

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
ФГУП ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ КЛАССИФИКАЦИИ, ТЕРМИНОЛОГИИ И
ИНФОРМАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И КАЧЕСТВУ
(ВНИИКИ)

Рег. № 897

Группа МКС 03.120.10; 03.120.30

РУКОВОДСТВО ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДАМ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ISO 9001:2000

GUIDANCE ON STATISTICAL TECHNIQUES FOR ISO 9001:2000

Страна, № стандарта

ISO 10017: 2003

Перевод аутентичен оригиналу

Переводчик: Ткаченко А.С.

Редактор: Герштейн М.А..

Кол-во стр.: 55

Кол-во рис.: -

Кол-во табл.: -

Перевод выполнен: 12.02.2004

Редактирование выполнено: 13.02.2004

Москва

2004

**ТЕХНИЧЕСКИЙ
ОТЧЕТ**

**ISO/TR
10017**

Второе издание
2003-05-15

**РУКОВОДСТВО ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ
МЕТОДАМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ISO 9001:2000**

**GUIDANCE ON STATISTICAL TECHNIQUES FOR
ISO 9001:2000**

**ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
ВНИИКИ ГОССТАНДАРТА
РОССИИ**

Номер регистрации: **897/ISO**
Дата регистрации: **27.02.2004**



Номер ссылки
ISO/TR 10017:2003

Содержание	Стр.
Предисловие	iii
Введение	v
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	2
3 Определение потенциальных потребностей в статистических методах	2
4 Описание установленных статистических методов	8
4.1 Общие положения	8
4.2 Описательная статистика	10
4.3 План экспериментов	13
4.4 Проверка гипотез	16
4.5 Измерительный анализ	18
4.6 Анализ возможностей процесса	20
4.7 Регрессионный анализ	23
4.8 Анализ надежности	26
4.9 Выборочный контроль	29
4.10 Моделирование	32
4.11 Карты SPC (карты статистического контроля процесса)	34
4.12 Статистические методы задания допусков	37
4.13 Анализ временных рядов	39
Библиография	43

Предисловие

федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. Что касается стандартизации в области электротехники, ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC).

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, указанными в Директивах ISO/IEC, Часть 3.

Основной задачей технических комитетов является разработка международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75% комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

В исключительных случаях, когда технический комитет собрал данные, отличающиеся от тех, которые обычно публикуются в виде международного стандарта (например, “современное состояние”), простым большинством голосов его участников может быть принято решение опубликовать технический отчет. Технический отчет является полностью информативным по своей сути и должен пересматриваться только тогда, когда будет признано, что содержащиеся в нем данные более не являются действующими или полезными.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы настоящей части ISO могут быть объектом патентных прав. ISO не должна нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

ISO/TR 10017 был подготовлен Техническим комитетом ISO/ТК 176 “Управление качеством и обеспечение качества”, Подкомитетом ПК 3 “Вспомогательные методы”.

Настоящее второе издание отменяет и заменяет первое издание (ISO/TR 10017:1999) и разработано на основе стандарта ISO 9001:2000.

Настоящий технический отчет может быть обновлен после пересмотра ISO 9001. Замечания по содержанию этого технического отчета могут быть посланы в Центральный секретариат ISO для учета в будущих пересмотрах.

МКС 03.120.10; 03.120.30

Введение

Цель этого технического отчета состоит в том, чтобы помочь организации в определении статистических методов, которые могут быть полезны при разработке, внедрении или поддержании системы качества согласно с ISO 9001:1994.

В этом контексте, полезность статистических методов следует из изменчивости, которая может наблюдаться в поведении и результате фактически всех процессов, даже в условиях очевидной стабильности. Такая изменчивость может наблюдаться в количественно определяемых характеристиках изделий и процессов, а также на различных стадиях полного жизненного цикла изделий от исследования рынка до обслуживания потребителя и окончательной утилизации изделия.

Статистические методы могут помочь в измерении, описании, анализе, интерпретации и моделировании такой изменчивости, даже с относительно ограниченным количеством данных. Статистический анализ этих данных может способствовать лучшему пониманию характера, степени и причин изменчивости. Это может помочь в решении и даже предотвращении проблем, которые могут возникнуть из-за такой изменчивости.

Статистические методы могут, таким образом, позволить лучше использовать имеющиеся данные в помощь принятию решения, и помочь, тем самым, в улучшении качества изделий и процессов на стадиях проектирования, разработки, производства, монтажа и обслуживания.

Настоящий технический отчет предназначен для того, чтобы предоставить организации руководство и помощь в рассмотрении и отборе статистических методов, соответствующих ее потребностям. Критерии определения потребности в статистических методах и пригодности выбранных методов остаются прерогативой организации.

Статистические методы, описанные в этом техническом отчете, также пригодны для использования с другими стандартами ISO серии 9000, в частности, ISO 9004:2000.

Руководство по статистическим методам применительно к ISO 9001:2000

1 Область применения

Данный технический отчет представляет собой руководящие указания по выбору соответствующих статистических методов, которые могут быть полезны для организации в разработке, внедрении или поддержании системы качества согласно с ISO 9001. Это достигнуто путем рассмотрения требований ISO 9001, которые предполагают использование количественных данных, и последующего выявления и описания статистических методов, которые могут быть полезны при применении к таким данным.

Перечень статистических методов, приведенных в настоящем техническом отчете, не является ни полным, ни исчерпывающим, и он не должен препятствовать использованию любых других методов (статистических или других), которые считаются выгодными для организации. Кроме того, настоящий технический отчет не является попыткой указать, какие статистические методы и каким образом следует применять.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Термины “статистические способы” и “статистические методы” часто взаимозаменяемы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Ссылки в настоящем техническом отчете на “продукцию” применимы к общим категориям продукции сферы услуг, программного обеспечения, аппаратных средств и переработанных материалов, или их комбинации, согласно определению “продукции” в ISO 9000:2000.

2 Нормативная ссылка

В настоящем техническом отчете необходимо сделать ссылку на следующий документ. Для жестких ссылок применяется только приводимое издание. Для плавающих ссылок необходимо использовать самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 9001:2000 *Системы менеджмента качества. Требования*

3 Определение потенциальных потребностей в статистических методах

В табл. 1 определена потребность в количественных данных, которые обоснованно могут быть связаны с выполнением требований пунктов и подпунктов ISO 9001. Против потребности в количественных данных приведены один или более статистических методов, которые потенциально могут применяться к таким данным, и применение которых принесет пользу организации.

ПРИМЕЧАНИЕ. Статистические методы могут применяться к качественным данным, если такие данные можно преобразовать в количественные данные.

Там, где нет потребности в количественных данных, которую легко можно связать с выполнением пункта или подпункта ISO 9001, статистические методы не идентифицированы.

Приведены только те методы, которые являются хорошо известными. Более того, описаны только те методы, которые имеют относительно прямое применение.

Каждый из статистических методов, указанных ниже, кратко описан в 4, чтобы помочь организации оценить их пригодность и значение, а также решить, использовать ли их в конкретном случае.

Таблица 1. Потребности в количественных данных и соответствующих статистических методах

Пункт/подпункт ISO 9001:2000	Потребности в количественных данных	Статистический(е) метод(ы)
Система менеджмента качества		
4.1 Общие требования	См. Введение к данному техничес-кому отчету	
4.2 Требования к документации		
4.2.1 Общие положения	Не определены	
4.2.2 Руководство по качеству	Не определены	
4.2.3 Управление документацией	Не определены	
4.2.4 Управление записями	Не определены	
5 Ответственность руководства		
5.1 Обязательства руководства	Не определены	
5.2 Ориентация на потребителя	Потребность определить требова- ния потребителя Потребность оценить удовлетворен-ность потребителя	См. 7.2.2 в этой табл. См. 8.2.1 в этой табл.
5.3 Политика в области качества	Не определены	
5.4 Планирование		
5.4.1 Цели в области качества	Не определены	
5.4.2 Планирование системы менеджмента качества	Не определены	
5.5 Ответственность, полномочия и обмен информацией	Не определены	
5.5.1 Ответственность и полномочия	Не определены	
5.5.2 Представитель руководства	Не определены	
5.5.3 Внутренний обмен информацией	Не определены	
5.6 Анализ со стороны руководства		
5.6.1 Общие положения	Не определены	
5.6.2 Входные данные для анализа		
a) результаты аудитов	Потребность получать и оценивать данные аудита	Описательная статисти- ка; выборочный контроль
b) обратная связь от потребителя	Потребность получать и оценивать данные обратной связи с потребителем	Описательная статистика; выборочный контроль
c) функционирование процесса и соответствие продукции	Потребность получать и оценивать данные о функционировании процесса и соответствии продукции	Описательная статистика; анализ возможностей процесса; выборочный контроль; карты SPC
d) статус предупреждающих и корректирующих действий	Потребность получать и оценивать данные на основе предупреждающих и корректирующих действий	Описательная статистика
5.6.3 Выходные данные анализа	Не определены	

