

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.В. Марков

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ,
ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ.
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ,
ИСПЫТАНИЯХ И КОНТРОЛЕ**

Рекомендовано редакционно-издательским советом ОрелГТУ
в качестве учебного пособия

Орел 2008

УДК 006.91(075)
ББК 30.10я7
М 27

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Приборостроение, метрология и сертификация»
Орловского государственного технического университета, д.т.н., профессор,
заслуженный работник высшей школы

К.В. Подмастерьев

Директор Федерального государственного учреждения
«Орловский центр стандартизации, метрологии и сертификации»

В.И. Ковалёв

М 27 Марков, В.В. **Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Общие сведения об измерениях, испытаниях и контроле:** учеб. пособие / В.В. Марков. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – 40 с.

В настоящем учебном пособии изложены основные понятия в области измерений, испытаний и контроля, а также даны их определения. Приведены сведения о способах классификации видов вышеназванных понятий, показаны сходства и различия между этими процедурами. Представлены сведения о способах классификации методов измерений, испытаний и контроля, дано пояснение о различиях понятий «вид» и «метод» измерений. Приведены и кратко охарактеризованы способы классификации средств измерений, испытаний и контроля. Указаны общие принципы выбора средств измерений для конкретных производственных и научно-исследовательских задач. Термины и определения, указанные в данном учебном пособии, соответствуют РМГ 29-99 «Метрология. Основные термины и определения».

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 220501 «Управление качеством» и изучающих дисциплину «Методы и средства измерений, испытаний и контроля». Может быть также использован студентами других технических специальностей, изучающих дисциплины метрологического направления, аспирантами и преподавателями технических вузов, инженерно-техническими работниками промышленных предприятий.

УДК 006.91(075)
ББК 30.10я7

© ОрелГТУ, 2008
© Марков В.В., 2008

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1. Общие сведения о видах, методах и средствах измерений | 5 |
| 1.1 Основные определения в области измерений | 5 |
| 1.2 Виды измерений | 6 |
| 1.3 Методы измерений | 9 |
| 1.4 Методика выполнения измерений | 12 |
| 1.5 Средства измерений | 13 |
| 2. Общие сведения о видах, методах и средствах контроля | 17 |
| 2.1 Основные определения в области контроля | 17 |
| 2.2 Методы контроля | 17 |
| 2.3 Виды контроля | 19 |
| 2.4 Средства контроля | 24 |
| 3. Общие сведения о видах, методах и средствах испытаний | 26 |
| 3.1 Основные определения в области испытаний | 26 |
| 3.2 Цели и задачи испытаний | 26 |
| 3.3 Методы испытаний | 27 |
| 3.4 Виды испытаний | 28 |
| 3.5 Способы проведения испытаний | 31 |
| 3.6 Средства испытаний | 32 |
| 4 Тест для самоконтроля | 34 |
| 4.1 Общие положения | 34 |
| 4.2 Вопросы для самопроверки | 34 |
| 4.3 Ответы на вопросы | 36 |
| Заключение | 37 |
| Нормативные ссылки | 38 |
| Литература | 39 |

Введение

Измерения, испытания и контроль – это три основных направления деятельности, являющихся базой теоретической метрологии. Взаимосвязь этих направлений заключается в их подчинении общим метрологическим постулатам и законам. Различия процедур измерений, испытаний и контроля объясняются областями применения каждого из этих направлений метрологической деятельности. Определения понятий «измерение», «контроль», «испытание», указанные в нормативных документах и учебных источниках [1 – 5], позволяют увидеть различие между этими направлениями деятельности.

Измерение – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с её единицей и получение значения этой величины (по РМГ 29).

Контроль – это процедура оценивания соответствия путём наблюдения и суждений, сопровождаемых соответствующими измерениями, испытаниями или калибровкой (по ГОСТ Р ИСО 9000).

Контроль – это процесс получения и обработки информации об объекте с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах [4].

Контроль качества – деятельность, целью которой является проверка соответствия показателей качества продукции установленным требованиям (по ГОСТ 16504).

Испытание – экспериментальное определение количественных и качественных характеристик параметров изделия путём воздействия на него или его модель спланированного комплекса внешних возмущающих факторов [5].

Измерения проводятся с познавательной целью – для получения информации о количественном значении измеряемой величины. Значения внешних воздействующих факторов при измерениях могут быть любыми, то есть *измерения проводят в различных условиях*. Единственное требование, предъявляемое к условиям измерений, – неизменность во времени [7 – 11].

Испытания также проводятся с познавательной целью, но их результаты имеют бóльшую практическую ценность. Подобно результатам измерений, итоги испытаний содержат количественную информацию о значении измеряемой величины, но, в отличие от измерений, эта информация получена *при воздействии на объект строго определённых значений внешних возмущающих факторов*. Фактически, испытание – это измерение в строго определённых условиях [5, 6, 12, 13].

Контроль имеет сугубо практическую цель – установление соответствия измеренного значения параметра объекта его предельным допустимым значениям [2, 11, 14, 15].

В основе любой испытательной или контрольной процедуры всегда лежит измерение, поэтому оно может быть признано основным направлением метрологической деятельности.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ, МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1 Основные определения в области измерений

Измерение является основным направлением метрологической деятельности, лежащим в основе любых процедур контроля или испытаний (рис. 1.1). Исторически первоначально в различных странах мира и областях науки теория и практика измерений развивались обособленно, что привело к существованию множества различных и часто противоречивых терминов и определений в этой области. Чтобы выработать взаимопонимание в области измерений, в 2000 году Межгосударственный совет по метрологии, стандартизации и сертификации стран Содружества Независимых Государств внедрил РМГ 29-99 «Метрология. Основные термины и определения». Этот нормативный документ содержит термины и определения в области метрологической деятельности, рекомендуемые к использованию на территории стран СНГ. Термины и определения, указанные в настоящем учебном пособии, соответствуют данным межгосударственным рекомендациям.

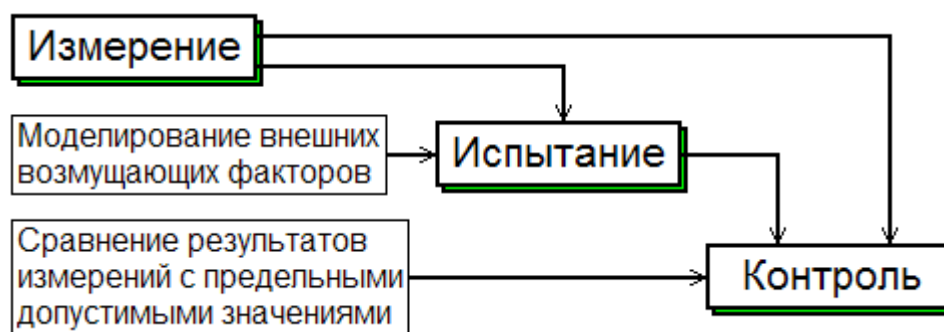


Рис. 1.1. Содержание процедур измерений, испытаний и контроля

Вид измерения – часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин.

Например, в области электрических и магнитных измерений могут быть выделены такие виды: измерения электрического сопротивления, ЭДС, электрического напряжения, магнитной индукции и т.п.

Область измерения – совокупность измерений физических величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой.

Выделяют, например, такие области измерений: механические, пневматические, тепловые, электрические, магнитные, химические, акустические, измерения ионизирующих излучений и т.п.

Метод измерения – приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Метод измерения обычно обусловлен устройством средства измерения.

Принцип измерения – физическое явление или эффект, заложенные в основу измерений.

Например, при измерении массы взвешиванием используют явление силы тяжести. При измерении скорости летящих объектов применяют эффект Доплера.

Средство измерения – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Средство измерения может быть предназначено не только для передачи размера единицы физической величины, но и для его хранения.

1.2 Виды измерений

Измерения физических величин охватывают все без исключения сферы производственных и общественных отношений. Поэтому и существует огромное количество видов их определений. Чтобы упорядочить сведения в этой области, вводят несколько *способов классификации видов измерений*.

1.2.1 Классификация по точности результатов

По точности отдельных результатов различают *равноточные* и *неравноточные* измерения.

Равноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

Прежде чем обрабатывать серию результатов измерений, необходимо убедиться в том, что все результаты этой серии получены с одинаковой точностью, т.е. равноточные. Серию неравноточных результатов измерений обрабатывают с учётом весовых коэффициентов, учитывающих различную точность отдельных результатов данной серии.

1.2.2 Классификация по количеству процедур сравнения

По количеству процедур сравнения неизвестного размера с единицей измерения различают *однократные* и *многократные* измерения.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз.

Многократное измерение – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.

Однократные измерения проще и дешевле многократных, а многократные – точнее однократных. Поэтому на производстве, при технических измерениях, чаще всего используют однократные измерения, а при метрологических измерениях, требующих высокой точности, – многократные.

1.2.3 Классификация по характеру изменения величины во времени

По характеру изменения измеряемой величины во времени различают *статические* и *динамические* измерения.

Статическое измерение – измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

Например, статическим считается измерение длины неподвижной детали при нормальной температуре, измерение размеров земельного участка.

Динамическое измерение – измерение физической величины, размер которой изменяется во времени.

При проведении динамических измерений может измеряться как сам размер величины, так и скорость или ускорение его изменения во времени. К числу динамических можно отнести измерения параметров вибрации (виброперемещение, виброскорость, виброускорение).

