина;
b) сведения о лицах, проводивших исследование и выполнявших измерения;
c) когда было проведено исследование, включая дату, время начала, окончания и всех перерывов;
d) идентификационный номер машины;
e) наименование и идентификационный номер партии;
f) измеряемую характеристику (характеристики);
g) поле допуска характеристики (характеристик) и факторы, оставшиеся постоянными;
h) условия окружающей среды;
i) данные используемых сырья и материалов;
j) нестандартные условия.

Для каждой измеряемой характеристики должно быть указано (или представлено) следующее:

- модель распределения;
- индексы пригодности машины.

Следует сообщить (или представить) следующее:

- график наблюдения данных;
- рабочую таблицу или гистограмму данных;
- график вероятности данных;
- выборочное среднее данных;
- выборочное стандартное отклонение данных;
- оценку процента единиц продукции вне поля допуска;
- доверительные интервалы индекса пригодности машины;
- неопределенность измерения/воспроизводимость процесса измерения.

8.2 Доверительные интервалы

8.2.1 Общие положения

При проведении исследований в соответствии с настоящим стандартом, как правило, не требуется большой объем данных, поэтому необходимо рассчитать как индексы пригодности, так и соответствующие им доверительные интервалы. Они свидетельствуют об уровне неопределенности, соответствующей точечной оценке индекса пригодности машины на основе выборки небольшого объема данных.

8.2.2 Индексы, рассчитанные по данным нормального распределения

Если данные подчиняются нормальному распределению, то индекс пригодности машины P_m подчиняется распределению хи-квадрат. Остальные индексы (P_{mk_L}, P_{mk_U} и P_{mk}) имеют более сложные распределения, но для объема выборки $n \geq 30$ можно использовать приближенные доверительные границы, определенные для нормального распределения. Следующие выражения дают приближенные границы доверительного интервала с уровнем доверия $(1 - \alpha)$:

$$\hat{P}_m\sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2}}{n-1}} \leq P_m \leq \hat{P}_m\sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2}}{n-1}},$$

$$\hat{P}_{mk_L} \pm z_{1-\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n} + \frac{\hat{P}^2_{mk_L}}{2n-2}},$$

$$\hat{P}_{mk_U} \pm z_{1-\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n} + \frac{\hat{P}^2_{mk_U}}{2n-2}},$$

$$\hat{P}_{mk} \pm z_{1-\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n} + \frac{\hat{P}^2_{mk}}{2n-2}},$$

где $z_{1-\alpha/2}$ — квантиль стандартного нормального распределения уровня $(1 - \alpha/2)$.

8.2.3 Индексы, рассчитанные по данным распределения, отличного от нормального

Доверительные интервалы могут быть рассчитаны для индексов, когда данные получены из распределения, которое не является нормальным, при этом необходимо установить конкретное распределение, которому подчиняются данные.

9 Действия, выполняемые после анализа пригодности машины

После завершения исследования информация, описанная в разделе 6, должна быть документирована и приложена к полному отчету об исследовании.

Последующие действия зависят от цели исследования. Если целью является определение пригодности машины, то значение индекса пригодности, которое меньше заданного значения, указывает на то, что машина является неприемлемой и для ее улучшения необходимо выполнить соответствующие действия. Интерпретация приемлемости или неприемлемости машины должна основываться на ширине доверительных интервалов индексов, а не на их точечных оценках. После завершения действий по улучшению машины следует провести новое исследование для проверки результативности улучшения машины.

Анализ пригодности машины наиболее часто выполняют при приемке и покупке машины или производственного оборудования. В этом случае минимально допустимые значения индекса пригодности должны быть определены и согласованы как поставщиком, так и заказчиком до проведения такого анализа. В некоторых случаях ответственность за установление значений индексов пригодности для поставщика несет заказчик.

Результаты исследования, проведенного с какой-либо иной целью, анализируют лица, ответственные за решение соответствующей задачи. Анализ изменчивости данных может указать на имеющиеся проблемы и их возможное решение.

Приложение А
(справочное)

Вспомогательная таблица и рабочая таблица

См. таблицу А.1 и рисунок А.1.