Пункт/подпункт ISO 9001:2000	Потребности в количественных данных	Статистический(е) метод(ы)
6 Менеджмент ресурсов		
6.1 Обеспечение ресурсами	Не определены	
6.2 Человеческие ресурсы		
6.2.1 Общие положения	Не определены	
6.2.2 Компетентность, осведомленность и подготовка		
6.2.2. а)	Не определены	
6.2.2 б)	Не определены	
6.2.2 с) оценить эффективность предпринятых действий	Потребность оценивать компетентность и эффективность обучения	Описательная статистика; выборочный контроль
6.2.2 d)	Не определены	
6.2.2 е)	Не определены	
6.3 Инфраструктура	Не определены	
6.4 Производственная среда	Потребность контролировать производственную среду	Описательная статистика; карты SPC
7 Реализация продукции		
7.1 Планирование реализации продукции	Не определены	
7.2 Процессы, связанные с потребителем		
7.2.1 Определение требований к продукции	Не определены	
7.2.2 Анализ требований к продукции	Потребность оценивать способности организации выполнять определенные требования	Описательная статистика; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; выборочный контроль; статистические методы задания допусков
7.2.3 Связь с потребителями	Не определены	
7.3 Проектирование и разработка		
7.3.1 Планирование проектирования и разработки	Не определены	
7.3.2 Входные данные для проектирования и разработки	Не определены	
7.3.3 Выходные данные проектирования и разработки	Потребность проверять, чтобы выходные данные проекта соответствовали требованиям к входным данным	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; измерительный анализ; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль; моделирование; анализ временных рядов

Пункт/подпункт ISO 9001:2000	Потребности в количественных данных	Статистический(е) метод(ы)
7.3.4 Анализ проекта и разработки	Не определены	
7.3.5 Верификация проекта и разработки	Потребность удостовериться в том, чтобы выходные данные проекта соответствовали требованиям к входным данным	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль; моделирование; анализ временных рядов
7.3.6 Валидация проекта и разработки	Потребность удостовериться в том, чтобы продукция соответствовала требованиям к установленному использованию	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль; моделирование
7.3.7 Управление изменениями проекта и разработки	Потребность оценивать, проверять и устанавливать эффективность изменений к проекту	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль; моделирование
7.4 Закупки 7.4.1 Процесс закупок	Потребность обеспечивать соответствие закупленной продукции установленным требованиям к закупкам Потребность оценивать способности поставщиков поставлять продукцию в соответствии с требованиями организации	Описательная статистика; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль. Описательная статистика; план экспериментов; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; выборочный контроль

Пункт/подпункт ISO 9001:2000	Потребности в количественных данных	Статистический(е) метод(ы)
7.4.2 Информация по закупкам	Не определены	
7.4.3 Верификация закупленной продукции	Потребность разработать и осуществить контроль и другие действия, необходимые для обеспечения закупленной продукции установленным требованиям к закупкам	Описательная статистика; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; анализ надежности; выборочный контроль
7.5 Производство и обслуживание 7.5.1 Управление производством и обслуживанием	Потребность проверять и управлять производством и обслуживанием	Описательная статистика; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; анализ надежности; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов
7.5.2 Валидация процессов производства и обслуживания	Потребность проверять, контролировать и управлять процессами, выходные данные которых невозможно измерить	Описательная статистика; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов
7.5.3 Идентификация и прослеживаемость	Не определены	
7.5.4 Собственность потребителя	Потребность проверять характеристики собственности потребителя	Описательная статистика; выборочный контроль
7.5.5 Сохранение продукции	Потребность контролировать воздействие на качество продукции погрузочно- разгрузочных работ, упаковки и хранения	Описательная статистика; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов
7.6 Управление контрольными и измерительными приборами	Потребность проверять соответствие контрольных и измерительных процессов и приборов установленным требованиям Потребность оценивать правильность предыдущих	Описательная статистика; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; регрессионный выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов; статистические методы задания допусков. Описательная статистика; проверка

Пункт/подпункт ISO 9001:2000	Потребности в количественных данных	Статистический(е) метод(ы)
	измерений, если это требуется	гипотез; измерительный анализ; регрессионный анализ; выборочный контроль; статистические методы задания допусков; анализ временных рядов
8 Измерение, анализ и улучшение		
8.1 Общие положения	Не определены	
8.2 Мониторинг и измерение 8.2.1 Удовлетворенность потребителя	Потребность контролировать и анализировать информацию, касающуюся восприятия потребителями соответствия организации требованиям потребителя	Описательная статистика; выборочный контроль
8.2.2 Внутренний аудит	Потребность планирования программы проведения внутреннего аудита и предоставления отчета о данных аудита	Описательная статистика; выборочный контроль
8.2.3 Мониторинг и измерение процессов	Потребность контролировать и измерять процессы системы менеджмента качества, чтобы показать способность процесса достигать запланированных результатов	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов
8.2.4 Мониторинг и измерение продукции	Потребность контролировать и измерять характеристики продукции на определенных стадиях реализации для подтверждения выполнения установленных требований	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; измерительный анализ; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; анализ надежности; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов
8.3 Управление несоответствующей продукцией	Потребность определять степень несоответствия поставленной продукции. Потребность повторно проверять исправленную продукцию, чтобы гарантировать ее соответствие установленным требованиям	Описательная статистика; выборочный контроль См. 8.2.4 в этой табл.
8.4 Анализ данных	Потребность получать и анализировать данные, чтобы	

Пункт/подпункт ISO 9001:2000	Потребности в количественных данных	Статистический(е) метод(ы)
	оценить эффективность системы менеджмента качества и возможности улучшения, касающиеся: а) удовлетворенности потребителя б) соответствия требованиям к продукции в) характеристик процесса и направлений развития г) поставщиков	См. 8.2.1 в этой табл. См. 8.2.4 в этой табл. См. 8.2.3 в этой табл. См. 7.4.1 в этой табл.
8.5 Улучшение 8.5.1 Постоянное улучшение	Потребность улучшать процессы системы менеджмента качества путем использования количественных данных в следующих областях: - проектирование и разработка - закупки - производство и обслуживание - управление контрольными и измерительными приборами	См. 7.3.3, 7.3.5, 7.3.6 в табл. См. 7.4.1, 7.4.3 в табл. См. 7.5.1, 7.5.2, 7.5.5 в табл. См. 7.6 в табл.
8.5.2 Корректирующие действия	Потребность анализировать данные о несоответствиях, чтобы помочь понять их причину(ы)	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов
8.5.3 Предупреждающие действия	Потребность анализировать данные о несоответствиях и потенциальных несоответствиях, чтобы помочь понять их причину(ы)	Описательная статистика; план экспериментов; проверка гипотез; анализ возможностей процесса; регрессионный анализ; выборочный контроль; карты SPC; анализ временных рядов

4 Описание установленных статистических методов

4.1 Основные положения

В табл.1 указаны следующие статистические методы, или семейства методов, которые могут помочь организации удовлетворить ее потребности:

- описательная статистика;

- планирование экспериментов;
- проверка гипотез;
- измерительный анализ;
- анализ возможностей процесса;
- регрессия;
- анализ надежности;
- выборочный контроль;
- моделирование;
- карты статистического контроля процесса;
- статистические методы задания допусков;
- анализ временных рядов.

Среди различных статистических методов, перечисленных выше, следует отметить, что описательная статистика (которая включает графические методы) составляет важный аспект многих из этих методов.

Как сказано ранее, критерии, используемые при выборе перечисленных выше методов, заключается в том, что эти методы хорошо известны и широко используются, и их применение оказалось выгодным пользователям.

Выбор метода и способа его применения зависит от обстоятельств и поставленной цели, которые будут отличаться от случая к случаю.

Краткое описание каждого статистического метода, или семейства методов, перечисленных выше, дано в разделах 4.2 - 4.13. Описания предназначены помочь неподготовленному читателю при оценке потенциальной применимости и преимуществ использования статистических методов для осуществления требований системы качества.

Фактическое применение указанных здесь статистических методов потребует более детального руководства и знаний, чем обеспечивает данный технический отчет. Имеется большое количество общедоступной информации по статистическим методам, а именно учебников, журналов, отчетов, отраслевых справочников и других источников информации, которая может помочь

организации в эффективном использовании статистических методов¹. Однако перечисление этих источников выходит за рамки данного технического отчета, и поиск такой информации оставлен на усмотрение заинтересованных в ней лиц.

4.2 Описательная статистика

4.2.1 Что это такое

Термин “описательная статистика” применяют к процедурам для суммирования и представления количественных данных способом, который показывает характеристики распределения данных.

Типичные представляющие интерес характеристики данных – это их центральное значение (наиболее часто описываемое средним значением), и их рассеивание или разброс (обычно измеряемое диапазоном или стандартным отклонением). Другой представляющей интерес характеристикой является распределение данных, для которого имеются количественные меры, описывающие форму распределения (например, степень “асимметрии”, которая описывает симметрию).

Информация, представляемая описательной статистикой, часто может просто и эффективно передаваться с помощью различных графических методов, которые включают относительно простое представление данных в форме:

- схемы, показывающей тенденции изменения (также называемой “схема прогона”), которая представляет собой график интересующей характеристики за период времени для наблюдения за ее поведением на протяжении времени;
- графика рассеяния, который помогает оценить взаимоотношение между двумя переменными путем нанесения значения одной переменной по оси x , а соответствующее значение другой – по оси y ; и
- гистограммы, отображающей распределение значений характеристики, представляющей интерес.

Имеется широкий диапазон графических методов, которые могут помочь при

¹ Приведенные в библиографии стандарты и технические отчеты ИСО и МЭК касаются статистических методов. Они приведены здесь для сведения; данный отчет не определяет их соблюдение.

интерпретации и анализе данных. Диапазон таких методов простирается от относительно простых средств, описанных выше (и других, например, круговых диаграмм и диаграмм в виде столбцов), до представлений более сложного характера, использующих специальные шкалы (такие как вероятностные графики) и многомерную графику, с несколькими переменными.