1.2.4 Классификация по способу выражения результатов измерений

По способу выражения результатов измерений различают *абсолютные* и *относительные* измерения.

Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

Например, измерение силы тяжести ($F = m \cdot g$) основано на измерении массы (основной величины) и использовании физической константы g (ускорение свободного падения).

В настоящее время понятие «абсолютное измерение» обычно определяется как измерение величины в её единицах.

Относительное измерение – измерение отношения величины к одноимённой величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноимённой величине, принимаемой за исходную.

Например, измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 м^3 воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 м^3 воздуха при данной температуре.

Относительная влажность воздуха измеряется в процентах, тогда как единицей измерения абсолютной влажности является $\text{кг}/\text{м}^3$ (масса водяных паров, содержащихся в 1 кубическом метре воздуха).

Можно сказать, что под относительным измерением понимают измерение величины в процентах или долях от исходной величины.

1.2.5 Классификация по способу определения значения величины

По способу определения значения измеряемой величины различают *прямые*, *косвенные*, *совокупные* и *совместные* измерения.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно из опытных данных.

Примерами прямых измерений могут быть измерения длины детали микрометром, силы тока – амперметром, массы – весами.

Прямые измерения считаются самыми точными, поэтому их использование является предпочтительным. Однако далеко не все физические величины могут быть измерены таким образом. В основном, это связано с *двумя причинами*: принципиальной *невозможностью* прямого измерения величины (например, плотности вещества) и сложностью или *высокой стоимостью* проведения прямых измерений (например, измерения больших длин с высокой точностью).

Косвенное измерение – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Примерами косвенных измерений могут быть следующие измерения: плотности цилиндрического тела ($\rho = m/v$), сопротивления методом амперметра-вольтметра ($R = U/I$), удельного сопротивления металлического проводника электрическому току.

Погрешность косвенных измерений, как правило, больше погрешности прямых измерений, что является их *недостатком*. Это связано с двумя причинами: измерением нескольких величин и использованием приближённых значений физических констант. Зато с помощью косвенных измерений можно измерить такие величины, которые принципиально невозможно (плотность вещества) или нерационально (площадь земельного участка) измерять прямо. Это – *достоинство* косвенных измерений.

Совокупные измерения – проводимые одновременно измерения нескольких одноимённых величин, при которых искомые значения величин определяют путём решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

Примерами совокупных измерений могут быть измерения скоростей объектов, движущихся по сложному закону, а также взвешивание по методу Борда (значение массы отдельных гирь набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений масс различных сочетаний гирь).

Для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин.

Совместные измерения – проводимые одновременно измерения нескольких разноимённых величин для определения зависимости между ними.

Примером совместных измерений может служить измерение температурного коэффициента сопротивления (ТКС или α): $R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$.

Кроме перечисленных способов классификации видов измерений могут применяться и *другие*, например:

– по *природе измеряемой величины* (механические, геометрические, электрические, магнитные, оптические и др.);

– по *условиям, определяющим точность измерений* (*технические* – измерения параметров производственных процессов рабочими средствами измерений; *метрологические* – измерения в метрологических центрах при поверке и калибровке рабочих средств измерений; *особо точные* – при сличении национальных эталонов с международными и между собой).

Понятие «измерение» не следует путать с понятием «наблюдение», под которым понимают операции, проводимые при измерении с целью своевременного и правильного отсчёта показаний. *Заменять термин «измерение» термином «наблюдение», по рекомендациям РМГ 29, не следует.*

1.3 Методы измерений

Подобно классификации видов измерений, существует несколько способов классификации методов измерений.

1.3.1 Классификация по принципу сравнения (измерения) величины

По принципу сравнения неизвестного размера физической величины с единицей её измерения различают *органолептический* и *инструментальный* методы измерений.

Органолептический метод измерений – метод измерений, при осуществлении которого в качестве средств измерений используются органы чувств человека (обоняние, осязание, слух, зрение).

Органолептические измерения могут быть выполнены по любой измерительной шкале (порядка, интервалов, отношений и др.). Однако, их точность зависит от личных качеств и опыта экспериментатора. Поэтому результат любого органолептического измерения содержит *субъективную погрешность*. Это *недостаток* органолептических измерений.

Достоинствами органолептических измерений являются: простота, дешевизна (не нужны дорогие приборы), возможность измерять нефизические величины (красота, вкус, мастерство).

Инструментальный метод измерений – метод измерений, при осуществлении которого в качестве средств измерений используются специальные технические средства с известными метрологическими характеристиками.

Главным *достоинством* инструментального метода является его *объективность*, т.к. результаты измерений практически не зависят от экспериментатора (а при цифровых или автоматических приборах – не зависят вообще). К *достоинствам* относятся также их высокая точность и меньшая зависимость от квалификации экспериментатора, по сравнению с органолептическими измерениями.

Недостатками инструментальных измерений является высокая стоимость, сложность и непригодность для измерения нефизических величин.

1.3.2 Классификация по приёмам, заложенным в основу измерений

По приёмам, заложенным в основу измерения, различают: *метод непосредственной оценки* и *метод сравнения с мерой*.

Метод непосредственной оценки – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

Этот метод наиболее простой, но точность его невелика. При реализации метода непосредственной оценки информация о размере единицы физической величины уже заложена в конструкцию средства измерения (при градуировке шкалы, например). Примером этого метода может служить измерение массы пружинными весами.

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

В этом определении под мерой понимают средство измерения, предназначенное для хранения и воспроизведения заданного размера физической величины.

Методы сравнения с мерой, как правило, сложнее в реализации, но позволяют получать большую точность измерений. Существует несколько *разновидностей* метода сравнения с мерой.

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

Нулевым методом измеряют, например, массу на аптекарских весах, электрическое сопротивление на уравновешенной мостовой схеме. *Он является наиболее точным методом измерений*, в особенности при электрических измерениях, поскольку в момент измерения ток через измерительный прибор не проходит ($I = 0$), и средство измерения не потребляет энергии, следовательно, не вносит погрешность.

Дифференциальный метод измерений – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

Точность дифференциального метода возрастает с уменьшением разности между сравниваемыми величинами (неизвестной и известной). Примером может служить измерение массы на магазинных весах.

Недостатком дифференциального метода является малая, по сравнению с нулевым, точность; *достоинством* – большая, по сравнению с нулевым, производительность.

Метод измерений замещением – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

Примерами метода измерений замещением могут служить: взвешивание по методу Борда – с поочерёдным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов, а также компенсационный метод измерения электрических сопротивлений. Метод измерения замещением позволяет скомпенсировать действие влияющих факторов, поэтому *его точность приближается к точности нулевого метода измерений*.

Метод измерений дополнением – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчётом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

Примером метода измерения дополнением может служить измерение больших токов амперметрами, рассчитанными на малые токи, с включением шунтов. Ещё одним примером может быть измерение малых длин микрометром с диапазоном измерения 25...50 мм, с использованием добавочной плоскопараллельной концевой меры длины.

1.3.3 Классификация по взаимодействию объекта и средства измерений

В зависимости от характера взаимодействия средства измерения с объектом измерений, различают *контактный* и *бесконтактный* методы измерений.

Контактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерений.

Примерами контактного метода измерения может служить измерение температуры тела термометром или измерение шероховатости поверхности детали щуповым профилометром. Контактный метод измерения прост в реализации, но его результаты могут оказаться недостоверными, т.к. объект измерения в точке контакта со средством измерения может значительно изменить свои свойства (попробуйте измерить градусником температуру снежинки!).

Бесконтактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерений.

Примерами бесконтактного метода могут служить:

- измерение температуры в доменной печи пирометром;
- измерение шероховатости поверхности детали оптическим профилометром.

Бесконтактный метод измерения более сложен, но его результаты достовернее, поскольку средство измерения практически не оказывает влияния на объект измерения.

Перечисленные методы измерений стандартизованы; их классификация соответствует РМГ 29. Вместе с тем, могут быть и другие, не стандартизированные способы классификации методов измерений, однако РМГ 29 их использовать *не рекомендует*.

1.4 Методика выполнения измерений

Следует отличать метод измерения от методики выполнения измерений (МВИ).

Методика выполнения измерений – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом.

Общие требования к разработке, оформлению, унификации и аттестации МВИ регламентирует ГОСТ Р 8.563 и МИ 2377. Эти нормативные документы применяются ко всем МВИ, за исключением МВИ, при использовании которых погрешности измерений определяют в процессе или после применения данных МВИ (обычно это происходит при научных исследованиях) [2, 4].

Исходными данными для разработки МВИ служат [2]:

- 1) назначение методики, наименование измеряемой величины, характеристики объекта измерений, влияющие на погрешность измерения;
- 2) требования к погрешности измерений (на основании МИ 1317);
- 3) условия измерений (диапазон значений внешних влияющих факторов);
- 4) форма представления результатов измерений;
- 5) требования к безопасности измерительных процедур.

