ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 22514-3 — 2013

Статистические методы

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

Часть 3

Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции

ISO 22514-3:2008
Statistical methods in process management – Capability and performance –Part 3: Machine performance studies for measured data on discrete parts
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

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 17 декабря 2013 г. № 2330-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 22514-3:2009 «Статистические методы в управлении процессами. Воспроизводимость и пригодность. Часть 3. Анализ пригодности машин на основе данных измерений единиц продукции» (ISO 22514-3:2008 «Statistical methods in process management – Capability and performance –Part 3: Machine performance studies for measured data on discrete parts»)

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 - 2004.

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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.ru)

© Стандартинформ, 2015

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 Обозначения и сокращения 1
3 Условные применения 2
4 Сбор данных 3
5 Анализ 3
6 Отчетность 14
7 Действия после исследования пригодности машины 15
Приложение А (справочное) Таблицы и рабочие бланки 17
Приложение В (справочное) Компьютерный анализ данных 20
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов, указанных в библиографии, ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам) 23

Библиография 24

Введение

В настоящем стандарте установлено руководство для применения в случаях, когда необходимо определить являются ли выходы машины приемлемыми в соответствии с принятыми критериями. (Под машиной следует понимать единицу оборудования или систему из нескольких единиц оборудования). Такие ситуации встречаются достаточно часто при разработке продукции, когда подобные исследования являются частью приемочных испытаний. Такие исследования также применяют для диагностики текущего состояния машины или при поиске решения проблемы, относящейся к состоянию машины. Данный метод является универсальным и применяется во многих ситуациях.

Исследования пригодности машины позволяют получить информацию о функционировании машины в условиях максимально возможного воздействия внешних источников изменчивости, типичных для процесса. Данные для исследований получают на основе проверки последовательно изготовленных машиной единиц продукции, но в зависимости от задач исследования сбор данных может быть другим.

Процедура исследований и отчетности будет полезна инженерам, начальникам производственных подразделений и руководителям, поскольку позволяет установить целесообразность приобретения машины, наличие нарушений при выполнении технического обслуживания, помочь в решении некоторых задач и понять уровень изменчивости, присущий машине.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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 — 2014—12—01

1 Область применения

В настоящем стандарте установлен порядок проведения исследований пригодности машины на основе последовательно изготовленных единиц продукции (деталей) в условиях повторяемости. Количество анализируемых наблюдений зависит от типа используемых данных, а также от производительности машины. Эти методы не следует использовать при объемах выборки менее 30. В стандарте установлены методы обработки данных и выполнения расчетов. Кроме того, в стандарте установлены индексы пригодности машины и действия, предпринимаемые по результатам анализа пригодности машины.

Настоящий документ не применим при проявлении процессов износа машины в период выполнения исследований, а также автокорреляции между наблюдениями. В настоящем стандарте не рассмотрена ситуация автоматизированного сбора данных, когда за минуту может быть собрано до нескольких тысяч значений.

2 Обозначения и сокращения

P_m –индекс пригодности машины;

P_{mk} –минимальный индекс пригодности машины;

P_{mkL} –нижний индекс пригодности машины;

P_{mkU} –верхний индекс пригодности машины;

f –частота;

Σf –кумулятивная частота;

i –подстрочный индекс, используемый для обозначения значений переменной;

L –нижняя граница поля допуска (нижняя граница допустимых значений);

N –общий объем выборки;

X_α –квантиль распределения уровня α, %;

X_i –i-ое значение в выборке;

σ –стандартное отклонение совокупности;

S –выборочное стандартное отклонение $S = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$;

U –верхняя граница поля допуска (верхняя граница допустимых значений/спецификации);

z_α –квантиль нормированного нормального распределения, $-\infty < z_\alpha < +\infty$;

μ –среднее (математическое ожидание) совокупности, соответствующей состоянию машины;

$\overline{X}$ –среднее арифметическое, выборочное среднее $\overline{X} = \sum_{i=1}^{N} X_i \Big/ N$;

GRR –погрешность (случайная и систематическая) измерительной системы;

χ^2_α –квантиль распределения Хи-квадрат уровня α.

3 Условия применения

3.1 Общие положения

Приведенные ниже условия являются минимальными и, при необходимости, могут быть расширены. В исследованиях данного типа важно поддерживать постоянство всех факторов (кроме самой машины), влияющих на результаты, для получения адекватных данных по машине (т.е. в исследованиях участвует один оператор, используется одна партия материала и пр.)

3.2 Количество, используемых в исследовании единиц продукции

Обычно отбирают 100 единиц продукции. Однако, если ожидается, что наблюдения не подчиняются нормальному распределению, количество наблюдений должно быть не менее 100. Методы, представленные в настоящем стандарте, также могут быть использованы при проверке пригодности процесса. В этом случае количество измерений может быть меньше, например, 50.

Примечание 1 – Эти требования обеспечивают получение достаточно узкого доверительного интервала для индексов пригодности машины при использовании нормального распределения. Интервал составляет приблизительно ± 12 % от оценки индекса пригодности для уровня доверия 90 % и объема выборки 100 единиц.

Некоторым машинам требуется значительное время для изготовления одной единицы продукции, поэтому для изготовления 100 единиц продукции необходим достаточно большой интервал времени. Поэтому количество наблюдений при использовании методов настоящего стандарта должно составлять не менее 30.

Примечание 2– Для ситуаций с меньшим объемом выборки существуют специальные методы, не рассматриваемые в настоящем стандарте.

В случае, когда машина изготавливает единицу продукции за очень короткое время, например, при производстве заклепок, может потребоваться изменение стратегии отбора выборки, поскольку 100 единиц продукции может быть изготовлено за несколько секунд. В этом случае для исследования функционирования машины может потребоваться проведение нескольких исследований с различными способами отбора выборки.

3.3 Используемые материалы

Необходимо убедиться, что все исходные материалы для исследования проверены на соответствие установленным требованиям и относятся к одной партии. Не рекомендуется проводить исследование с материалами не соответствующими установленным требованиям, поскольку это может привести к недостоверным результатам.

Следует учесть, что при исследованиях недопустимо наличие других источников изменчивости за исключением анализируемых. Часто при производстве одной партии продукции используют материалы из нескольких партий, а изменчивость между партиями материалов при исследовании не учитывают. В этом случае для анализа необходимо использовать только данные, полученные при работе с одной партией материала.

3.4 Измерительная система

Используемая при проведении исследований измерительная система должна обеспечивать получение достоверных данных, быть поверенной и/или калиброванной, а изменчивость данных измерительной системы должна быть оценена количественно и минимизирована. Для определения составляющей изменчивости данных, соответствующей измерительной системе, необходимо провести специальные исследования. Измерительная система (в идеале) должна иметь GRRменее 10 % от разброса контролируемой характеристики процесса. При анализе следует рассматривать смещение, стабильность, линейность и разрешающую способность, а также GRR.

Допускается выражать GRRв процентах от ширины заданного поля допуска. Если

измерительная система соответствует изменчивость 10 %, а GRRсоответствует 30 % поля допуска, ее можно считать приемлемой в зависимости от применения. Если изменчивость, соответствующая измерительной системе, превышает 30 %, измерительную систему следует считать неприемлемой. Кроме того, измерительная система должна иметь неопределенность измерений существенно ниже допустимого или среднего общего разброса характеристики. Если исследование проводят с использованием измерительной системы, характеристики которой не соответствуют указанным требованиям, могут быть получены ошибочные решения.

3.5 Выполнение исследований

Необходимо обеспечить бесперебойную работу машины в нормальных условиях эксплуатации. При этом следует учитывать время, необходимое машине для выхода на нормальный режим функционирования, машина должна быть настроена на номинальное значение исследуемой характеристики. Если в процессе исследований машина остановилась (по любой причине), следует либо провести исследования заново, либо проанализировать полученные данные, если их достаточно и не были нарушены условия повторяемости. Однако в любом случае количество результатов наблюдений не может быть менее 30.

3.6 Особые условия

При наличии у машины большого количества приспособлений, камер или производственных потоков для оценки пригодности машины следует рассматривать каждое приспособление, камеру или поток отдельно (для обеспечения условий повторяемости).