Графические методы полезны в том отношении, что с их помощью часто можно обнаружить необычное поведение данных, которое не просто выявить при количественном анализе. Они широко используются в анализе данных при исследовании или проверке соотношений между переменными, и в оценке параметров, которые описывают такие соотношения. Они имеют также важное применение как эффективный способ суммарного рассмотрения и представления сложных данных или соотношений данных, особенно для неспециалистов.

Применение графических методов подразумевается во многих статистических методах, упомянутых в данном техническом отчете, и их следует рассматривать как необходимый компонент статистического анализа.

4.2.2 Для чего она используется

Описательная статистика используется для суммарного рассмотрения и описания данных. Она обычно является начальным шагом в анализе количественных данных и часто - первым шагом к использованию других статистических процедур.

Характеристики выборочных данных могут служить основанием для выводов относительно характеристик всей совокупности данных, с заданными пределом ошибки и доверительным уровнем, если лежащие в основе статистические предположения удовлетворяются.

4.2.3 Достоинства

Описательная статистика предлагает эффективный и относительно простой путь суммарного рассмотрения и описания данных, а также удобный путь представления такой информации. В частности, графические методы являются очень эффективным способом представления данных и передачи информации.

Описательная статистика потенциально применима ко всем ситуациям, в которых используются данные. Она может помочь при анализе и принятии решения на всех уровнях.

4.2.4 Ограничения и предостережения

Описательная статистика предоставляет количественные меры характеристик выборочных данных (такие, как среднее значение и стандартное отклонение). Однако эти меры зависят от ограничений, связанных с размером выборки и используемым методом выборочного контроля. Также, эти количественные показатели не могут быть основой для действенной оценки характеристик всей совокупности данных, из которых была взята выборка, если статистические предположения, связанные с осуществлением выборки, не удовлетворяются.

4.2.5 Примеры применения

Описательная статистика с пользой применяется почти во всех областях, где собираются количественные данные. Она может дать информацию о продукции, процессе или о некоторых аспектах системы менеджмента качества, и может применяться при анализе менеджмента. Некоторые примеры таких применений:

- суммарное рассмотрение основных показателей характеристик продукции (таких, как среднее значение и разброс);
- описание поведения некоторого параметра процесса, такого, как температура печи;
- характеристики времени доставки или времени ответа в сфере услуг;
- суммарное рассмотрение данных потребительских обследований, таких как удовлетворенность или неудовлетворенность потребителя;
- иллюстрация данных об измерениях, таких как данные о калибровке оборудования;
- отображение распределения характеристики процесса на гистограмме в зависимости от допускаемых пределов для этой характеристики;
- отображение результатов характеристики продукции на протяжении периода времени с помощью схемы, показывающей тенденцию изменений;

- оценивание возможных взаимоотношений между переменной процесса (например, температурой) и текучестью с помощью графика рассеяния.

4.3 План экспериментов

4.3.1 Что это такое

План экспериментов (ПЭ) относится к исследованиям, выполняемым по плану и основанным на статистической оценке результатов, чтобы достичь заключения на установленном доверительном уровне.

Типичный план экспериментов включает изменения, влияющие на работу исследуемой системы, и статистическое оценивание воздействия таких изменений на систему. Его целью может быть *подтверждение* некоторой характеристики системы или *исследование* влияния одного или большего количества факторов на некоторые характеристики системы.

Определенный порядок и способ, в соответствии с которыми должны быть выполнены эксперименты, называются “планом эксперимента”, и такой план зависит от поставленной цели и от условий, при которых эксперименты должны проводиться.

Существуют несколько методов для анализа данных эксперимента. Их диапазон простирается от аналитических методов, таких как “анализ изменений” до графических методов, например, графика распределения вероятностей.

4.3.2 Для чего он используется

План эксперимента может использоваться для оценки некоторой характеристики продукции, процесса или системы с установленным доверительным уровнем. Это может быть сделано с целью подтверждения требований определенного стандарта или для сравнительной оценки нескольких систем.

План эксперимента особенно полезен для исследования сложных систем, на результаты работы которых может потенциально влиять большое количество факторов. Целью эксперимента может быть максимизация или оптимизация представляющей интерес характеристики или уменьшение ее изменчивости. ПЭ

может использоваться, чтобы идентифицировать наиболее влиятельные факторы, степень их влияния, и их связи (то есть, “взаимодействия”), если это имеет место, между факторами. Результаты могут использоваться для того, чтобы способствовать проектированию и разработке продукции или процесса либо чтобы контролировать или улучшать существующую систему.

Информация, получаемая при проведении запланированного эксперимента, может использоваться для создания математической модели, которая описывает представляющие интерес характеристики системы как функции влияющих на них факторов; и с некоторыми ограничениями (упоминаемыми кратко в 4.3.4). Такая модель может использоваться с целью прогнозирования.

4.3.3 Достоинства

При оценке или подтверждении представляющей интерес характеристики, существует потребность убедиться, что полученные результаты не определяются только случайными факторами. Такая необходимость возникает при сравнении оценок, сделанных по какому-либо стандарту, и, даже в большей степени, при сравнении двух или более систем. ПЭ позволяет делать такие оценки с предписанным доверительным уровнем.

Главное преимущество ПЭ - его относительная эффективность и экономичность при исследовании воздействия многочисленных факторов в одном процессе, по сравнению с исследованием каждого отдельного фактора. Кроме того, его способность идентифицировать взаимодействие между некоторыми факторами может привести к более глубокому пониманию процесса. Такие достоинства становятся особенно явными при работе со сложными процессами (то есть процессами, на которые потенциально может влиять большое количество факторов).

Наконец, при исследовании системы имеется риск сделать неправильное предположение о причинной связи там, где может быть только случайная корреляция между двумя или более переменными. Риск такой ошибки может быть уменьшен с помощью разумных принципов плана эксперимента.

4.3.4 Ограничения и предостережения

Некоторый уровень присущей самой системе изменчивости (часто точно описываемый как “шум”) присутствует во всех системах, что может иногда накладываться на результаты исследований и вести к неправильным заключениям. Другие потенциальные источники ошибки включают вносящие путаницу воздействие неизвестных (или просто нераспознанных) факторов, которые могут присутствовать, или воздействие зависимостей между различными факторами в системе. Риск, возникающий из-за таких ошибок, может быть уменьшен хорошо спланированными экспериментами с помощью, например, объема выборки или других соображений в плане эксперимента. Эти риски никогда не могут быть полностью исключены, и поэтому о них нужно помнить при формировании заключений.

Также, строго говоря, результаты эксперимента имеют силу для факторов и диапазона значений, рассматриваемых в эксперименте. Поэтому нужно соблюдать осторожность при экстраполяции (или интерполяции) в областях, значительно выходящих за диапазон значений, рассматриваемых в эксперименте.

Наконец, теория ПЭ делает некоторые фундаментальные предположения, например, о существовании канонического соотношения между математической моделью и изучаемой физической реальностью, действительность или адекватность которых являются предметом дискуссий.

4.3.5 Примеры применений

Известно такое применение ПЭ при оценивании продукции или процессов как, например, при подтверждении эффекта медицинского лечения, или при оценке относительной эффективности нескольких типов лечения. Примеры такого применения в промышленности включают проверку пригодности продукции, согласно требованиям определенных стандартов.

ПЭ широко используется, чтобы выявлять факторы воздействия в сложных процессах и, таким образом, контролировать или улучшать средние значения или уменьшать изменчивость таких представляющих интерес характеристик, как

выходное значение процесса, прочность изделия, долговечность, шумовой уровень и т.д. С такими экспериментами часто сталкиваются в производстве, например, электронных компонентов, автомобилей и химических веществ. Они также широко используются в таких областях как сельское хозяйство и медицина. Область применения остается потенциально обширной.

4.4 Проверка гипотез

4.4.1 Что это такое

Проверка гипотез представляет собой статистическую процедуру определения, с заданным уровнем риска, совместимости совокупности данных (в типовом случае из выборки) с конкретной гипотезой. Гипотеза может относиться к предположению о специфическом статистическом распределении или модели, или же она может относиться к значению некоторого параметра распределения (такого, как его среднее значение).

Процедура проверки гипотез использует оценивание фактов (в форме данных) чтобы решить, следует отклонить конкретную гипотезу относительно статистической модели или параметра.

Применение проверки гипотез явно или неявно подразумевается во многих статистических методах, упоминаемых в данном техническом отчете, таких, как выборочный контроль, карты SPC, план эксперимента, регрессионный анализ и измерительный анализ.

4.4.2 Для чего это используется

Проверка гипотез широко используется для того, чтобы появилась возможность сделать вывод, с заданным доверительным уровнем, справедлива ли гипотеза относительно параметра совокупности (оцененного по выборке). Таким образом, процедура может применяться, чтобы проверить, удовлетворяет ли параметр совокупности требованиям конкретного стандарта; или она может использоваться для проверки различий в двух или более совокупностях. Таким образом она полезна в процессе принятия решений.

Проверка гипотез также используется для проверки предположений,

заложенных в модели, таких, как является ли распределение всей совокупности нормальным, или являются ли данные по выборке случайными.

Процедура проверки гипотез может применяться для определения диапазона значений (этот диапазон описывается как “доверительный интервал”), в котором может находиться на установленном доверительном уровне истинное значение рассматриваемого параметра.

4.4.3 Достоинства

Проверка гипотез позволяет сделать утверждение относительно некоторого параметра совокупности с заданным доверительным уровнем. Это может быть полезным при принятии решений, возможно, зависящих от этого параметра.