Разработка МВИ включает следующие *этапы* [2]:

- 1) составление и утверждение технического задания на разработку МВИ;
- 2) выбор методов и средств измерений (по стоимости, трудоёмкости и погрешности), включая нестандартные;
- 3) установление последовательности операций, выполняемых при измерении, и условий измерения;
- 4) установление *приписанных характеристик* или предельно допустимых погрешностей измерения;
- 5) составление алгоритма обработки экспериментальных данных и правил оформления результатов измерений;
- 6) составление текста документа МВИ;
- 7) метрологическая экспертиза проекта МВИ;
- 8) аттестация МВИ (обязательная процедура только для измерений, проводимых в сферах распространения ГМКН – государственного метрологического контроля и надзора);
- 9) стандартизация МВИ (выполняется по ГОСТ Р 8.563).

Аттестация МВИ включает в себя: разработку и утверждение программы аттестации; выполнение исследований в соответствии с программой; составление и оформление отчёта об аттестации; оформление аттестата МВИ.

При аттестации должна быть проверена правильность учёта всех факторов, влияющих на точность измерений, установлена достоверность результатов измерений.

Аттестацию МВИ проводят государственные и ведомственные метрологические службы, причём, если МВИ применяется в сферах распространения

ГМКН, то её аттестацию проводят органы государственной метрологической службы (ГМС).

Стандартизации подлежат МВИ, разработанные для типовых измерений, широко используемых на предприятиях различной специализации.

В документах МВИ указывают: назначение МВИ, условия измерений, погрешность или приписанную характеристику измерений, методы измерений, средства измерений, вспомогательные устройства и материалы, операции по подготовке и выполнению измерений, правила обработки и оформления результатов измерений, требования к квалификации операторов и безопасности выполняемых работ.

Если проводятся *прямые измерения* с помощью показывающего прибора *утверждённого типа*, то документированная МВИ *не требуется*, поскольку её полностью заменяют техническое описание и формуляр прибора. В этом случае достаточно в нормативной документации указать тип и основные метрологические характеристики применяемого средства измерений.

Документированная МВИ *необходима* только при возможной существенной методической или субъективной погрешности измерений. Такие случаи особенно часто возникают при проведении *косвенных измерений*.

МВИ периодически пересматриваются с целью их совершенствования.

Аттестацию МВИ *следует отличать* от метрологической аттестации средств измерений.

1.5 Средства измерений

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Существует несколько способов классификации средств измерений (СИ).

1.5.1 Классификация по назначению и конструктивному исполнению

При данном способе классификации СИ различают: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы, индикаторы.

Мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Если мера воспроизводит физическую величину только одного размера, то её называют *однозначной* (гиря, концевая мера длины, образцовый резистор). *Многозначная мера* воспроизводит физическую величину нескольких размеров (миллиметровая линейка, конденсатор переменной ёмкости).

Для удобства использования *однозначные меры* часто *объединяют* в *магазины мер* и *наборы мер*.

Набор мер – это комплект однозначных мер разного размера, применяемых как в отдельности, так и в различных сочетаниях (набор гирь – разновесов, набор плоскопараллельных концевых мер длины).

Магазин мер – это набор однозначных мер, конструктивно объединённых в единое устройство, в котором имеется приспособление для сочетания мер в различных комбинациях (магазины сопротивлений или ёмкостей).

К мерам можно отнести *эталоны* единиц физических величин, а также *стандартные образцы* и *образцовые вещества*. Одно из свойств таких образцов или веществ является величиной с известным значением. Примерами стандартных образцов могут быть *образцы шероховатости*; примерами образцовых веществ – минералы из *шкалы твёрдости Мооса* [2, 3, 9, 10, 11].

Указанное на мере значение величины является *номинальным*. При точных измерениях определяется *действительное значение* величины, воспроизводимое мерой. Погрешность определения действительного значения называют *погрешностью аттестации меры*.

По значению погрешности аттестации меры делятся на *образцовые меры* и *рабочие меры*, а они, в свою очередь, на *разряды* (образцовые – I, II, III разрядов, рабочие – I, II, III, IV, V разрядов). Наименьшая погрешность аттестации у меры I разряда. *Образцовые меры* в настоящее время, в соответствии с РМГ 29, рекомендуется называть *рабочими эталонами*.

Образцовые меры (рабочие эталоны) служат для поверки и градуировки рабочих СИ. Рабочие меры служат для технических измерений.

Измерительный преобразователь – техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Особенностью преобразователей является недоступность их выходного сигнала непосредственному восприятию экспериментатором (например, термо-ЭДС, генерируемая термопарой). Обычно измерительные преобразователи входят в состав средств измерений или используются совместно с ними. Измерительные преобразователи различаются:

1) по месту, занимаемому в измерительной цепи (*первичные* и *промежуточные*);

2) по характеру преобразования (аналого-цифровые преобразователи (АЦП), цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), масштабные, передающие, аналоговые, цифровые преобразователи).

Преобразователь, воспринимающий измеряемую величину (стоит первым в измерительной цепи), называется *первичным* (например, термопара в электрическом термометре). *Особую группу* первичных измерительных преобразователей составляют *датчики*.

Датчик – конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы.

Датчиком, например, является первичный преобразователь температуры метеорологического радиозонда, передающего измерительные сигналы о температуре атмосферного воздуха.

Изучению измерительных преобразователей будет посвящён целый раздел дисциплины «Методы и средства измерений, испытаний и контроля».

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

Отличительной особенностью измерительных приборов является наличие отсчётного устройства (шкала, цифровое табло, дисплей, диаграмма с пером и др.).

По способу, положенному в основу измерений, различают приборы прямого действия (измеряемая величина подвергается ряду последовательных преобразований) и приборы сравнения (измеряемая величина сравнивается с мерой – весы, мосты, компенсаторы).

По способу отсчёта значений измеряемой величины различают приборы показывающие (аналоговые со шкалой или цифровые с знаковосинтезирующими индикаторами) и приборы регистрирующие (допускающие запись показаний; эти приборы могут быть самопишущими – запись в форме диаграммы (разрывная машина) или печатающими – сопряжёнными с компьютером и имеющими выход на принтер).

По принципу действия измерительные приборы могут быть интегрирующими (усредняющими, например, магнитоэлектрические вольтметры) и суммирующими (индукционные счётчики электроэнергии).

По форме представления показаний приборы могут быть аналоговыми и цифровыми.

Измерительная установка – совокупность функционально объединённых мер, приборов, преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

Например, чтобы измерить *радиальное биение* вала, одного только средства измерения (индикатора часового типа) недостаточно, т.к. вал (объект измерений) и индикатор (средство измерений) нужно закрепить в стойках, которые должны располагаться на жёсткой станине. Совокупность всех перечисленных устройств образует измерительную установку.

Измерительную установку, применяемую для *поверки*, называют *поверочной установкой*. Измерительную установку, входящую в состав *эталона* единицы физической величины, называют *эталонной установкой*.

Некоторые *измерительные установки больших размеров*, предназначенные для *точных измерений*, называют *измерительными машинами*.

Например, измерительная машина для измерения больших длин.

Измерительная система – совокупность функционально объединённых мер, измерительных приборов, преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещённых в различных точках объекта с целью

измерений одной или нескольких величин и выработки измерительных сигналов.

В зависимости от назначения, измерительные системы делят на:

1) *информационно-измерительные системы* (ИИС) – измерительные системы, предназначенные для получения измерительной информации;

2) *измерительные контролирующие системы* (ИКС) – измерительные системы, предназначенные для выполнения операций технического контроля;

3) *измерительные управляющие системы* (ИУС) – измерительные системы, предназначенные для автоматического управления технологическими процессами;

4) *гибкие измерительные системы* (ГИС) – измерительные системы, перестраиваемые в зависимости от изменения измерительной задачи.

Измерительная система может включать себя несколько *измерительно-вычислительных комплексов* (ИВК), соединённых между собой каналами связи и разнесённых на большие расстояния друг от друга.

***Измерительно-вычислительный комплекс* – функционально объединённая совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.**

ИВК является составной частью измерительной системы, а также может быть самостоятельным СИ.

***Индикатор* – техническое средство или вещество, предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня её порогового значения.**

Например, индикаторами являются: лакмусовая бумажка, электротехническая отвёртка с лампочкой, зуммер прозвонки мультиметра.

1.5.2 Классификация по точности

По точности различают следующие виды СИ:

1) *эталонные СИ* – средства измерений наивысшей точности, предназначенные для хранения, воспроизведения и передачи единиц физических величин;

2) *образцовые СИ (рабочие эталоны)* – средства измерений высокой точности, предназначенные для государственных метрологических испытаний, поверки, калибровки или аттестации рабочих средств измерений;

3) *рабочие СИ* – средства измерений обыкновенной точности, предназначенные для измерений на производстве и в быту.

Существуют и другие способы классификации средств измерений. Например, измерительные приборы могут подразделяться на стационарные и переносные, электромеханические, электронные, механические, гидравлические, пневматические, тепловые, химические, оптические и др.

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ, МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ КОНТРОЛЯ

2.1 Основные определения в области контроля

Вид контроля – часть области контроля, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью контролируемых величин.

Например, к видам контроля могут быть отнесены разрушающий и неразрушающий контроль.

Метод контроля – совокупность правил применения принципов для осуществления контроля и средств контроля.

Например, методом контроля может быть контроль по шкале порядка.

Средство контроля – изделия, (контрольные и исполнительные стенды, измерительная и регистрирующая аппаратура) и материалы, применяемые при контроле.

Средства контроля следует отличать от средств измерений. Примером средства контроля может служить *калибр-пробка*.