При наличии нескольких камер может быть выполнен ряд исследований для анализа изменчивости между камерами и в пределах камер. Для общей пригодности машины в исследовании последовательно могут быть использованы наблюдения со всех камер. В таких ситуациях могут быть использованы другие методы статистического анализа, например дисперсионный анализ.

4 Сбор данных

4.1 Прослеживаемость данных

Важно обеспечить прослеживаемость всех данных, что позволяет анализировать появление аномальных значений. Необходимо соблюдать последовательность сбора данных, что позволяет отражать их на графике времени и выявлять аномальные отклонения. Необходимо исследовать причины их появления и принять решение о приемлемости таких данных. Полезно вести журнал для регистрации всех настроек машины, включая ранее проводившиеся работы (например, техническое обслуживание), а также записи о всех событиях в процессе исследований, таких как регулировки машины.

4.2 Хранение образцов

За исключением разрушающих испытаний необходимо сохранять образцы для проведения необходимых исследований. Утилизацию образцов следует осуществлять только после полного завершения исследований и подготовки заключения.

4.3 Регистрация данных

Данные должны быть четко зарегистрированы в электронном виде или в специальных таблицахв числовой форме с необходимым количеством значащих цифр. Необходимое количество значащих цифр следует определять до измерений в зависимости от разрешающей способности используемого средства измерений.

5 Анализ

5.1 Общие положения

Анализ данных, полученных в процессе исследований, может быть выполнен вручную (см. пример в данном разделе) или с помощью программных средств (см. пример в приложении В).

5.2 График наблюдений

5.2.1 Назначение

При проведении исследований машины важно выяснить формируют ли полученные данные единую и стабильную последовательность. Возможны ситуации, когда режимы анализируемой машины приводят к отклонению от начальных установок, что отражают полученные данные. Возможны ситуации проведения нештатной регулировки машины или когда данные каким-либо образом перепутаны. В этих случаях необходимо остановить исследование и начать все сначала. Для выявления таких ситуаций полезно использовать графическое представление наблюдений. График, представленный на рисунке 1, может быть вызван нештатной регулировкой, процессами, происходящими в машине, или ее неправильной эксплуатацией.

При возникновении изменений, показанных на рисунке 1, необходимо принять меры в

соответствии с ситуацией. Эти меры могут включать повторение исследований, анализ данных или исключение определенных результатов наблюдений.

График наблюдений может быть построен вручную или с помощью соответствующего программного средства.

В ИСО 7873 приведены рекомендации по применению контрольных карт и соответствующих статистических гипотез, используемых для интерпретации графиков, аналогичных представленному на рисунке 1.

5.2.2 Анализ графика

График данных наблюдений проверяют для выявления нестабильности. Нестабильность может проявляться в виде скачкообразного изменения (см. рисунок 1, где имеется ступенчатое изменение данных) или смещения среднего процесса. Для оценки всех неслучайных причин изменчивости данных могут быть использованы контрольные границы и контрольные карты. Для выявления выбросов данные могут быть отражены на контрольных картах индивидуальных значений и скользящего размаха (см. ИСО 8258).

Существует достаточно много программных средств, которые могут заменить методы ручной обработки. Они очень популярны, поскольку позволяют легко и быстро построить графики наблюдений.



Рисунок 1 – Пример графика наблюдений

5.3 Анализ графика наблюдений

5.3.1 Ручная обработка

Простым способом первого анализа полученной последовательности данных является построение рабочей таблицы.

Данные распределяют по «классам». Часто используют способ подсчета данных группами по пять. Такой пример показан на рисунке 2. В этом примере данные нанесены на график с округлением до 5 мм, что уместно для рассматриваемого процесса.

5.3.2 Использование программных средств

В качестве альтернативы ручной обработке могут быть использованы программные средства, позволяющие построить гистограмму. Существует достаточно много программных средств, которые позволяют выполнить такой анализ.

5.3.3 Анализ данных

Анализ данных предназначен для проверки соответствия данных одному из известных законов распределения. Если данные принадлежат к различным распределениям, необходимо исследовать причину такого явления. Если данные не подчиняются нормальному распределению, может потребоваться использование другой рабочей таблицы такой как, представленная на рисунке 3.

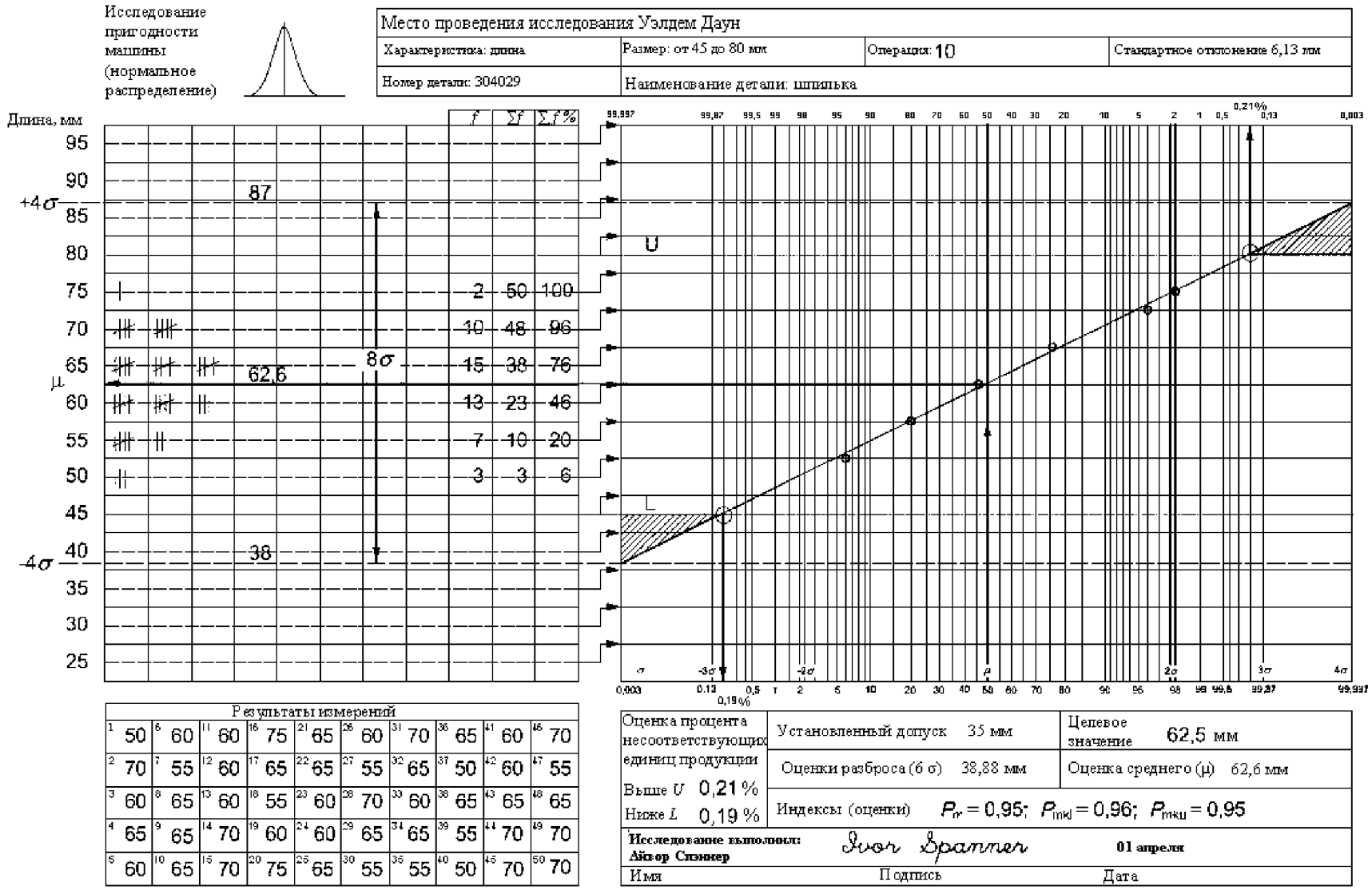


Рисунок 2— Пример рабочей таблицы в случае нормального распределения данных

Анализ данных, не подчиняющихся нормальному распределению, с применением рабочих таблиц для нормального распределения может дать неверные результаты. Соответствие нормальному распределению не может быть подтверждено для цензурированных данных, например для результатов измерений усилий нагрузки или концентрации. Можно предполагать распределение отличное от нормального для данных, представляющих собой результаты измерений при наличии ограничений (например на геометрические размеры или на характеристику). Для определения соответствия данных нормальному распределению следует руководствоваться ИСО 5479, а также использовать другие статистические процедуры, не установленные в настоящем стандарте.