Проверка гипотез может одинаковым образом позволять делать утверждения как относительно характера распределения всей совокупности, так и относительно характеристик самой выборки данных.

4.4.4 Ограничения и предостережения

Чтобы гарантировать справедливость заключений, полученных при проверке гипотез, существенно, чтобы были удовлетворены лежащие в их основе статистические предположения, особенно касающиеся независимого и случайного формирования выборки. Более того, доверительный уровень, на основе которого может делаться вывод, регулируется размером выборки.

На теоретическом уровне ведется определенная дискуссия относительно того, как проверка гипотез может использоваться, чтобы делать истинные выводы.

4.4.5 Примеры применений

Проверка гипотез в общем случае применяется тогда, когда должно быть сделано утверждение относительно параметра или распределения одной или большего количества совокупностей (по выборочным оценкам) или при оценке самих данных по выборке. Например, процедура может использоваться для того, чтобы:

- проверить, удовлетворяет ли среднее значение (или стандартное отклонение) всей совокупности заданным требованиям, таким как целевые

требования или требования стандарта;

- проверить, отличаются ли средние значения двух совокупностей данных, например, при сравнении различных партий комплектующих;
- проверить, не превышает ли доля дефектных изделий заданного значения;
- проверить различие в доле дефектных единиц в продукции двух процессов;
- проверить, были ли взяты данные выборки случайным образом из одной совокупности;
- проверить, является ли распределение совокупности нормальным;
- проверить, является ли наблюденное значение в выборке “выбросом”; то есть экстремальным значением, вызывающим сомнение;
- проверить, имеется ли улучшение какой-либо характеристики продукта или процесса;
- определить размер выборки, требуемый для принятия или отклонения гипотезы на установленном доверительном уровне;
- используя данные выборки, определить доверительный интервал, в котором может находиться истинное среднее значение совокупности.

4.5 Измерительный анализ

4.5.1 Что это такое

Измерительный анализ (также известен как “анализ неопределенности измерений” или “анализ системы измерений”) представляет собой набор процедур для оценки неопределенности систем измерения в диапазоне условий, в которых системы работают. Погрешности измерений могут быть проанализированы с использованием тех же методов, которые использовались при анализе характеристик продукции.

4.5.2 Для чего он используется

Неопределенность измерений должна приниматься во внимание всякий раз, когда данные собраны. Измерительный анализ используется для того, чтобы оценить, на заданном доверительном уровне, пригодна ли система измерения для предназначенной цели. Он используется для определения величины вариаций

различного происхождения, таких как вариации, вносимые оценщиком (т.е. производящим измерения персоналом), вариации, возникающие в результате процесса измерения, или вариации, присущие самому инструменту измерения. Он используется также, чтобы описать вариации, вносимые системой измерения, как часть общей вариации процесса, или общей допустимой вариации.

4.5.3 Достоинства

Измерительный анализ обеспечивает количественный и рентабельный путь отбора измерительных инструментов или решения вопроса о том, является ли инструмент способным к оценке исследуемых параметров продукции или процесса.

Измерительный анализ обеспечивает основу для сравнения и согласования различий в измерениях, определяя величину вариаций различного происхождения непосредственно в системах измерения.

4.5.4 Ограничения и предостережения

Во всех случаях, кроме самых простых, измерительный анализ должен проводиться обученными специалистами. Если при его применении отсутствуют тщательность и компетентность, результаты измерительного анализа могут привести к ложному и потенциально дорогостоящему чрезмерному оптимизму и в отношении результатов измерений, и в отношении приемлемости продукции. Наоборот, чрезмерный пессимизм может привести к ненужной замене пригодной системы измерения.

4.5.5 Примеры применений

4.5.5.1 Оценка неопределенности измерений

Определение величины неопределенности измерений может служить поддержкой гарантий организации ее клиентам (внутренним или внешним) в том, что процессы измерения в организации способны адекватно измерять уровень качества, который должен быть достигнут. Анализ неопределенности измерений может часто выявить изменчивость в областях, которые являются критическими для качества продукции и, в результате, заставить организацию направить ресурсы в такие области с тем, чтобы улучшить или сохранить качество.

4.5.5.2 Выбор новых инструментов

Измерительный анализ может помочь в выборе новых инструментов с помощью проверки составляющей вариации, которая связана с инструментом.

4.5.5.3 Определение характеристик конкретного метода (достоверность, сходимость, повторяемость, воспроизводимость и т.д.)

Это позволяет выбрать наиболее подходящие методы измерения, которые должны использоваться для поддержания качества продукции. Это может также позволить организации поддерживать баланс между стоимостью и эффективностью различных методов измерения и их влиянием на качество продукции.

4.5.5.4 Проверка профессионального уровня

Система измерений организации может быть оценена и охарактеризована количественно путем сравнения ее результатов измерений с аналогичными результатами, полученными другими системами измерения. В дополнение к обеспечению гарантии клиентам, это может помочь организации в улучшении применяемых методов или в обучении ее сотрудников измерительному анализу.

4.6 Анализ возможностей процесса

4.6.1 Что это такое

Анализ возможностей процесса представляет собой изучение присущих самому процессу изменчивости и распределения для оценки его способности производить продукцию, характеристики которой находятся в диапазоне, установленном спецификациями.

Когда данные являются измеряемыми переменными (продукции или процесса), присущая процессу изменчивость выражается “разбросом” процесса, если он подлежит статистическому контролю (см. 4.11), и обычно измеряется как шесть стандартных отклонений (6σ) распределения процесса. Если параметры процесса распределены нормально (описываются кривой в виде колокола), этот разброс будет (в теории) охватывать 99,73 % всей совокупности.

Возможность процесса удобно выражать в виде показателя, который связывает фактическую изменчивость процесса с допуском, установленным

спецификациями. Широко используемый показатель изменчивости для переменных данных “ C_p ” (это отношение к общему допуску, разделенному на 6σ), который является мерой теоретической возможности процесса, точно центрированного между пределами, задаваемыми спецификациями. Другой широко используемый показатель, “ C_{pk} ”, описывающий фактическую возможность процесса, может быть или не быть центрированным; особенно “ C_{pk} ” применяется в ситуациях, когда действуют односторонние требования. Другие показатели возможности были разработаны, чтобы лучше учитывать медленные и быстрые составляющие изменчивости и вариаций относительно значения, являющегося целью процесса.

Когда данные процесса включают в себя такие “характеристики” (например, процент несоответствия или количество несоответствий), то устанавливаются такие показатели возможности процесса, как средняя доля несоответствующих единиц, или средний уровень несоответствий.

4.6.2 Для чего он используется

Анализ возможностей процесса используется, чтобы оценивать способность процесса производить продукцию, которая стабильно соответствует спецификациям, а также оценивать ожидаемое количество несоответствующей продукции.

Эта концепция может применяться к оценке возможностей любой составляющей процесса, такой, как специальная машина. Анализ “возможностей машины” может использоваться, например, для оценки специального оборудования или его вклада в общие возможности процесса.

4.6.3 Достоинства

Анализ возможностей процесса обеспечивает оценку присущей процессу изменчивости и оценку ожидаемого процента несоответствующих изделий. Это позволяет организации оценить стоимость несоответствия и может помочь при принятии решений относительно усовершенствования процесса.

Установление минимальных стандартов для возможностей процесса может

привести организацию к выбору процессов и оборудования, которые обеспечат производство приемлемой продукции.

4.6.4 Ограничения и предостережения

Концепция анализа возможностей полностью применима к процессу в состоянии статистического контроля. Поэтому анализ возможностей процесса следует выполнять в сочетании с методами контроля, чтобы обеспечить непрерывное подтверждение контроля.

Оценки процента несоответствующих изделий делаются в предположении нормальности. Когда строгая нормальность практически не реализуется, с такими оценками следует обращаться осторожно, особенно в случае процессов с высокими показателями изменчивости.

Показатели возможностей могут вводить в заблуждение, когда распределение процесса является существенно ненормальным. В этих случаях оценки процента несоответствующих изделий следует основывать на методах анализа, разработанных для таких распределений. Аналогично, в случае процессов, которые находятся под воздействием систематических неслучайных причин вариации, таких, как износ инструмента, для вычисления и интерпретации возможностей должны использоваться специализированные подходы.

4.6.5 Примеры применений

Возможности процесса используются, чтобы установить рациональные технические спецификации для производимых изделий, при гарантии, что составляющие вариаций согласуются с допусками на вариации, заявленными для собранной продукции. Наоборот, когда необходимы жесткие допуски, от изготовителей комплектующих требуются, чтобы был достигнут заданный уровень возможностей процесса для гарантирования высокого уровня производства продукции при минимальных потерях.

Высокие значения возможностей процесса (например, $C_p \geq 2$) иногда используются на уровне комплектующих и подсистем, чтобы достичь желательного совокупного качества и надежности сложных систем.

Анализ возможностей машины используется, чтобы оценить способность машины производить работу в соответствии с заданными требованиями. Это полезно для принятия решений о закупке или ремонте.

Производители приборов в автомобильной, космической, электронной, продовольственной, фармацевтической и медицинской отраслях обычно используют возможности процесса как главный критерий оценки субподрядчиков и изделий. Это позволяет производителю минимизировать прямой контроль закупленных изделий и материалов.

Некоторые компании, занимающиеся производством или оказанием услуг, отслеживают показатели возможностей процессов, чтобы выявлять потребность в усовершенствованиях процессов или проверять эффективность таких усовершенствований.