2.2 Методы контроля

Контроль включает в себя два основных процесса: измерение неизвестного размера и формирование суждения о его соответствии установленным требованиям. В зависимости от *вида измерительной информации*, получаемой при контроле, различают три метода контроля [11, 15].

2.2.1 Контроль по шкале порядка

Этот метод контроля применяется наиболее часто. *Модель контроля* по шкале порядка может быть записана в виде неравенства:

$$Q_i \leq [Q_i], \quad (2.1)$$

где Q_i – контролируемый размер величины;

$[Q_i]$ – требуемый размер величины.

Результатом контроля по шкале порядка является *решение о соответствии* или *несоответствии* размера Q_i требованиям $[Q_i]$.

Примерами этого метода контроля служат: контроль геометрических размеров калибрами, профиля – шаблонами.

2.2.2 Контроль по шкале интервалов

В некоторых практических случаях контроль по шкале порядка (*пороговый контроль*) является недостаточным. Часто необходимо оценить *разность* между проверяемым размером Q_i и требуемым размером $[Q_i]$.

Модель контроля по шкале интервалов имеет вид:

$$\Delta Q_i = Q_i - [Q_i]. \quad (2.2)$$

Результатом контроля по шкале интервалов является решение о соответствии или несоответствии размера Q_i требованиям $[Q_i]$, а также информация о том, насколько Q_i отличается от $[Q_i]$ (разность ΔQ_i).

Измеряя ΔQ_i через определённое время, можно получить картину изменения соотношения между размерами Q_i и $[Q_i]$, что даст возможность прогнозирования момента выхода размера Q_i за допустимые границы. Это широко используется при настройке и обслуживании автоматического технологического оборудования. Примером контроля по шкале интервалов является технологический контроль качества с использованием контрольных карт.

2.2.3 Контроль по шкале отношений

Самым совершенным (по метрологическим свойствам) является контроль по шкале отношений. Шкала отношений позволяет установить, во сколько раз контролируемый размер Q_i отличается от требуемого размера $[Q_i]$.

Модель контроля по шкале отношений имеет вид:

$$\delta_i = \frac{Q_i}{[Q_i]}. \quad (2.3)$$

Результатом контроля по шкале отношений является решение о соответствии или несоответствии размера Q_i требованиям $[Q_i]$, а также информация о том, во сколько раз Q_i отличается от $[Q_i]$ (отношение δ_i).

Примером контроля по шкале отношений является контроль технического состояния подшипников качения по параметру – нормированное интегральное время (НИВ) электрического контакта тел и дорожек качения. Для параметра НИВ требуемое (максимальное) значение $[Q_i] = 1$, а $Q_i \leq [Q_i]$.

2.2.4 Классификация методов контроля по принципу сравнения

Известен ещё один способ классификации методов контроля – классификация по принципу сравнения неизвестного размера с требованиями. В соответствии с этим способом классификации различают инструментальный, экспертный и комбинаторный методы контроля [11, 15].

Инструментальный метод контроля. Заключается в использовании технических средств контроля, поэтому имеет второе название – *технический контроль*. Даёт самые объективные результаты, но дорог и трудоёмок.

Экспертный метод контроля. Заключается в использовании мнений квалифицированных специалистов – экспертов для формирования суждения о соответствии или несоответствии неизвестного размера величины требованиям. Экспертный метод контроля применяется в том случае, если технический контроль невозможен или экономически нецелесообразен. Экспертный контроль дешевле технического, но его результаты содержат субъективную погрешность, зависящую от квалификации экспертов. Разновидностью экспертного метода контроля является *органолептический контроль*.

Комбинаторный метод контроля. Этот метод основан на сочетании экспертного и инструментального методов контроля. Например, первым этапом контроля изделий является внешний осмотр (визуальный органолептический контроль), а уже после осмотра выполняют технический контроль качества. Комбинаторный метод контроля распространён очень широко.

2.3 Виды контроля

Характерной особенностью контроля является его сугубо прагматическая цель – оценка соответствия измеренного значения требованиям. Контрольные операции присутствуют во всех областях хозяйственной деятельности человека, поэтому разновидностей контроля очень много. А, следовательно, вариантов классификации видов контроля тоже много. Существуют следующие *способы классификации видов контроля* [11, 15]:

- 1) по степени участия человека;
- 2) по степени разрушения объекта при контроле;
- 3) по характеру распределения контроля во времени;
- 4) по исполнителям;
- 5) по стадиям производственного процесса;
- 6) по характеру воздействия на производственный процесс;
- 7) по месту проведения;
- 8) по объекту контроля;
- 9) по числу измерений;
- 10) по способу отбора изделий.

Рассмотрим способы классификации видов контроля подробнее.

2.3.1 Классификация по степени участия человека

По степени участия человека технический контроль подразделяют на:

- ручной;
- автоматизированный (полуавтоматический);
- автоматический.

Количественной характеристикой этой классификации служит коэффициент участия человека K_y в контрольной операции – отношение времени t_p , затраченного на ручные операции, к общему времени контроля t_Σ :

$$K_y = \frac{t_p}{t_\Sigma}. \quad (2.4)$$

Если $K_y > 0,5$, то контроль считают *ручным*. При $0,02 \leq K_y < 0,5$ контроль считают *автоматизированным* (полуавтоматическим). Если $K_y < 0,02$, то контроль считают *автоматическим*.

С увеличением объёма выпускаемой продукции целесообразность автоматизации контроля возрастает.

2.3.2 Классификация по степени разрушения объекта при контроле

По степени разрушения объекта при контроле и возможности использования по назначению после контрольных операций различают:

- неразрушающий контроль (НК);
- разрушающий контроль (РК).

При НК соответствие неизвестного размера величины требованиям определяют по результатам взаимодействия различных физических полей и излучений с объектом контроля. Интенсивность полей и излучений выбирают такой, чтобы не только не случилось разрушение объекта контроля, но и не произошло существенного изменения свойств объекта в момент контроля.

В зависимости от природы физических полей и излучений различают 9 основных групп методов НК (согласно ГОСТ 18353):

1) *акустические* (теневые, эхоимпульсивные, резонансные, методом свободных колебаний, эмиссионные, импедансные, велосиметрические и др.);

2) *радиационные* (рентгеновские, γ -излучения, β -излучения, нейтронные, позитронные);

3) *оптические* (методом прошедшего излучения, отражённого излучения, собственного излучения);

4) *радиоволновые* (прошедшего излучения, отражённого излучения, собственного излучения);

5) *тепловые* (прошедшего излучения, отражённого излучения, собственного излучения);

6) *магнитные* (магнитопорошковые, магнитографические, феррозондовые, индукционные, магнитополупроводниковые и др.);

7) *вихревые* (с проходными, накладными, экранными и комбинированными преобразователями);

8) *электрические* (электрогенераторные и электропараметрические);

9) *проникающих веществ*.

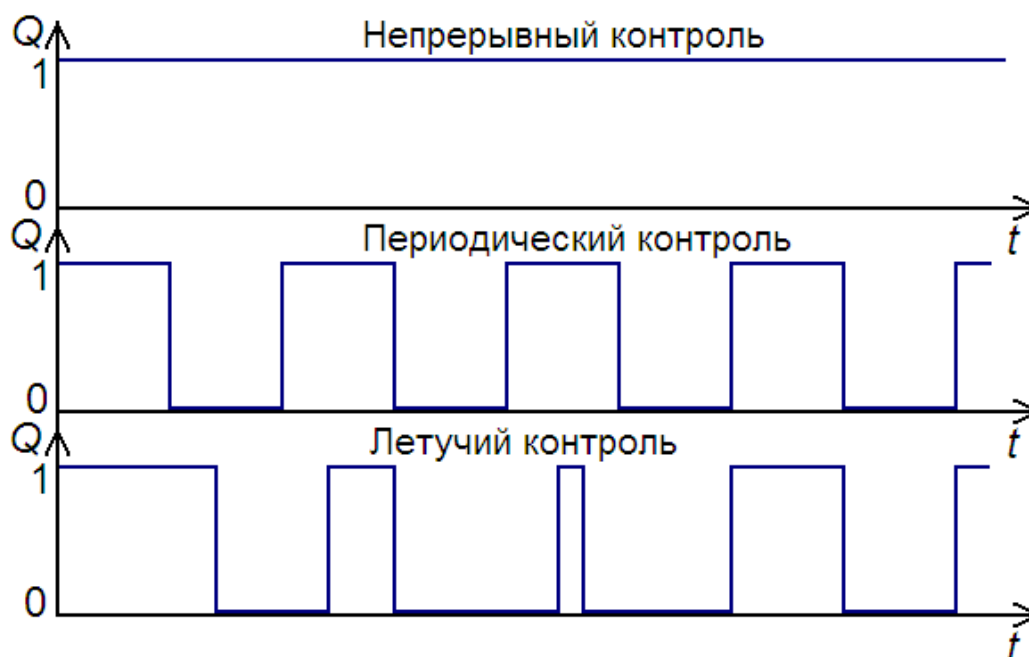
При РК соответствие неизвестного размера величины требованиям определяют при разрушении объекта контроля или необратимом изменении его свойств. Этот вид контроля применяют, если невозможно или экономически нецелесообразно использовать методы НК. С помощью РК определяют прочность материалов, стойкость к агрессивным средам, износостойкость, долговечность, безотказность.