Таблица А.1 — Значения доли единиц продукции за границами поля допуска в случае нормального распределения данных

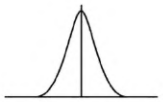
P_{mk}	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,6	7,9E-07	6,8E-07	5,9E-07	5,0E-07	4,3E-07	3,7E-07	3,2E-07	2,7E-07	2,3E-07	2,0E-07
1,5	3,4E-06	2,9E-06	2,6E-06	2,2E-06	1,9E-06	1,7E-06	1,4E-06	1,2E-06	1,1E-06	9,2E-07
1,4	1,3E-05	1,2E-05	1,0E-05	8,9E-06	7,8E-06	6,8E-06	5,9E-06	5,2E-06	4,5E-06	3,9E-06
1,3	4,8E-05	4,2E-05	3,7E-05	3,3E-05	2,9E-05	2,6E-05	2,3E-05	2,0E-05	1,7E-05	1,5E-05
1,2	0,000 2	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1
1,1	0,000 5	0,000 4	0,000 4	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 2	0,000 2	0,000 2
1,0	0,001 3	0,001 2	0,001 1	0,001 0	0,000 9	0,000 8	0,000 7	0,000 7	0,000 6	0,000 5
0,9	0,003 5	0,003 2	0,002 9	0,002 6	0,002 4	0,002 2	0,002 0	0,001 8	0,001 6	0,001 5
0,8	0,008 2	0,007 5	0,006 9	0,006 4	0,005 9	0,005 4	0,004 9	0,004 5	0,004 1	0,003 8
0,7	0,017 9	0,016 6	0,015 4	0,014 3	0,013 2	0,012 2	0,011 3	0,010 4	0,009 6	0,008 9
0,6	0,035 9	0,033 6	0,031 4	0,029 4	0,027 4	0,025 6	0,023 9	0,022 2	0,020 7	0,019 2
0,5	0,066 8	0,063 0	0,059 4	0,055 9	0,052 6	0,049 5	0,046 5	0,043 6	0,040 9	0,038 4
0,4	0,115 1	0,109 3	0,103 8	0,098 5	0,093 4	0,088 5	0,083 8	0,079 3	0,074 9	0,070 8
0,3	0,184 1	0,176 2	0,168 5	0,161 1	0,153 9	0,146 9	0,140 1	0,133 5	0,127 1	0,121 0
0,2	0,274 3	0,264 3	0,254 6	0,245 1	0,235 8	0,226 6	0,217 7	0,209 0	0,200 5	0,192 2
0,1	0,382 1	0,370 7	0,359 4	0,348 3	0,337 2	0,326 4	0,315 6	0,305 0	0,294 6	0,284 3
0,0	0,500 0	0,488 0	0,476 1	0,464 1	0,452 2	0,440 4	0,428 6	0,416 8	0,405 2	0,393 6

Значения P_{mk} в таблице относятся только к одному хвосту распределения. Чтобы оценить общее количество за границами поля допуска, необходимо определить доли для обоих, P_{mk_U} и P_{mk_L}, а затем их сложить.