Особые случаи, такие как асимметричное и бимодальное распределение данных, рассмотрены в 5.6.

При определении вида распределения можно использовать данные, проводимых ранее аналогичных исследований. Данные научных исследований также могут быть использованы для выбора вида распределения данных. Как правило, данные указывают на то, что имело место событие, вызвавшее неслучайное изменение данных. В этом случае необходимо провести анализ причин такого изменения.

Проведение исследований без проверки данных на соответствие нормальному распределению может привести к ошибочным выводам и решениям.

5.3.4 Обработка данных

Вычисляют выборочные среднее ($\overline{X}$) и стандартное отклонение (S), используя формулы раздела 2. Если распределение данных не является нормальным, вычисляют выборочные статистики, соответствующие параметрам предполагаемого распределения.

5.4 Построение графика функции распределения вероятностей

5.4.1 Общие положения

На основании данных необходимо построить график функции распределения вероятностей. График строят либо вручную, либо с помощью программного средства, описанного в 5.3.2, 5.3.3. Пример результатов обработки данных с помощью этой программы представлен в приложении В.

5.4.2 График кумулятивной частоты

Используя нижнюю процентную шкалу вероятностной бумаги, строят график кумулятивной частоты в процентах для каждого значения рабочей таблицы, ставя точки на пересечении границы более высокого класса и кумулятивной частоты в процентах.

Примечание 1 – Последнее значение кумулятивной частоты (равное 100 %) невозможно отобразить на графике, построенном на вероятностной бумаге, поскольку шкала заканчивается значением 99,997 %. Не следует отображать это значение как 99,997 %, поскольку это может ввести в заблуждение и привести к неправильным выводам. Потери данных можно избежать, отразив среднее двух последних значений кумулятивной частоты в средней точке последнего интервала, а не у верхней границы класса.

Примечание 2– Некоторые программные средства не используют сгруппированные частоты для создания графика распределения функции вероятностей. Вместо них используются отдельные значения.

5.4.3 График функции распределения

Проверяют нанесенные на график точки, чтобы определить, можно ли их аппроксимировать прямой линией. Если да, проводят через них прямую линию. При построении аппроксимирующей прямой следует:

а) нанести на график выборочное среднее $\overline{X}$;

б) нанести на график $\overline{X} \pm 3S$;

в) провести прямую между этими двумя точками.

Продлить построенную линию таким образом, чтобы она пересекла вертикальные линии в точках у крайних процентных значений (т.е. в точках $\mu \pm 4\sigma$).

Если проведенная линия плохо описывает нанесенные точки, это указывает на то, что данные не соответствуют нормальному распределению. Такие ситуации рассмотрены в 5.6.

В рабочей таблице, представленной на рисунке 2, использована нормальная вероятностная бумага. Бумага построена так, что кумулятивные проценты на ней попадают на прямую линию, если данные соответствуют нормальному распределению. В противном случае график кумулятивных процентов не будет представлять собой прямую линию. Это означает, что надо использовать другие методы или другую бумагу, как показано в примере на рисунке 3. Рекомендуется наносить на график не менее шести кумулятивных процентных значений. Это позволяет более точно расположить прямую линию.

5.4.4 Нанесение прямых, соответствующих установленным границам

Линии, соответствующие установленным границам, проводят на итоговой карте и продлевают их

до границ вероятностной бумаги.

5.5 Интерпретация рабочей таблицы

5.5.1 Оценка соответствия установленным требованиям

5.5.1.1 Общие положения

При наличии двух границ допустимых значений, если подобранная прямая не пересекает ни одну из границ, принимают решение, что не менее чем 99,994 % продукции, изготовленной машиной соответствует установленным требованиям. Процент приемлемой продукции зависит от отрасли, характеристик, используемых в исследовании, значимости параметра и мнения потребителя. Необходимо всегда устанавливать минимальный приемлемый процент. Например, в определенных ситуациях может быть необходимо, чтобы машина изготавливала 99,99994 % приемлемой продукции ($\pm 5\ \sigma$) для того, чтобы машину считали приемлемой. Индексы пригодности машины (P_m и P_{mk}) могут быть определены в соответствии с п. 5.7. Поскольку эти исследования проводят с использованием минимального объема данных на очень коротком интервале времени, рекомендуется также определить доверительные интервалы для этих индексов. Расчеты приведены в п. 6.2.

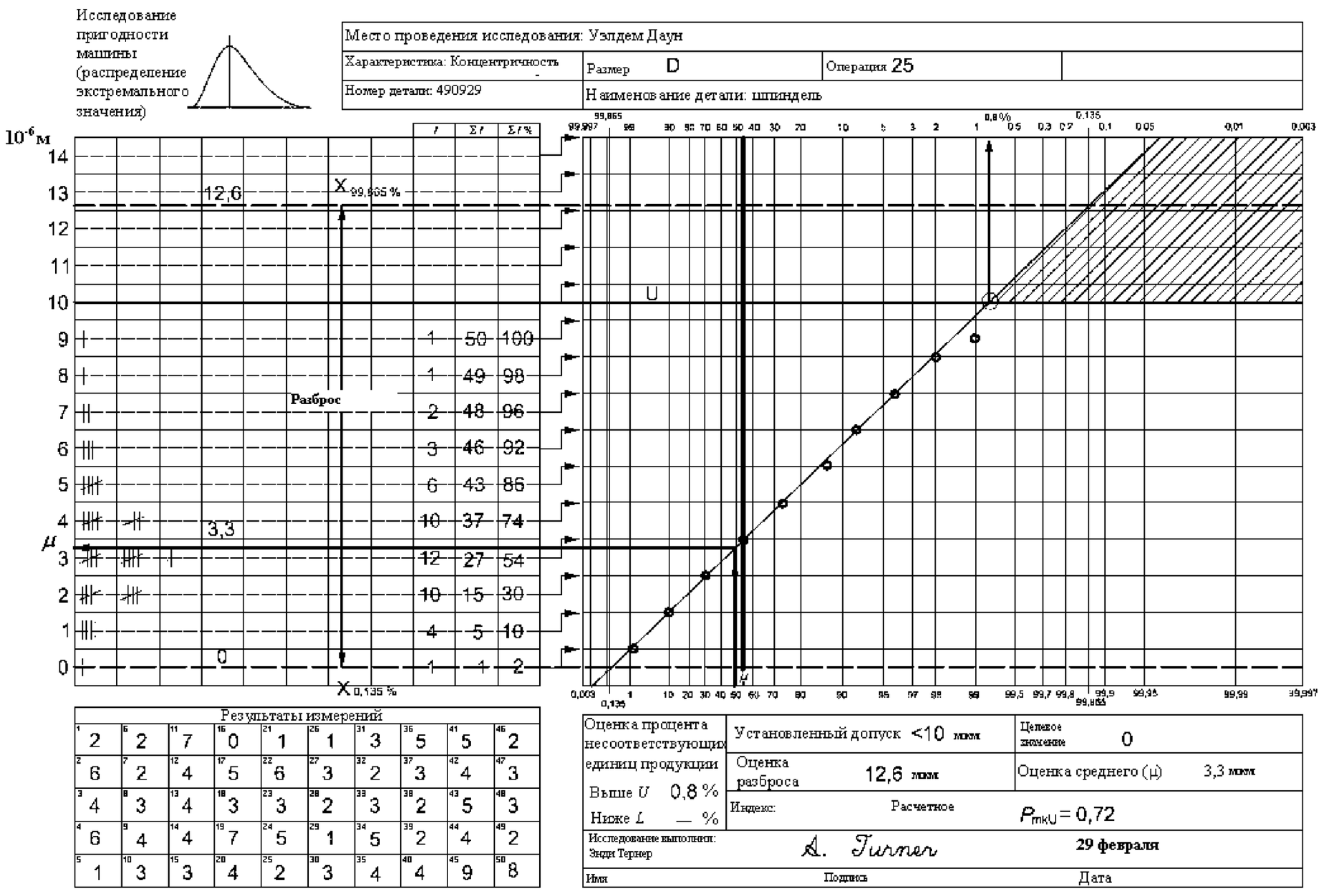


Рисунок 3 – Пример рабочей таблицы для данных, подчиняющихся распределению экстремальных значений

Если подобранная прямая пересекает одну или обе линии границ допустимых значений, пригодность машины следует считать неприемлемой (точка пересечения лежит за границами интервала ±4 σ). Если требуется, чтобы, как указано выше, не менее 99,9999 % изготовленных единиц продукции соответствовали установленным требованиям, то точка соответствующей характеристики должна находиться в области ±5 σ. Это может быть следствием одного или обоих условий, описанных в 5.5.1.2, 5.5.1.3.