2.3.3 Классификация по характеру распределения контроля во времени

По характеру распределения контроля во времени различают *непрерывный, периодический и летучий* контроль (рис. 2.1).

Непрерывный контроль. Этот вид контроля заключается в *непрерывном* измерении неизвестного размера и проверке его соответствия требованиям в течение некоторого интервала времени. Обычно непрерывный контроль проводят с помощью *средств автоматического контроля*. Непрерывный технологический контроль – это очень сложная, трудоёмкая и дорогостоящая

ящая процедура, поэтому его проводят только в тех случаях, когда иначе невозможно обеспечить требуемый уровень качества продукции на стадии её изготовления. На стадии эксплуатации непрерывный контроль может быть обусловлен *повышенными требованиями к безопасности* продукции.



$Q = 1$ – контроль проводится; $Q = 0$ – контроль отсутствует

Рис. 2.1. Временные диаграммы контроля

Периодический контроль. При периодическом контроле измерительную информацию о неизвестном размере и его соответствии требованиям получают через *равные интервалы времени* τ_k – период контроля. Период контроля может быть как меньше, так и больше времени одной технологической операции $\tau_{оп}$:

$$\tau_k \leq \tau_{оп} \quad (2.5)$$

Если $\tau_k = \tau_{оп}$, то периодический контроль называют операционным (или послеоперационным контролем).

Летучий контроль. Контроль называется летучим, если его проводят в *случайные моменты времени*. Случайность периода контроля τ_k придаёт летучему контролю характер внезапности. Длительность периода летучего контроля может быть различной, в зависимости от его результатов.

2.3.4 Классификация по исполнителям

По исполнителям контроль делят на следующие виды:

- 1) *самоконтроль* (рабочим, оператором, наладчиком, а в общем случае – исполнителем работы);
- 2) контроль *мастером* (руководителем подразделения);
- 3) контроль *отделом технического контроля* – ОТК (представителем службы качества предприятия);

4) *инспекционный* контроль (независимым инспектором, уполномоченным третьей стороной).

2.3.5 Классификация по стадиям производственного процесса

По стадиям производственного процесса различают контроль:

- *входной*;
- *операционный*;
- *приёмочный*.

Входному контролю подвергают сырьё, полуфабрикаты, покупные изделия, техническую документацию, т.е. всё, что используется при производстве продукции или её эксплуатации.

Необходимость входного контроля вызвана тем, что, например, в случае с радиоэлектронной аппаратурой около 70 % отказов при эксплуатации происходит из-за низкого качества материалов и покупных изделий (комплектующих).

Часто эффективность входного контроля оценивают коэффициентом k :

$$k = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

где n_1 – число изделий, забракованных при входном контроле;

n_2 – число изделий, забракованных на последующих стадиях производственного контроля.

Операционный контроль проводят в процессе производства продукции, в ходе выполнения отдельных технологических операций.

Приёмочный контроль (приёмо-сдаточный) готовой продукции проводят в конце технологического процесса.

2.3.6 Классификация по воздействию на производственный процесс

По характеру воздействия на производственный процесс контроль делят на *активный* и *пассивный*.

При *активном контроле* его результат непрерывно используют для управления технологическим процессом. Активный контроль по времени совмещён с технологическим процессом в единый контрольно – технологический процесс и, как правило, выполняется автоматически.

Пассивный контроль осуществляют после завершения отдельной технологической операции или всего технологического процесса изготовления продукции. Отличительной чертой этого вида контроля является невозможность оказания какого-либо влияния на ход технологического процесса. Пассивный контроль может быть ручным, автоматизированным или автоматическим.

2.3.7 Классификация по месту проведения

По месту проведения различают *подвижный* и *стационарный* контроль.

Подвижный контроль проводят непосредственно на рабочих местах, где изготавливают продукцию (у станков, на сборочных и настроечных стендах).

Этот вид контроля применяется при операционном контроле, контроле громоздких и нетранспортабельных изделий, при невозможности включения в технологический цикл специализированного рабочего места контролёра, единичном или мелкосерийном производстве, а также контроле качества сборочных операций и других задачах, подобных уже перечисленным.

Стационарный контроль проводят на специально оборудованных контрольных рабочих местах. Этот вид применяют при необходимости создания специальных условий контроля, возможности включения в технологический цикл стационарного рабочего места контролёра, использовании средств контроля стационарного типа, применяемых в крупносерийном и массовом производствах, или при инструментальном производстве.

2.3.8 Классификация по объекту контроля

При классификации видов контроля по объекту контроля различают:

- контроль продукции;
- товарной и сопроводительной документации;
- технологического процесса;
- средств технологического оснащения;
- за прохождением рекламаций;
- соблюдения условий эксплуатации;
- технологической дисциплины;
- квалификации исполнителя;
- контроль других объектов.

2.3.9 Классификация по числу измерений

По числу измерений неизвестного размера различают *однократный* или *многократный* контроль.

Однократный контроль наименее трудоёмкий, но он часто не обеспечивает требуемой достоверности результатов контроля.

Многократный контроль более трудоёмкий, но зато его результаты обеспечивают достаточно высокую точность контроля.

2.3.10 Классификация по способу отбора изделий

По способу отбора изделий, подвергаемых контролю, различают *сплошной* и *выборочный* контроль.

Сплошной контроль всех без исключения изделий применяют в единичном или мелкосерийном производстве, при выполнении государственного заказа.

Выборочный контроль осуществляют во всех остальных случаях, чаще всего при крупносерийном или массовом производстве. При его проведении контролируют не все изделия в партии, а только выборку (5...10 % изделий), в которую они отобраны из партии по определённой методике (обычно методика является стандартной).

Выборочный контроль качества очень широко распространён в промышленном производстве. Более подробно вы узнаете про него при изучении дисциплины «Статистические методы контроля».

2.4 Средства контроля

Средство контроля – техническое средство, предназначенное для контроля и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Средства контроля позволяют реализовать тот или иной метод или вид контроля. Известно несколько способов их классификации.

2.4.1 Классификация по измерительной шкале

При классификации по измерительной шкале, заложенной в процедуру контроля, различают средства контроля по *шкале порядка*, *шкале интервалов*, *шкале отношений*.

Средства контроля по шкале порядка позволяют оценить соответствие неизвестного размера реперным (опорным) точкам – требованиям.

Например, при контроле геометрического размера можно выделить две реперные точки: нижний предельный размер и верхний предельный размер. Соответственно, можно разделить все возможные результаты контроля на *три группы*: годное изделие; брак исправимый; брак неисправимый.

Средства контроля по шкале порядка называют также *средствами порогового контроля* (калибры, шаблоны, часовые проекторы). Их *недостатком* является недостаточность информации для прогнозирования изменения результатов контроля во времени. *Достоинством* – простота процедуры контроля и большая производительность.

Средства контроля по шкале интервалов позволяют не только проверить соответствие неизвестного размера требованиям, но и *оценить разность* между ними. Примерами могут служить: скоба рычажная, индикатор часового типа, микрокатор, измерительные мосты постоянного и переменного тока. *Достоинством* этих средств контроля является возможность прогнозирования изменения результатов контроля во времени; *недостатком* – сложность и трудоёмкость процедуры контроля. Средства контроля по шкале интервалов называют также *средствами измерительного контроля*.

Средства контроля по шкале отношений позволяют определить соотношение между неизвестным и требуемым размерами. Эти средства контроля используют при диагностировании механизмов и машин.

2.4.2 Классификация по степени автоматизации процедуры контроля

При таком способе классификации различают:

- 1) средства *ручного* контроля (все операции ручные);
- 2) средства *полуавтоматического* контроля (некоторые операции проводятся автоматически, например, регистрация показаний);
- 3) средства *автоматического* контроля (все операции автоматические).

2.4.3 Классификация по массовости контроля

Различают средства *сплошного* и средства *выборочного контроля*. Последние применяются в серийном или массовом производстве.

Средства сплошного контроля, применяемые в серийном или массовом производстве, должны быть автоматическими или полуавтоматическими и обеспечивать малую длительность контрольной операции.

Средства выборочного контроля могут быть как специальными, так и универсальными. Желательно, чтобы такие средства контроля реализовывали контроль по шкале интервалов или шкале отношений, т.к. в этом случае их результаты будут пригодны для построения контрольных карт.

2.4.4 Классификация по характеру влияния на объект контроля

Различают средства *пассивного контроля* и средства *активного контроля*. Последние обычно применяются при автоматическом контроле.

Средства пассивного контроля позволяют контролировать параметры готовой продукции. Информация, получаемая в результате пассивного контроля, не может повлиять на ход технологического процесса.

Средства активного контроля дают возможность проверки параметров продукции в процессе её изготовления и позволяют регулировать ход технологических процессов в зависимости от результатов контроля. Очевидно, что конструкция и правила эксплуатации таких средств будут много сложнее конструкции и правил эксплуатации средств пассивного контроля.

2.4.5 Классификация по числу диапазонов сортировки объектов

При классификации по числу диапазонов сортировки объектов контроля различают *средства однодиапазонной сортировки* (обычные средства контроля) и *многодиапазонной сортировки* (средства контроля при селективной сборке изделий).

Примерами *средств однодиапазонной сортировки* могут служить средства допускового контроля геометрических размеров – амплитудные электроконтактные преобразователи. Эти устройства срабатывают, когда контролируемый размер становится больше требуемого значения.