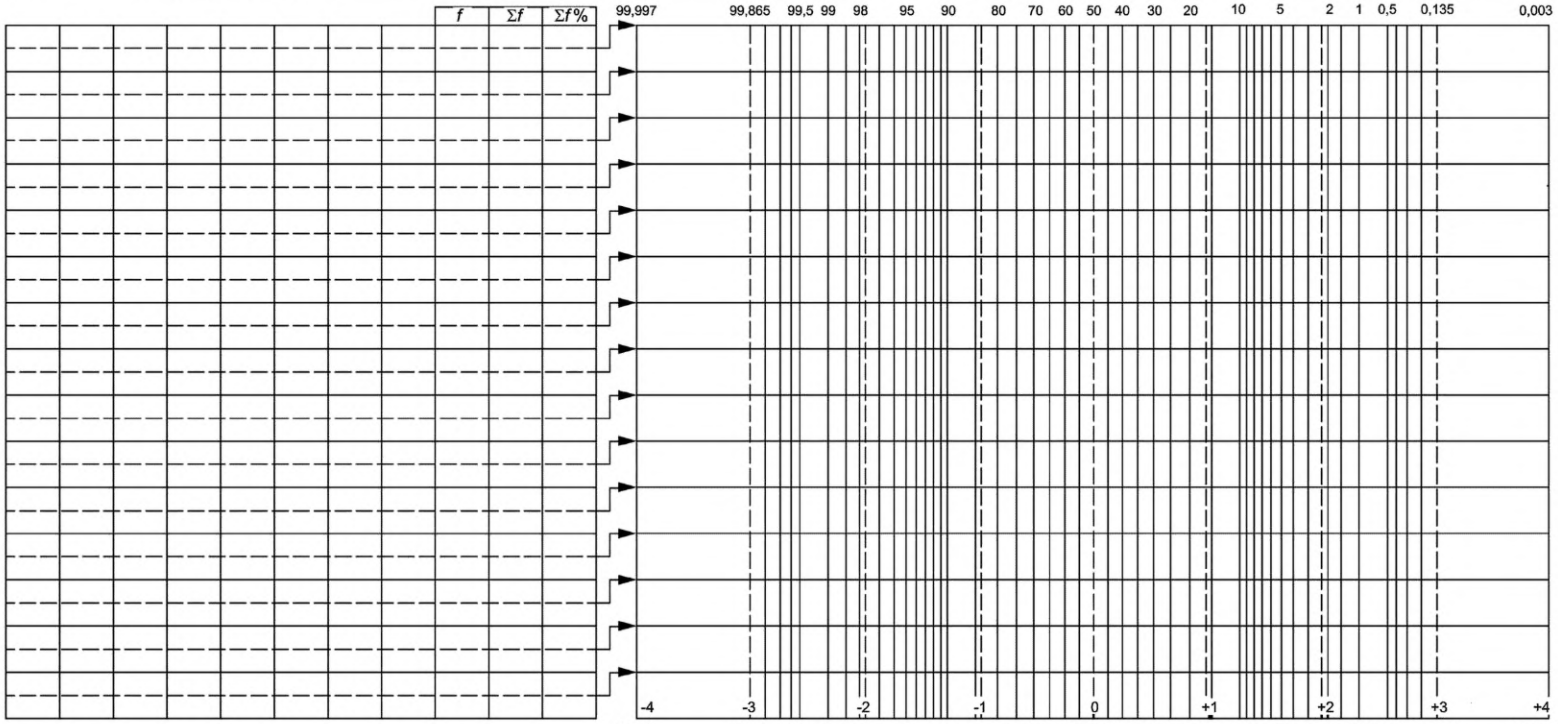
Примечание 1 — Обозначение *E-a* следует читать как $\times 10^{-a}$, например 2,6*E*-06 равно $2{,}6 \times 10^{-6}$.

Примечание 2 — Для отрицательных значений P_{mk} доля равна $1-p$, где p — табличное значение.

Исследование пригодности машины для нормального распределения



Предприятие:		Наименование детали:	
Характеристика:		Операция:	Объем выборки *n*:
Номинальное значение:	Нижняя граница поля допуска *L*:	Целевое значение:	Верхняя граница поля допуска *U*:



Значение									
1	6	11	16	21	26	31	36	41	46
2	7	12	17	22	27	32	37	42	47
3	8	13	18	23	28	33	38	43	48
4	9	14	19	24	29	34	39	44	49
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Среднее	$\bar{x}$ =	Доля несоответствующих единиц продукции выше *U*	$\hat{p}_U$ =	Верхний индекс пригодности	$\hat{P}_{mkU}$ =
Стандартное отклонение	s =	Доля несоответствующих единиц продукции ниже *L*	$\hat{p}_L$ =	Нижний индекс пригодности	$\hat{P}_{mkL}$ =
Разброс	$6s$ =	Доля несоответствующих единиц продукции	$\hat{p}$ =	Индекс пригодности	$\hat{P}_m$ =
Исследование выполнил					
		Ф.И.О.	Подпись	Дата и время	

Рисунок А.1 — Рабочая таблица для нормально распределенных данных

Библиография

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

[2] ISO 3534-2 Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics

[3] ISO 5479 Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution

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

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

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

[7] ISO 22514-2 Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models

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

[9] ISO 22514-7 Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 7: Capability of measurement processes

[10] ISO 22514-8 Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 8: Machine performance of a multi-state production process

[11] ISO/TR 12888 Selected illustrations of gauge repeatability and reproducibility studies

[12] Pearn W. L., Kotz S. (2007). Encyclopedia and handbook of process capability indices — A Comprehensive Exposition of Quality Control Measures, Series on Quality, Reliability and Engineering Statistics, Vol. 12, World Scientific, 2006, ISBN 981-256-759-3

УДК 658.562.012.7:65.012.122:006.354 МКС 03.120.30

Ключевые слова: анализ пригодности машины, индекс пригодности, точечная оценка индекса пригодности, доверительный интервал индекса пригодности, выборка, объем выборки, гистограмма, график наблюдений, график вероятности, нормальное распределение, ненормальное распределение

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 12.02.2024. Подписано в печать 07.03.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч-изд. л. 2,37.

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

Поправка к ГОСТ ISO 22514-3—2024 Статистические методы. Управление процессами. Часть 3. Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

(ИУС № 10 2024 г.)

gost.e-ecolog.ru