5.5.1.2 Разброс данных слишком велик

Это состояние может быть вызвано проблемами с самой машиной, например, слишком большим износом деталей машины. Для соответствия установленным требованиям необходимо снизить изменчивость контролируемой характеристики путем выявления и устранения источников этой изменчивости. Если достигнуто снижение изменчивости данных, следующее исследование должно показать, что линия ($\overline{X} \pm 4\sigma$) имеет меньший угол наклона и лежит между линиями допустимых границ, что означает, что машина является приемлемой (см. рисунок 4).

5.5.1.3 Настройка слишком высокого или слишком низкого среднего

Если среднее значение распределения может быть изменено, например, с помощью регулировки машины, подобранная прямая может после регулировки машины попасть внутрь области допустимых значений и пригодность машины в этом случае можно считать приемлемой.

Прогноз относительно результатов регулировки машины можно выполнить, сместив линию на вероятностной бумаге параллельно ее первоначальной позиции. Если после этого подобранная линия попадет в область допустимых значений, то регулировка является эффективной (см. рисунок 5).

5.5.2 Оценка процента единиц продукции, не соответствующих установленным требованиям

Если подобранная прямая пересекает линию границ допустимых значений, можно определить оценку доли несоответствующих единиц продукции, изготавливаемых машиной. Эту долю определяют, находя пересечение подобранной прямой с линией границ допустимых значений. Например, в соответствии с рисунком 2 доля значений характеристики выше верхней границы поля допуска (*U*), показана стрелкой на верхней прямой графика. Аналогично определяют долю ниже нижней границы поля допуска (*L*). Общая доля несоответствующих единиц продукции равна сумме этих двух значений.

В используемых для этой работы программных средствах обычно предусмотрено определение доли несоответствующих единиц продукции. Это показано в примере, приведенном в приложении В.