Средства однодиапазонной сортировки встречаются достаточно редко. Гораздо шире используются *средства двухдиапазонной сортировки*. Например, для геометрических размеров средствами двухдиапазонной сортировки являются предельные электроконтактные преобразователи, калибры-пробки и калибры-скобы. Они позволяют рассортировать детали на три группы: годные детали, брак исправимый и брак неисправимый.

Примером *средств многодиапазонной сортировки* могут служить скобы с отчётным устройством (скобы рычажные и индикаторные). Они позволяют рассортировать детали на несколько групп. Средства многодиапазонной сортировки могут использоваться при контроле налаженности технологических процессов. Информация, получаемая с их помощью, позволяет построить контрольную карту, отражающую состояние изучаемого процесса.

Фактически, и те, и другие средства контроля реализуют метод контроля по шкале порядка, с той лишь разницей, что число реперных точек разное (от одной или двух – до нескольких).

3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ, МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Основные определения в области испытаний

Вид испытаний – часть области испытаний, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью испытательных воздействий.

Например, к видам испытаний можно отнести климатические и механические испытания.

Метод испытаний – совокупность правил применения принципов испытаний и средств испытаний.

Например, методами испытаний можно назвать натурные испытания или испытания с использованием моделей.

Средство испытаний – изделия (испытательные стенды, регистрирующая и исполнительная аппаратура) и материалы, применяемые при испытаниях.

Средства испытаний могут быть *стандартными* (вибростенд) и *специальными* (оснастка для закрепления изделий на вибростенде).

3.2 Цели и задачи испытаний

Основными *целями испытаний* технических объектов (машин, приборов, инструмента) являются [5, 6]:

- 1) экспериментальное подтверждение расчётных данных, заложенных в изделие на этапе его проектирования;
- 2) контроль качества технологии и организации производства;
- 3) устранение дефектов взаимодействия изделий в составе комплексов (систем) изделий.

Цели испытаний непостоянны. Они могут меняться на этапах проектирования, производства и эксплуатации изделия.

Испытания направлены на решение *трёх групп задач* [5, 6]:

- 1) получение опытных данных, необходимых для проектирования изделий;
- 2) установление соответствия изделия требованиям технической документации, в частности, технических условий (ТУ);
- 3) определение предельного состояния изделия в процессе эксплуатации.

В результате проведения испытаний *выявляют* [5, 6]:

- 1) недостатки конструкции и технологии изготовления изделия, заложенные на этапе проектирования;
- 2) дефекты конструкции или отклонения от технологии изготовления изделия, допущенные при производстве;
- 3) скрытые дефекты материалов и покупных комплектующих частей;
- 4) резервы повышения качества изделия.

Перечисленные результаты испытаний указывают на основные этапы жизненного цикла изделий, при которых изделия или их макеты подвергаются испытаниям на этапах:

- проектирования изделий;
- технологической подготовки производства;
- изготовления изделий;
- эксплуатации изделий.

3.3 Методы испытаний

Метод испытаний – совокупность условий организации, места и способа проведения испытаний.

Несмотря на большое многообразие видов, методов испытаний не так уж много. Это связано с тем, что метод предусматривает определённый способ проведения испытаний, а их число очень ограничено. Классификация методов испытаний дана на рис. 3.1.

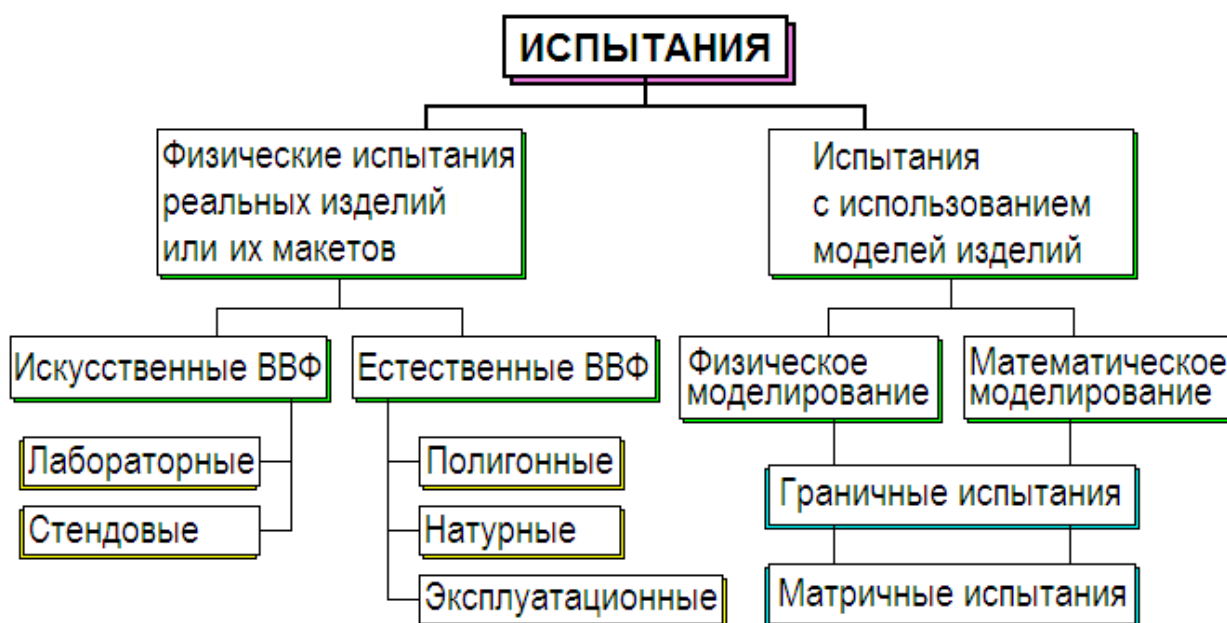


Рис. 3.1. Классификация методов испытаний

Физические испытания могут проводиться как в условиях искусственного моделирования внешних воздействующих факторов (ВВФ), так и в условиях естественных ВВФ. Испытаниям подлежат *изделия* (образцы) или их *макеты*. Для *лабораторных* (*стендовых*) испытаний характерно то, что изделие подвергается воздействию только нескольких (одного) ВВФ, а не всей их совокупности, как при *полигонных* или *натурных* испытаниях. *Эксплуатационные* испытания проводятся непосредственно при эксплуатации изделия.

Испытания с использованием моделей проводятся методами *математического* или *физического* моделирования. Если при этом ВВФ заданы

только начальные и конечные значения – это *граничные* испытания; если задано более двух значений ВВФ – это *матричные* испытания.

Испытания с использованием моделей более дешёвые, но их результаты менее достоверны, чем результаты физических испытаний.

3.4 Виды испытаний

Вид испытаний – испытания, имеющие свои особенности и отличающиеся однородностью условий, мест проведения, воздействий или определяемых параметров.

Испытания изделий, их макетов или моделей присутствуют во многих областях промышленного производства. Поэтому существует огромное количество всевозможных видов испытаний. Чтобы провести упорядочение сведений в этой области, вводят несколько *способов классификации видов испытаний* [5, 6]. Рассмотрим их подробно.

3.4.1 Классификация по целям и назначению

По целям и назначению различают испытания:

- *исследовательские*, проводимые для изучения свойств изделий;
- *контрольные*, проводимые для контроля качества изделий;
- *сравнительные*, проводимые для сравнения свойств изделий-аналогов;
- *определятельные*, проводимые для определения характеристик изделий с заданной точностью.

3.4.2 Классификация по месту в процессе проектирования

По месту, занимаемому испытанием в процессе проектирования нового изделия, различают следующие виды испытаний:

- *доводочные*, проводимые при доработке проектного макета до серийного образца изделия;
- *предварительные*, проводимые при доработке изделий опытной серии с целью их подготовки к приёмочным испытаниям;
- *приёмочные*, проводимые с целью доработки опытной партии изделий и постановки их на серийное производство.

3.4.3 Классификация по месту и функциям в серийном производстве

По месту и функциям в серийном производстве различают испытания:

- *квалификационные*, проводимые для оценки готовности предприятия к выпуску изделий в объёме первой серийной партии;
- *предъявительские*, проводимые ОТК изготовителя перед предъявлением продукции для её приёмки представителем заказчика;
- *приёмо-сдаточные*, проводимые при приёмочном контроле изделия;
- *периодические*, проводимые в установленные сроки для контроля стабильности качества выпускаемой продукции;

- *инспекционные*, проводимые с целью контроля стабильности качества продукции специально уполномоченными организациями;
- *типовые*, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых в конструкцию или технологический процесс изменений (испытания «типа» – типичного представителя новой продукции);
- *аттестационные*, проводимые для оценки уровня качества продукции при её аттестации по категориям качества;
- *сертификационные*, проводимые с целью подтверждения соответствия характеристик продукции требованиям нормативных документов или условиям договоров.

Все перечисленные виды испытаний этой группы являются *контрольными испытаниями*.

3.4.4 Классификация по организационному уровню проведения

По организационному уровню проведения различают следующие испытания:

- *государственные*, которым подвергаются важнейшие виды продукции государственного заказа. Их проводят государственные испытания головные организации по испытаниям конкретных видов продукции;
- *межведомственные*, проводимые комиссией из представителей нескольких заинтересованных министерств и ведомств;
- *ведомственные*, проводимые комиссией из представителей одного министерства или ведомства.