4.7 Регрессионный анализ

4.7.1 Что это такое

Регрессионный анализ соотносит поведение интересующей характеристики (обычно называемой “переменной отклика”) с потенциально причинными факторами (обычно называемыми “независимыми переменными”). Такие соотношения задаются с помощью модели, которая может определяться научными, экономическими, инженерными или другими соображениями. Цель состоит в том, чтобы помочь понять потенциальную причину вариаций в отклике и объяснить, насколько много вносит каждый фактор в эту вариацию. Это достигается статистическим связыванием вариации переменной отклика с вариациями независимых переменных и получением лучшей согласованности путем минимизации отклонений между предсказанным и фактическим откликом.

4.7.2 Для чего он используется

Регрессионный анализ позволяет сделать следующее:

- проверить гипотезы относительно влияния потенциально независимых переменных на отклик и использовать эту информацию для оценок изменений в отклике при заданном изменении независимой переменной;

- предсказать значения переменной отклика при заданных значениях независимых переменных;
- предсказать (с заданным доверительным уровнем) диапазон значений, в котором будет находиться ожидаемое значение отклика при заданном значении независимой переменной;
- оценить направление и степень связи между переменной отклика и независимой переменной (хотя такая связь не означает причинную зависимость). Такая информация могла бы использоваться, например, для определения влияния изменения такого фактора, как температура, на выходные характеристики процесса, в то время как другие факторы остаются постоянными.

4.7.3 Достоинства

Регрессионный анализ может обеспечить понимание соотношений между различными факторами и представляющим интерес откликом, и такое понимание может помочь в принятии решений, связанных с изучаемым процессом, и, в конечном счете, улучшить процесс.

Понимание, достигаемое с помощью регрессионного анализа, вытекает из его способности в сжатом виде представлять изображение в данных отклика, сравнивать различные, но связанные частные наборы данных, и анализировать потенциальные отношения “причина – следствие”. Когда соотношения хорошо смоделированы, регрессионный анализ может обеспечивать оценку относительных величин влияния независимых переменных так же, как относительного влияния этих переменных. Эта информация потенциально ценна при контроле или улучшении выходных характеристик процесса.

Регрессионный анализ может также обеспечивать оценки величины и источника влияний на отклик, вызванных факторами, которые или не измерены или опущены в анализе. Эта информация может использоваться для улучшения системы измерения или контроля процесса.

Регрессионный анализ может использоваться, чтобы предсказать значение переменной отклика при заданных значениях одной или более независимых

переменных; аналогично он может использоваться, чтобы предсказать влияние изменений независимых переменных на полученный или предсказанный отклик. Он может быть полезен для проведения таких исследований перед тем, как потратить время или деньги на решение проблемы, когда эффективность предполагаемых действий неизвестна.

4.7.4 Ограничения и предостережения

При моделировании процесса требуется умение в определении лучшего описания модели регрессии (например, линейной, экспоненциальной, многомерной) и в использовании диагностики, чтобы улучшить модель. Наличие неучтенных переменных, погрешностей измерений и других источников необъясненных вариаций в отклике может усложнить моделирование. Какой метод оценки является подходящим для регрессионного анализа, определяется предположениями, лежащими в основе рассматриваемой регрессионной модели, и характеристиками имеющихся данных.

Проблема, иногда возникающая при разработке регрессионной модели, заключается в наличии данных, обоснованность которых находится под вопросом. Обоснованность таких данных должна быть исследована, где возможно, так как включение или не включение данных анализа может оказать влияние на оценку параметров модели и, следовательно, на отклик.

При моделировании является важным упрощение модели с помощью минимизации количества независимых переменных. Включение ненужных переменных может скрыть влияние независимых переменных и уменьшить точность прогнозов, сделанных с помощью модели. Однако ощущение существенной независимой переменной может серьезно ограничить модель и полезность результатов.

4.7.5 Примеры применений

Регрессионный анализ используется для моделирования таких характеристик производства, как объем производимой продукции, производительность, качество исполнения, временной цикл, вероятность отказов при испытании или контроле, и

различных видов недостатков в процессах. Регрессионный анализ используется для того, чтобы выявить наиболее важные факторы в таких процессах, а также величину и характер их вклада в представляющие интерес характеристики.

Регрессионный анализ используется для прогнозирования результатов эксперимента или управляемого или ретроспективного изучения изменений в материалах или условиях производства.

Регрессионный анализ также используется для проверки замены одного метода измерения другим, например замены разрушающего или отнимающего много времени метода неразрушающим или экономящим время методом.

Примеры применений нелинейной регрессии включают моделирование концентрации препарата как функций времени и массы респондентов; моделирование химических реакций как функции времени, температуры и давления.

4.8 Анализ безотказности

4.8.1 Что это такое

Анализ надежности представляет собой применение инженерных и аналитических методов к оценке, прогнозированию и гарантированию свободного от проблем функционирования изделия или системы в течение рассматриваемого времени².

Методы, используемые для анализа безотказности, часто требуют использования статистических методов, оперирующих с неопределенностью, случайными характеристиками или вероятностями возникновения событий (отказов и т.п.) за какое-то время. В общем случае для такого анализа, чтобы характеризовать представляющие интерес переменные, такие как “наработка на отказ”, или “время между отказами”, применяются соответствующие статистические модели. Параметры этих статистических моделей оцениваются с помощью эмпирических данных, получаемых при лабораторных или заводских

² Анализ надежности тесно связан с более широкой областью “общая надежность”, которая включает в себя ремонтпригодность и эксплуатационную готовность. Эти и связанные с ними другие методы и подходы определяются и рассматриваются в публикациях МЭК, указанных в библиографии.

испытаниях или в процессе практического функционирования.

Анализ надежности охватывает и другие методы (такие как анализ видов и последствий неисправностей), в которых основное внимание сосредотачивается на физической природе и причинах отказа, и предотвращении или сокращении отказов.

4.8.2 Для чего он используется

Анализ надежности используется для:

- проверки выполнения определенных мер по обеспечению надежности на основе данных испытаний ограниченной продолжительности и привлечения заданного количества испытываемых изделий;

- прогноза вероятности свободного от проблем функционирования или других показателей надежности таких, как интенсивность отказов или среднее время между отказами компонентов или систем;

- моделирования схем отказов и рабочих сценариев функционирования изделий или выполнения услуг;

- предоставления статистических данных относительно таких параметров конструкции, как напряжение и прочность, полезных для вероятностного проектирования;

- выявления критических компонентов или компонентов с высоким риском, видов и механизмов вероятных отказов и обеспечения поиска причин и профилактических мер.

Статистические методы, используемые при анализе надежности, позволяют применять статистические доверительные уровни к оценкам параметров разработанных моделей безотказности и к прогнозам, сделанным с использованием таких моделей.

4.8.3 Достоинства

Анализ надежности обеспечивает количественный показатель функционирования изделий и выполнения услуг на базе отказов или прерывания услуги. Действия по повышению надежности тесно связаны с деятельностью по

ограничению риска при функционировании системы. Надежность часто является существенным фактором при оценке качества изделия или услуги, а также удовлетворенности потребителя.

Преимущества использования статистических методов при анализе надежности включают:

- способность прогнозировать и количественно определять вероятность отказов и других показателей надежности с установленным доверительным уровнем;

- понимание при принятии решений относительно различных альтернатив конструкции, использующих различные стратегии резервирования и повышения надежности;

- разработку объективных критериев приемки или отбраковки для проведения испытаний на соответствие для демонстрации выполнения требований к надежности;

- способность планировать оптимальные схемы профилактического обслуживания и замены, основанные на данных анализа надежности функционирования, обслуживания и износа изделий;

- возможность улучшить проект для наиболее экономичного достижения целей надежности.

4.8.4 Ограничения и предостережения

Основным предположением при анализе надежности является предположение о том, что функционирование изучаемой системы можно обоснованно охарактеризовать статистическим распределением. Точность оценок безотказности будет, поэтому, зависеть от действительности этого предположения.

Анализ надежности усложняется, когда имеют место многочисленные отказы, которые могут соответствовать или не соответствовать одному и тому же статистическому распределению. Также, когда количество отказов, наблюдаемых при испытании на безотказность, мало, это может сильно влиять на статистическую достоверность и сходимость оценок надежности.

Еще одна трудность связана с условиями, при которых проводится испытание на надежность, и это особенно выражено тогда, когда при испытании используют некоторую форму “ускоренной нагрузки” (т.е. нагрузку значительно большую, чем та, которая воздействует на изделие при нормальном использовании). Могут возникнуть трудности при определении соотношения между отказами, наблюдаемыми при испытаниях, и функционированием изделия при нормальных условиях эксплуатации, что добавит неопределенности в прогнозах относительно надежности.

4.8.5 Примеры применения

Типичные примеры применения анализа надежности включают:

- проверку того, что компоненты или изделия могут выполнить установленные требования к надежности;
- проектирование затрат в процессе жизненного цикла изделия, основанное на анализе надежности по данным испытаний при вводе новых изделий;
- рекомендации по принятию решений об изготовлении или закупке запасных изделий на основе анализа их надежности и оцененного воздействия на плановые поставки и снижение затрат, связанных с ожидаемыми отказами;
- проектирование программного обеспечения, основанное на результатах испытаний, улучшении качества и повышении безотказности, а также установление плановых целей выпуска программного обеспечения, совместимого с рыночными требованиями;
- определение доминирующих характеристик износа изделия, чтобы содействовать улучшению конструкции изделия или планировать соответствующее техническое обслуживание и необходимые мероприятия.