10

Значение

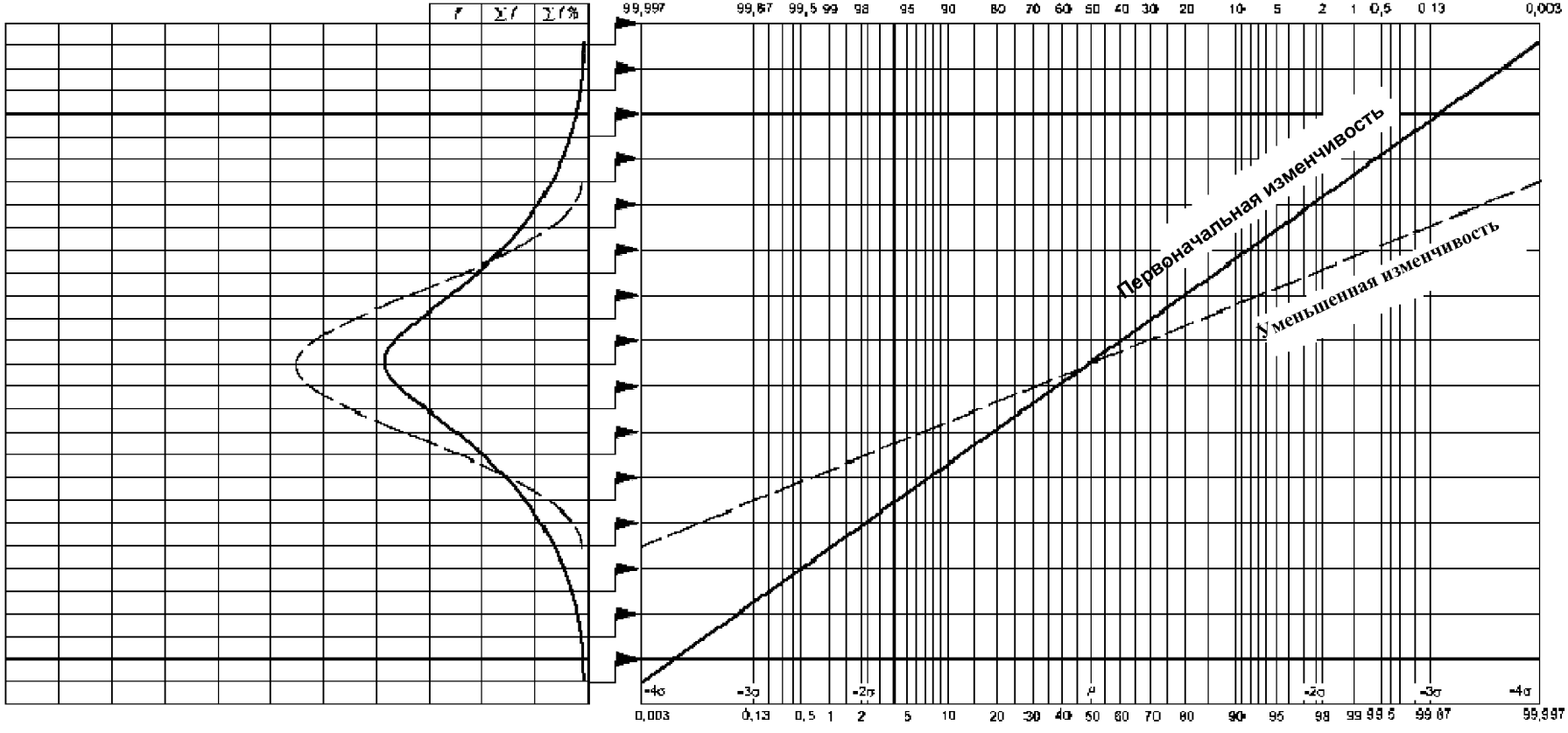


Рисунок 4 – Слишком большая изменчивость - машина после улучшений

кумулятивный процент

Значение

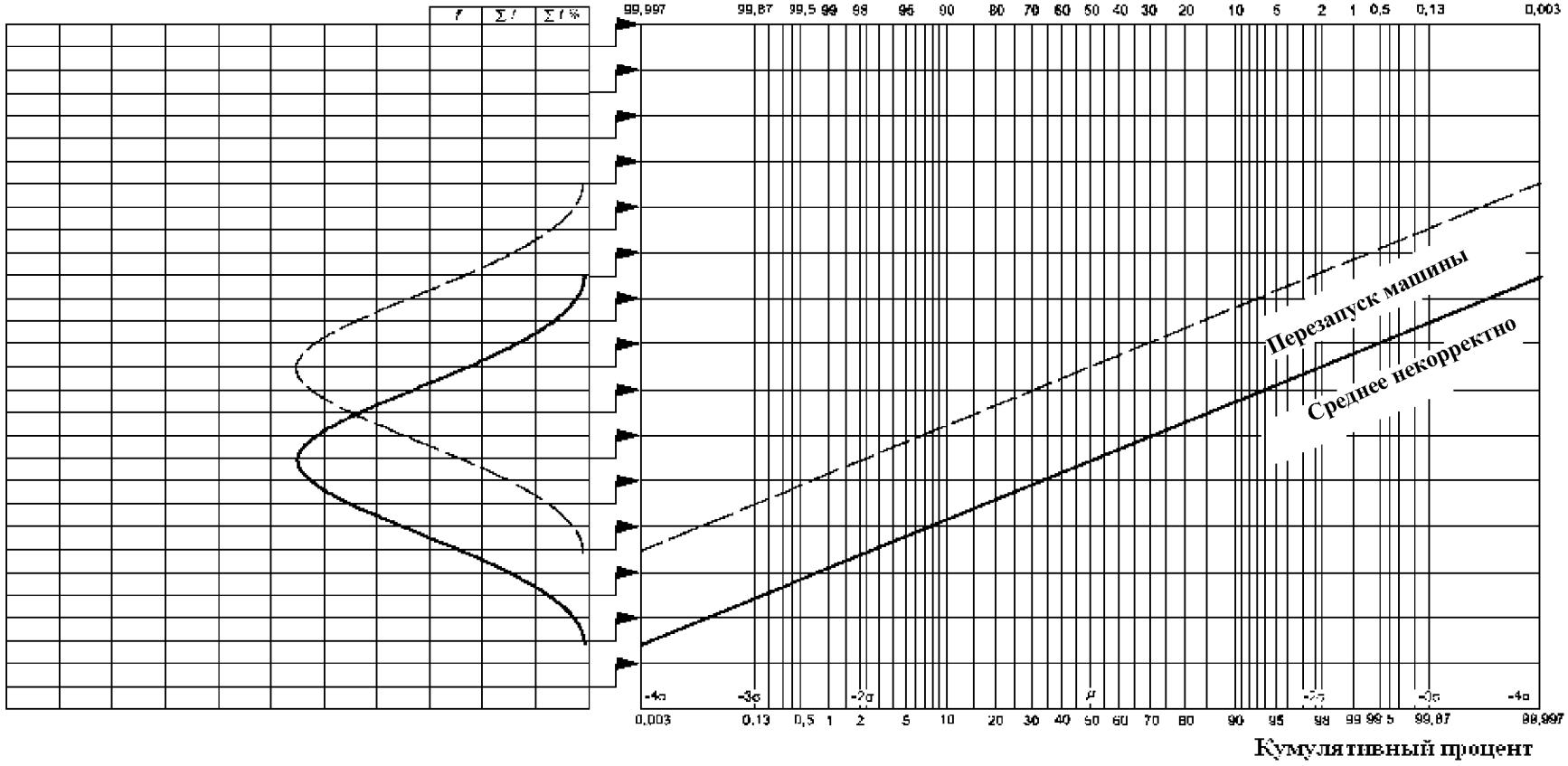


Рисунок 5 – Среднее некорректно. Перезапуск машины

5.6 Особые случаи

5.6.1 Асимметричное распределение

Иногда при анализе машины получают данные, указывающие на асимметричное распределение. Обычно это происходит при наличии некоего естественного порога, ниже которого данных не существует. Примером может служить измерение концентрации, когда невозможно получить отрицательные значения.

Если асимметричные данные наносят на нормальную вероятностную бумагу, точки отклоняются от прямой линии и показывают небольшую кривизну. Для анализа асимметричного распределения необходимо использовать другую вероятностную бумагу, в основе которой лежит асимметричное распределение. Если данные соответствуют выбранному распределению, график будет иметь вид прямой линии. Пример реализации этого метода для распределения экстремальных значений представлен на рисунке 3. Другие виды распространенной вероятностной бумаги предназначены для логарифмически нормального распределения, экспоненциального распределения и распределения Вейбулла.

Выборочное среднее может быть определено по графику. Оно равно такому значению на вертикальной оси, которое соответствует точке пересечения подобранной линии с перпендикуляром, восстановленным из точки μ. Выборочное среднее можно также рассчитать с помощью калькулятора.

5.6.2 Бимодальные данные

Если во время исследований выполняют регулировку машины, то она, скорее всего, повлияет на результаты и приведет к получению многомодального распределения. Например, распределение имеет две моды (иногда больше), и каждая мода соответствует разным настройкам машины. Это может произойти, если машина имеет несколько инструментов или камер и в выборку попадают единицы продукции, изготовленные с применением всех инструментов или камер. Это также может указывать на неверное функционирование машины.

При изображении данных бимодального или мультимодального распределения на нормальной вероятностной бумаге прямая линия не получится.

Форма графика будет другой, как показано на рисунке 6.

Данные, полученные с использованием разных инструментов или камер, следует по возможности разделить и проводить их анализ отдельно, как описано выше.

На рисунке 6 приведен пример графика таких данных, формирующих бимодальное распределение. Если в ходе исследований получен такой график, необходимо установить и, по возможности, устранить причину такого явления. Существует несколько причин появления бимодального распределения. Одной из них является регулировка машины в процессе выполнения исследований, что приводит к появлению двух мод. Пример таких данных представлен на рисунке 1. После выявления причины такого явления следует повторить исследование. Графическое представление данных является хорошим способом выявления проблем сбора данных. В качестве альтернативы графическому представлению данных можно использовать контрольную карту. Контрольная карта обладает рядом преимуществ, поскольку позволяет выявить изменение данных. Однако, как и в предыдущем случае, необходимо знать последовательность получения данных.

5.6.3 Усеченные данные

Некоторые исследования могут быть проведены с усеченными данными. Появление усеченных данных может быть, например, связано с представлением данных. Например, при измерении электрического сопротивления, используемое средство измерений показывает только значения, превышающие 5 Ом. В подобной ситуации необходима консультация специалиста о методах анализа таких данных. Иначе могут быть получены недостоверные результаты.

5.6.4 Цензурированные данные

Цензурированные данные получают при отбрасывании некоторых значений. Это может быть связано с определенной стратегией отбора выборки, например, когда отбирают данные только из первых двух камер машины с четырьмя камерами. В этом случае из анализа исключают значения, соответствующие номерам три и четыре. Такая модель может быть реализована устройством автоматизированного контроля (об этом не обязательно знает экспериментатор или аналитик). Другим примером является сортировка данных с исключением слишком больших или слишком маленьких значений до выполнения исследований.

Следствием обработки центрированных данных могут быть неправильные выводы о пригодности машины. Цензурированные данные дают неожиданную форму кривой в рабочей таблице, поэтому аналитику необходим совет специалиста.