3.4.5 Классификация по продолжительности проведения

По продолжительности проведения различают испытания:

- *нормативные*, проводимые в срок, установленный в технических условиях на изделие, который соответствует времени его эксплуатации;
- *ускоренные*, проводимые в более короткий срок, чем определено в технических условиях на изделие и *в более жёстких условиях*;
- *сокращённые*, проводимые по *сокращённой программе*, предусматривающей проведение не всех испытаний, предусмотренных в технических условиях на изделие, а только нескольких; при этом условия испытаний соответствуют нормальным.

3.4.6 Классификация по виду испытательного воздействия

По виду воздействия, которому подвергается изделие, различают следующие испытания:

- *механические* (вибрация, удар, ускорение, шум);
- *климатические* (высокая и низкая температура, влажность, солнечный свет, низкое давление, соляной туман, иней, роса);
- *биологические* (различные микроорганизмы, плесневые грибы, насекомые, грызуны);

- *космические* (вакуум, радиация, сверхнизкая температура, метеорные частицы, солнечное излучение);
- *электромагнитные* (воздействия электромагнитных полей);
- *радиационные* (воздействия ионизирующих или радиационных излучений и ударной волны);
- *термические* (тепловой удар, нагрев, световое излучение, взрыв, тепловой поток, пламя);
- *специальные виды испытаний* (химические реактивы, масла, растворители, нефтепродукты и др.).

3.4.7 Классификация по результату воздействия

По результату воздействия на испытуемое изделие различают следующие виды испытаний:

- *неразрушающие* – испытания с применением методов неразрушающего контроля;
- *разрушающие* – испытания с применением методов разрушающего контроля;
- *на стойкость*, проводимые для оценки способности изделия сохранять свои характеристики во время и после проведения испытаний;
- *на устойчивость*, проводимые для оценки способности изделия выполнять свои функции во время и после проведения испытаний;
- *на прочность*, проводимые для оценки способности изделия противостоять разрушающему воздействию во время испытаний.

3.4.8 Классификация по характеру определяемых параметров

При классификации по характеру определяемых параметров, различают следующие испытания:

- *функциональные* (испытания на функционирование), проводимые для определения значений показателей назначения изделий;
- *на безопасность*, проводимые для определения безопасности изделий и их соответствия требованиям стандартов ССБТ;
- *на надёжность*, проводимые для достижения двух целей:
 - а) для определения значений показателей надёжности вновь разработанных типов изделий (*определяющие* испытания на надёжность);
 - б) для контроля показателей надёжности серийно выпускаемых изделий (*контрольные* испытания на надёжность);
- *на транспортабельность*, проводимые для определения показателей транспортабельности изделий;
- *испытания*, проводимые для оценки показателей технологичности изделий.

3.5 Способы проведения испытаний

В настоящее время в лабораторных и стендовых испытаниях применяются следующие способы проведения испытаний [5, 6]:

- *последовательный*;
- *параллельный*;
- *последовательно-параллельный* (смешанный);
- *комбинированный*.

3.5.1 Последовательный способ проведения испытаний

При последовательном способе один и тот же объект испытаний подвергается всем видам испытаний, предусмотренным программой для данного изделия. Для назначения последовательности испытаний существуют *два подхода*.

Подход 1 – Быстрая сортировка. Если необходимо быстро выявить изделия с грубыми дефектами и сократить время испытаний, то назначают такую последовательность испытаний, при которой вначале действуют *наиболее сильно действующие* ВВФ, а затем – остальные. Тогда грубые дефекты изделий будут выявляться в первую очередь. *Недостатком* этого подхода является потеря информации о влиянии других, менее сильно действующих ВВФ.

Подход 2 – Точный поиск причин отказов. Если необходимо точнее определить причины отказов и потенциальные дефекты в изделии, назначают такую последовательность испытаний, при которой вначале действуют *наименее жёсткие* ВВФ, а под конец испытаний – *наиболее опасные*. *Недостатком* этого подхода является значительное увеличение времени испытаний. Однако, подход 2 чаще рекомендуют для практического использования, чем подход 1.

Оптимальная последовательность испытаний зависит от назначения и условий эксплуатации изделий. Например, для электромеханических и электронных приборов вначале назначают механические испытания, а затем – климатические.

Характерная особенность последовательного способа испытаний – накопление в изделии изменений от воздействия нескольких ВВФ. Это усложняет интерпретацию результатов испытаний, особенно на их окончательных стадиях.

Достоинство последовательного способа испытаний в том, что испытываемое изделие проверяется в условиях более жёстких, чем условия эксплуатации. Поэтому *вероятность отказа* изделия в условиях эксплуатации *очень мала*.

Недостатком является очень большая продолжительность испытаний. Это порождает необходимость уменьшения выборки испытываемых изделий и увеличивает себестоимость продукции.

3.5.2 Параллельный способ проведения испытаний

При параллельном способе из партии готовой продукции отбирают несколько выборок и каждую подвергают воздействию одного из факторов. Испытания всех выборок проводят одновременно.

Достоинства параллельного способа проведения испытаний: меньшая продолжительность испытаний (по сравнению с последовательным); меньший износ объекта; более *достоверная интерпретация* результатов.

Недостатки: потребность в большом количестве изделий (по сравнению с последовательным); высокая вероятность пропуска дефектного изделия.

3.5.3 Последовательно-параллельный способ проведения испытаний

Данный способ проведения испытаний заключается в том, что из партии готовой продукции отбирают несколько выборок. Каждую выборку подвергают *последовательному воздействию* нескольких ВВФ. Так сочетаются достоинства и уменьшаются недостатки последовательного и параллельного способов проведения испытаний.

Виды ВВФ собирают в группы так, чтобы последовательность их действия приближалась к реальным условиям эксплуатации изделия.

3.5.4 Комбинированный способ проведения испытаний

Комбинированный способ проведения испытаний заключается в том, что на изделие действует *одновременно* несколько ВВФ. При этом значения ВВФ подбирают таким образом, чтобы достигалась как можно более достоверная имитация реальных условий эксплуатации изделия.

Достоинство комбинированного способа: условия испытаний приближаются к реальным условиям эксплуатации изделия.

Недостаток: потребность в более сложном испытательном оборудовании, как правило, индивидуальном для конкретного вида изделий.

3.6 Средства испытаний

Средства испытаний – это технические средства, вещества и материалы, применяемые при проведении испытаний.

Средства испытаний – это гораздо более широкое понятие, чем средства измерений или контроля, поскольку к средствам испытаний относятся не только технические средства, применяемые для осуществления целей испытаний, но также и природные материалы, служащие источниками ВВФ. Известно несколько *способов классификации средств испытаний* [12].

3.6.1 Классификация средств испытаний по назначению

При данной классификации средств испытаний различают:

1) *испытательное оборудование*, под которым понимают средства испытаний, предназначенные для воспроизведения условий проведения испытаний (камера или стенд);

2) *измерительное оборудование*, под которым понимают средства измерений, регистрирующие значения ВВФ и характеристики испытуемых изделий. Измерительное оборудование может быть автономным или встроенным в испытательное оборудование;

3) *контролирующее оборудование*, под которым понимают средства контроля ВВФ и характеристики изделий. Также может быть автономным или встроенным;

4) *приспособления* (испытательная оснастка), под которыми понимают вспомогательные средства испытаний. Приспособления служат для закрепления в испытательном оборудовании изделий – объектов испытаний, размещения испытательных веществ, материалов или природных источников ВВФ (например, чашки Петри), регистрации результатов и других потребностей;

5) *вещества и материалы*, служащие источниками ВВФ (пыль, влага, химикаты) или вспомогательными средствами испытаний;

б) *природные источники ВВФ*, которые, по тем или иным причинам, нельзя отнести ни к веществам, ни к материалам (источники ВВФ, применяемые при климатических или биологических испытаниях: штаммы микроорганизмов, плесневые грибы, насекомые, грызуны и т.п.).

3.6.2 Классификация средств испытаний по виду воздействий

При таком способе классификации различают средства:

- для климатических испытаний;
- для механических испытаний;
- для биологических испытаний;
- для космических испытаний;
- для испытаний на электромагнитную совместимость;
- для испытаний на надёжность;
- для испытаний на безопасность;
- для испытаний на функционирование;
- для испытаний на транспортабельность;
- технологических испытаний.

3.6.3 Классификация средств испытаний по уровню оригинальности

Данный способ предполагает наличие следующих видов средств испытаний:

1) *стандартные* (камеры тепла, влаги или пыли, вибростенды, ударные стенды и другие, им подобные средства испытаний);

2) *унифицированные* (приспособления для крепления объектов испытаний на стендах для механических испытаний);

3) *оригинальные* (нестандартные) средства (испытательное оборудование для проведения испытаний на надёжность и на функционирование).

Стандартные средства испытаний изготавливаются серийно на специализированных предприятиях. *Унифицированные* и *оригинальные* изготавливаются предприятиями-изготовителями продукции самостоятельно. Разработка технической документации на нестандартные средства испытаний является одной из задач инженеров-конструкторов.