4.9 Выборочный контроль

4.9.1 Что это такое

Выборочный контроль представляет собой систематический статистический метод получения информации относительно некоторой характеристики совокупности с помощью изучения представительной части (т. е. выборки) из

совокупности. Имеются различные методы выборочного контроля, которые могут использоваться, такие как простой случайный, систематический, последовательный, с пропуском партий и т.д., и выбор метода определяется целью контроля и условиями, при которых он должен проводиться.

4.9.2 Для чего он используется

Выборочный контроль может быть условно разделен на две широкие области: “приемочный выборочный контроль” и “выборочное обследование”.

Приемочный выборочный контроль имеет дело с решением относительно принятия или непринятия “партии” (т.е. группы изделий) на основании результатов выборки, взятой из этой “партии”. Имеется широкий диапазон планов приемочного выборочного контроля, способный удовлетворить заданные требования и обеспечить необходимое применение.

Выборочное обследование используется при сборе сведений или аналитических исследованиях для получения оценок значений одной или большего количества характеристик в совокупности, или для определения того, как эти характеристики распределены по совокупности. Выборочное обследование часто связывается с опросами, когда информация относительно предмета собирается из мнений опрашиваемых. Вместе с тем оно может таким же образом применяться к данным, собираемым для других целей, таких как аудит.

Специализированной формой выборочного обследования является исследовательский выборочный контроль, используемый при изучении собранных сведений для извлечения информации о характеристиках совокупности или части совокупности. Таким является выборочный контроль производства, который может быть выполнен, например, для проведения анализа возможностей процесса.

Другим примером применения является выборка из массы материалов (например, минералов, жидкостей и газов), для которой разрабатываются планы выборочного контроля.

4.9.3 Достоинства

Должным образом построенный план выборочного контроля обеспечивает

экономии времени, расходов и труда по сравнению с проверкой всех элементов совокупности или 100%-го контроля партии. В тех случаях, когда для проверки изделия используется разрушающий контроль, выборочный контроль является единственным практическим способом получения необходимой информации.

Выборочный контроль предлагает рентабельный и экономный по времени способ получения предварительной информации относительно значений или распределения представляющих интерес характеристик совокупности.

4.9.4 Ограничения и предостережения

При формировании плана выборочного контроля, пристальное внимание следует уделять решениям, касающимся размера выборки, частоте выборочного контроля, отбору образцов, типового выбора, основаниям для формирования подгрупп и различным другим аспектам методологии выборочного контроля.

Выборочный контроль требует, чтобы образец выбирался нетенденциозно, (т.е., чтобы он был представительным для совокупности, из которой он отобран). Если это требование не выполнено, то оценки характеристик совокупности будут недостоверными. В случае приемочного выборочного контроля непредставительная выборка может привести или к неоправданной отбраковке партий с приемлемым качеством или нежелательным принятием партий с неприемлемым качеством.

Даже при нетенденциозно выбранных образцах информация, полученная из выборок, подвержена, в некоторой степени, ошибкам. Величина этих ошибок может быть уменьшена при увеличении объема выборки, но сами ошибки не могут быть устранены. В зависимости от специфики и ситуации, в которой осуществляется выборочный контроль, объем выборки, необходимый для достижения желательного уровня доверительности и сходимости, может быть слишком большим, чтобы иметь практическое значение.

4.9.5 Примеры применения

Выборочные обследования находят частое применение при исследовании рынка, например, чтобы оценить (указать), какая часть населения сможет купить

определенную продукцию. Другим примером применения являются ревизии запасов, чтобы оценить процент изделий, которые удовлетворяют заданным критериям.

Выборочный контроль используется для проведения проверок операторов, машин или изделий в процессе работы, чтобы контролировать изменения и определять корректирующие и предупреждающие действия.

Приемочный выборочный контроль широко используется в промышленности, чтобы обеспечить определенный уровень гарантии того, что поступающие материалы удовлетворяют заданным требованиям.

Проводя выборку из массы, можно оценить количество или характеристики составляющих материала в массе (например, минералов, жидкостей и газов).

4.10 Моделирование

4.10.1 Что это такое

Моделирование - собирательный термин для процедур, в соответствии с которыми для решения какой-либо проблемы (теоретической или эмпирической) система представляется математически с помощью компьютерной программы. Если представление использует понятия теории вероятности и специальные случайные переменные, моделирование носит название "метод Монте-Карло".

4.10.2 Для чего оно используется

В теоретической области моделирование используется, когда не существует исчерпывающей теории для решения проблемы (или, если такая теория существует, решение получить трудно или невозможно) и когда решение может быть получено с помощью компьютера. В экспериментальной области моделирование используется, если система может быть адекватно описана компьютерной программой. Моделирование также полезный инструмент в обучении работе со статистическими данными.

Эволюция относительно недорогих возможностей компьютера приводит к увеличению применения моделирования для решения проблем, к которым до настоящего времени не обращались.

4.10.3 Достоинства

В теоретической области моделирование (в особенности метод Монте-Карло) используется, если прямые вычисления при решении проблем невозможны или слишком трудны, чтобы выполнить их непосредственно (например, вычислить n -кратный интеграл). Точно так же в экспериментальной области моделирование используется, когда экспериментальные исследования невозможны или слишком дороги. Выгода моделирования состоит в том, что оно позволяет получать решения с экономией времени и денег или что оно вообще позволяет получать решения.

Выгода использования моделирования в обучении работе со статистическими данными очевидна, так как оно может эффективно иллюстрировать случайные изменения.

4.10.4 Ограничения и предостережения

В области теории доказательства, основанные на концептуальных рассуждениях, должны быть предпочтены моделированию, так как моделирование часто не обеспечивает понимания причин получаемых результатов.

Компьютерное моделирование эмпирических моделей ограничено тем, что модель может не быть адекватной (т.е. она может неудовлетворительно представить проблему). Поэтому такое моделирование не может рассматриваться как замена реальных эмпирических исследований и экспериментирования.

4.10.5 Примеры применения

Крупномасштабные проекты (такие как космические программы) обычно используют метод Монте-Карло. Применения не ограничены какой-либо отраслью промышленности. Типичные области применений включают статистическое установление допуска, моделирование процессов, системную оптимизацию, теорию надежности и прогнозирование. Некоторыми специфическими применениями являются:

- моделирование изменений в механических частях собранных узлов;
- моделирование вибраций профилей в сложных узлах;
- определение оптимальных графиков профилактического обслуживания;

- проведение стоимостного и других видов анализа в процессах проектирования и производства, чтобы оптимизировать распределение ресурсов.

4.11 Карты SPC (карты статистического контроля процесса)

4.11.1 Что это такое

Карта SPC или “контрольная карта” является графиком данных, полученных из выборок, которые периодически отбираются из процесса и последовательно наносятся на график. На картах SPC также отмечают “границы регулирования”, которые описывают присущую процессу изменчивость в устойчивом состоянии. Функция контрольной карты состоит в том, чтобы помогать оценивать стабильность процесса, и это осуществляется при рассмотрении положения наносимых на карту данных относительно границ регулирования.

На график может наноситься любая переменная (данные измерений) или представляющая интерес характеристика (вычисляемые данные) изделия или процесса. В случае переменных данных контрольная карта обычно используется для контроля изменений некоторого центра процесса, и отдельная контрольная карта - для контроля изменений изменчивости процесса.

Для качественных данных, в контрольных картах обычно используются количество или доля (пропорция) несоответствующих единиц, или количество несоответствий, обнаруженных в образцах, взятых из процесса.

Обычная форма контрольной карты для переменных данных называется контрольной “картой Шухарта”. Имеются другие формы контрольных карт, каждая из которых обладает свойствами, подходящими для применения в специальных обстоятельствах. Примерами их являются контрольные карты “кумулятивных сумм”, которые обладают повышенной чувствительностью к небольшим изменениям в процессе, и “карты скользящего среднего значения” (единого или взвешенного), которые служат для сглаживания краткосрочных изменений, чтобы выявить устойчивые тенденции.

4.11.2 Для чего они используются

Карты SPC используются для обнаружения изменений в процессе.

Нанесенные данные, которые могут быть отдельно считанными результатом измерения или некоторой статистикой типа среднего выборочного значения, сравниваются с границами регулирования. На самом простом уровне, нанесенная точка, которая выходит за границы регулирования, сигнализирует о возможном изменении в процессе, возможно из-за некоторой неслучайной причины. Этим выявляется необходимость исследовать причину “выхода за установленные границы” и отрегулировать процесс там, где необходимо. Это помогает поддерживать стабильность процессов и, в конечном счете, их улучшать.

Использование контрольных карт может быть отработано с тем, чтобы ускорить появление признака изменения процесса или повысить чувствительность к малым изменениям. Этого можно добиться с помощью дополнительных критериев при интерпретации тенденций и типичных фрагментов в нанесенных на карту данных.

4.11.3 Достоинства

В дополнение тому, что контрольные карты делают данные видимыми для пользователя, они облегчают соответствующий отклик на изменение процесса, помогая пользователю отличить случайное изменение, присущее устойчивому процессу, от изменения, вызванного вероятно “неслучайной причиной” (т.е. вызванной особым случаем), своевременное обнаружение и исправление которой могут помочь улучшить процесс. Примеры роли и значения контрольных карт в некоторых связанных с процессом видах деятельности приводятся ниже.

- Управление процессом: переменные контрольные карты используются, чтобы обнаружить изменения в центре процесса или в изменчивости процесса и предпринять корректирующие действия, таким образом поддерживая или восстанавливая стабильность процесса.
- Анализ возможностей процесса: если процесс находится в устойчивом состоянии, данные контрольных карт могут использоваться для последующего оценивания возможностей процесса.
- Анализ системы измерений: при введении границ регулирования, которые

отражают присущую системе измерений изменчивость, контрольные карты могут показать, способна ли система измерений обнаруживать представляющую интерес изменчивость процесса или изделия. Контрольные карты могут также использоваться, чтобы наблюдать непосредственно за самим измерительным процессом.