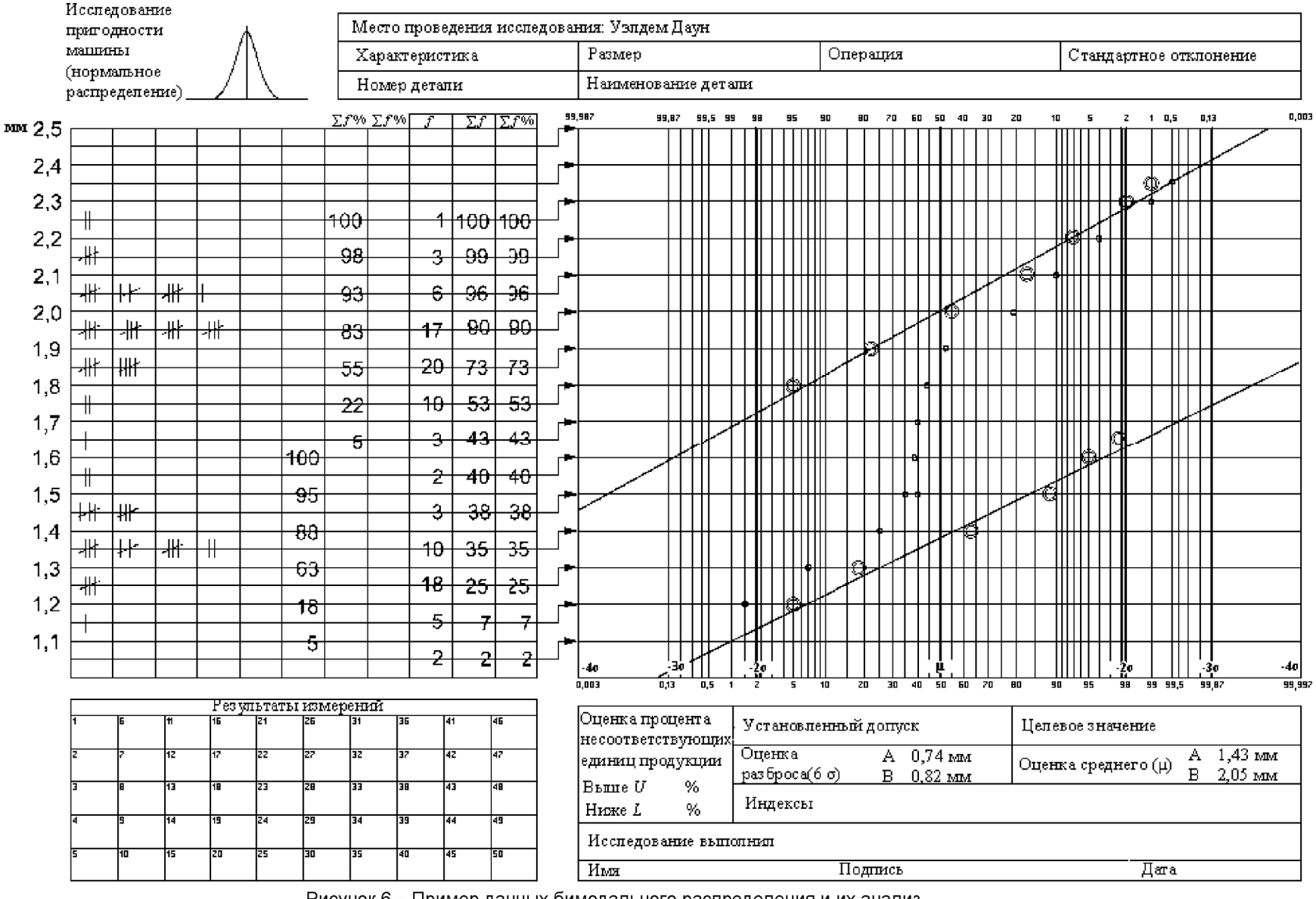


Рисунок 6 – Пример данных бимодального распределения и их анализ

5.7 Индексы пригодности машины в случае нормального и асимметричного распределений

5.7.1 Данные из нормального распределения

5.7.1.1 Индекс P_m

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

Примечание – Исторически для индексов использовались оба значения C_m, C_{mkL} и C_{mkU}. Поскольку статистический контроль не осуществляется, желательно использовать в качестве индексов пригодности машины P_m, P_{mkL} и P_{mkU} по аналогии с индексами пригодности процесса.

5.7.1.2 Индекс P_{mk}

$$\hat{P}_{mk} = \min\left\{\hat{P}_{mkU}, \hat{P}_{mkL}\right\},$$

где

$$\hat{P}_{mkU} = \frac{U - \overline{X}}{3S},$$

$$\hat{P}_{mkL} = \frac{\overline{X} - L}{3S}.$$

Примечание – Крышечки» над индексами указывают, что это оценки индексов.

5.7.1.3 Определение процента несоответствующих единиц продукции

После определения значений $\hat{P}_{mk}$ процент несоответствующих единиц продукции определяют по таблице 1. Например, если $\hat{P}_{mkU}$ = 0,85, средний процент несоответствующих единиц продукции составит 0,0054.

5.7.2 Данные, несоответствующие нормальному распределению

5.7.2.1 Общие положения

Для ассиметричных данных необходимо определить фактическую функцию распределения и по ней определить значения процентилей $X_{0,135\%}$ и $X_{99,865\%}$. Их подставляют в уравнения для получения оценок индексов. Эти значения можно также получить с помощью графика на вероятностной бумаге, однако, этот метод является неточным.

5.7.2.2 Индекс P_m

Для определения оценки этого индекса используют следующую формулу:

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

5.7.2.3 Индекс P_{mk}

Для определения оценок этих индексов используют следующие формулы

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

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

6 Отчетность

6.1 Отчет о проведении исследований

Отчет о проведенных исследованиях должен содержать следующую информацию:

a) место проведения исследований и тип технологического процесса, частью которого является машина;

b) сведения о специалистах, выполнивших исследования и измерения;

c) хронологию исследований, включая дату, время начала и окончания, журнал остановок;

d) идентификационный номер машины;

e) наименование и идентификационные номера компонентов машины;

f) измеряемые характеристики компонентов;

g) требования к характеристикам и факторы, которые оставались неизменными;

h) условия окружающей среды;

i) данные об используемом сырье;
j) нестандартные условия.

Для каждой измеряемой характеристики необходимо указать или получить:
- график данных (наблюдения);
- рабочую таблицу или гистограмму (на основе данных);
- график функции распределения вероятностей (на основе данных);
- выборочное среднее;
- выборочное стандартное отклонение;
- оценку процента несоответствующих единиц продукции;
- оценки индексов пригодности машины;
- доверительные интервалы для индексов пригодности машины;
- неопределенность результатов измерений.

6.2 Доверительные интервалы

6.2.1 Общие положения

Для выполнения установленных в настоящем стандарте исследований обычно требуется небольшой объем данных. Исследования предусматривают определение оценок индексов пригодности машин и их доверительных интервалов. Это позволяет оценить неопределенность точечной оценки индекса пригодности машины на основе выборки небольшого объема.

6.2.2 Индексы пригодности для данных из нормального распределения

Если данные наблюдений (измерений) подчиняются нормальному распределению, индекс пригодности машины $\hat{P}_{\mathrm{m}}$ подчиняется распределению Хи-квадрат. Другие индексы ($\hat{P}_{\mathrm{mkL}}$, $\hat{P}_{\mathrm{mkU}}$ и $\hat{P}_{\mathrm{mk}}$) имеют более сложные распределения, однако в качестве приближенных доверительных границ могут быть использованы доверительные границы, полученные с использованием нормального распределения для $N > 30$. Приближенные границы доверительных интервалов уровня 100 (1 – α) % можно определить по следующим формулам

$$\hat{P}_{\mathrm{m}}\sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2}}{N-1}}, \hat{P}_{\mathrm{m}}\sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2}}{N-1}},$$

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

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

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

где z– квантиль нормированного нормального распределения.

Примечание – «Крышечки» над индексами указывают на точечные оценки индексов.

6.2.3 Индексы пригодности для данных из ненормального распределения

Для определения доверительных интервалов на основе данных ненормального распределения необходимо сначала установить вид распределения данных (см. ИСО/TR 22514-4 и ИСО 21747).

7 Действия после исследования пригодности машины

После завершения исследования необходимо документировать информацию, изложенную в разделе 6 и приложить ее к отчету.

Все последующие необходимые действия зависят от целей исследования. Если цель исследования состоит в одобрении машины, то индекс пригодности менее установленного значения указывает на то, что машина является неприемлемой и необходимы корректирующие действия для улучшения ее работы. Для принятия решения о приемлемости или неприемлемости работы машины необходимо использовать доверительные интервалы для индексов, а не точечные оценки. После завершения этой работы необходимо провести проверку улучшения работы машины.

Наиболее часто анализ пригодности машины выполняют для принятия решения о приемлемости машины, целесообразности приобретения машины или ее частей. В этом случае до проведения исследований должны быть установлены и согласованы с заказчиком минимальные

приемлемые значения индексов пригодности. В некоторых случая заказчик самостоятельно устанавливает и сообщает поставщику значения индексов пригодности.

Если исследование проводилось с целью решению какой-либо иной проблемы, анализируют результаты лица, ответственные за решение этой проблемы. При этом анализ изменчивости данных может быть полезен для принятия решения.