4 ТЕСТ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

4.1 Общие положения

Учебный материал, изложенный в данном пособии, предназначен для самостоятельного изучения студентами. Термины и определения, приведённые в книге, будут постоянно встречаться в разных разделах дисциплины «Методы и средства измерений, испытаний и контроля», а также в разделах других, близких по содержанию дисциплин: «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Методы и средства испытаний в приборостроении и машиностроении». Поэтому, после изучения текста пособия, следует закрепить материал, ответив на вопросы теста.

Тест содержит 15 вопросов, каждый из которых охватывает материал одного из параграфов данного учебника. Он предназначен для самостоятельной подготовки студентов к *аудиторному тестированию*, которое является результатом изучения модуля «Общие сведения об измерениях, испытаниях и контроле» дисциплины «Методы и средства измерений, испытаний и контроля».

4.2 Вопросы для самопроверки

1. Укажите, какое выражение *не присутствует* в определении термина «измерение»:

- а) нахождение значения физической величины опытным путём;
- б) нахождение соотношения измеряемой величины с её единицей;
- в) совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины;
- г) получение значения измеряемой величины.

2. Приём сравнения измеряемой физической величины с её единицей называется:

- а) принципом измерений;
- б) способом измерений;
- в) методом измерений;
- г) видом измерений.

3. Определение объёма цистерны путём измерения её диаметра и длины называется:

- а) прямым измерением;
- б) косвенным измерением;
- в) совокупным измерением;
- г) совместным измерением.

4. Измерение диаметра вала $d = 10$ мм микрометром гладким с диапазоном измерения 0...25 мм производится:

- а) методом непосредственной оценки;
- б) дифференциальным методом сравнения с мерой;
- в) методом измерения дополнением;
- г) нулевым методом непосредственной оценки.

5. Укажите, какое выражение *содержится* в определении термина «методика выполнения измерений»:

- а) совокупность приёмов сравнения измеряемой величины с её единицей;
- б) совокупность операций и правил при измерении;
- в) совокупность методов, применяемых при измерении физической величины заданного размера;
- г) совокупность операций по применению технических средств измерений.

6. Наличие отсчётного устройства является основной отличительной особенностью:

- а) измерительного преобразователя;
- б) измерительного прибора;
- в) измерительной установки;
- г) магазина мер.

7. Контроль диаметра вала калибром-скобой относится к контролю:

- а) по шкале порядка;
- б) по шкале интервалов;
- в) по шкале отношений;
- г) к измерительному контролю.

8. Если контроль производится в случайные интервалы времени, а его продолжительность заранее не определена, он называется:

- а) инспекционным контролем;
- б) подвижным контролем;
- в) выборочным контролем;
- г) летучим контролем.

9. Отличительной особенностью средства контроля является:

- а) наличие вспомогательных устройств для закрепления объекта контроля;
- б) наличие каналов связи с центром обработки информации;
- в) наличие сравнивающего устройства;
- г) наличие отсчётного устройства.

10. Целью испытаний технических объектов *не является*:

- а) экспериментальное подтверждение расчётных данных;
- б) контроль качества технологии и организации производства;

- в) оценка качества серийно выпускаемой продукции;
- г) устранение дефектов взаимодействия изделий в составе комплекса.

11. Испытание изделия на стойкость лакокрасочного покрытия к выгоранию от воздействия солнца в камере солнечного излучения называется:

- а) лабораторным;
- б) стендовым;
- в) натурным;
- г) эксплуатационным.

12. Испытание серийного образца новой продукции, полученного в результате модернизации базовой модели, проводимое с целью оценки эффективности внесённых в конструкцию изменений, называется:

- а) сравнительным;
- б) доводочным;
- в) типовым;
- г) предъявительским.

13. Если при испытаниях изделия на него одновременно действует несколько внешних воздействующих факторов, то такой способ проведения испытаний называется:

- а) комбинированным;
- б) ускоренным;
- в) последовательно-параллельным;
- г) параллельным.

14. К средствам испытаний *не относится*:

- а) испытательное оборудование;
- б) испытуемое оборудование;
- в) измерительное оборудование;
- г) вещества и материалы – источники воздействующих факторов.

15. Укажите, какого вида испытаний *не существует*:

- а) испытание на функционирование;
- б) испытание на надёжность;
- в) испытание на транспортабельность;
- г) испытание на экономичность.

4.3 Ответы на вопросы

Уважаемые читатели! Не смотрите в ответы заранее, лучше проверьте себя после того, как ответите на все вопросы этого *репетиционного* теста.

1-а, 2-в, 3-б, 4-а, 5-б, 6-б, 7-а, 8-г, 9-в, 10-в, 11-б, 12-в, 13-а, 14-б, 15-г.

Заключение

Данное учебное пособие охватило первый модуль учебной дисциплины «Методы и средства измерений, испытаний и контроля» – «Общие сведения об измерениях, испытаниях и контроле». Широкое применение этих трёх областей человеческой деятельности во всех без исключения отраслях народного хозяйства сделало чрезвычайно обширным количество способов, методов, видов и средств измерений, испытаний и контроля. В одном только нормативном документе (РМГ 29) термины в этих областях и определения к ним занимают несколько страниц. А сколько ещё различных учебников, учебных пособий, монографий, методических указаний, в том числе, и с нестандартными терминами, рождёнными воображением их авторов!

В этой связи очень важно обеспечить *единообразие* терминов и определений в области измерений, испытаний и контроля. Только оно позволит обеспечить *взаимопонимание* учёных, преподавателей, инженерно – технических работников, студентов и учащихся. При этом, в качестве *базовых источников терминов*, необходимо использовать *действующие* нормативные документы. Только в них содержатся материалы, гармонизированные с материалами стандартов Международной организации по стандартизации (ИСО).

Дисциплина «Методы и средства измерений испытаний и контроля» является одной из первоначальных метрологических дисциплин учебного плана специальности 220501 «Управление качеством». За ней следуют специальные метрологические дисциплины, например «Методы и средства испытаний в приборостроении и машиностроении» и метрологические дисциплины специализаций, например, «Методы и средства испытаний в пищевой и перерабатывающей промышленности» и «Методы и средства испытаний в лёгкой промышленности». Очень важно сразу, с первых дней аудиторных занятий, усвоить современные, действующие и общепринятые в странах – участницах ИСО термины и определения, научиться правильно ими пользоваться, технически грамотно оформлять курсовые работы и проекты, лабораторные и расчётно-графические работы. Знания, полученные при изучении этого модуля, *необходимо сохранить* до времени выполнения дипломного проекта, в котором также будет присутствовать метрологический раздел.

Если в результате изучения материалов этого учебного пособия у студентов возникнет желание навести порядок в собственной терминологии в области измерений, испытаний и контроля, а также в терминологии тех организаций, в которых им после окончания университета предстоит работать, то главную задачу, которую поставил себе автор при создании учебника, можно будет считать выполненной, а результат труда – не напрасным.

Нормативные ссылки

1. ГОСТ Р 8.563-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений.
2. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
3. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
4. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
5. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
6. МИ 2377-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Разработка и аттестация методик выполнения измерений.
7. РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

Литература

1. Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учеб. пособие для студ. вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Э.Г. Атамалян. – М.: Дрофа, 2005. – 415 с.
2. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2005. – 560 с.
3. Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология: учеб. для вузов / И.Ф. Шишкин. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 492 с.
4. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов. – 2-е изд. / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.
5. Фёдоров, В.К. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В.К. Фёдоров, Н.П. Сергеев, А.А. Кондрашкин. – М.: Техносфера, 2005. – 504 с.
6. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование: учеб. для вузов / О.П. Глудкин, А.Н. Енгальчев, А.И. Коробов, Ю.В. Трегубов; под ред. А.И. Коробова. – М.: Радио и связь, 1987. – 272 с.
7. Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учеб. для вузов – 6-е изд., перераб. и доп. / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
8. Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учеб. пособие для студ. вузов / Э.Г. Атамалян. – М.: Высшая школа, 1982. – 223 с.
9. Основы метрологии и электрические измерения: учеб. для вузов / Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин [и др.]; Под ред. Е.М. Душина. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 480 с.
10. Шишкин, И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством: учеб. для вузов / И.Ф. Шишкин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 312 с.
11. Шишкин, И.Ф. Основы метрологии, стандартизации и контроля качества: учеб. пособие для сред. спец. учеб. заведений / И.Ф. Шишкин. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 320 с.
12. Испытательная техника: справочник. В 2-х кн. / под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1982.
13. Жутовский, В.Л. Испытания средств измерений. Организация и порядок проведения: справ. пособие / В.Л. Жутовский. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 96 с.
14. Кузнецов, В.А. Основы метрологии: учеб. пособие для вузов / В.А. Кузнецов, Г.В. Ялунина; под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 280 с.
15. Шишкин, И.Ф. Квалиметрия и управление качеством: учеб. для вузов / И.Ф. Шишкин, В.М. Станякин. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1992. – 256 с.

Учебное издание

Марков Владимир Владимирович

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ,
ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ.
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ,
ИСПЫТАНИЯХ И КОНТРОЛЕ**

Учебное пособие

Редактор Г.В. Карпушина
Технический редактор *<инициалы и фамилия>*

Орловский государственный технический университет
Лицензия ИД № 00670 от 05.01.2000 г.

Подписано к печати *<дата>*. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Усл. изд. л. 3,1. Усл. печ. л. 2,5. Тираж 50 экз.
Заказ № *<число>*

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ОрелГТУ
<наименование и адрес типографии>.