- Анализ причин и последствий: корреляция между событиями процесса и данными контрольной карты может помочь делать выводы о лежащей в основе неслучайной причины и планировать эффективные действия.

- Постоянное совершенствование процесса: контрольные карты используются, чтобы контролировать и помогать в идентификации и адресации причины изменения процесса. Установлено, что они особо эффективны, когда применяются как часть системной программы постоянного улучшения работы организации.

4.11.4 Ограничения и предостережения

Важно производить выборки из процесса таким способом, который лучше всего показывает представляющие интерес изменения. Такие выборки называются “рациональными подгруппами”. Это является самым важным для эффективного использования и интерпретации карт SPC и для понимания источников изменения процесса.

При кратковременных процессах возникают особые трудности, так как редкими являются случаи, когда имеются достаточные данные для установления подходящих границ регулирования.

При интерпретации контрольных карт существует риск “ложной тревоги” (т.е. риск сделать вывод о том, что изменение произошло, тогда как этого не случилось). Существует также риск не обнаружить изменения, которое на самом деле произошло. Эти риски могут быть уменьшены, но полностью их устранить нельзя.

4.11.5 Примеры применения

Компании, занимающиеся автомобилестроением, электроникой, обороной и

т.д. часто требуют от своих поставщиков сохранять сделанные для критических характеристик контрольные карты, чтобы постоянно демонстрировать стабильность и возможности процесса. Если получены несоответствующие изделия, контрольные карты используются, чтобы помочь в установлении риска и определить область применения корректирующего действия.

Контрольные карты используются в решении проблемы рабочих мест. Они применялись на всех уровнях организаций в помощь выявлению проблем и анализу их основных причин.

Контрольные карты используются в машиностроительных отраслях, чтобы уменьшить ненужное вмешательство в процесс (чрезмерное регулирование), позволяя служащим различать изменения, которые присущи процессу, и изменения, которые могут быть приписаны неслучайной причине.

Контрольные карты таких характеристик выборки, как среднее время ответа, частота появления ошибки и частота жалоб, используются, чтобы измерять, диагностировать и улучшать выполнение работ в сфере услуг.

4.12 Статистические методы задания допусков

4.12.1 Что это такое

Статистические методы задания допусков – это процедура, основанная на некоторых статистических принципах и используемая для установления допусков. Она применяет статистические распределения соответствующих размеров компонентов для определения общего допуска для собранного изделия.

4.12.2 Для чего оно используется

При сборке большого количества отдельных компонентов в один модуль часто критическим фактором или требованием с точки зрения сборки и взаимозаменяемости таких модулей являются не размеры отдельного компонента, а вместо этого общий размер, полученный в результате сборки.

Экстремальные значения общего размера (то есть очень большие или очень маленькие размеры), могут реализоваться только в том случае, когда размеры *всех* индивидуальных компонентов лежат или у нижней или у верхней границы их

соответствующих индивидуальных допусков. В рамках структуры цепочки допусков, если индивидуальные допуски прибавлять к допуску на общий размер, то этот допуск представляет собой полный арифметический допуск.

При статистическом определении общих допусков предполагается, что в сборке большого количества отдельных компонентов размеры, лежащие вблизи одной границы диапазона индивидуальных допусков, будут сбалансированы размерами, лежащими вблизи другой границы диапазона допусков. Например, индивидуальный размер, лежащий у нижней границы диапазона допусков, может быть скомпенсирован другим размером (или комбинацией размеров), лежащих у верхней границы диапазона допусков. На основании статистических законов, при известных условиях, общий размер будет иметь приближенно нормальное распределение. Этот факт почти не зависит от распределения индивидуальных размеров и может, поэтому, использоваться для оценки диапазона допусков на общий размер собранного модуля. С другой стороны, если задан диапазон допусков на общий размер, то он может быть использован для определения диапазона допусков на размеры индивидуальных компонентов.

4.12.3 Достоинства

Если задан набор индивидуальных допусков (которые не должны обязательно совпадать), вычисление статистического общего допуска даст значение допуска на общий размер, которое будет обычно значительно меньше, чем допуск на общий размер, рассчитанный арифметически.

Это означает, что при заданном допуске на общий размер статистическое установление допуска позволит использовать более широкие допуски на индивидуальные размеры, чем допуски, определяемые путем арифметических расчетов. На практике это может дать существенные выгоды, так как более широкие допуски связаны с более простыми и более рентабельными методами производства.

4.12.4 Ограничения и предостережения

Статистические методы задания допусков требуют, прежде всего,

определить, какая приемлемая доля собранных модулей может выходить за диапазон допусков на общий размер. Для практической реализации (без необходимости использования передовых методов) следует выполнить следующие предпосылки:

- индивидуальные реальные размеры могут рассматриваться как некоррелированные случайные переменные;
- цепочка размеров линейна;
- цепочка размеров имеет, по крайней мере, четыре звена;
- индивидуальные допуски являются величинами одного порядка;
- распределения индивидуальных размеров цепочки известны.

Очевидно, что некоторые из этих требований могут только быть выполнены только тогда, когда изготовление индивидуальных рассматриваемых компонентов может контролироваться и постоянно отслеживаться. В случае изделий, находящихся в стадии разработки, при применении статистического установления допуска следует руководствоваться опытом и инженерными знаниями.

4.12.5 Примеры применения

Теория статистического установления допусков обычно применяется при сборке частей, включают дополнительные связи, или в случаях с простым вычитанием (например, вал и отверстие). Отрасли промышленности, которые используют статистическое установление допусков, включают в себя машиностроение, электронику и химическую промышленность. Теория также применяется в компьютерном моделировании для определения оптимальных допусков.

4.13 Анализ временных рядов

4.13.1 Что это такое

Анализ временных рядов – это семейство методов для изучения совокупности наблюдений, сделанных последовательно во времени. Анализ временных рядов используется здесь для ссылки на аналитические методы, применяемые для:

- обнаружения запаздывания типичных “фрагментов” графика при статистическом рассмотрении того, как каждое наблюдение коррелируется с непосредственно ему предшествующим, и повторения этого для каждого следующего один за другим периодов запаздывания;
- обнаружения типичных фрагментов графика, которые являются циклическими или сезонными, для понимания того, как причинные факторы в прошлом могут повторить свое влияние в будущем;
- использования статистических инструментов, чтобы предсказать будущие наблюдения или понимать, какие причинные факторы внесли наибольший вклад в изменения временного ряда.

Так как методы, используемые для анализа временных рядов, могут включать простые “тренд-карты”, такие элементарные графики перечислены в настоящем техническом отчете среди простых графических методов, указанных в п. 4.2.1 “Описательная статистика”

4.13.2 Для чего он используется

Анализ временных рядов используется для описания фрагментов в данных временного ряда, для выявления “выбросов” (то есть экстремальных значений, достоверность которых должна быть исследована), чтобы помочь их понять или провести регулировку, и для обнаружения точек возврата в тренде. Другое использование заключается в совместном объяснении фрагментов одного временного ряда такими же фрагментами другого временного ряда со всеми задачами, свойственными регрессионному анализу.

Анализ временных рядов используется для прогнозирования будущих значений временных рядов, в типовых случаях с некоторыми верхними и нижними пределами, известными как интервал прогноза. Он широко используется в области регулирования и часто применяется в автоматизированных процессах. В этом случае вероятностная модель привязывается к предшествующим временным рядам, прогнозируются будущие значения, и затем определенные параметры процесса регулируются, чтобы поддерживать процесс в заданных границах с минимальными,

насколько возможно, вариациями.

4.13.3 Достоинства

Методы анализа временных рядов полезны в планировании, в разработке контроля, в обнаружении изменений в процессе, в прогнозировании, и в измерении эффекта некоторого внешнего вмешательства или воздействия.

Анализ временных рядов также полезен для сравнения проектируемого выполнения процесса с предсказанными значениями во временном ряду, если необходимо ввести определенные изменения.

Методы временных рядов могут обеспечивать понимание возможных моделей типа “причина и следствие”. Существуют методы для отделения систематических (или неслучайных) причин от случайных и для разбиения диаграмм временного ряда на циклические, сезонные и тренд-компоненты.

Анализ временных рядов часто полезен для понимания того, как процесс будет вести себя в указанных условиях, и какое регулирование (если оно есть) может направлять процесс к некоторому целевому значению или какое регулирование может уменьшить изменчивость процесса.

4.13.4 Ограничения и предостережения

Ограничения и предостережения, описанные для регрессионного анализа, также относятся и к анализу временных рядов. При моделировании процесса для понимания причин и следствий требуется существенный уровень квалификации, чтобы выбрать наиболее подходящую модель и использовать средства диагностики для улучшения модели.

Включение или не включение в анализ отдельных наблюдений или их небольшой совокупности может оказать значительное влияние на модель. Поэтому значимые наблюдения должны быть поняты и отделены от выбросов в данных.

Различные методы оценки для временных рядов могут применяться с различной степенью успеха в зависимости от диаграмм временных рядов и количества временных периодов, для которых желательно иметь прогноз, относительно количества временных периодов, для которых имеются данные

временных рядов. При выборе модели следует рассматривать цель анализа, природу данных, относительные затраты и аналитические характеристики и характеристики прогноза различных моделей.