Приложение А
(справочное)

Таблицы и рабочие бланки

Таблица А.1 – Значения верхней доли несоответствующих единиц продукции в случае нормального распределения

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	3,0E-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	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1,1	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
1,0	0,0013	0,0012	0,0011	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007	0,0006	0,0005
0,9	0,0035	0,0032	0,0029	0,0026	0,0024	0,0022	0,0020	0,0018	0,0016	0,0015
0,8	0,0082	0,0075	0,0069	0,0064	0,0059	0,0054	0,0049	0,0045	0,0041	0,0038
0,7	0,0179	0,0166	0,0154	0,0143	0,0132	0,0122	0,0113	0,0104	0,0096	0,0089
0,6	0,0359	0,0336	0,0314	0,0294	0,0274	0,0256	0,0239	0,0222	0,0207	0,0192
0,5	0,0668	0,0630	0,0594	0,0559	0,0526	0,0495	0,0465	0,0436	0,0409	0,0384
0,4	0,1151	0,1093	0,1038	0,0985	0,0934	0,0885	0,0838	0,0793	0,0749	0,0708
0,3	0,1841	0,1762	0,1685	0,1611	0,1539	0,1469	0,1401	0,1335	0,1271	0,1210
0,2	0,2743	0,2643	0,2546	0,2451	0,2358	0,2266	0,2177	0,2090	0,2005	0,1922
0,1	0,3821	0,3707	0,3594	0,3483	0,3372	0,3264	0,3156	0,3050	0,2946	0,2843
0,0	0,5000	0,4880	0,4761	0,4641	0,4522	0,4404	0,4286	0,4168	0,4052	0,3936

Примечание 1 – Значения P_{mk} в таблице приведены только для правого хвоста распределения. Чтобы рассчитать общую долю несоответствующих единиц продукции необходимо определить P_{mkU} и P_{mkL}, а затем их сложить.

Примечание 2 – Обозначение Еследует читать как $\times 10^{-a}$, например, 2,6E-06 = 2,6 × 10^{-6}.

Примечание 3– Для отрицательных значений P_{mk}, доля несоответствующих единиц продукции, контролируемая характеристика которых меньше нижней границы допустимых значений, равна (1 – p), где p - значение, приведенное в таблице А.1.

Ниже, приведены примеры использования вероятностной бумаги для нормального распределения и распределения экстремальных значений.

Практика показывает, что они применимы во многих ситуациях. В продаже имеется вероятностная бумага и для других известных распределений.

Также доступны программные средства, с помощью которых можно построить необходимые графики.

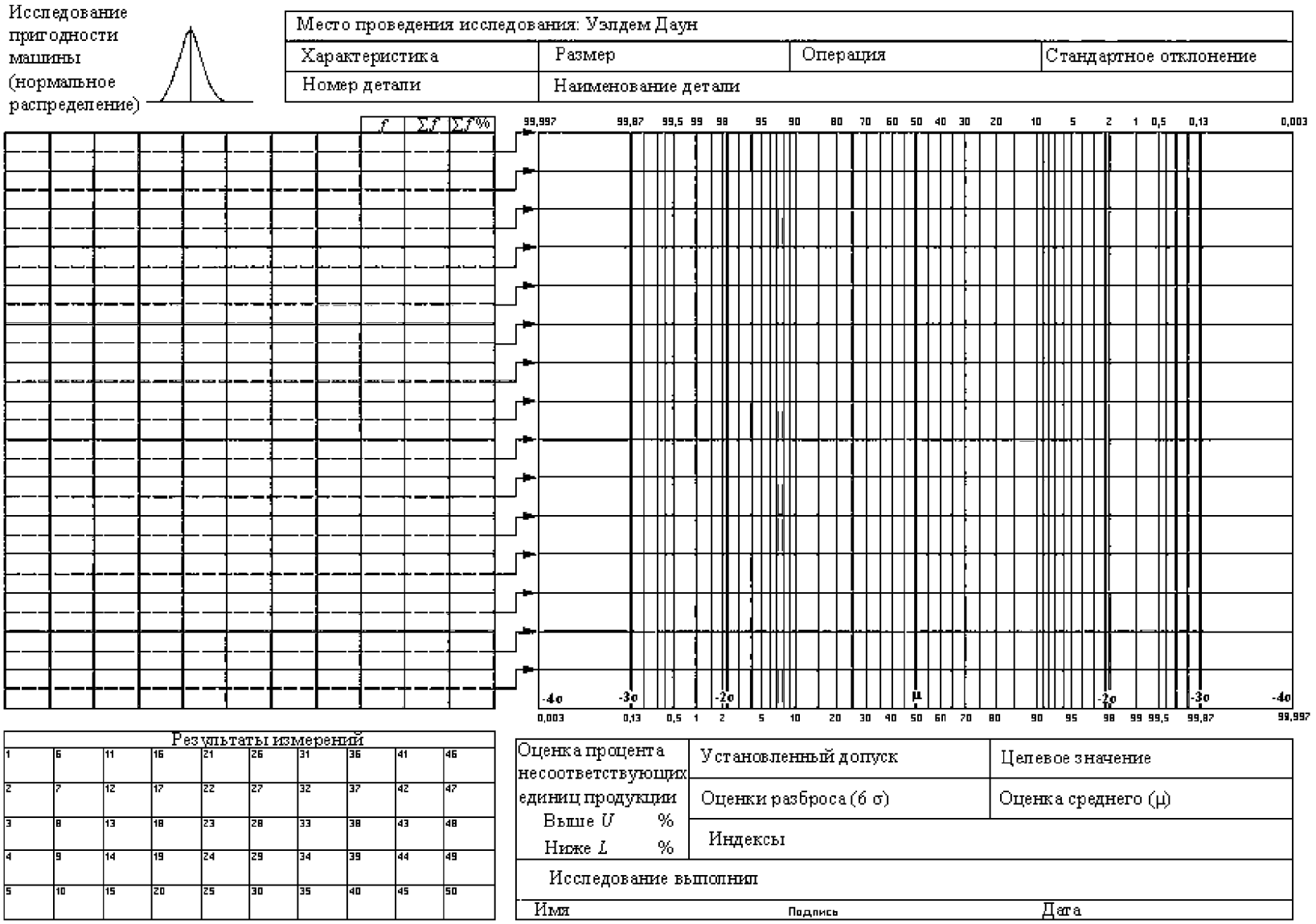


Рисунок А.1 – Рабочая таблица для данных, подчиняющихся нормальному распределению