4.13.5 Примеры применения

Анализ временных рядов применяется, чтобы изучить диаграммы выполнения работы за какое-то время, например, измерений процесса, жалоб потребителей, несоответствий, производительности и результатов испытаний.

Применения при прогнозе включают прогноз необходимости запасных частей, невыхода на работу, заказов потребителей, потребностей в материалах, потребления электроэнергии.

Причинный анализ временных рядов используется, чтобы развивать прогнозирующие модели потребностей. Например, в контексте надежности он используется, чтобы предсказать количество событий в заданном периоде времени и распределение интервалов времени между событиями, например перерывов в работе оборудования.

Библиография

Публикации ISO, относящиеся к статистическим методам

- [1] ISO 2602:1980 *Статистическая обработка результатов испытаний. Оценка среднего значения. Доверительный интервал*
- [2] ISO 2854:1976 *Статистическая обработка данных. Методы оценки и проверки гипотез о средних значениях и дисперсиях*
- [3] ISO 2859-0:1995 *Методы выборочного контроля по качественным признакам. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по качественным признакам согласно ISO 2859*
- [4] ISO 2859-1:1999 *Методы выборочного контроля по качественным признакам. Часть 1. Планы выборочного контроля с указанием приемлемого уровня качества (AQL) для последовательного контроля партий*
- [5] ISO 2859-2:1985 *Методы выборочного контроля по качественным признакам. Часть 2. Планы выборочного контроля с указанием предельных уровней качества (LQ) для контроля отдельных партий*
- [6] ISO 2859-3:1991 *Методы выборочного контроля по качественным признакам. Часть 3. Методы выборочного контроля с пропуском партий*
- [7] ISO 2859-4:2002 *Методы выборочного контроля по качественным признакам. Часть 4. Методы оценки заявленных уровней качества*
- [8] ISO 3207:1975 *Статистическая обработка данных. Определение доверительного интервала*
- [9] ISO 3301:1975 *Статистическая обработка данных. Сравнение двух средних значений, полученных в результате парных наблюдений*
- [10] ISO 3494:1976 *Статистическая обработка данных. Эффективность контроля по средним значениям и дисперсиям*
- [11] ISO 3534-1:1993 *Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Термины, используемые в теории вероятности, и общие статистические термины*

- [12] ISO 3534-2:1993 *Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Статистический контроль качества*
- [13] ISO 3534-3:1985 *Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 3. План эксперимента*
- [14] ISO 3951:1989 *Методы выборочного контроля и карты для контроля по количественным признакам при процентном определении дефектов.*
- [15] ISO 5479:1997 *Статистическая обработка данных. Критерии отклонения нормального распределения.*
- [16] ISO 5725-1:1994 *Точность (достоверность и сходимостъ) методов и результатов измерений. Часть 1. Общие принципы и определения.*
- [17] ISO 5725-2:1994 *Точность (достоверность и сходимостъ) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости результатов стандартного метода измерений.*
- [18] ISO 5725-3:1994 *Точность (достоверность и сходимостъ) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные критерии погрешности стандартного метода измерения*
- [19] ISO 5725-4:1994 *Точность (достоверность и сходимостъ) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы для определения достоверности стандартного метода измерения*
- [20] ISO 5725-5:1998 *Точность (достоверность и сходимостъ) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения погрешности стандартного метода измерения*
- [21] ISO 5725-6:1994 *Точность (достоверность и сходимостъ) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование на практике характеристик правильности*
- [22] ISO 7870:1993 *Карты контрольные. Общее руководство и введение.*
- [23] ISO/TR 7871:1997 *Карты контрольные общих сумм. Руководство по контролю качества и анализу данных с использованием методик общей суммы.*

- [24] ISO 7873:1993 *Карты контрольные средних арифметических значений с предупреждающими границами*
- [25] ISO 7966:1993 *Карты приемочного контроля*
- [26] ISO 8258:1991 *Карты контрольные Шухарта*
- [27] ISO 8422:1991 *Планы последовательного выборочного контроля по качественным признакам.*
- [28] ISO 8423:1991 *Планы последовательного выборочного контроля по количественным признакам для процентного определения изделий, несоответствующих техническим условиям (при известном среднем квадратическом отклонении)*
- [29] ISO/TR 8550:1994 *Руководство по выбору системы приемочного выборочного контроля, схемы или плана контроля отдельных изделий в партиях*
- [30] ISO 8595:1989 *Обработка статистических данных. Оценка среднего значения*
- [31] ISO 9001:2000 *Системы менеджмента качества. Требования*
- [32] ISO 9004:2000 *Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности.*
- [33] ISO 10012 *Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерения и измерительному оборудованию*
- [34] ISO 10725:2000 *Планы приемочного выборочного контроля и методы контроля сыпучих материалов*
- [35] ISO 11095:1996. *Калибровка линейная с использованием эталонных материалов*
- [36] ISO 11453:1996 *Статистическая обработка данных. Испытания и доверительные интервалы, касающиеся пропорций.*
- [37] ISO 11462-1:2001 *Руководство по внедрению статистического производственного контроля. Часть 1. Элементы статистического производственного контроля*

- [38] ISO 11648-2 *Статистические аспекты отбора проб сыпучих материалов. Часть 2. Отбор проб материалов в виде макрочастиц*
- [39] ISO 11843-1:1997 *Способность к обнаружению. Часть 1. Термины и определения*
- [40] ISO 11843-2:2000 *Способность к обнаружению. Часть 2. Методика линейного градуирования*
- [41] ISO/TR 13425:1995 *Руководство по выбору статистических методов при разработке стандартов и технических условий*
- [42] ISO 14253-1:1998 *Геометрические характеристики изделий (GPS). Контроль измерением обрабатываемых изделий и измерительная аппаратура. Часть 1. Правила принятия решения для доказательства соответствия или несоответствия техническим условиям*
- [43] ISO/TS 14253-2:1999 *Геометрические характеристики изделий (GPS). Контроль измерением обрабатываемых изделий и измерительная аппаратура. Часть 2. Руководство по оценке неопределенности в области измерений геометрических параметров продукции при калибровке измерительного оборудования и контроле продукции*
- [44] ISO 16269-7:2001 *Статистическая обработка данных. Часть 7. Медиана. Оценка и доверительные интервалы*
- [45] Руководство ISO 33:2000 *Использование сертифицированных эталонных материалов*
- [46] Руководство ISO 35:1989 *Сертификация эталонных материалов. Общие и статистические принципы*
- [47] Руководство ISO/IEC 43-1:1997 *Проверка компетентности путем межлабораторных сравнений. Часть 1. Разработка и применение программ проверок компетентности лабораторий*
- [48] Руководство ISO/IEC 43-2:1997 *Проверка компетентности путем межлабораторных сравнений. Часть 2. Выбор и использование программ компетентности органами по аккредитации лабораторий*

- [49] Справочник стандартов ISO, 2000 *Статистические методы контроля качества*
Том 1. Терминология и условные обозначения. Приемочный выборочный контроль
Том 2. Методы и результаты измерений. Обработка статистических данных. Производственный контроль

Публикации ИЕС, относящиеся к анализу надежности:

- [50] ИЕС 60050-191:1990, *Международный электротехнический словарь (IEV), Глава 191. Надежность и качество услуг*
- [51] ИЕС 60300-1:1993 *Управление общей надежностью. Часть 1. Управление программой общей надежности*
- [52] ИЕС 60300-2:1995 *Управление общей надежностью. Часть 2. Элементы и цели программы общей надежности*
- [53] ИЕС 60300-3-9:1995 *Управление общей надежностью. Часть 3. Руководство по применению. Раздел 9. Анализ риска технологических систем*
- [54] ИЕС 60812:1985 *Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказов (FMEA)*
- [55] ИЕС 60863:1986 *Безотказность, ремонтпригодность и эксплуатационная готовность Представление результатов прогнозирования показателей*
- [56] ИЕС 61014:1989 *Программы повышения надежности*
- [57] ИЕС 61025:1990 *Анализ диагностического дерева отказов (FTA)*
- [58] ИЕС 61070:1991 *Методики испытаний на соответствие техническим требованиям к стационарной готовности изделий*
- [59] ИЕС 61078:1991 *Методы анализа общей надежности. Метод блок-схем надежности*
- [60] ИЕС 61123:1991 *Испытания на надежность. Планы проверки соответствия техническим требованиям для определения нормы успешного исхода*
- [61] ИЕС 61124:1997 *Испытания на надежность. Контрольные испытания для*

постоянной интенсивности отказов и постоянного параметра потока отказов

- [62] IEC 61163-1:1995 *Проверка аппаратных элементов на надежность в напряженном состоянии сплошная. Часть 1. Подлежащие ремонту аппаратные элементы, изготавливаемые партиями*
- [63] IEC 61163-2:1995 *Проверка аппаратных элементов на надежность в напряженном состоянии сплошная. Часть 2.*
- [64] IEC 61164:1995 *Повышение надежности. Статистические методы испытаний и оценивания*
- [65] IEC 61165:1995 *Применение методики Маркова для анализа общей надежности*
- [66] IEC 61649:1997 *Проверки по критерию согласия, доверительные интервалы и нижние доверительные пределы для распределения Вейбулла*
- [67] IEC 61650:1997 *Методы анализа данных надежности. Методики сравнения двух постоянных интенсивностей отказов и двух постоянных параметров потока отказов*

Другие публикации

- [68] ISO 9000:2000 *Основные положения и словарь*
- [69] GUM:1993 *Руководство по выражению неопределенности при измерениях.*
BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP и OIML