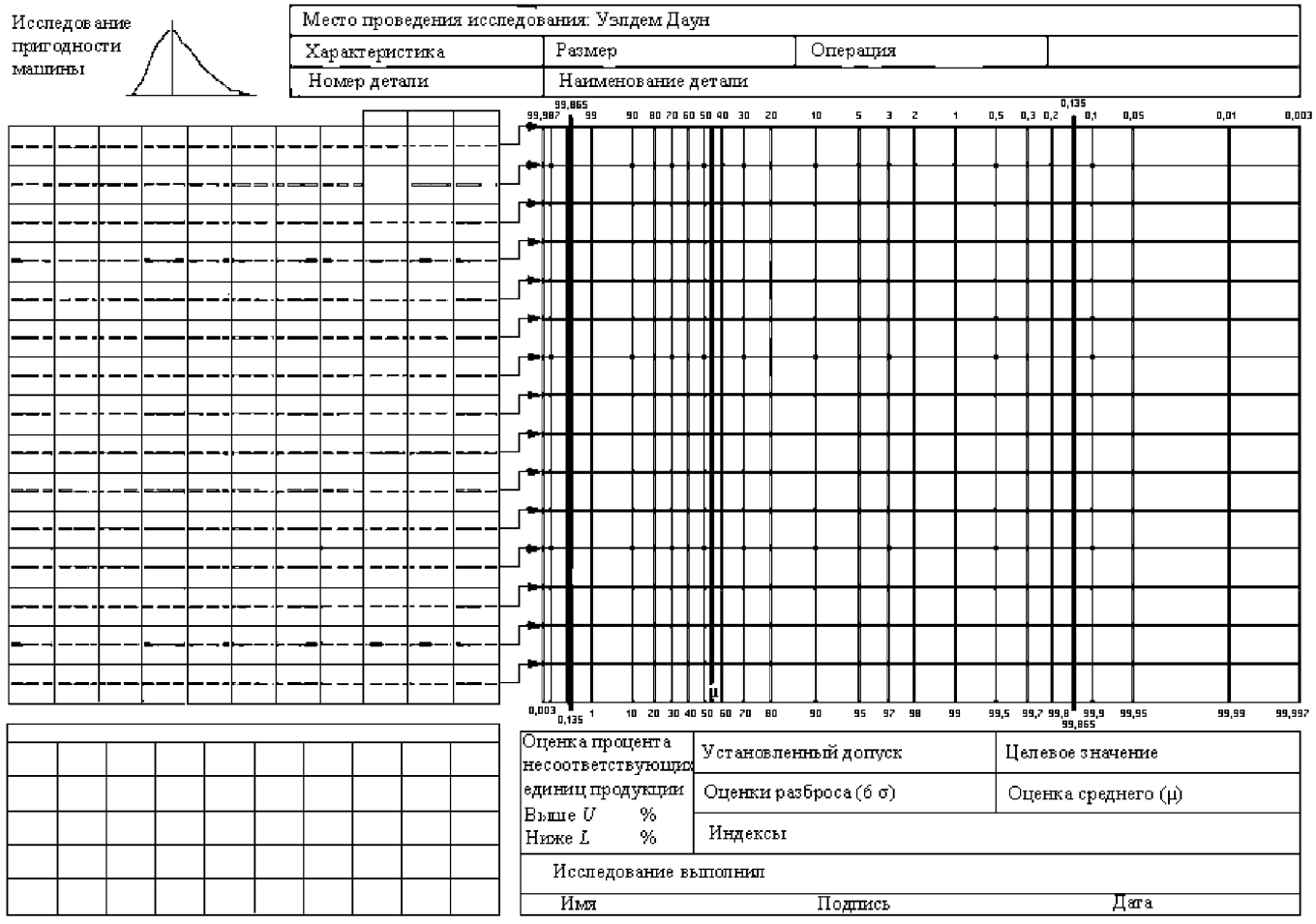


Рисунок А.2 – Рабочая таблица для данных, подчиняющихся распределению экстремальных значений

Приложение В
(справочное)

Компьютерный анализ данных

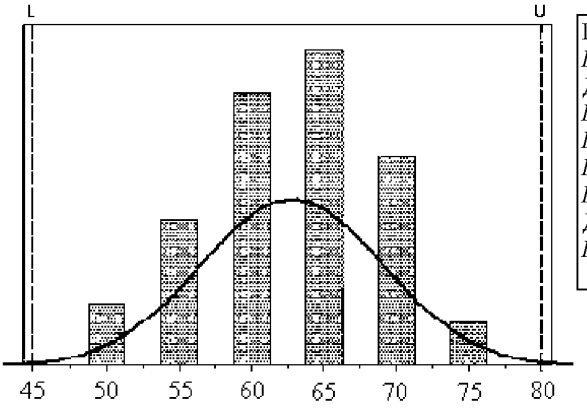
Для построения графиков, приведенных на рисунках В.1 –В.3, использованы данные, представленные на рисунке 2, анализ которых приведен в разделе 5. Обработка данных проведена с применением программы MINITAB.



Рисунок В.1 – Пример графика данных для исследования пригодности машины

Анализ пригодности машины по производству шпильки. Длина, мм
(контролируемая характеристика с доверительным интервалом уровня 95 %)

Данные о процессе	
L	45
Целевое значение	*
U	80
Выборочноесреднее	62,8
Объем выборки N	50
Стандартное отклонение (общее)	6,27201



Показатели пригодности	
P_p	0,93
Доверительные границы	0,75
P_m	1,11
P_{mkL}	0,95
P_{mkU}	0,91
P_{mk}	0,91
Доверительные границы	0,71
P_{mk}	1,12

Наблюдаемая пригодность	
Менее *L*, %	0,00
Более U, %	0,00
Всего , %	0,00

Общая пригодность	
Менее *L*, %	0,23
Более U, %	0,31
Всего , %	0,53

Рисунок В.2 – Пример результатов исследований пригодности машины

Примечание 1– Среднее значение, стандартное отклонение и проценты, указанные на рисунке 2, не точно соответствуют таким же показателям на рисунке В.2. Это вызвано небольшими неточностями графического определения значений.

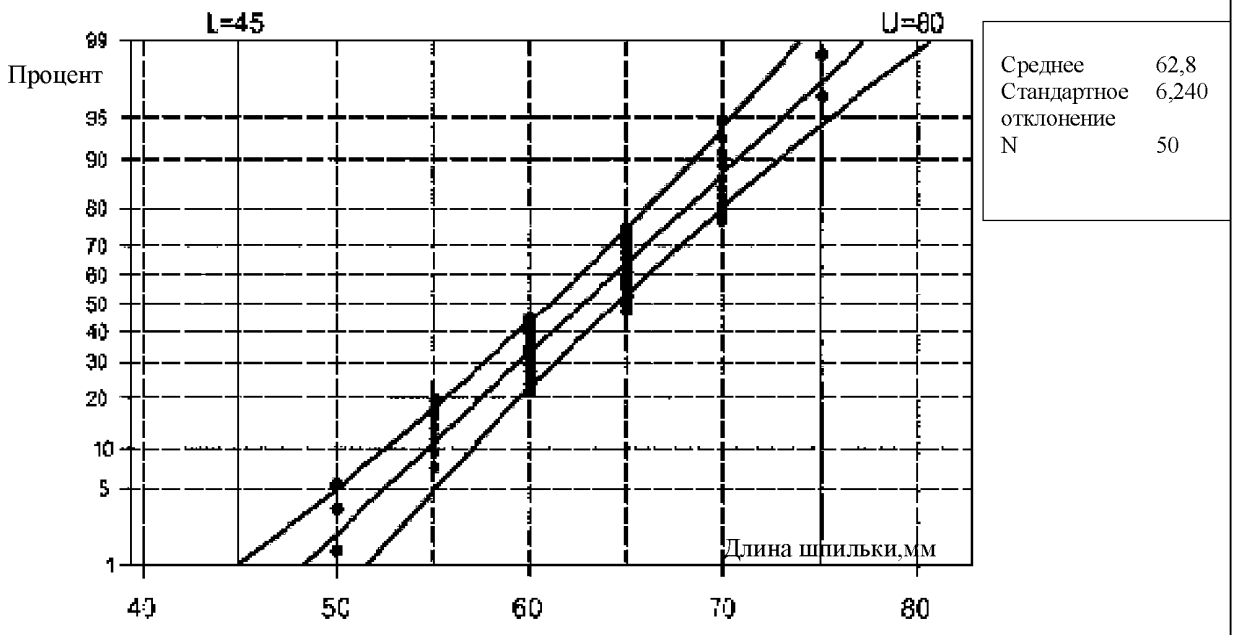


Рисунок В.3 – Пример графика функции распределения вероятностей

Примечание 3 – Представленные на рисунках 2 и В.3 графики функции распределения вероятностей имеют некоторые различия, поскольку график на рисунке В.3 построен с использованием частот для «классов», а график на рисунке 2 построен с помощью программы, использующей все точки данных.

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО3534-1:2006	–	*
ИСО 3534-2: 2006	–	*
ИСО5479:1997	IDT	ГОСТ Р ИСО 5479-2002 Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения
ИСО7870-1:2007	IDT	ГОСТ Р ИСО 7870-1–2011 Статистические методы. Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы
ИСО 7873:1993	IDT	ГОСТ Р 50779.41-96 (ИСО 7873-93) Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами
ИСО7870-2:2013	–	*
ИСО11462-1:2001	IDT	ГОСТ Р ИСО 11462-1 – 2007 Статистические методы. Руководство по внедрению статистического управления процессами Часть 1. Элементы
ИСО 21747:2006	IDT	ГОСТ Р ИСО 21747 – 2010 Статистические методы. Статистики пригодности и воспроизводимости процесса для количественных характеристик качества
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 использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

IDT– идентичные стандарты;

MOD–модифицированные стандарты;

NEQ–неэквивалентные стандарты.

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 the departure from the normal distribution

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

[5] ISO 7873, Control charts for arithmetic average with warning limits

[6] ISO 8258, Shewhart control charts[1)]

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

[8] ISO 21747, Statistical methods — Process performance and capability statistics for measured quality characteristics

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

[10] Automotive Industry Action Group (AIAG). Measurement Systems Analysis Reference Manual, 3rd edn. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force, 2002

[1] Стандарт ISO 8258:1991 заменен на ИСО 7870-2:2013.

УДК658.562.012.7:65.012.122:006.352 **ОКС 03.120.30**

Ключевые слова: пригодность машин, индекс пригодности машины, анализ пригодности машины, точечная оценка индекса пригодности, доверительный интервал для индекса пригодности

Подписано в печать 01.09.2014. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 3,26. Тираж 35 экз. Зак. 1572 .
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